



Methode zur Bemessung und Umsetzung des Ersatzbedarfes bei Konzessionserneuerungen / Neukonzessionierungen von (Hafen-) Anlagen in Stillgewässern

→ basierend auf den Auswirkungen auf die Ufer- und Unterwasservegetation



Bericht

Dokument Nr. 1347-B-01
Datum Vers. Vorstudie: 8.7.2015 / 6.7.2016 / 15.2. + 3.4.2017 / **8.11.2019**
Datum Vers. Hauptstudie: 30.7.2021 / 23.12.2021 / **30.12.2021**
Update Hauptstudie: 12.5.2022

Impressum

Auftraggeber: Baudirektion Zürich · ALN – Fachstelle Naturschutz
Stampfenbachstrasse 12 · CH-8090 Zürich

Auftragnehmer: AquaPlus AG
Gotthardstrasse 30 · CH-6300 Zug

Projektleitung: Klemens Niederberger

Mitarbeiter: Fredy Elber · Joachim Hürlimann · Matthias Sturzenegger

Autoren: Klemens Niederberger · Matthias Sturzenegger

Zitiervorschlag: AQUAPLUS 2021: Methode zur Bemessung und Umsetzung des Ersatzbedarfes bei Konzessionserneuerungen / Neukonzessionierungen von (Hafen-)Anlagen in Stillgewässern, basierend auf den Auswirkungen auf die Ufer- und Unterwasservegetation. Im Auftrag der Baudirektion Zürich (ALN – Fachstelle Naturschutz). 80 S., zusätzlich Anhänge mit gesetzlichen Vorgaben, Anmerkungen zum Bemessungsverfahren, Methodik der Wasserpflanzenenerhebung «MESAV+» und Umsetzung des Ersatzbedarfs nach «PRAKTIK-Modus».

Die im vorliegenden Bericht beschriebene Methode wurde im Auftrag und in Zusammenarbeit mit den Fachstellen Naturschutz und Gewässerschutz, Kanton Zürich, entwickelt.

Mitglieder der Arbeitsgruppe (alphabetisch):

Gregor Lang, ALN – Fachstelle Naturschutz

Patrick Steinmann, AWEL – Gewässerschutz (bis 2018)

Eugen Temperli, ALN – Fachstelle Naturschutz (bis 2019)

Beatrice Vögeli, ALN – Fachstelle Naturschutz

Ursina Wiedmer, ALN – Fachstelle Naturschutz

Inhaltsverzeichnis

	Seite	
.	Zusammenfassung	1
1	Ausgangslage und Auftrag	4
2	Grundlagen und Rahmenbedingungen	6
2.1	Rechtliche Grundlagen und Vorgaben	6
2.2	Rahmenbedingungen zur Entwicklung und zum Anwendungsbereich der Methode	7
3	Bemessung Ersatzbedarf: Grundsätze und Methodik	12
3.1	Anwendungsbereich Hafenperimeter («BASIS-Modul») und Rahmenbedingungen	12
3.2	Auswirkungen von Hafenanlagen auf die Vegetation	14
3.3	Vorgehen zur Festlegung der Auswirkungen auf die Vegetation	15
3.4	Konzept zur Bemessung des Ersatzbedarfes	17
3.5	Anmerkungen zur Methodik und erweiterte Faktoren zur Bemessung des Ersatzbedarfes	21
	<i>Systemgrenze – Hafen an einem Flachufer</i>	
	<i>Systemgrenze – Hafen an einem Steilufer</i>	
	<i>Systemgrenze – relevante Hafenfläche</i>	
	<i>Uferveränderung bei Erstellung des Hafens</i>	
	<i>Ausbaggerung des Seegrundes bei Erstellung des Hafens</i>	
	<i>Gewichtung der Vegetationsparameter</i>	
	<i>Minimalwert des Ersatzbedarfes</i>	
3.6	Rechnerische Beispiele und Mini-Max-Analyse	27
3.7	Restriktionen und besondere Gegebenheiten in der Anwendung der Methodik zur Bemessung des Ersatzbedarfes	29
	<i>Fall 1: Keine Vegetation im Hafen</i>	
	<i>Fall 2: Keine Vegetation im Referenzbereich</i>	
	<i>Fall 3: Keine Vegetation im Hafen und im Referenzbereich</i>	
	<i>Fall 4: Deutlich dichtere Vegetation im Hafen als im Referenzbereich</i>	
	<i>Weitere Aspekte</i>	
3.8	Anschauungsbeispiel zur Bemessung des Ersatzbedarfes	36
3.9	Anwendungsbereich Umgebung («EXTENSIONS-Modul»)	45
3.10	Vorgehen bei Erweiterung / Veränderung bestehender Anlagen und eigentlichen Neuanlagen	50

4	Spezialfälle Bauten und Anlagen sowie besondere Nutzungen in der Uferzone	57
	<i>Empfehlungen für Spezialfälle</i>	58
	<i>Empfehlungen für kleine Objekte</i>	62
5	Umsetzung Ersatzbedarf: Grundsätze und Methodik	63
5.1	Umsetzung des Ersatzbedarfes in konkrete Massnahmen	64
	<i>Umsetzung in Aufwertungsmassnahmen im vereinfachten Modus («SIMOD»)</i>	65
	<i>«SIMOD» maximieren – Aufwertungspotenzial für Wasserwechselzone voll ausschöpfen</i>	68
	<i>Umsetzung in Aufwertungsmassnahmen im differenzierten Modus («DIMOD»)</i>	69
5.2	Überführung des Ersatzbedarfes in andere Bewertungskonzepte («Transferfunktion»)	72
5.3	Weiteres	75
	<i>Umsetzung eines kleinen Ersatzbedarfes</i>	75
	<i>Aufhebung von bestehenden Beeinträchtigungen</i>	76
	<i>Vorgehen bei «Zerstörung» eines bestehenden Seegrundes (bis 20 m Wassertiefe)</i>	76
	<i>Vorgehen bei «Seeschüttungen»</i>	
	<i>Umsetzung bestimmter Auflagen</i>	77
	Literatur	78

ANHANG

ANHANG A: Gesetzliche Vorgaben

ANHANG B: Anmerkungen zum Bemessungsverfahren

ANHANG C: Detailbeschreibung Methodik Wasserpflanzenerhebung
«MESAV+»

ANHANG D: Detailbeschreibung Umsetzung Ersatzbedarf
nach «PRAKTIK-Modus»

Zusammenfassung

BEMESSUNG ERSATZBEDARF (Kap. 1–4)

Im Rahmen der Erneuerung von Konzessionen bestehender Hafenanlagen hat der Kanton Zürich die Firma AquaPlus mit der Entwicklung einer Methodik zur Bemessung des Ersatzbedarfes beauftragt, da gemäss Richtlinien des Bundes bei Erteilung einer Konzession, auch wenn sie nicht mit baulichen Massnahmen verbunden ist, die Umweltverträglichkeit analog eines Neubausvorhabens zu behandeln ist und bestehende Konzepte zur Beurteilung von Eingriffen in schützenswerte Lebensräume für aquatische Gegebenheiten nicht qualifiziert bzw. anwendbar waren.

In Zusammenarbeit mit den zuständigen Fachstellen wurde festgelegt, die Quantifizierung des erforderlichen Ersatzes im Kontext «Hafenanlagen» hauptsächlich anhand der **Auswirkungen auf die Unterwasservegetation** als repräsentatives «Leitsystem» vorzunehmen. Als Ausgangszustand (Situation ohne Vorhaben, Referenz) wird ein nahe der Hafenanlage gelegener, unbeeinflusster, ähnlich strukturierter und exponierter Seeuferbereich gewählt. Der Hafenperimeter selbst ist als Betriebszustand (Situation mit Vorhaben) zu betrachten. Die Ermittlung der Auswirkungen des bestehenden Hafens erfolgt über den direkten **Vergleich der Unterwasservegetation zwischen Hafen- und Referenzstandort**. Die dazu notwendigen Vegetationserhebungen (aktueller Zustand) erfolgen nach Methode «MESAV+» (siehe Kap. 3.1 und ANHANG C).

Als geeignete Parameter für den Vergleich zwischen Referenzstandort und Hafenanlage erwiesen sich die **Unterschiede in der Vegetationsstruktur** (in Form eines Indexes VS mit Berücksichtigung der Häufigkeitsverteilung der vorkommenden Arten) sowie in der **mittleren Bewuchsdichte** (BD). Die beiden Werte repräsentieren in umfassender Weise die möglichen Auswirkungen von Hafenanlagen auf die Flachwasserzone. Beeinflussende Faktoren sind unter anderem Beschattung, mechanische Belastung, Nährstoffanreicherung, Veränderung der Untergrundbeschaffenheit oder die Störung oder Unterbindung von ufernahen Strömungen.

Die Bemessung des Ersatzbedarfes wird anhand folgender Formel berechnet (Erläuterungen dazu siehe Kap. 3.4):

$$\text{Ersatzfläche } S \text{ [m}^2\text{]} = \overset{\text{relevante}}{\text{Hafenfläche}} \text{ [m}^2\text{]} * 1.5 * ((a * VS + b * BD) / (a + b))$$

a und b = Gewichtungsfaktoren (idR Wert 1)

Die «**relevante Hafenfläche**» stellt die «Übersetzung» der Werte aus dem Vegetationsvergleich in ein quantitatives Ersatzmass dar und wird als Summierung der durch Hafenstrukturen wie Molen, Boote, Stege, Einwasserungsrampen etc.¹ beanspruchten Areale definiert (Vorgehen «MODOP», siehe Kap. 3.5). Als Output der Bemessungsformel ergibt sich die Grösse einer Ersatzfläche, welche in Form von Aufwertungsmassnahmen am Seeufer direkt umzusetzen ist.

¹ Hinzu kommen gegebenenfalls bzw. fallweise als «strukturanalog» betrachtete Elemente wie periodische Ausbaggerungsflächen (Entfernung von Auflandungen in bestehenden Hafenanlagen), siehe Ausführungen in Kap. 3.5.

Aufgrund der Erfahrungen und Erkenntnisse aus vorgängigen Vegetationsuntersuchungen in Hafenanlagen (8 Testobjekte im Rahmen eines Pilotprojektes zur Methodenentwicklung) sind verschiedene **Restriktionen und besondere Gegebenheiten** in der Anwendung der Methodik zu beachten (siehe Ausführungen in Kap. 3.7). Unter anderem wird definiert, welches Vorgehen z.B. bei fehlender bzw. nur gering ausgebildeter Vegetation im Referenzstandort, im Hafenperimeter oder sogar in beiden Bereichen, zur Anwendung kommen soll.

Das Vorgehen zur Ersatzbemessung für (bestehende) Hafenanlagen unter Berücksichtigung des eigentlichen Hafenperimeters wird als «**BASIS-Modul**» bezeichnet.

In einem späteren Schritt der Methodenentwicklung wurde der Betrachtungsraum bezüglich der Auswirkungen des Betriebes, insbesondere der Bootsbewegungen von und zum Hafen, auf die Umgebung erweitert und in einem «**EXTENSIONS-Modul**» die zugehörigen Parameter und Kriterien festgelegt (siehe Kap. 3.9). Es wird unterschieden zwischen den Auswirkungen SUBMERS (AU-S) mit Untersuchung der mechanischen Effekte durch die Bootsbewegungen auf die Unterwasservegetation und einem analogen Vorgehen der Ersatzbemessung wie für die Hafenanlage sowie den Auswirkungen EMERS (AU-E), wo allfällige Beeinträchtigungen der Lebensraumqualität z.B. für röhrlichtgebundene Brutvogelarten in Schilfflächen beurteilt und in den zugehörigen Ersatzbedarf «übersetzt» werden. Als Output resultiert wiederum ein Flächenmass in m².

Der gesamte Ersatzbedarf ergibt sich aus der Summe der beiden Komponenten «BASIS-Modul» und «EXTENSIONS-Modul».

Die Übertragung der erarbeiteten Methodik zur Ersatzbemessung auch für bauliche Vorhaben wie **Sanierung, Umbau oder Erweiterung an bestehenden Anlagen** oder für eigentliche **Neuanlagen** wird in Kapitel 3.10 dargestellt. Das Konzept entspricht im Wesentlichen der Vorgehensweise im «BASIS-» und «EXTENSIONS-Modul», mit dem Unterschied, dass die Auswirkungen auf die Unterwasservegetation der geplanten Massnahmen, konkret die Werte der beiden Vegetationsfaktoren VS und BD, nicht direkt aus den Untersuchungen bzw. dem Vergleich des Referenzabschnittes mit dem Hafenperimeter ermittelt, sondern gutachterlich abgeschätzt werden.

Auch für **Spezialfälle Bauten und Anlagen sowie besondere Nutzungen in der Uferzone** lässt sich die Methodik in gleicher oder «analoger» Form anwenden (siehe Kap. 4), so beispielsweise auf Einzelstege, Bojenplätze, Bootshäuser, permanente oder temporäre Einrichtungen wie Seerestaurants, Eventbühnen, Arbeitsplattformen etc., aber auch auf Badeeinrichtungen, Umleitung eines Fließgewässers in die Uferzone, Einleitungen aus der Siedlungsentwässerung und weitere denkbare Formen von «dynamischen Vorgängen» mit Auswirkungen auf den Seegrund und die Unterwasservegetation.

Für **kleine Objekte** wie Kleinstege mit oder ohne Boote, einzelne Bootshäuser mit und ohne Zufahrt, Kleinsthäfen oder Bootshäfen mit wenigen Bootsplätzen, kleine Einwasserungsrampen und (Schwimm)-Plattformen, etc. wird aus Überlegungen der Verhältnismässigkeit (insbesondere hinsichtlich des Aufwandes) ein vereinfachtes Aufnahmeverfahren vorgeschlagen, mit den beiden Komponenten

«**BASIS-MODUL light**» und «**EXTENSIONS-MODUL light**». Auch für diese Fälle erfolgt ein Augenschein der Seegrundverhältnisse am Auswirkungsort und in einem benachbarten Referenzbereich, allerdings ohne Einsatz von Tauchgeräten und Begleitboot und lediglich bis in eine Wassertiefe von 2 m (Erläuterungen zur Methodik *light* und Ergänzung der Ersatzbemessung nach Formel 1 siehe Kap. 4).

UMSETZUNG ERSATZBEDARF (Kap. 5)

Für die Umsetzung und Ausgestaltung eines Ersatzbedarfes in Form möglicher Massnahmen, insbesondere hinsichtlich ihrer Anrechenbarkeit, liegt für aquatische Gegebenheiten an stehenden Gewässern ebenfalls keine geeignete Methodik vor.

Aus der Bemessung des Ersatzbedarfes gem. Vorgehen Kap. 1–4 resultiert die Anforderung eines **neu zu schaffenden ökologisch hochwertigen aquatischen Lebensraumes mit einer bestimmten Flächengrösse** (in «m²»). Im vorliegenden Kontext bedeutet dies konkret die Neuanlage oder Vergrösserung eines stehenden Gewässers oder die Erweiterung der Ausdehnung des Uferbereiches als Lebensraumtyp «Flachwasserzone», darin enthalten als ökologisch wertvollstes Element die Wasserwechselzone (amphibische Zone, uferseitiger Abschnitt periodisch trockenfallender und überfluteter Flächen in Abhängigkeit der jahreszeitlichen Wasserstandsschwankungen). Zur konkreten Planung und Ausführung von Aufwertungsmassnahmen wird auf die Arbeitshilfe «Seeuferrevitalisierung» des Vereins für Ingenieurbiologie (VIB) verwiesen (ISELI ET AL. (eds.), 2020).

Mit dem Anspruch einer in der Praxis einfach anwendbaren Bilanzierung des Ersatzbedarfes gegenüber der vorgesehenen Umsetzung wird unter der Bezeichnung «**SIMOD**» (*simple mode*) folgendes Anrechenbarkeits-Konzept vorgeschlagen:

- Fläche Landabtrag: **Anrechnungsfaktor 1** (Umsetzung Flächenbedarf 1 : 1)
- Fläche Überschüttung Seegrund (bis zum Beginn dichter Unterwasservegetation > 10 %): **Anrechnungsfaktor 0.5** (Umsetzung Flächenbedarf 1 : 2)

Vertiefte Erläuterungen dazu und Rechenbeispiele sind in Kap. 5.1 aufgeführt.

Auf die Anrechenbarkeit von Einzelelementen wie «Schilf», «Totholz», etc. wird zu Gunsten des sogenannten «**Situationsprimates**» («*bestmögliche Aufwertung am Standort*») explizit verzichtet. Trotzdem sind Massnahmen ohne Kontext der Wiederherstellung einer Wasserwechselzone hinsichtlich ihrer Anrechenbarkeit exemplarisch berücksichtigt, u.a. Wellenschutzmassnahmen zur Schilfförderung oder Seeschüttungen (siehe Kap. 5.1 und 5.3).

Für spezielle Gegebenheiten bzw. Anforderungen kann ein differenzierter Modus («**DIMOD**») zur Anwendung kommen. Dabei werden die Anrechnungsfaktoren weiter aufgefächert und über das «Situationsprimat» hinaus einzelne Elemente der Ersatzmassnahmen bzw. der Aufwertungsmassnahmen gesondert bewertet («Massnahmenprimat», siehe Kap. 5.1).

Eine mögliche Überführung des Ersatzbedarfes in andere Bewertungskonzepte, z.B. HINTERMANN & WEBER (2017), ist mit einer «**Transferfunktion**» anhand konkreter Beispiele dargestellt (siehe Kap. 5.2).

1 Ausgangslage und Auftrag

Im Jahr 2010 wurde den Behörden und zuständigen Fachstellen im Kanton Zürich gewahr, dass in absehbarer Zeit die Konzessionsverträge verschiedener Hafenanlagen das Ende ihrer Gültigkeitsdauer erreichen und für den Weiterbetrieb eine Erneuerung der zugehörigen Bewilligung (Konzession) erforderlich ist, zu der – im Unterschied zur früheren Praxis – auch Umweltaspekte mitberücksichtigt werden müssen. Konkret sind die Auswirkungen der Anlage auf den betreffenden Naturraum (i.d.R. die Uferzone eines Gewässers) festzustellen und der erforderlichen Ersatzbedarf zu bemessen. Für Anlagen mit mehr als 100 Bootsplätzen in stehenden Gewässern bzw. 50 Plätzen in Fließgewässern besteht sogar die Anforderung eines Umweltverträglichkeitsberichtes gemäss Richtlinie des Bundes für die Umweltverträglichkeitsprüfung («UVP-Handbuch», BAFU, 2009), wonach eine Konzessionserneuerung gleich zu handhaben ist wie die Errichtung einer Neuanlage, selbst wenn keine baulichen Massnahmen vorgesehen sind, und bezüglich UVP-Pflicht die entsprechenden Grenzwerte – im Falle eines Hafens die Anzahl der bestehenden Bootsplätze – verbindlich sind (Detailformulierung siehe Kap. 2).

In vorausschauender Planung zur Umsetzung dieser Anforderungen und in Ermangelung einer verfügbaren Methodik (siehe Kap. 2) zur Bemessung des Ersatzbedarfes für Hafenanlagen als «Eingriff in einen schützenswerten Lebensraum» aquatischer Prägung haben sich die kantonalen Amtsstellen Abfall, Wasser, Energie, Luft (AWEL) sowie Landschaft und Natur (ALN, Fachstelle Naturschutz) entschlossen, die Beurteilung der Umweltauswirkungen von Hafenanlagen hauptsächlich anhand der Unterwasservegetation als repräsentatives «Leitsystem» vorzunehmen. Es bestehen dazu nicht nur rechtlich geeignete Vorgaben (u.a. GSchG, NHG), sondern auch breit abgestützte Erkenntnisse über differenzierte «Reaktionen» auf die Vielzahl der möglichen Einflussfaktoren. Zur Bearbeitung der massgeblichen UVB-Kapitel «Oberflächengewässer» bzw. «Flora, Fauna, Lebensräume» (oder entsprechender Ausführungen in einer Umweltnotiz) sind deshalb aktuelle Erhebungen der Wasserpflanzenbestände in und um die betreffenden Hafenanlagen erforderlich. Als Ausgangszustand für die Bewertung soll ein möglichst unbeeinflusster Uferabschnitt in der Nähe der Hafens (bei ähnlicher Ufersituation) als Referenz definiert werden. Die Auswirkungen der Anlage im Betriebszustand soll über den Vergleich der beiden Untersuchungsbereiche ermittelt und auf dieser Basis die Bemessung des Ersatzbedarfes abgeleitet werden.

2015 beauftragte die Fachstelle Naturschutz des ALN die Firma AquaPlus, eine robuste und transparente Vorgehensweise für die Bemessung des Ersatzbedarfes bei Konzessionserneuerungen von Hafenanlagen anhand der Auswirkungen auf die Unterwasservegetation zu entwickeln. Dies auf der Grundlage einer Reihe bereits vorhandener quantitativer Auswertungen von Wasserpflanzenenerhebungen bei verschiedenen Testobjekten in der Gegenüberstellung des Hafensbereiches und des Referenzabschnittes.²

² Untersuchung von 8 Hafenanlagen mit jeweiligem Referenzbereich im Jahr 2011, im Auftrag des AWEL. Erhebung nach standardisierter Methode «MESAV+» (= *Methode zur Erfassung der submersen aquatischen Vegetation*), publiziert in Aqua & Gas Nr. 7/8 - 2014 (AQUAPLUS 2014).

Das im vorliegenden Dossier dargestellte methodische Vorgehen mit Bezeichnung «BASIS-Modul» (siehe Kap. 3.1–3.8) stellt das Ergebnis eines mehrstufigen Prozesses zur Plausibilisierung und Prüfung der Anwendungstauglichkeit mit den zuständigen kantonalen Fachstellen dar.

Im weiteren Verlauf der Methodenentwicklung erfolgte in laufender Prüfung und Vervollständigung der Umsetzung gesetzlicher Grundlagen eine Erweiterung des Betrachtungsraumes mit den Auswirkungen einer Hafenanlage auf die Umgebung («EXTENSIONS-Modul, siehe Kap. 3.9) sowie die Übertragung des Bemessungskonzeptes zur Festlegung des Ersatzbedarfes auch für die Erweiterung von bestehenden Hafeneinrichtungen und eigentlichen Neuanlagen (siehe Kap. 3.10).

Parallel zur Vorgehensweise der Ersatzbemessung für Hafenanlagen erfolgte in der Praxis die Anwendung der Ersatzbemessung in adaptierter Form für Spezialfälle von Bauten und Anlagen sowie besondere Nutzungen in der Uferzone. Auf Ersuchen der kantonalen Fachstellen wurde hierzu 2021 die Beschreibung einer Auswahl verschiedener Fälle beauftragt (siehe Kap. 4) und dabei auch eine «Light»-Variante für die Untersuchung der lokalen Gegebenheiten bei kleinen Objekten wie Einzelstege, Bootshäuser, Kleinsthäfen oder Bootshäfen, Schwimmplattformen etc. entwickelt.

Ebenfalls zeitgleich mit der Entstehung der Methode zur Bemessung des Ersatzbedarfes fand die Planung von Umsetzungen in konkrete Massnahmen statt, u.a. in Anlehnung an das ökologische Konzept der Arbeitshilfe «Seeuferrevitalisierung» des VIB (ISELI ET AL., eds., 2020), mit Anwendung eines von AquaPlus seit längerem bereits «ad hoc» praktizierten Konzeptes von Anrechnungsfaktoren bei Uferaufwertungen (Bezeichnung «SIMOD», einfacher Modus). Im Rahmen eines ergänzenden Auftrages wird mit der Vorstellung dieses Konzeptes im vorliegenden Methodenbeschrieb die Handhabung der «Ersatzfrage» bei Eingriffen in den schützenswerten Lebensraum der Ufer- und Flachwasserzone vervollständigt (siehe Kap. 5). In den dazugehörigen Ausführungen sind weiterführende Aspekte enthalten, u.a. differenziertere Überlegungen zu den Anrechnungsfaktoren, Empfehlungen für spezielle Massnahmen wie z.B. Seeschüttungen, aber auch ein Rapport zur Übertragung des Ersatzbedarfes gem. Methodik Kap. 1–3 in andere Bewertungssysteme.

Anwendungsbereich der Methodik und Begrifflichkeiten

In der «ursprünglichen» Ausgangslage zur Methodenentwicklung stand als Anwendungsbereich die Konzessionserneuerung bzw. Neukonzessionierung von **Hafenanlagen** im Vordergrund. Später erfolgte eine Ausweitung auf Anlagen «allgemeiner Art» in oder an stehenden Gewässern. Die textlichen Ausführungen beziehen sich zwar verschiedentlich weiterhin auf den konkreten Fall von «Hafenanlagen», die Umsetzung auf weitere Anlagentypen ist aber entweder ohne besondere Erwähnung sinngemäss übertragbar oder aus den Hinweisen für die Handhabung von Spezialfällen für Bauten / Anlagen / besondere Nutzungen in der Uferzone in Kapitel 4 zu entnehmen.

2 Grundlagen und Rahmenbedingungen

2.1 Rechtliche Grundlagen und Vorgaben

In verschiedenen rechtlichen Bestimmungen bestehen Vorgaben betreffend UVP-Pflicht für Anlagen, Schutz der Ufervegetation (Wasserpflanzen), Ersatzanforderungen sowie allfälliger Massnahmen. In ANHANG A sind dazu die wichtigsten, für den vorliegenden Kontext «Bemessung des Ersatzbedarfes anhand der Auswirkungen von Hafenanlagen auf die Wasserpflanzen» relevanten Gesetzesartikel zitiert.

Nachstehend die massgeblichen rechtlichen «Bezugsquellen» betreffend Eingriffe in schützenswerte Lebensräume wie Uferbereiche (darin enthalten die Flachwasserzone) und die Bemessung des Ersatzbedarfes anhand der Ufervegetation (darin enthalten im Speziellen auch die Wasserpflanzen, siehe auch BUWAL 1997) als höchstes bzw. rechtlich am differenziertesten deklarierten Schutzgutes:

Natur- und Heimatschutzgesetz (NHG), Art. 18

Schutz der einheimischen Tier- und Pflanzenwelt

...

¹bis **Besonders zu schützen sind Uferbereiche, Riedgebiete und Moore, seltene Waldgesellschaften, Hecken, Feldgehölze, Trockenrasen und weitere Standorte, die eine ausgleichende Funktion im Naturhaushalt erfüllen oder besonders günstige Voraussetzungen für Lebensgemeinschaften aufweisen.**

¹er **Lässt sich eine Beeinträchtigung schutzwürdiger Lebensräume durch technische Eingriffe unter Abwägung aller Interessen nicht vermeiden, so hat der Verursacher für besondere Massnahmen zu deren bestmöglichem Schutz, für Wiederherstellung oder ansonst für angemessenen Ersatz zu sorgen.**

...

Natur- und Heimatschutzgesetz (NHG), Art. 21

Schutz der einheimischen Tier- und Pflanzenwelt

1 Die Ufervegetation (Schilf- und Binsenbestände, Auenvegetationen sowie andere natürliche Pflanzengesellschaften im Uferbereich) darf weder gerodet noch überschüttet ³ noch auf andere Weise zum Absterben gebracht werden.

2 Soweit es die Verhältnisse erlauben, sorgen die Kantone dafür, dass dort, wo sie fehlt, Ufervegetation angelegt wird oder zumindest die Voraussetzungen für deren Gedeihen geschaffen werden.

³ In NHG Art. 22 wird festgehalten, dass die zuständige Behörde «die Beseitigung der Ufervegetation in den durch die Wasserbaupolizei- oder Gewässerschutzgesetzgebung erlaubten Fällen für standortgebundene Vorhaben bewilligen kann». Der entsprechende Bezug findet sich u.a. im GSchG Art. 39, wonach die kantonale Behörde Schüttungen bewilligen kann, wenn sich dadurch eine Flachwasserzone verbessern lässt. Dieser Aspekt ist insbesondere in Kap. 4 «Umsetzung des Ersatzbedarfes» im Zusammenhang mit Aufwertungsmassnahmen von Bedeutung.

Die Anforderung zur Durchführung eines UVP-Verfahrens bei der Neukonzessionierung einer bestehenden Hafenanlage (ohne Veränderung der Anlage oder Nutzung) ist in der Richtlinie des Bundes für die Umweltverträglichkeitsprüfung («UVP-Handbuch», BAFU, 2009) festgehalten:

*Die Umweltverträglichkeit von Neubauvorhaben wird im Rahmen des jeweiligen massgeblichen Verfahrens (Art. 5 Abs. 2 UVPV) geprüft, sei es in einem Planverfahren (mit einer Plangenehmigung des Bundes oder einem kantonalen oder kommunalen Sondernutzungsplan), im Rahmen einer Baubewilligung oder einer Konzession. Gemäss Rausch/Keller (Kommentar USG, Art. 9, N. 41 f.) gelten als Errichtung einer neuen Anlage (und damit nicht als Änderung einer bestehenden Anlage) auch der Wiederaufbau oder Ersatz einer Anlage sowie **die Erteilung einer neuen Konzession, auch wenn sie nicht mit baulichen Massnahmen verbunden ist.***

Für welche Objekte eine UVP-Pflicht unter dem Aspekt «Errichtung einer Neuanlage» besteht, wird in der Umweltverträglichkeitsverordnung (UVPV) definiert:

Verordnung über die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVPV), Art. 1

Zweck

Der Umweltverträglichkeitsprüfung nach Artikel 10a des USG (Prüfung) unterstellt sind Anlagen, die im Anhang dieser Verordnung aufgeführt sind:

UVP-Anlagen und massgebliche Verfahren

13.3 Bootshafen mit mehr als 100 Bootsplätzen in Seen oder mehr als 50 Bootsplätzen in Fliessgewässern. (Das massgebliche Verfahren ist ...) durch das kantonale Recht zu bestimmen.

2.2 Rahmenbedingungen zur Entwicklung und zum Anwendungsbereich der Methode

Vorgehen zur Bewertung von Eingriffen in schützenswerte aquatische Lebensräume

Zum Zeitpunkt der Erstbeauftragung zur Methodenentwicklung im Jahr 2014 durch das ALN Kt. ZH stand keine Vorgehensweise zur Bewertung von Eingriffen in schützenswerte aquatische Lebensräume zur Verfügung. Aus dem damals vorhandenen Leitfaden «Wiederherstellung und Ersatz im Natur und Landschaftsschutz» (BUWAL 2002) waren keine Anwendungen explizit für stehende Gewässer (Stillgewässer) ableitbar, einzig in der Transfermatrix von Eingriffen in bestimmte Lebensräume und deren Ersatz wurde ein Faktor 1.5 bei Zerstörung und Wiederherstellung eines Stillgewässers postuliert. In der Überarbeitung und Weiterentwicklung der «Bewertungsmethode für Eingriffe in schützenswerte Lebensräume» (2017, im Auftrag des BAFU durch die Firma «HINTERMANN & WEBER» erstellt) erfolgte seitens der zuständigen Bundesstelle explizit der Hinweis, dass die Anwendung für aquatische Lebensräume, insbesondere für stehende Gewässer, ausgeschlossen ist. Aus fachlichen Gründen muss dies auch für die gleichzei-

tig im Kanton Zürich entwickelte «Methode zur Ermittlung des Ersatzbedarfs und zur Bewertung von Ersatzmassnahmen» gelten (2018, im Auftrag des ALN durch die Firma «RENAT» erstellt), da diese mehr oder weniger auf den gleichen Grundsätzen wie die Methode HINTERMANN & WEBER (2017) beruht und ebenfalls mit Bewertungskriterien für Lebensräume (insbesondere Vegetationsgesellschaften) arbeitet, welche für terrestrische Gegebenheiten tauglich und umsetzbar sind, aber wenig oder keine übertragbare Relevanz für aquatische Lebensräume / stehende Gewässer aufweisen und vor allem keine konkrete Handhabe für die Charakteristik des Lebensraumtyps «Uferzone / Flachwasserzone» und darin die durch Eingriffe – im Speziellen Hafenanlagen – betroffene Hauptkomponente der Unterwasservegetation beinhalten.⁴ Die vorliegende Methode zur Bemessung und Umsetzung des Ersatzbedarfes im Rahmen der Konzessionserneuerung von Hafenanlagen, basierend auf den Auswirkungen auf die Unterwasservegetation bildet daher ein autonomes Modul in Ergänzung der bestehenden landes- oder kantonsspezifischen Vorgehensweisen. Konzeptionell liesse sich dieses Modul über «Hafenanlagen» hinaus auch für andere Auswirkungen auf die Flachwasserzone / Unterwasservegetation weiterführen.

Der aus der Anwendung der Methode resultierende Output an Ersatzbedarf wird in der Einheit «m²» ausgegeben, also als Fläche, welche durch den Verursacher – im vorliegenden Falle durch die Betreiberschaft der (Hafen-) Anlage – in Form von Aufwertungsmassnahmen am Ufer / in der Uferzone des betreffenden Gewässers umgesetzt werden muss (siehe dazu Kap. 5 mit Ausführungen zur Umsetzung des Ersatzbedarfes).

Um mindestens eine gemeinsame «Währung» mit den genannten Bewertungsmethoden für Landlebensräume zu bekommen, erfolgt in Kapitel 4.1 die Entwicklung einer Transferfunktion des Ersatzbedarfs als Fläche in sogenannte «Ökopunkte».

Ausblick Methodenentwicklung für aquatische Lebensräume

Die vorliegende Methodik basiert auf dem Vergleich der Wasserpflanzenverhältnisse in einem Abschnitt ohne Anlage (REFERENZ) und der eigentlichen Hafenanlage als Auswirkungssperimeter (BETRIEBSZUSTAND). Die Abweichung von der Re-

⁴ Unberücksichtigt sind v.a. die Besonderheiten des Mediums / Kontinuums «Wasser» sowie die möglichen spezifischen Beeinträchtigungen / Auswirkungsfaktoren in Form von Beschattung, mechanische Belastungen, Strömungsveränderung, Nährstoffanreicherung, etc., was die auf terrestrische Lebensräume fokussierten Methoden mit Klassifizierung in Vegetationseinheiten wie «Laichkrautgesellschaften» (oder andere Abgrenzungen) sowie mit den Kriterien zur Beurteilung des Zustandswertes und den Auswirkungen / Beeinträchtigungen durch Eingriffe als unbrauchbar und viel zu wenig differenziert – v.a. auch hinsichtlich Einbezug des aktuellen Gewässerzustandes – erwies und die Entwicklung eines alternativen Ansatzes erforderlich machte. Mit dem in der vorliegenden Methode praktizierten relativen Vergleich eines nicht beeinträchtigten Abschnittes (als Referenz bzw. Zustand mit momentan maximaler Naturnähe als Bezugspunkt) und dem Hafenperimeter werden die tatsächlichen Auswirkungen des Eingriffs (Auswirkungen der Anlage) unabhängig des aktuellen Gewässerzustandes situativ präzise, umfassend und quantitativ belegbar erfasst und in eine praktikable Ersatzbemessung umgesetzt. Für weitere Ausführungen hinsichtlich «Nicht-Eignung» der bestehenden Methoden (BUWAL 2002 / HINTERMANN & WEBER 2017 / RENAT 2017) in Anwendung auf aquatische Lebensräume steht die beauftragte Firma AquaPlus zur Verfügung, eine Publikation des für aquatische Lebensräume fachlich geeigneten Ansatzes ist in Vorbereitung.

ferenz werden direkt als Einfluss des Hafens als solcher und im Betrieb interpretiert. Der Bezug ist also immer lokal, direkt und relativ und verzichtet auf Kategorisierung der Ufervegetation in «systematische Einheiten» (Pflanzengesellschaften, Phytozönosen). Im aquatischen Kontext sind solche «Einheiten» wie z.B. «Laichkrautgesellschaft» oder «Armleuchteralgengesellschaft» anerkanntermaßen zu «abstrakt» und für eine Bewertung bzw. Charakterisierung des Zustandes bzw. der Auswirkungen eines Eingriffs gänzlich unbrauchbar. Seit ca. dem Jahr 2000 wird in der EU im Rahmen der Wasserrahmenrichtlinie ein Bewertungssystem für den ökologischen Zustand von stehenden Gewässern anhand der Wasserpflanzen entwickelt (siehe u.a. STELZER 2003, SCHAUMBURG ET AL. 2005 / 2007 / 2011 / 2014). Für spezifische Seentypen erfolgte die «Definition» des naturnahen Zustandes durch die charakteristische Zusammensetzung und Häufigkeit der vorkommenden Pflanzenarten (Makrophyten) als Referenz. In Form des sogenannten Referenz-Index⁵ wird der Zustand eines Gewässers auf Basis der Wasserpflanzenuntersuchung in einer fünfstufigen Skala (1 = sehr guter Zustand / 2 = guter Zustand / 3 = mässiger Zustand / 4 = unbefriedigender Zustand / 5 = schlechter Zustand⁵) in Bezug zum zugehörigen unbeeinflussten «Leitbild» gesetzt. Die Zustandsklasse errechnet sich (vor allem) aus der Gegenüberstellung des Anteils typischer Arten mit jenem der sogenannten Störarten (oder Störzeiger).⁶ Jeder Referenztyp umfasst auch eine Reihe von sogenannten «indifferenten» Arten mit breiter ökologischer Amplitude, sie spielen in der Indexberechnung eine untergeordnete Rolle.

Zur Zeit liegt die Erkenntnis vor, dass das System der Zustandsbeurteilung mit dem WRRRL-Referenzindex als guter Ansatz für die «absolute» (Zustands-)Charakterisierung eines Gewässers in Frage kommt,⁷ aber auf die schweizerischen Gegebenheiten angepasst und neu geeicht werden müsste. Bestrebungen hierzu sind im Gange und könnten auch für die Weiterentwicklung der Methodik bezüglich Auswirkungen von Eingriffen in aquatische Lebensräume anhand der Unterwasservegetation von Bedeutung werden. Bei der Beurteilung der Auswirkungen bestehender Anlagen bleibt aber der lokale Vergleich eines unbeeinträchtigten Abschnittes (ohne Anlage) mit dem bereits vorhandenen Hafenperimeter unerlässlich, ob nun im direkten (relativen) Vergleich der beiden Abschnitte (wie in der vorliegenden Methodik) oder dann in der Differenz der jeweiligen Abweichung zur (absoluten) Referenz.

⁵ Definition der Zustandsklasse 1: Die taxonomische Zusammensetzung entspricht vollständig oder nahezu vollständig den Bedingungen bei Abwesenheit störender Einflüsse.

⁶ Der Referenzindex RI vergleicht Artenzusammensetzung und Abundanzen an einer Stelle mit dem Arteninventar der Referenzstellen. Er eignet sich damit zur Quantifizierung der Degradation als Abweichung vom Referenzzustand. Das Bewertungssystem beruht somit nicht auf einer Reihung von Arten nach bestimmten Degradationsfaktoren (z.B. Trophie), sondern ergibt sich aus der realen Spannweite der im jeweiligen Typ auftretenden ökologischen Zustände (STELZER 2003).

⁷ Der Referenzindex wird durch AquaPlus seit ca. 2009 per Beauftragung oder nach Bedarf probenhalber eingesetzt und ist als komplexer Algorithmus in den automatisierten Auswertungstools für die Wasserpflanzenenerhebungen implementiert. Für die standardisierte «produktive» Anwendung auf Schweizer Gewässer fehlt vorderhand noch die notwendige Eichung.

Anwendungsbereich der Methode zur Ersatzbemessung und Abgrenzungen gegenüber anderen Verfahrensschritten zur Beurteilung der Umweltauswirkungen

- Untersuchungen bestehende Hafenanlagen // Neuanlagen
- Bemessung Ersatzbedarf // Umweltberichterstattung // Massnahmen

Im Rahmen einer Konzessionserneuerung von bestehenden Hafenanlagen beschränkt sich die Charakterisierung des IST-Zustandes (= Ausgangszustand) bzw. die Erfassung der Auswirkungen der Anlage hauptsächlich auf die Untersuchung der Ufervegetation, inklusive der Unterwasservegetation (siehe BUWAL 1997), als repräsentatives höchstes Schutzgut zur Bemessung des Ersatzbedarfes.

Bei der Erweiterung von bestehenden Anlagen und insbesondere bei Neuanlagen bleibt die Untersuchung der Ufervegetation / Wasserpflanzen fester Bestandteil der erforderlichen Grundlagenerhebung des Ausgangszustandes und weiterhin massgebliche Grundlage für die Ersatzbemessung. Je nach den situativen Gegebenheiten sind aber auch Abklärungen weiterer «Elemente» der Biosphäre hinsichtlich möglicher Auswirkungen / Beeinträchtigungen durch die geplante Hafenanlage erforderlich, z.B. Auswirkungen auf Ruhe- und Überwinterungszonen von Wasservögeln, allfällige Fischlaichgebiete von Bedeutung oder spezielle bzw. gefährdete Arten / Artgruppen des Phyto- und Makrozoobenthos. In der Regel werden diese Aspekte nicht ersatzrelevant bzw. sind in der Ersatzbemessung via Auswirkungen auf die Unterwasservegetation als «Leit-» oder «Mantel-Schutzgut» enthalten,⁸ es kommt aber in einem ersten Schritt NHG Art. 18 zur Anwendung, wonach das Projekt in der Planung soweit zu optimieren ist, dass die Beeinträchtigungen des Vorhabens minimiert werden⁹ und – wenn sich eine Beeinträchtigung schutzwürdiger Lebensräume durch technische Eingriffe unter Abwägung aller Interessen nicht vermeiden lässt – zuerst besondere Massnahmen zu deren **Schutz** und **Wiederherstellung** zu treffen sind. Es ist denkbar, dass aufgrund einer möglichen Beeinträchtigung spezieller Arten das Vorhaben nicht bewilligungsfähig ist (sogenannte «No-Go's») oder – sofern möglich – Umsiedlungen in Ersatzlebensräume oder Zwischenhalterungen und anschliessende Wiederansiedlungen am originalen oder einem alternativen Standort erforderlich sind.

⁸ Von einem Miteinbezug faunistischer Elemente (z.B. Fische, Wasserwirbellose, ...) zur Ersatzbemessung wird abgesehen, da u.a. aufgrund deren Mobilität kaum ein direkter Bezug zu den massgeblichen Auswirkungen der Hafenanlage herzuleiten bzw. sie auf diese Auswirkungen wenig oder inadäquat reagieren und somit die Ufer- und Unterwasservegetation am besten die «Ummantelung» der stärksten Beeinträchtigung repräsentiert.

⁹ Bei der Konzessionserneuerung von bestehenden Anlagen ohne Veränderungen wird von einem «*fait accompli*» ausgegangen und auf eine Rekonstruktion der Verhältnisse VOR Erstellung der Anlage verzichtet. Im Rahmen der Umweltabklärungen bzw. des UVB wird der IST-Zustand in der Referenz als Ausgangslage betrachtet (Situation ohne Anlagen) und der Hafenschnitt als Wirkungssperimeter bzw. Betriebszustand (Situation mit Anlage). Der Vergleich der Referenz mit dem Wirkungssperimeter anhand der Ufer- und Unterwasservegetation (siehe Kap. 3.1ff) widerspiegelt die tatsächlichen Auswirkungen und bildet die Grundlage für die Ersatzbemessung. Bei Neuanlagen gilt generell der aktuelle Zustand als Ausgangszustand und darauf bezogen werden die potenziellen Auswirkungen abgeschätzt und in die Ersatzbemessung umgesetzt (siehe Kap. 3.10). Der Bezug zu einer absoluten Referenz, also ein mindestens naturnaher Zustand mit höchstens geringen anthropogenen Einflüssen macht im vorliegenden Kontext keinen Sinn oder wäre nicht praktikabel.

Erst bei verbleibenden, tragbaren, nicht mehr zu vermeidenden Beeinträchtigungen in schutzwürdigen Lebensräumen kommt – unter Voraussetzung der Bewilligungsfähigkeit – der Schritt nach «angemessenem **Ersatz**» zum Tragen, welcher mit der vorliegenden Methodik anzugehen ist.

Es wird dringend empfohlen, bei baulichen Vorhaben im Uferbereich, u.a. also bei Erweiterung bestehender und neuen Hafenanlagen, frühzeitig mit den zuständigen Fachstellen, insbesondere der Fachstelle Naturschutz (FNS), die Rahmenbedingungen zur Bewilligungsfähigkeit und die erforderlichen Abklärungen / Untersuchungen festzulegen. Es kommt dabei u.a. auch zur Sprache, dass sich aus Beeinträchtigungen von bestimmten Arten qualitative Anforderungen an den Ersatzlebensraum ergeben können.

Zur Handhabung «**spezieller Arten**» (als sogenannte SGG-Arten bezeichnet) ¹⁰ sind Ausführungen in verschiedenen Kapiteln des Methodenbeschriebes enthalten (siehe u.a. Kap. 3.7 und auch ANHANG B). In bestehenden Anlagen zeigen sich – im Vergleich zur Umgebung – oft und gehäuft Wasserpflanzenarten mit einem gemäss Roter Liste erhöhtem Gefährdungsstatus. Im Verfahren der Konzessionserneuerung bzw. im Rahmen der Ersatzbemessung stehen sie unter keiner «besonderen Beobachtung» bzw. kommen keine «besonderen Schutzansprüche» zum Tragen, da sie in der Regel aufgrund der Anlage selbst und deren grundsätzlich unerwünschten Auswirkungen (GEGEBENER Betriebszustand), wie z.B. Nährstoffanreicherung» oder «Störung der standorttypischen Strömungsverhältnisse» auftreten. Bei Erweiterung bestehender oder Neuanlagen ist im Rahmen der Abklärungen des KÜNFTIGEN Betriebszustandes ein anderer Fokus angezeigt, indem allfällige bzw. potenzielle Auswirkungen auf die SGG-Arten gutachterlich eingeordnet werden und unabhängig der Ersatzbemessung fallweise spezifische Massnahmen oder Entscheidungen zu treffen sind. So kann beispielsweise das Vorkommen der stark gefährdeten Wasserpflanzenart *Litorella uniflora* (Strandling; Rote Liste = EN) im Bereich einer geplanten Hafenerweiterung oder Neuanlage dazu führen, dass die Bewilligungsfähigkeit des Vorhabens äusserst kritisch wird, da eine Umsiedlung erfahrungsgemäss kaum möglich ist und deshalb keinerlei Beeinträchtigung bzw. die Unversehrtheit dieser Bestände gewährleistet sein muss. Weiter könnten gewisse spezifische «Auswirkungen» des Vorhabens im künftigen Betriebszustand auf einzelne Arten dazu führen, dass die Bewilligung nur unter Auflagen erteilt wird, so z.B. mit spezifischen Anforderungen an die Umsetzung des Ersatzbedarfes. ¹¹

¹⁰ SGG = Seltene, geschützte und gefährdete Arten, wobei sich «selten» auf das betreffende Gewässer oder Gewässerabschnitt (auf Basis der verfügbaren Daten), «geschützt» auf die in der NHV namentlich deklarierten Arten und Artgruppen und «gefährdet» auf die aktuelle Einstufung nach Roter Liste bezieht.

¹¹ Denkbar wäre hier beispielsweise die Situation, dass das Vorhaben eine SGG-Art lokal beeinträchtigt (aber ohne Bestandesgefährdung) und in der Umsetzung des Ersatzbedarfes die Auflage gemacht wird, das Aufkommen der betreffenden Art am Ersatzstandort besonders zu fördern (sofern dies aus ökologischen Gründen Sinn macht und überhaupt möglich ist).

3 Bemessung Ersatzbedarf: Grundsätze und Methodik

3.1 Anwendungsbereich Hafenerimeter («BASIS-Modul») und Rahmenbedingungen

Für die Methodik bzw. die Vorgehensweise zur Bemessung von Ersatzmassnahmen bei Konzessionserneuerungen von **bestehenden Hafenanlagen** gelten die nachfolgend aufgeführten Voraussetzungen:

- Im Rahmen einer Konzessionserneuerung ist ein UVP-Verfahren durchzuführen, sofern die Anlage den Schwellenwert von 100 Bootsplätzen überschreitet (BAFU 2009). Ein wesentlicher Bestandteil der Umweltabklärungen besteht in der Beurteilung der Auswirkungen der Hafenanlage auf die Wasserpflanzen (Unterwasservegetation).

Bei Hafenanlagen mit weniger als 100 Bootsplätzen ist eine Umweltnotiz zu erarbeiten, auch hier bildet die Unterwasservegetation die Basis zur Beurteilung der Auswirkungen.

- Die Auswirkungen auf die Wasserpflanzen (Unterwasservegetation und Uferpflanzen) bilden die wichtigste Grundlage zur Bemessung des Ersatzbedarfes (siehe auch gesetzliche Grundlagen in Anhang 2).
- Es sind im Verfahren der Konzessionserneuerung keine neuen Bauten oder Veränderungen der bestehenden Anlage vorgesehen.
- Die betreffende Hafenanlage besteht bereits seit mehreren Jahren, die ökologischen Verhältnisse – im besonderen das Vorkommen, die Verbreitung und die Bewuchsdichte der Wasserpflanzen – haben sich den vorherrschenden Bedingungen (Stege, Bootsplätze, Bootsverkehr etc.) angepasst. Der aktuelle Zustand wird als BETRIEBSZUSTAND bezeichnet.
- Als AUSGANGS- oder REFERENZZUSTAND werden die Wasserpflanzenverhältnisse in einem der Hafenanlage nahe gelegenen, nicht von Nutzungen betroffenen Uferbereich angenommen. Dieser Abschnitt wird als Referenz bezeichnet. Er soll bezüglich der Uferlinie (Naturnähe / Verbauungsgrad)¹², des Ufertyps (Ausdehnung der Flachwasserzone, Neigung des Seegrundes) sowie der Untergrundbeschaffenheit mit dem Standort der Hafenanlage möglichst vergleichbar sein.
- Die Abklärungen bezüglich der Wasserpflanzen (Auftreten, Bewuchsdichte, Artenzusammensetzung etc.) erfolgen mit der Anwendung einer flächenbezogenen, quantitativen Methode. Gemäss aktuellem Standard für Wasserpflanzenenerhebungen im EU-Raum (Wasserrahmenrichtlinie, WRRL) und in der Schweiz wird eine Erhebung mit Tauchtransekten durchgeführt, wie sie unter der Bezeichnung «MESAV+ – Methode für die Erhebung der suba-

¹² Es ist denkbar, dass eine in Frage kommende Referenzstelle eine grössere Naturnähe als der Hafenerabschnitt aufweist, also beispielsweise ein Schilfgürtel statt eines verbauten Ufers vorliegt. Für die Bemessung des Ersatzbedarfes werden dann die emersen Röhrichtpflanzen nicht berücksichtigt, sondern der Vergleich nur mit der Unterwasservegetation vorgenommen. Siehe dazu auch Kap. 3.7 mit Vorgaben zur Eignung des Referenzabschnittes.

quatischen Vegetation» in Aqua & Gas (2014) publiziert wurde (siehe ANHANG C).

Es sind mit einer geeigneten Anordnung von Tauchtransekten folgende Areale zu erfassen:

A1) **Hafenperimeter («Auswirkungsperimeter»)**

Erfassung der unterscheidbaren Kompartimente im Hafen (z.B. beschattet – nicht beschattet / grosse – kleine mechanische Störungen, etc.). Abstand der Transekte: 10–20 m, ¹³ Auflösung: Kompartimente sind vollständig oder zumindest repräsentativ abgedeckt.

In einer Anlage des Typs 3 und 4 (siehe Abb. 2) mit unterer Tiefengrenze der Vegetation innerhalb des Hafens, sind die Transekte alle bis zur grössten Bewuchstiefe am Standort abzutauchen. ¹⁴

A2) **Zone seewärts des Hafens**

Erfassung der Vegetation bis zur unteren Verbreitungsgrenze (falls die Anlage diese Grenze nicht bereits einschliesst). Abstand der Transekte: variabel, Auflösung: möglichst flächendeckend mit Abstand der Transekte von 20 m oder zumindest repräsentativ stichprobenweise.

B) **Referenzperimeter**

Erfassung der Vegetation bis zur unteren Verbreitungsgrenze auf einem mindestens 60 m breiten, repräsentativen Abschnitt in Hafennähe (mit vergleichbarer Uferbeschaffenheit und Seegrundrelief). Abstand der Transekte: 20 m, Auflösung: ≥ 3 Transekte.

→ Anpassungen und Erweiterungen hinsichtlich der Aspekte «Grundsätze und Methodik» sowie «Anwendungsbereich und Rahmenbedingungen» bei **Veränderung bestehender Anlagen** und eigentlichen **Neuanlagen** kommen in Kap. 3.9 zur Sprache. Das Vorgehen mit Untersuchung der beiden Abschnitte «Hafenperimeter» und «Referenz» bleibt im Wesentlichen gleich, in der Festlegung des Hafenperimeters werden die geplanten erweiterten oder vollständig neuen Bereiche mitberücksichtigt.

→ Die Untersuchung des Hafenperimeters und die Bemessung des Ersatzbedarfs aufgrund der Auswirkungen der Anlage als solches im Betrieb anhand des Vergleichs mit dem Referenzabschnitt wird als **«BASIS-Modul»** bezeichnet, die Erweiterung der Auswirkungen des Hafens (bestehend oder geplant) auf die Umgebung und die zugehörige Ersatzbemessung als **«EXTENSIONS-Modul»** (siehe Kap. 3.9).

¹³ Je nach Ausrichtung der Stege im Hafen können die Transekte quer (uferparallel) oder längs (senkrecht zum Ufer, in der Falllinie des Reliefs) oder in einer Kombination gelegt werden. Das Transektmuster soll die bestmögliche (aussagekräftigste) Repräsentation der möglichen Auswirkungen der Hafenanlage auf die Vegetation gewährleisten.

¹⁴ Es ist möglich, dass aufgrund der Beschattung durch Boote und Stege die Tiefenverbreitung der Vegetation innerhalb des Hafens beeinflusst wird. Um eine solche Auswirkung der Anlage im Ersatzbedarf zu berücksichtigen, ist für alle Transekte die maximale Verbreitungsgrenze am Standort als «Potenzial» zu erfassen, auch wenn fallweise der letzte Transektabschnitt keine Vegetation aufweist. Siehe dazu auch Kap. 3.5.

3.2 Auswirkungen von Hafenanlagen auf die Vegetation

In einer Hafenanlage werden die Wasserpflanzen im Wesentlichen durch folgende Faktoren beeinflusst:

- **Beschattung** durch Boote, Stege / Molen und überdachte bauliche Objekte (permanente Beschattung durch feste Einrichtungen, ob schwimmend oder fest auf Pfählen, temporäre Beschattung durch die Boote als bewegliche Objekte, wobei deren Standzeit in der Regel über 90% beträgt und sie daher praktisch ebenfalls als «feste Einrichtung» zu betrachten sind).¹⁵
- **Mechanische Belastung** durch den Bootsbetrieb (Störungen durch Wasserbewegung, Aufwirbelung des Untergrundes)¹⁵
- **Nährstoffanreicherung** durch Kompartimentierung (Verminderung oder Einschränkung des Wasseraustausches in Abhängigkeit der Anordnung und dem Typ der Hafenmolen und weiterer baulicher Hafenelemente).¹⁶
- **Veränderung der Untergrundbeschaffenheit** durch Ablagerungen von Feinsedimenten (z.T. auch Auflandungen).
- **Störung, Umlenkung oder Unterbindung von ufernahen Strömungen** durch bauliche Strukturen (Molen, Stege, Pfähle / Dalben, Spundwände, Wellenbrecher, etc.).
- **Zerstörung des Lebensraumes Seegrund** durch Schüttungen von Molen oder durch Pfähle zur Stützung bzw. Verankerung von festen oder schwimmenden Molenteilen.
- **Weitere Faktoren** wie zum Beispiel Uferveränderungen beim Bau des Hafens (meist im ganzen Hafenabschnitt harter Uferverbau), Abtrag des Seegrundes (Ausbaggerung einmalig oder periodische Entfernung von Auflandungen), Veränderung des Untergrundes durch Einbringen von Substrat, etc.

Je nach Gestaltung des Hafens wirken sich die verschiedenen Faktoren mehr oder weniger stark aus. Beispiele:

- Beschattung: je enger die Bootsplätze, je schmaler die Zufahrtsrinnen, je lichtundurchlässiger die Laufflächen der Stege → desto grösser die Effekte auf die Vegetation
- Nährstoffanreicherung: Je geschlossener der Hafen bzw. je geringer der ungehinderte Wasseraustausch durch bauliche Hafenelemente (z.B. äussere Mole, schwimmend oder durchgehend) → desto grösser die Effekte auf die Vegetation

¹⁵ siehe u.a. AQUAPLUS (2010)

¹⁶ siehe u.a. AQUAPLUS (2007)

3.3 Vorgehen zur Festlegung der Auswirkungen auf die Vegetation

Die aufgeführten Einflussfaktoren der verschiedenen baulichen Elemente einer Hafenanlage sowie des Betriebs wirken sich wie folgt auf die Vegetation aus:

- 1) **Veränderung der Artenzusammensetzung** und/oder der Häufigkeitsanteile der vorkommenden Arten

Eine Hafenanlage kann durch Beschattung, Nährstoffanreicherung, mechanische Belastung oder Strömungsveränderung insbesondere die Häufigkeitsanteile der vorkommenden Arten stark beeinflussen, u.U. verschwinden gewisse empfindliche Arten aus dem Perimeter oder es kommen andere hinzu. Oft weist der ufernahe Teil einer Hafenanlage eine grössere Wassertiefe auf als die benachbarten Uferabschnitte ausserhalb der Hafengrenzen. Auch dadurch wird eine Änderung der mechanischen Kräfte durch Wellen oder Strömungen erzeugt, es können sich dann im Hafen Pflanzen entwickeln, welche ausserhalb allenfalls erst in einer grösseren Tiefe auftreten.

- 2) **Veränderung der Bewuchsdichte**

Eine Hafenanlage kann die Vegetationsdichte in beide Richtungen beeinflussen: Verstärktes Wachstum durch eine erhöhte Nährstoffkonzentration, vermindertes Wachstum durch Beschattung oder durch mechanische Belastung. Es kann die Situation auftreten, dass sich durch verminderte Wasserbewegungen im Hafenable oder im Strömungsschatten ausserhalb des Hafens¹⁷ Arten etablieren, welche sonst erst ab einer gewissen Tiefe anzutreffen sind. Oder dass sich generell im Hafenable und u.U. auch seeseits anschliessend eine deutlich dichtere Vegetation entwickeln kann als in einem vergleichbaren, unbeeinflussten Uferabschnitt.

- 3) **Weitere Veränderungen:** Wuchshöhe und Vitalität der Vegetation.

Alle aufgeführten Auswirkungen sind durch die vorgeschlagene Aufnahme-Methodik «MESAV+» (siehe Publikation AQUAPLUS 2014 in ANHANG C-1 und Detailbeschreibung in ANHANG C-2) quantitativ und flächenproportional erfassbar. Im Vergleich der Bewuchsverhältnisse zwischen dem Hafenable und dem assoziierten Referenzbereich kann der Einfluss der Anlage auf die Vegetation direkt ermittelt werden.

Die nachstehend aufgeführten Parameter «Ähnlichkeit der Vegetationsstruktur» sowie «Ähnlichkeit der Bewuchsdichte» haben sich im Verlauf einer Reihe von

¹⁷ Störung oder Unterbindung von ufernahen Strömungen durch bauliche Strukturen (Molen, Stege, Pfähle / Dalben, etc.), dadurch kann sich auch eine Änderung der Untergrundbeschaffenheit im Hafenable ergeben (z.B. Feinsedimentanreicherung).

Abklärungs-, Evaluations- und Plausibilisierungsschritten ¹⁸ als geeignete und robuste Vergleichsmasse herausgestellt:

- **Unterschied Vegetationsstruktur**

(auf Basis Renkonen-Index R, Dominanzidentität DI) ¹⁹

Bezeichnung: **VS**

Wertebereich: 0–1

Um die Wirkung der Anlage auf die Vegetation gleichsinnig der Bedeutung der Strukturähnlichkeit zu setzen, wird der Renkonen-Indexwert von 1 abgezogen (grosse Auswirkung soll grossen Indexwert erzeugen).

Erläuterung: Index 1 = keine Ähnlichkeit der Vegetationsstruktur zwischen Hafeneareal und Referenzbereich. Index 0 = sehr grosse Ähnlichkeit (Übereinstimmung in den vorkommenden Arten und ihren Häufigkeiten).

- **Unterschied Bewuchsdichte**

Bezeichnung: **BD**

Wertebereich: 0–1

Basis ist die durchschnittliche Vegetationsdichte als Abundanz pro m² ²⁰, die Abweichung wird im Absolutwert der prozentualen Differenz angegeben

¹⁸ Unter anderem auch in enger Zusammenarbeit und Abstimmung mit den kantonalen Fachstellen im Bereich Gewässer- und Naturschutz. Dabei wurde anerkannt und unterstützt, dass mit den beiden Vegetationsfaktoren VS und BD als Summenparameter die verschiedenen Auswirkungen der Hafenanlage als solches und im Betrieb «pragmatisch» in adäquater Form berücksichtigt sind. Eine anteilige Differenzierung der Einzelwirkungen auf die Vegetation wäre kaum oder nur mit unverhältnismässigem Aufwand möglich und je nach Standort und Exposition der Anlage würden diese auch nicht in gleich starker und gleich gerichteter Ausprägung in Erscheinung treten.

¹⁹ Der Renkonen-Index dient der Ermittlung der Identität von Lebensgemeinschaften. Neben dem Auftreten einer Art (Präsenz) wird auch deren Häufigkeit (Dominanz) berücksichtigt. Die Formel lautet:

$$R = \sum_{i=1}^G \min D_{A,B}$$

R = Renkonen-Index
 G = Anzahl der gemeinsamen Arten
 minD_{A,B} = der kleinere Dominanzwert einer gemeinsamen Art der zu vergleichenden Zönosen A und B

Für alle in beiden Perimetern (Hafenanlage und Referenzbereich) vorkommenden Arten wird der jeweils kleinere Häufigkeitswert (relative Häufigkeit in Prozent) verwendet und aufsummiert. Siehe dazu Anschauungsbeispiel in Kap. 3.9. Wertebereich und Interpretation: sehr grosse Ähnlichkeit = 0.95–1 (d.h. Übereinstimmung zu 95–100 %) / grosse Ähnlichkeit = 0.8–0.95 / mittlere Ähnlichkeit = 0.6–0.8 / geringe Ähnlichkeit = 0.3–0.6 / keine Ähnlichkeit = 0–0.3. Der Renkonen-Indexwert R geht in Form von 1–R als Faktor «VS» in Formel 1) ein.

²⁰ Abundanz = Produkt von bewachsener Fläche [ha] und Vegetationsdichte (dimensionslose Zahl proportional zu den Dichtestufen, Dichte 1–10 % = 0.5, 11–25 % = 1, 25–50 % = 2, 51–75 % = 3, 76–100 % = 4). Die vorkommenden Arten weisen jeweils einen Anteil an der Abundanz der betreffenden Transektfläche, des Transektes bzw. des ganzen Untersuchungsgebietes auf. Dieser Anteil wird in Prozent angegeben, die Abundanzanteile aller vorkommenden Arten ergeben 100 %. Sie repräsentieren die quantitative Bedeutung der Art bezogen auf die betrachtete Flächeneinheit wieder. Berechnungsbeispiel siehe Anhang C-2.

Die Abundanzwerte gehen in die Berechnung der Dominanzidentität (Renkonen-Index R) und in der Form 1–R als Faktor «VS» in Formel 1) ein.

Der Abundanzwert einer betrachteten Fläche dividiert durch die Flächengrösse ergibt die für den Faktor «BD» verwendete Abundanz pro m². Siehe Anschauungsbeispiel in Kap. 3.8.

und auf den Wertebereich von 0–1 normiert. Der Bewuchsdichtewert in der Referenz wird als 100 % gesetzt, die positive oder negative Abweichung davon (als Absolutwert) ergibt einen Anteil zwischen 0–≥100 % bzw. zwischen 0–1. Abweichungen von mehr als 100 % werden auf den Maximalwert von 1 gesetzt.

Erläuterung: Index 1 = die Bewuchsdichte im Hafen weicht zu 100 % oder mehr von jener im Referenzbereich ab. Index 0 = die Bewuchsdichte zwischen Hafenaerial und Referenzbereich ist identisch.

3.4 Konzept zur Bemessung des Ersatzbedarfes

Die beiden Parameter «Ähnlichkeit der Vegetationsstruktur» und «Ähnlichkeit Bewuchsdichte» bilden als Mass der Abweichung zwischen Referenzbereich und Hafenaerial (und damit der Auswirkungen des Hafens als solches) die massgeblichen Faktoren zur Bemessung des Ersatzbedarfes.²¹ Als Bezugsgrösse zur Umsetzung des Auswirkungsgrades anhand der Vegetationsfaktoren in eine quantitative Einheit an Ersatzmassnahmen («Übersetzung» / «Traktion» / «Hebel») soll grundsätzlich die Hafensfläche – *in noch näher zu definierender Form (siehe Kap. 3.5)* – dienen.²²

Allgemeine Überlegung: Würde ein Hafenaerial durch die baulichen Anlageteile und den Betrieb dazu führen, dass die Vegetation komplett verschwindet und damit der Seegrund (die Flachwasserzone) als Lebensraum vollständig verloren geht (Auswirkungsfaktor 1), so ist es naheliegend, dass die ganze Fläche ersetzt werden müsste. Als *Worst Case*-Szenario könnte die Annahme getroffen werden, dass der Seegrund auf der ganzen Hafensfläche mit einem künstlichen Untergrund ausgestaltet wird. Auf der anderen Seite – als *Best Case*-Szenario – ist (theoretisch) denkbar, dass die Hafenanlage keinerlei Auswirkungen auf den Seegrund und die Wasserpflanzenvegetation aufweist. In diesem Falle würde kein Bedarf an Ersatzmassnahmen bestehen.

Gemäss dem Leitfaden des Bundes «Wiederherstellung und Ersatz im Natur- und Landschaftsschutz» (BUWAL 2002) wird für die Beanspruchung von Seegrundfläche (Stillgewässer, Flachwasserzone) ein Flächenfaktor von 1.5 zur Wiederherstel-

²¹ Steht der Perimeter der Hafenanlage oder der am besten geeignete Referenzbereich unter besonderen (nicht zu umgehenden) Auswirkungen, beispielsweise durch periodische Trübungen aufgrund räumlicher Nähe eines Zuflusses (Bach- oder Flussmündung), so ist dieser Effekt bzw. die betreffenden Auswirkungen auf die Vegetation bzw. die massgeblichen Vegetationsfaktoren VS und BD gutachterlich abzuschätzen und der Vergleich zwischen Hafensperimeter und Referenz entsprechend anzupassen. Für weitere Informationen bezüglich dieses Vorgehens steht die beauftragte Firma AquaPlus zur Verfügung.

²² Die Kriterien zur Festlegung der Bezugsgrösse sind in Kap. 3.5 unter Abschnitt «Systemgrenze – relevante Hafensfläche» dargestellt.

lung des gleichen oder eines «verwandten» Lebensraumtyps postuliert.²³ Dieser Faktor kommt in der Bewilligungspraxis der kantonalen Fachstellen bereits seit längerem zur Anwendung.²⁴

In der konkreten Umsetzung zu Bemessung des Ersatzbedarfes bei Konzessionserneuerungen von Hafenanlagen aufgrund der Beanspruchung des Seegrundes bzw. der Auswirkungen auf die Vegetation wird folgende Formel vorgeschlagen:

Formel 1

$$\text{Ersatzfläche } S \text{ [m}^2\text{]} = \overset{\text{relevante}}{\text{Hafenfläche}} \text{ [m}^2\text{]} \cdot 1.5 \cdot \frac{(a \cdot VS + b \cdot BD)}{(a + b)}$$

S = Beanspruchung Seegrund VS = Unterschied Vegetationsstruktur
 BD = Unterschied Bewuchsdichte a, b = Gewichtungsfaktoren²⁶

Wertebereich von VS und BD = 0–1
 VS = 1– R (Indexwert Renkonen) BD = Absolutwert Dichtedifferenz
 1.5 = Ersatzfaktor gem. BUWAL 2002 bei Zerstörung des Lebensraumes

Die beiden Vergleichsfaktoren gehen als gewichteter oder ungewichteter Durchschnitt in die Bewertung ein. Damit wird ein Wirkungsmodell einbezogen, worin eine ähnliche Bewuchsdichte bis zu einem gewissen Mass Unterschiede in der Artenzusammensetzung bzw. den Arthäufigkeiten kompensieren kann (und umgekehrt).

²³ Originalformulierung BUWAL 2002, S. 113: «Mit der Methode werden sowohl die durch einen technischen Eingriff beeinträchtigten, schutzwürdigen Lebensräume als auch der vorge-sehene Ersatzlebensraum bewertet. Die Bewertung erfolgt anhand eines Schlüssels nach den drei Hauptkriterien Qualität, regionale Bedeutung und landschaftsökologische Funktion. Berücksichtigte Faktoren sind ausser der Grösse des Lebensraums seine Artenvielfalt, Reife, Unversehrtheit, Gefährdung, Dauerhaftigkeit, regionale Seltenheit, landschaftliche Bedeutung, sein Alter, Vernetzungsgrad, Schutzstatus, biologisches Potenzial, das Vorkommen seltener Tier- und Pflanzenarten und das Vorhandensein von Störungen. Das Resultat dient der Bestimmung eines vom Ersatzlebensraumtyp abhängigen Flächenfaktors, mit dem die notwendige Grösse des Ersatzlebensraums errechnet werden kann.» Hinweis: In der BUWAL-Vollzugshilfe werden keine Eingriffe in aquatische Lebensräume behandelt. Einzig in der Matrix der Ersatzfaktoren wird bei Zerstörung von Stillgewässern die Wiederherstellung in 1.5-facher Fläche gefordert. In der Nachfolgepublikation «Bewertungsmethode für Eingriffe in schutzwürdige Lebensräume» (HINTERMANN & WEBER 2017) sind die aquatischen Lebensräume explizit ausgenommen, weil sich die für terrestrische Gegebenheiten entwickelten Beurteilungs- und Bewertungskriterien nicht adäquat übertragen lassen. Die im obigen Zitat aufgeführten Bewertungskriterien sind – wie in Kapitel 2 erläutert – für aquatische Lebensräume nicht praktikabel bzw. weisen keine übertragbare Relevanz auf.

²⁴ Falls die Einschätzung der Hauptkriterien des Ersatzlebensraumes einen höheren Wert (Öko-punkte-Zahl) ergibt als der Ausgangslebensraum, kann der Flächenfaktor verringert werden, muss aber im Minimum 1 betragen (BUWAL 2002, S. 114).

²⁵ Definition der für die Bemessung «relevanten Hafenfläche» siehe Kap. 3.5.

²⁶ Als «Normalfall» ist die gleichwertige Berücksichtigung der beiden Parameter zu betrachten, die Faktoren a und b weisen hier den Wert 1 auf. Siehe dazu die Ausführungen in Kap. 3.4 sowie die Darstellung von Ausnahmen in Kap. 3.5.

Hafentyp 1: Geschlossener Hafen über flacher Uferbank, der Hafen deckt nur einen Teil des Tiefenbereiches mit Unterwasservegetation ab.

Die Aussenmole dieses Hafentyps ist meistens fest und durchgehend bis zum Grund (Schüttung oder Spundwand).

Deutlich sichtbar ist die ausgebagerte Zufahrtsrinne zum Hafen (Einfahrt rechts).

Auch Binnenhäfen sind diesem Hafentyp zuzuweisen.



Hafentyp 2: Offener Hafen über flacher Uferbank, der Hafen deckt nur einen Teil des Tiefenbereiches mit Unterwasservegetation ab.



Abb. 1: Beispiele von Hafenanlagen. Quelle: GIS-Browser Kt. ZH, 15.8.2015.

HAFENTYP 1: Geschlossener Hafen über flacher Uferbank.

HAFENTYP 2: Offener Hafen über flacher Uferbank.

Hafentyp 3: Geschlossener Hafen über steiler Uferbank, der Hafen deckt den ganzen Tiefenbereich mit Unterwasservegetation ab.

Die Aussenmole dieses Hafentyps ist häufig schwimmend (Beton-elemente, befestigt an Pfählen oder mit Ketten verankert, beweglich in Abhängigkeit des Wasserspiegels) oder fest, aber nicht durchgehend bis zum Grund (befestigt auf Stützen).



Hafentyp 4: Offener Hafen über steiler Uferbank, der Hafen deckt den ganzen Tiefenbereich mit Unterwasservegetation ab.



Abb. 2: Beispiele von Hafenanlagen. Quelle: GIS-Browser Kt. ZH, 15.8.2015.

HAFENTYP 3: Geschlossener Hafen über steiler Uferbank.

HAFENTYP 4: Offener Hafen über steiler Uferbank.

3.5 Anmerkungen zur Methodik sowie Präzisierungen und Gewichtungen der Faktoren zur Bemessung des Ersatzbedarfes

Systemgrenze – Hafen an einem Flachufer

Gemäss Vorgaben zur Erhebung der Wasserpflanzen (siehe Kap. 3.1) wird für Hafenanlagen des Typs 1 und 2 (siehe Abb. 1) ²⁷ sowohl im Hafenperimeter als auch im Referenzbereich die Vegetation bis zur unteren Tiefenverbreitung erfasst. ²⁸ Es stellt sich die Frage, ob für die Berechnung der beiden Faktoren VS und BD nur die Tiefenzone bzw. die Uferdistanz berücksichtigt werden soll, welche die Hafenanlage abdeckt (Beurteilung SEKTORIELL) oder ob dafür die ganze Flachwasserzone ab Ufer bis zur Vegetationsgrenze einzubeziehen ist (Beurteilung GESAMT). Verschiedene Testdurchläufe des Bemessungsmodells haben gezeigt, dass die Vorgehensweise «GESAMT» vorzuziehen ist. Die darin enthaltene übergeordnete Betrachtung der Auswirkungen der Hafenanlage auf das Gesamtsystem «Flachwasserzone» erfüllt die gesetzlichen Vorgaben gemäss Art. 18 NHG zum möglichst integralen Schutz der Uferzone in adäquater Weise. Das SEKTORIELLE Vorgehen ist wichtig und hilfreich zur Analyse der kleinräumigen, auf die Hafenfläche selbst bezogenen Veränderungen gegenüber einer direkt korrespondierenden Tiefenzone. Ein direkter Bezug zu den Ersatzmassnahmen dürfte jedoch zu restriktiv sein. So liesse sich beispielsweise der «Wert» (an sich) der im Hafen vorkommenden Vegetation unter bestimmten Umständen nur ungenügend wiedergeben.

→ **EMPFEHLUNG:** Es wird sowohl in der Referenz als auch im Hafen die ganze Tiefenzone berücksichtigt, ab Ufer bis zur unteren Verbreitungsgrenze (Vorgehensweise GESAMT).

Systemgrenze – Hafen an einem Steilufer

Liegt der Hafen an einem steiler abfallenden Ufer, so ist meist die ganze potenzielle Bewuchszone der Vegetation durch die Anlage betroffen (siehe Hafentyp 3 und 4 in Abb. 2). Für den Vergleich mit dem Referenzbereich werden die vollständigen Vegetationsprofile (Tauchtransekte) berücksichtigt. Möglicherweise verläuft die Tiefengrenze der Vegetation sogar innerhalb des Hafenareals. In diesem Fall sind alle Transekte bis zur maximalen Bewuchstiefe im Areal abzutauchen, auch wenn fallweise der letzte Abschnitt vegetationslos sein sollte. ²⁹

²⁷ Verschiedentlich wurden Hafenanlagen landseitig in Riedgebieten angelegt (Ausbaggerung des Feuchtgebietes und Erstellung Seezugang). Sie fallen unter den Begriff «Binnenhäfen» und sind im vorliegenden Kontext dem Hafentyp 1 zuzuordnen (geschlossener Hafen über flacher Uferbank, die Hafenfläche wird der Flachwasserzone zugeschlagen).

²⁸ Es sollte die Vegetation auch seeseits der Hafenbegrenzung flächendeckend bis zur unteren Verbreitungsgrenze erfasst werden, zumindest jedoch stichprobenweise.

²⁹ Stege und Boote können durch Beschattung die untere Bewuchsgrenze beeinflussen, die Vegetation dringt dann ggf. weniger weit in die Tiefe vor. Würde die Erfassung bei solchen Transekten nur bis zum tatsächlichen Ende der Vegetation erfolgen, käme dieser Effekt in der Berechnung der mittleren Bewuchsdichte nicht zum Tragen. Unter Einbezug des letzten Transektabschnittes ohne Vegetation erfolgt hingegen die adäquate Berücksichtigung einer allfälligen Beeinträchtigung der Tiefenausbreitung durch die Hafenanlage. Beispiel: Liegt die Vegetationsgrenze bei einem in der Zufahrtsrinne liegenden Transekt bei 7.5 m Tiefe, bei einem im Bereich der Boote und Stege jedoch nur bei 5 m, so ist auch dieser bis zur Tiefe von 7.5 m zu verlängern. Die letzte Fläche ist aufgrund der Beschattung vegetationslos. Die mittlere Bewuchsdichte (Parameter BD) wird inklusive dieser Leerfläche berechnet.

→ **EMPFEHLUNG:** Es wird sowohl in der Referenz als auch im Hafen die vollständige Tiefenausdehnung der Vegetation berücksichtigt (ab Ufer bis zur unteren Verbreitungsgrenze). Sofern die Bewuchsgrenze innerhalb des Hafensareals liegt, sind dort alle Transekte bis zur grössten Tiefe der standörtlichen Bewuchsgrenze aufzunehmen.

Systemgrenze – relevante Hafensfläche

In der Begrifflichkeit «relevante Hafensfläche» sind zwei Ebenen zu unterscheiden, einerseits die erforderliche Untersuchungsfläche zur Erfassung der Auswirkungen der Hafensanlage (EBENE 1) und andererseits die massgebliche Bezugsfläche (Bezugsgrösse) zur Umsetzung der Auswirkungen in eine quantitative «Einheit» an Ersatzbedarf (EBENE 2, siehe dazu auch Kap. 3.4).

E1 Untersuchungsfläche zur Erfassung der Auswirkungen der Hafensanlage auf die Vegetation: Die Vorgaben zur Untersuchung des Hafensperimeters sind in den vorhergehenden Abschnitten «Hafen an einem Flachufer / Hafen an einem Steilufer» sowie in den Erläuterungen zur Erhebungsmethodik «MESAV+» (Kap. 3.1) dargestellt. Grundsätzlich erfolgt im ganzen Hafensabschnitt die Kartierung der Vegetation mit Tauchtransekten ab Ufer bis zur aktuellen unteren Verbreitungsgrenze. Bei Anlagen an einem Flachufer sind i.d.R. alle Hafenskompartimente Stege / Boote / Molen / Zufahrtsrinnen etc. eingeschlossen, an einem Steilufer kann es sein, dass diese teilweise oder ganz weiter seewärts der Vegetationszone liegen. Im Untersuchungssetting (Anordnung des Transektrasters, Ausrichtung, Positionierung, Abstand) sollen alle hafentypischen «Elemente» in adäquater Proportionalität berücksichtigt sein, also Boote / Stege / Molen / Rampen / Hallen und auch die offenen Bereiche als Zufahrt zu den Bootsplätzen oder zur Manövrierung im Hafensinnern. In den Abbildungen 1 und 2 sind dazu verschiedene Beispiele von Hafentypen aufgeführt. Zur Berechnung der Parameter VD und BD wird immer die ganze Untersuchungsfläche im Hafensperimeter bis zur unteren Verbreitungsgrenze der Vegetation einbezogen.³⁰

E2 Festlegung der massgeblichen (relevanten) Bezugsgrösse «Hafensfläche» als «Übersetzung» («Traktion» / «Hebel») der Werte aus Vergleich Hafens–Referenz mit den Vegetationsfaktoren VD und BD zur Bemessung des Ersatzbedarfes nach Formel 1 (siehe Kap. 3.4): Als «relevante Hafensfläche» werden die eigentlichen Hafensstrukturen wie Boote, Stege, Molen, Einwas-

³⁰ Als Hafensperimeter wird im Kontext des «BASIS-Moduls» die horizontale (uferparallele) Ausdehnung der Anlage gemeint, begrenzt durch die jeweils äussersten Hafensstrukturen (Mole, Boote, Stege, Rampen, etc.). Die seeseitige Grenze der Untersuchungsfläche wird durch die Tiefenverbreitung der Vegetation gegeben, z.T. darüber hinaus, sofern durch die Hafensanlage die Verbreitungsgrenze im Vergleich zur Referenz beeinträchtigt wird.

Festlegung der «relevanten Hafenumfläche»



Abb. 3: Darstellung und Vermessung der massgeblichen Flächengrösse an zwei Beispielen von Hafenanlagen als Grundlage für die Bemessung des Ersatzbedarfes.

Es wird nur die durch Hafenstrukturen (Stege, Boote, Mole) beanspruchte Seegrundfläche herangezogen, die offenen Zufahrtbereiche im Hafennern werden nicht berücksichtigt.

serungsrampen, etc.³¹ herangezogen, die offenen Zufahrtsbereiche im Innern der Anlage bleiben unberücksichtigt (siehe Abb. 3). Dieses Vorgehen wird als «MODUS OPERANDI» («MODOP») bezeichnet und für die Umsetzung der Auswirkungen von Hafenanlagen im Rahmen einer Ersatzbemessung als «best practice»-Lösung empfohlen.³²

Es kann vorkommen, dass die seeseitige Grenze der Hafenanlage ausserhalb der tatsächlichen oder potenziellen Bewuchstiefe der Wasserpflanzen liegt. Für Schweizer Seen wird die Verbreitungsgrenze bei ca. 20 m Tiefe angenommen. Im Zürichsee liegt der Maximalwert beispielsweise aktuell bei rund 12 m (Stand 2020, AQUAPLUS div. Untersuchungen seit 2005). Es ist nun die Frage, ob bei der Bemessung des Ersatzbedarfes nur jener Teil der Hafenumfläche berücksichtigt werden soll, welcher in der Vegetationszone liegt oder ob immer der ganze Hafenumperimeter in die Bemessungsformel eingeht? Da im vorliegenden Verfahren für den Ersatzbedarf die Auswirkungen auf die Flora und Lebensräume (Vegetation in der Flachwasserzone) im Zentrum stehen, wird empfohlen, nur die Hafenumfläche zu

³¹ Es wurde in der Arbeitsgruppe zur Methodenentwicklung unter Beteiligung der Fachstellen Gewässer- und Naturschutz der Aspekt erörtert, ob Flächen im Hafenumperimeter (im Hafenuminnern) mit periodischer Ausbaggerung (im Abstand < 10 Jahre) zur Entfernung der Auflandungen aufgrund der wiederkehrenden Beeinträchtigung in die relevante Hafenumfläche einbezogen werden sollte (analog der per definitionem darin berücksichtigten Strukturelemente wie Molen / Stege / Boote / etc.). Es konnte diesbezüglich keine «für alle Fälle passende» Lösung gefunden werden, da die Auswirkungen einer solchen wiederkehrenden Beeinträchtigung je nach örtlichen Gegebenheiten und dem Ausmass des «notwendigen» Eingriffs (Entfernung der Auflandungen) in den Vegetationsfaktoren sichtbar sein können und daher schon in der Ersatzbemessung berücksichtigt wären. Es kommt hinzu, dass Unterhaltmassnahmen im angesprochenen Sinne in einem Hafen (zur Wahrung der per Konzession garantierten Wassertiefe bzw. der Betriebstauglichkeit der technischen Anlage) nicht *per se* ersatzpflichtig sind.

→ ENTSCHEID: Es soll im Ermessen der zuständigen Fachstellen liegen, Bereiche mit periodischer Ausbaggerung als «spezielles Strukturelement» der relevanten Hafenumfläche zuzuordnen (je nach fallspezifischer Beurteilung in Abhängigkeit der örtlichen Situation und der verursachten Beeinträchtigung) oder diese als integriert im Vorgehen gem. BASIS-Modul «eigentliche Hafenanlage» mit Standarddefinition der für die relevante Hafenumfläche berücksichtigten Strukturen zu betrachten.

³² Die ausschliessliche Berücksichtigung der strukturellen Hafenelemente wie Boote, Stege, Molen, Einwasserungsrampen etc. als relevante Hafenumfläche gemäss Formel 1 hat sich als «best practice»-Vorgehen herausgestellt und die Bezeichnung «MODUS OPERANDI» («MODOP») erhalten. Im Verlauf der Methodenentwicklung wurden Modelle mit Unterscheidung der verschiedener Hauptauswirkungen (v.a. Beschattung, v.a. mechanische Störungen, v.a. Nährstoffanreicherung, v.a. Strömungsberuhigung etc.) und Gewichtung der entsprechenden Flächen geprüft, zusätzlich eine Differenzierung der Gewichtung von Elementen ausserhalb der aktuellen Bewuchszone und Regeln für situative Fälle (u.a. Uferabstand der ersten Hafenelemente ab Ufer) in Betracht gezogen. Es ergab sich daraus aber keine sinnvollere oder besser praktikable Alternative zu «MODOP», hingegen ein deutlich höherer Aufwand, Unsicherheiten in der Abgrenzung von Flächen und Plausibilitäten der Gewichtungen sowie eine unnötige Expansion in der «Komplexität».

Kommt hinzu, dass in der bereits umgesetzten Bemessungspraxis des Kantons Zürich für Neuanlagen von Bootshäfen nur die eigentlichen Strukturen gem. Darstellung in Abb. 3 berücksichtigt werden. Mit Vorgehen «MODOP» können ohne umfangreiche Spezifikationen alle Hafenanlagen «bemessen» werden, auch solche mit grossem Uferabstand oder mit fehlender umgrenzender Mole, wo jeweils entschieden werden müsste, was als Zufahrtsrinne und nicht mehr betroffene Fläche zu deklarieren ist. Dafür soll am Ersatzfaktor 1.5 festgehalten werden und die Struktur der Boote «grosszügig» umfasst werden, also z.B. keine Nachzeichnung der einzelnen Boote, sondern eine durchgehende Linie entlang der Dalben (vgl. Abb. 3).

berücksichtigen, welche tatsächlich Auswirkungen auf die Wasserpflanzen verursacht. Da die Bemessung des Ersatzbedarfes nicht vom Zeitpunkt der Beurteilung und dem aktuellen Seezustand abhängen darf, soll die seeseitige Grenze bei der potenziellen Vegetationsgrenze von 20 m Seetiefe gesetzt werden.

Mit dem Hafenbetrieb, v.a. durch den Bootsverkehr, sind Auswirkungen auch ausserhalb des eigentlichen Hafenperimeters verbunden. So kann beispielsweise in den Zufahrtbereichen bis zu einer gewissen Tiefe das Aufkommen von Vegetation durch Propellerströmungen, aufgewirbelte Sedimente oder periodische Ausbaggerungen beeinträchtigt werden. Die Bemessung eines allfälligen Ersatzbedarfes aufgrund **Hafen-externer Auswirkungen** ist in Kap. 3.9 als «**EXTENSIONS-Modul**» dargestellt.³³

→ **EMPFEHLUNG:** Zur Bemessung des Ersatzbedarfes werden für die Hafenumfläche nur die eigentlichen Strukturen (Boote, Stege, Molen, Einwasserungsrampen, etc., siehe) bis 20 m Wassertiefe einbezogen. Hafenelemente ausserhalb der Tiefenlinie von 20 m werden nicht berücksichtigt.

Die Auswirkungen des Bootsbetriebes auf die Umgebung (Flächen bzw. Objekte ausserhalb des Hafenperimeters) werden im «EXTENSIONS-Modul» behandelt (siehe Kap. 3.9).

Uferveränderung bei der Erstellung des Hafens

In der Bemessung des Ersatzbedarfes für bestehende Hafenanlagen gemäss Formel 1 wird nur die seeseitig der Uferlinie liegende Fläche der Flachwasserzone berücksichtigt (Ersatzfläche $S = \text{Seegrund}$). Beim Bau des Hafens dürfte aber häufig auch das Ufer bzw. der landseitige gewässernahe Uferstreifen einem markanten Eingriff ausgesetzt gewesen sein. Wie die konkrete Anschauung einer Vielzahl von Hafenanlagen zeigt, ist das zugehörige Ufer meist vollständig oder überwiegend hart verbaut, üblicherweise durch Betonmauer, verputzte Steinmauern, Spundwände, Rampen, Slipanlagen etc. Es ist von der Annahme auszugehen, dass vor dem Bau des Hafens eine relativ naturnahe Ufersituation vorlag.

Als Ersatz für diesen Eingriff wäre denkbar, den gesetzlich verankerten minimalen Gewässerraum von 15 m als Bemessungsgrundlage einzusetzen (GSchV, Art. 41b). Damit wird für den Zeitpunkt vor dem Bau des Hafens die Standardsituation einer Wasserwechselzone von 15 m Breite angenommen, welche durch das Vorhaben (Hafenprojekt) in Anspruch genommen bzw. zerstört wurde. Der Ersatzflächenbedarf ergibt sich aus der nachstehenden Formel:

³³ In den bis 2019 entwickelten Fassungen des Methodenbeschriebes zur Bemessung des Ersatzbedarfes bei Neukonzessionierung von Hafenanlagen waren die Hafen-externen Auswirkungen aus verschiedenen Gründen (u.a. Aufwand, Praktikabilität, ...) noch nicht berücksichtigt. Zur Vervollständigung der rechtlichen Anforderungen, insb. NHG, erfolgte in enger Zusammenarbeit mit den in der Methodenentwicklung involvierten Fachstellen Gewässer- und Naturschutz die Ausarbeitung einer als «EXTENSIONS-Modul» bezeichneten Erweiterung, siehe dazu die Ausführungen in Kap. 3.9.

Formel 2

$$\text{Ersatzfläche } U \text{ [m}^2\text{]} = \text{verbaute Uferlänge Hafen [m]} * 15 \text{ [m]}$$

Um das Vorgehen zu vereinfachen, geht nur die verbaute Uferlänge im Hafenumfänger in die Berechnung ein (Beurteilung direkt an der Uferlinie, verbaut oder natürlich / naturnah, die anschliessende Nutzung im 15 m Streifen wird nicht berücksichtigt).

Könnte ein Betreiber den Nachweis erbringen, dass bereits beim Bau des Hafens kein Naturufer vorlag, so müsste kein Ersatz für den Uferverbau geleistet werden, eine Ersatzfläche U gemäss Formel 2 würde damit entfallen. So lange dieser Nachweis anhand früherer Aufzeichnungen fehlt oder nicht gesichert ist, gilt die Vermutung, dass die Veränderung der Ufersituation (landseits der heutigen rechtlich verbindlichen Uferlinie) zusammen mit dem Bau der Hafenanlage erfolgte.

In der Umsetzung eines Vorgehens zur Bemessung des landseitigen Ersatzbedarfes (konkret: Eingriff an der Gewässerlinie und im Uferstreifen beim Bau des Hafens) dürfte mit erheblichen Schwierigkeiten zu rechnen sein. Nicht nur die Abklärungen betreffend des Zustandes «vor Erstellung des Hafens» könnten aufwändig sein (Verfügbarkeit historischer Unterlagen), auch die Abgrenzung ob sich die Ufersituation wirklich massgeblich mit dem Hafenaufbau veränderte oder sich sukzessive oder in einem anderen Kontext entwickelte ist problematisch und womöglich der Anlass für längere Verfahren. Es entspricht offenbar auch einer bereits gängigen Vorgehensweise im Kanton Zürich, die aktuelle Ufersituation als Ausgangszustand zu betrachten und damit von Ersatzanforderungen auszuschliessen.³⁴

→ **EMPFEHLUNG:** Die aktuelle landseitige Ufersituation einer bestehenden Hafenanlage wird gemäss Entscheid der Vollzugsbehörden Kanton Zürich als Ausgangszustand betrachtet und nicht in der Bemessung des Ersatzbedarfes berücksichtigt.

Anmerkung: Die Bemessung des Ersatzbedarfes durch Beanspruchung der Flachwasserzone anhand der Auswirkungen auf die Wasserpflanzen ist ein begründetes, nachvollziehbares und mit quantitativen Parametern gestütztes Verfahren (siehe Kap. 3.4, Formel 1). Der darin enthaltene Flächenfaktor 1.5 als gleichwertiger Ersatz für Stillgewässer gem. BUWAL 2002 ist in verschiedenen Kantonen bereits angewandte Praxis. Es ist aber nicht weiter spezifiziert, ob in diesem Faktor

³⁴ Es dürfte häufig nicht nachvollziehbar sein, wie sich die Ufersituation ohne Hafen verändert hätte. Da für die vorliegende Methodik als Ausgangszustand ein aktueller Seeuferbereich möglichst nah dem Hafen herangezogen wird, kann die mögliche Uferentwicklung dort abgelesen werden.

Exemplarische Abklärungen durch das ALN – Fachstelle Naturschutz an zwei Hafenstandorten am Zürichsee zeigen, dass die dortige Seeuferlinie 1880 noch ca. 20–30 m landeinwärts lag, d.h. zwischen 1880 und 1930 (Siegfriedkarte) die Landgewinnung erfolgte und dabei auch Ufermauern entstanden.

der Uferbereich (konkret: die mit der Erstellung der Hafenanlage verbundene Veränderung der landseitigen Uferzone mit Verlust der Wasserwechselzone und allenfalls Röhrichtbeständen) bereits enthalten ist.

Gewichtung der Vegetationsparameter

In Formel 1 zur Bemessung der Ersatzfläche gemäss Formel 1 sind die beiden Vegetationsparameter VS (Vegetationsstruktur) und BD (Bewuchsdichte) mit den Faktoren a und b versehen. Damit besteht die Möglichkeit, Gewichtungen vorzunehmen.

Als «Normalfall» ist die gleichwertige Berücksichtigung der beiden Parameter zu betrachten, die Faktoren a und b weisen hier den Wert 1 auf.

Zur Veranschaulichung wird nachstehend ein Beispiel mit Priorisierung der Vegetationsstruktur aufgezeigt. Die Übereinstimmung in der Zusammensetzung der Vegetation und die Häufigkeitsanteile werden höher gewichtet als die Bewuchsdichte. Die Gewichtung soll mit einem Faktor 5 erfolgen. Die (für das Rechenbeispiel) zu beurteilende Hafenanlage unterscheidet sich von der Referenz mässig bis stark in der Vegetationsstruktur, jedoch kaum in der Bewuchsdichte, VS = 0.5 (= 50 % Übereinstimmung), BD = 0.1 (10 % Abweichung in der Bewuchsdichte).

1) ungewichteter Term: $(0.5 + 0.1) / 2 = 0.3$

2) gewichteter Term (Faktor 5): $(2.5 + 0.1) / 6 = 0.43$

Im gewichteten Vorgehen würde in Anwendung von Formel 1 für das betrachtete Beispiel der Ersatzbedarf rund 40 % höher liegen.

→ **EMPFEHLUNG:** Im «Normalfall» sollen die beiden Parameter VS und BD gleich gewichtet in die Berechnung eingehen (die Faktoren a und b haben dabei den Wert 1).

Eine Ausnahme ist im Kapitel 3.8 unter «Fall 4» aufgeführt.

3.6 Rechnerische Beispiele und Mini-Max-Analyse

In Tabelle 1 werden zwei theoretische Beispiele mit einer relevanten Hafenumfläche (= Hafenumstrukturen → Molen, Stege, Boote, Rampen, etc.) von 2'000 m² zur Veranschaulichung des Ersatzbedarfes vorgestellt. Es kommt dabei die Formel 1 zur Anwendung, also der massgebliche Flächenbedarf durch die Beanspruchung der Flachwasserzone (Fläche S). Auf den Einbezug der Uferveränderung bei der Erstellung des Hafens (Fläche U) wird verzichtet, ebenso auf eine allfällige Veränderung Seegrundtopografie (siehe Ausführungen in Kap. 3.5 und ANHANG B).

In Beispiel 1 sind grosse Auswirkungen der Anlage auf die Wasserpflanzen wiedergegeben. Der Ersatzbedarf geht deutlich über die relevante Hafenumfläche hinaus.

Für Beispiel 2 hingegen ergeben sich eher geringe Auswirkungen. Der Ersatzbedarf bleibt kleiner als die relevante Hafenumfläche.

Tabelle 1: Zusammenstellung von Daten und Parametern zweier theoretischer Beispiele zur Bemessung des Ersatzbedarfes, in Beispiel 1 mit hohen Auswirkungen der Anlage auf die Wasserpflanzen, in Beispiel 2 mit geringen. Ein Ersatz für die Uferveränderung bei Erstellung des Hafens wird nicht berücksichtigt. Die beiden Vegetationsparameter VS und BD sind gleich gewichtet.

Bemessung des Ersatzbedarfes – Beispiel 1: Grosse Auswirkungen

Anlagentyp: Geschlossener Hafen (Aussenmole bis zum Gewässergrund), dichte Anordnung der Bootsstege und Boote, schmale Zufahrtsrinnen, relativ häufige Bootsbewegungen, kein Abtrag der Flachwasserzone beim Bau des Hafens, ganze Uferlinie im Hafensareal verbaut.
Charakteristik: Wenig Wasseraustausch, Nährstoffanreicherung, grosser Flächenanteil im Hafensareal beschattet (Freifläche < beschattete Fläche)
Auswirkungen auf die Vegetation: Gross → grössere Bewuchsdichte im Hafen durch mehr Nährstoffe (könnte auch deutlich kleiner sein als Folge der Beschattung), Anteil schattentoleranter, störungsresistenter und nährstoffliebender Arten im Hafen deutlich erhöht. Strukturähnlichkeit (Renkonen-Index R): 30 %, Dichteunterschied (absolut): 80 %.

Hafenfläche	2'000	m ²	
Ersatzfaktor	1.5		
Ersatzfläche MAX	3'000	m ²	
Uferlänge Hafen	—	m	nicht berücksichtigt
verbaute Uferlänge Hafen	—	m	nicht berücksichtigt
Ersatzfaktor	15	m	Mindestbreite Gewässerraum
Ähnlichkeit Vegetationsstruktur (R)	0.3		Übereinstimmung 30 %
Indexwert VS (↔ in Formel 1)	0.7		Unterschied 70 % (1 – 0.3)
Unterschied Bewuchsichte	0.8		
Indexwert BD (↔ in Formel 1)	0.8		Unterschied ± 80 %
Durchschnitt Indexwerte	0.75		(0.7 + 0.8) / 2
Ersatzbedarf Fläche S	2'250	m ²	Seegrund (Vegetation)
Ersatzbedarf Fläche U	0	m ²	Ufer (Verbau)
Ersatzbedarf Fläche TOTAL	2'250	m ²	

Bemessung des Ersatzbedarfes – Beispiel 2: Geringe Auswirkungen

Anlagentyp: Offener Hafen (keine Aussenmole), mässig dichte Anordnung der Bootsstege und Boote, breite Zufahrtsrinnen, eher wenige Bootsbewegungen, kein Abtrag der Flachwasserzone beim Bau des Hafens. Uferlinie auf ca. 40% des Hafensareals verbaut.
Charakteristik: Wasseraustausch wenig beeinträchtigt, kaum Nährstoffanreicherung, mässiger von beschatteten Flächen im Hafensareal (Freifläche > beschattete Fläche)
Auswirkungen auf die Vegetation: Eher gering → Abweichung in der Bewuchsdichte durch Beschattung klar vorhanden, aber nicht massiv, Anteile schattentoleranter, störungsresistenter und nährstoffliebender Arten im Hafen nicht markant erhöht. Strukturähnlichkeit (Renkonen-Index R): 70 %, Dichteunterschied (absolut): 20 %.

Hafenfläche	2'000	m ²	
Ersatzfaktor	1.5		
Ersatzfläche MAX	3'000	m ²	
Uferlänge Hafen	—	m	nicht berücksichtigt
verbaute Uferlänge Hafen	—	m	nicht berücksichtigt
Ersatzfaktor	15	m	Mindestbreite Gewässerraum
Ähnlichkeit Vegetationsstruktur (R)	0.7		Übereinstimmung 70 %
Indexwert VS (↔ in Formel 1)	0.3		Unterschied 30 % (1 – 0.7)
Unterschied Bewuchsichte	0.2		
Indexwert BD (↔ in Formel 1)	0.2		Unterschied ± 20 %
Durchschnitt Indexwerte	0.25		(0.3 + 0.3) / 2
Ersatzbedarf Fläche S	750	m ²	Seegrund (Vegetation)
Ersatzbedarf Fläche U	0	m ²	Ufer (Verbau)
Ersatzbedarf Fläche TOTAL	750	m ²	

Anhand der beiden Beispiele wird ersichtlich, dass bei zunehmender Ähnlichkeit des Hafenerimeters zum Referenzbereich der Ersatzbedarf gegen Null geht, hingegen bei grosser Unähnlichkeit (d.h. grossen Auswirkungen auf die Vegetation) in Richtung der 1.5-fachen relevanten Hafenerfläche tendiert (Mini-Max-Analyse). Das Bemessungssystem ist demnach in der Zielrichtung konsistent und plausibel. Verschiedene Möglichkeiten der «Justierung» sind in Kap. 3.7 aufgeführt.

3.7 Restriktionen und besondere Gegebenheiten in der Anwendung der Methodik zur Bemessung des Ersatzbedarfes

Das dargestellte Verfahren zur Bemessung des Ersatzbedarfes setzt zwingend den Vergleich der Wasserpflanzenverhältnisse in der Hafeneranlage mit einem Referenzbereich voraus. Die nachfolgenden Fallbeschreibungen und Fragestellungen befassen sich mit besonderen Gegebenheiten, welche das Standardvorgehen erschweren oder verunmöglichen und ggf. die gutachterliche Einschätzung der relevanten Parameter nötig machen.

Eignung des Referenzabschnittes als massgebliche Grundlage der Ersatzbemessung

Der Eignung des Referenzabschnittes in der Bedeutung des Ausgangszustandes ohne Anlage ist hohe Aufmerksamkeit zu schenken. Die dargestellten vier Fälle von besonderen Gegebenheiten dienen der Veranschaulichung dieses Anspruches, sind aber nicht als abschliessende Sammlung von nötigen Interventionen in der Handhabung der Methodik zu verstehen. Insbesondere der «gutachterliche Eingriff» in die Vegetationsdaten oder der Einbezug von Daten aus weiter entfernten Abschnitten (ggf. auch aus Aufnahmen früherer Jahre) erfordern vertiefte Fachkenntnisse zur aquatischen Vegetation als solches, der Bedeutung der relevanten Vegetationsfaktoren sowie der aktuellen Verhältnisse bzw. Entwicklung der betrachteten Gewässer.

Fall 1 Keine Vegetation im Hafen

Wie ist vorzugehen, wenn nur im Referenzbereich Wasserpflanzen vorkommen, in der Hafeneranlage eine Vegetation aber kaum vorhanden ist oder fehlt?

Definition: Unter «Hafeneranlage» ist der Uferabschnitt mit dem Hafeneraal zu verstehen, das Vorkommen der Wasserpflanzen wird stets ab Ufer bis zur unteren Verbreitungsgrenze berücksichtigt, bei Hafentyp 1 und 2 liegt diese Grenze ausserhalb der eigentlichen Anlage (Beurteilung nach Vorgehen GESAMT, siehe Kap. 3.5). Als «fehlende Vegetation» gilt bereits die Bewuchsdichtestufe < 1 %.

Eine solche Situation kann auf folgende Ursachen zurückzuführen sein:

A) Der Referenzbereich wurde «ungünstig» gewählt, er weist gegenüber dem Hafeneraal eine andere Untergrundneigung oder eine andere Untergrundbeschaffenheit auf, welche das Aufkommen von Vegetation ermöglicht. Oder umgekehrt: Im Hafeneraal liegt z.B. viel grobkörnigeres Substrat vor und der Untergrund fällt steiler ab, so dass sich an dieser Stelle auch ohne Hafen kaum ein Bewuchs ausbilden würde. Denkbar wären auch überlagernde Effekte im Hafen (z.B. durch eine Einleitstelle für Mischwasserentlastungen oder durch starke Beschattung von hohen Ufergehölzen), welche sich auf die Vegetation auswirken, aber nichts mit der Anlage an sich und dem Bootsbetrieb zu tun haben.

→ **EMPFEHLUNG:** Auswahl und Untersuchung eines anderen Referenzbereiches.

Wenn sich in der Nähe der Hafeneranlage kein geeigneter Standort anbietet, so ist bei ähnlicher Ufersituation auch ein grösserer Abstand möglich, es muss aber die gleiche Seeseite und die gleiche Exposition des Ufers vorliegen. Falls der Referenzbereich deshalb ungünstig ist, weil das Hafeneraal abgebaggert wurde und dadurch die Seegrundneigung und die Untergrundbeschaffenheit deutlich von jener in der Umgebung abweichen ist gemäss Ursache B) vorzugehen.

B) Für den Rückgang oder das Fehlen der Vegetation in der Hafenanlage könnten auch «überlagernde Effekte» in Frage kommen (z.B. durch eine Einleitstelle für Mischwasserentlastungen oder durch starke Beschattung von hohen Ufergehölzen), welche sich auf die Vegetation auswirken, aber nichts mit der Anlage an sich und dem Bootsbetrieb zu tun haben. Sollte sich eine geeignete Referenzstelle nicht finden lassen (z.B. keine Bereiche mit starker Beschattung durch hohe Ufergehölze wie im Hafenschnitt) oder keine erneute Erhebung in Frage kommen oder der Vergleich mit einer Referenz unter gleichen Bedingungen nicht sinnvoll sein (z.B. auch in der Referenz eine Mischwasserentlastung) so müssen die Auswirkungen des Hafens auf die Vegetation gutachterlich abgeschätzt werden. Die beiden Parameter VS und BD sind entweder «freihändig» (Expertenwissen, Erfahrungshintergrund) oder anhand eines geeigneten Vergleichsobjektes – möglichst im gleichen Gewässer – festzulegen.

→ **EMPFEHLUNG:** Bei überlagernden Effekten in der Hafenanlage und einem fehlenden oder nicht sinnvollen Vergleich mit einem Referenzabschnitt sind die beiden Parameter VS und BD entweder gutachterlich oder anhand eines geeigneten Vergleichsobjektes festzulegen.

C) Da in einer Hafenanlage infolge Beschattung durch Boote, Stege und Molen (und/oder ggf. durch Ausbaggerung) eine massive Reduktion der Bewuchsdichte möglich ist und unter bestimmten Umständen daraus sogar ein Verlust der Vegetation im ganzen Hafenschnitt resultieren kann, gilt in diesem Fall – als anlage- oder betriebsbedingte Ursache für ein Rückgang oder Verlust der Vegetation – das *Worst Case*-Szenario: 100 % Abweichung in der Artzusammensetzung und 100 % Abweichung in der Dichte. Die beiden Parameter VS und BD erhalten den Wert 1, die Ersatzfläche beträgt somit das 1.5-fache der relevanten Hafenschnittfläche.

→ **EMPFEHLUNG:** Anwendung des Standardverfahrens für «Ersatzfläche S» gemäss Formel 1.

Fall 2 Keine Vegetation im Referenzbereich

Wie ist vorzugehen, wenn nur in der Hafenanlage Wasserpflanzen vorkommen, im Referenzbereich eine Vegetation aber fehlt?

Definition: Unter «Hafenanlage» ist der Uferabschnitt mit dem Hafenschnitt zu verstehen, das Vorkommen der Wasserpflanzen wird stets ab Ufer bis zur unteren Verbreitungsgrenze berücksichtigt, bei Hafentyp 1 und 2 liegt diese Grenze ausserhalb der eigentlichen Anlage (Beurteilung nach Vorgehen GESAMT, siehe Kap. 3.5). Als «fehlende Vegetation» gilt bereits die Bewuchsdichtestufe < 1 %.

Eine solche Situation kann auf folgende Ursachen zurückzuführen sein:

A) Der Referenzbereich wurde ungünstig gewählt, er weist gegenüber dem Hafenschnitt eine andere Untergrundneigung (z.B. sehr steil abfallend) oder eine andere Untergrundbeschaffenheit auf, welche das Aufkommen von Vegetation behindert oder verunmöglicht (z.B. bei sehr grobem Substrat). Denkbar sind auch

überlagernde Effekte (z.B. durch eine Einleitstelle für Mischwasserentlastungen oder durch starke Beschattung von hohen Ufergehölzen).

→ **EMPFEHLUNG:** Auswahl eines anderen Referenzbereiches.

Wenn sich in der Nähe der Hafenanlage kein geeigneter Standort anbietet, so ist bei ähnlicher Ufersituation auch ein grösserer Abstand möglich, es muss aber die gleiche Seeseite und die gleiche Exposition des Ufers vorliegen).

B) Die Gegebenheiten in der Flachwasserzone des Referenzbereiches verunmöglichen das Aufkommen einer Vegetation (zumindest bis zu einer gewissen Tiefe). Dies kann z.B. bei einer starken Wellenexposition des betreffenden Uferabschnittes eintreten. Das Fehlen einer Vegetation ist unter diesen Umständen als naturnaher Zustand zu betrachten. Demgegenüber kann eine Hafenanlage durch Kompartimentierung (Abschottung, Barriere für ufernahe Strömungen und Wellen) bessere Aufwuchsbedingungen schaffen, allerdings ist im vorliegenden Fall das Vorkommen einer Vegetation als «künstlich» anzusehen.

Im Prinzip müsste hier das *Worst Case*-Szenario gelten: 100 % Abweichung in der Artzusammensetzung und 100 % Abweichung in der Dichte. Die beiden Parameter VS und BD erhalten den Wert 1, die Ersatzfläche würde somit das 1.5-fache der relevanten Hafensfläche (= Strukturen) betragen. Es wird aber vorgeschlagen, diese sicher selten anzutreffende Situation «Vegetation im Hafen aber kein Bewuchs im Referenzbereich» als **SPEZIALFALL** zu betrachten und jeweils gutachterlich zu entscheiden. Denkbar wäre hier die Anwendung einer pauschalen Reduktion des gemäss Formel 1 berechneten Bedarfes für «Ersatzfläche S», sofern der Bewuchs im Hafen eine ökologisch relevante Dichte aufweist.

→ **EMPFEHLUNG:** Betrachtung als Spezialfall, gutachterlicher Entscheid, Vorschlag pauschale Reduktion des Bedarfes für «Ersatzfläche S» gemäss Formel 1 um 50 % (bei einer durchschnittlichen Bewuchsdichte im Hafen von ≥ 25 %).

ERGÄNZUNG 1: Eine durchschnittliche Dichte in der Referenz von < 1 % wird als «keine Vegetation» betrachtet und die obige Empfehlung umgesetzt.

ERGÄNZUNG 2: Wenn trotz einer sehr geringer Dichte in der Referenz von < 1 % eine «aussagefähige» Vegetationsstruktur ermittelt werden kann, erfolgt die Bemessung nach Standardvorgehen mit den Faktoren BD (Abweichung Dichte) = 100 %, VS (Abweichung Vegetationsstruktur) = 0–100 % und dann eine «angemessene» Ermässigung in Betracht gezogen werden (z.B. zwischen 25 und 50 %).

Anmerkung: In einem Hafen können trotz oder als Folge der anlagebedingten Auswirkungen in verschiedener Hinsicht «günstigere» Bedingungen auftreten, als dies natürlicherweise der Fall wäre. Aufgrund der technischen Strukturen an sich und in manchen Fällen einer dichteren Vegetation liegen z.B. für Fische attraktive Bedingungen vor, insbesondere für krautlaichende Fischarten und v.a. auch für Jungfische. Es ist sogar häufig eine grössere Anzahl von Rote Liste-Arten in Ha-

fenanlagen festzustellen. Dies hat jedoch praktisch ausschliesslich mit im Prinzip unerwünschten Auswirkungen wie Strömungsberuhigung, Beschattung oder Nährstoffanreicherung zu tun. Die durch den Hafen verursachten «Verbesserungen» hinsichtlich Bewuchsdichte und Artenzusammensetzung der Vegetation können jedoch nicht als Argument zu Gunsten einer Nutzung der Flachwasserzone durch Hafenanlagen und entsprechend auch nicht zu einer Verminderung des Ersatzbedarfes eingebracht werden. Die Bemessung soll sich – wie im vorliegenden Konzept dargestellt – ausschliesslich an der Differenz der Verhältnisse im Hafen zu jenen der Referenz (= Ausgangszustand) orientieren.

*Grundsätzlich ist die Erhaltung bzw. Förderung von seltenen, geschützten oder gefährdeten Arten, so genannten SSG-Arten – welche u.U. gleichzeitig auch Ziel- oder Leitarten sein können – in erster Linie durch Uferaufwertungen mit Wiederherstellung gewässer- und standorttypischer Strukturen zu erreichen. Als **SONDERMASSNAHME** könnte eine Hafenanlage durch die kantonale Fachstelle Naturschutz als (temporäres) Objekt mit spezifischer Zielsetzung für SGG-Arten deklariert werden, z.B. im Rahmen eines Aktionsplanes, sofern keine oder nicht in absehbarer Zeit realisierbare anderweitige Möglichkeiten bestehen. Unter diesen Umständen steht die Hafenanlage unter besonderen Auflagen baulicher oder betrieblicher Art und es wird bezüglich Bemessung des Ersatzbedarfs eine gutachterliche Lösung getroffen.*

Fall 3 Keine Vegetation im Hafen und im Referenzbereich

Wie ist vorzugehen, wenn weder in der Hafenanlage, noch im Referenzbereich Wasserpflanzen vorkommen?

Definition: Unter «Hafenanlage» ist der Uferabschnitt mit dem Hafenable zu verstehen, das Vorkommen der Wasserpflanzen wird stets ab Ufer bis zur unteren Verbreitungsgrenze berücksichtigt, bei Hafentyp 1 und 2 liegt diese Grenze ausserhalb der eigentlichen Anlage (Beurteilung nach Vorgehen GESAMT, siehe Kap. 3.6). Als «fehlende Vegetation» gilt bereits die Bewuchsdichtestufe < 1 %.

Diese Situation ist verfahrensbedingt in der Anwendung des Renkonen-Indexes im Faktor «VS» (siehe Kap. 3.6, Formel 1) nicht definiert. Ein Vergleich von «Nichts» mit «Nichts» kann nicht als vollständige Übereinstimmung betrachtet werden, die Berechnung der Ersatzfläche gemäss Formel 1 ist daher nicht möglich.

Die Ursache für das Fehlen einer Vegetation (im Speziellen einer Unterwasservegetation) in einem See könnte darin liegen, dass die Aufwuchsbedingungen generell ungünstig sind, zum Beispiel durch eine hohe Planktonkonzentration, häufige bzw. anhaltende Trübungen oder auch durch hohe wellendynamische Kräfte. Es ist abzuklären, ob sich das Gewässer als «Nachhall» aus früherer Eutrophierungsphase noch im Plankton dominierten Zustand befindet und / oder das Sedi-

ment eine (noch) ungünstige, zu wenig kompakte Konsistenz für die Verwurzelung von submersen Makrophyten aufweist.^{35 36}

Es ist nun zu entscheiden, ob eine gutachterliche Einschätzung aufgrund von vergleichbaren Hafenanlagen erfolgen soll oder ob die Bemessung des Ersatzbedarfes aufgeschoben wird (zum Beispiel 5 oder 10 Jahre) oder allenfalls sogar erst bei der nächsten Konzessionserneuerung erfolgt.

→ **EMPFEHLUNG:** Bei Fehlen einer Vegetation sowohl im Hafen, als auch im Referenzbereich kann keine Aussage getroffen und auch der Ersatzbedarf nicht festgelegt werden. Das Verfahren wird in 5, 10 oder 15 Jahren auf der Basis einer erneuten Vegetationsaufnahme wiederholt.

Falls ein Aufschub nicht möglich sein sollte, sind die beiden Parameter VS und BD entweder gutachterlich oder anhand vergleichbarer Hafenanlagen festzulegen und daraus die Bemessung des Ersatzbedarfes abzuleiten.

Fall 4 Deutlich dichtere Vegetation im Hafen als im Referenzbereich

Wie ist vorzugehen, wenn in der Hafenanlage eine deutlich höhere Bewuchsdichte der Wasserpflanzen vorliegt als im Referenzbereich?

Definition: Unter «Hafenanlage» ist der Uferabschnitt mit dem Hafenable zu verstehen, das Vorkommen der Wasserpflanzen wird stets ab Ufer bis zur unteren Verbreitungsgrenze berücksichtigt, bei Hafentyp 1 und 2 liegt diese Grenze ausserhalb der eigentlichen Anlage (Beurteilung nach Vorgehen GESAMT, siehe Kap. 3.6).

Im Zürichsee zeigt sich an wellenexponierten Uferabschnitten öfters die Situation, dass bis in eine Wassertiefe von 2–3 m «natürlicherweise» nur eine spärliche Vegetation vorkommt. In solchen Abschnitten können Hafenanlagen aufgrund ihrer strömungsdämpfenden oder -abweisenden Wirkung und/oder durch Tieferlegung (Ausbaggerung) des Seegrundes eine deutliche dichtere Vegetation aufweisen als im Referenzbereich. Es zeigen sich dann zum Teil Verhältnisse, wie sie im Referenzbereich erst für eine Zone in grösserer Wassertiefe typisch sind.

Im Prinzip könnte auch hier der Grundsatz gelten, dass die Hafenanlage die «natürlichen» Bedingungen stark beeinflusst und im Vergleich zum Referenzbereich eine starke Abweichung erzeugt. In Anwendung von Formel 1 würde – vor allem aufgrund des Teilfaktors Bewuchsdichte «BD» mit mehr als 100 % Differenz – ein grosser Ersatzbedarf entstehen. Angenommen, im Hafen würde sich eine Ve-

³⁵ Selbst hohe mechanische Wellenkräfte würden nur bis in eine bestimmte Tiefe wirken (etwa die Hälfte der Wellenlänge). Darunter müssten im Prinzip eine Vegetation aufkommen, sofern die Lichtverhältnisse und die Sedimentbeschaffenheit dies zulassen. Falls ein windexponiertes Gewässer zu seicht ist und gar keine wellenberuhigte Zone in grösserer Tiefe vorhanden ist, könnte eine Unterwasservegetation dauerhaft fehlen.

³⁶ Die beschriebenen Verhältnisse des Plankton dominierten Zustandes und der ungünstigen Sedimentbeschaffenheit für das Aufkommen einer Unterwasservegetation treffen vermutlich für den Pfäffikersee zu.

getation entwickeln, welche im Referenzbereich erst ab einer gewissen Tiefe vorliegt, so könnte der Vegetationstyp (Zusammensetzung und Häufigkeit der Arten) in einem gewissen Sinne als standortgerecht, aber falsch «positioniert» betrachtet werden. Um in einem solchen Fall den Wert der Vegetation an sich anzuerkennen, soll die Übereinstimmung der Vegetationsstruktur (Parameter VS) höher gewichtet werden, als die Differenz der Bewuchsdichte (Parameter BD).

→ **EMPFEHLUNG:** Bei einer Abweichung der Bewuchsdichte zwischen Referenz- und Hafengebiete von $\geq 100\%$ (im Hafengebiete deutlich stärkerer Bewuchs) soll in Formel 1 für den Parameter «VS» (Vegetationsstruktur) eine 5-fache Gewichtung zur Anwendung kommen.

Es wird vorläufig postuliert, dass eine solche Gewichtung nur dann erfolgen soll, wenn im Referenzbereich eine relativ geringe mittlere Bewuchsdichte vorliegt (höchstens Dichtestufe 2, also maximal 25 %).³⁷

Weitere Aspekte

- **Warum werden in der Bemessung des Ersatzbedarfes keine spezifischen Arten (z.B. Rote Liste-Arten) berücksichtigt?**

Wie bereits im Kapitel zur Frage «Vegetation im Hafen, aber keine in der Referenz» (Fall 2) dargestellt, sollen bzw. dürfen Rote Liste-Arten nicht im Zusammenhang mit der Bewertung der Auswirkungen einer Hafenanlage und damit zur Bemessung des Ersatzbedarfes beigezogen werden. Die Veränderung des Artenspektrums wird bereits im Faktor VS in Formel 1 angemessen berücksichtigt (siehe Kap. 3.5).

Ausschlaggebend soll die Veränderung der standorttypischen (natürlichen) Verhältnisse durch die Anlage sein (im Vergleich zu einem Referenzabschnitt). Im Hafen können u.U. mehr seltene oder Rote Liste-Arten auftreten, trotzdem ist dies als «unnatürlicher» Zustand anzusehen.

- **Wie ist vorzugehen, wenn sich ein Gewässer bezüglich Nährstoffgehalten noch nicht im Zielzustand befindet?**

Bei hohen Nährstoffkonzentrationen (eutrophe Verhältnisse) liegen möglicherweise Bedingungen vor, welche das Aufkommen von Wasserpflanzen behindern oder sogar verunmöglichen. Die betreffenden Gewässer befinden sich dabei in der Regel weit entfernt vom Sanierungsziel bzw. Zielzustand, wie sie in der Gewässerschutzverordnung (GSchV) mit der Formulierung «Der Nährstoffgehalt darf höchstens eine mittlere Produktion von Biomasse zulassen» (Art. 13) definiert sind. Dieser Zustand kann noch geraume

³⁷ Für dieses Zusatzkriterium einer maximalen Bewuchsdichte im Referenzbereich zur Höhergewichtung des Parameters «Vegetationsstruktur» in Formel 1 sind allenfalls noch weitere Erkenntnisse erforderlich (Analyse konkreter Fälle an wellenexponierten Uferabschnitten).

Zeit anhalten, selbst wenn sich die Nährstoffgehalte im Wasserkörper wieder auf deutlich tieferem Niveau bewegen. In Kapitel 3.8 ist unter «Fall 3» eine Situation beschrieben, wo die Beurteilung der Auswirkungen einer Hafenanlage nicht möglich ist bzw. auf einen späteren Zeitpunkt verschoben werden muss.

- **Wie ist vorzugehen, wenn am Referenzstandort uferseitig Röhrichtbestände (Schilfgürtel) oder Schwimmblattpflanzen vorkommen, diese im Abschnitt der Hafenanlage hingegen fehlen?**

Gemäss den Ausführungen in Kap. 3.6 werden die möglicherweise beim Bau der Hafenanlage entstandenen Uferveränderungen in der Bemessung des Ersatzbedarfes nicht berücksichtigt. Zur Festlegung der Referenzstelle besteht zudem die Anforderung, dass die Ufersituation bezüglich Naturnähe / Verbauungsgrad in etwa mit jener des Hafensektors vergleichbar sein sollte (siehe Kap. 3.1). Weist die nächstliegende geeignete Referenzstelle – im Unterschied zum Hafensektor – einen Röhrichtgürtel oder Schwimmblattpflanzen auf, so werden diese zwar in der Vegetationsaufnahme erfasst, in der Festlegung der Parameter VS und BD werden jedoch nur die submersen (untergetauchten) Wasserpflanzen berücksichtigt.

- **Weitere Fragestellungen**

In der Erarbeitung dieses Methodenbeschriebes erfolgte eine laufende Überprüfung der Vorgehensweise anhand von konkreten Beispielen («Sensitivitätsanalyse»). Dadurch konnte eine ganze Reihe von Restriktionen und besondereren Gegebenheiten erkannt und ihre Handhabung in der Anwendung und Umsetzung des Verfahrens zur Bemessung des Ersatzbedarfes konkretisiert werden. Trotzdem ist es mit der künftigen Erweiterung des Spektrums von Hafenanlagen denkbar, dass weitere «nicht definierte» Situationen auftreten, welche eine spezifische Einzelbetrachtung erfordern und ggf. eine Ergänzung der bisherigen Zusammenstellung von «Spezialfällen» erfordern. Ein mögliches Beispiel sei hier bereits aufgeführt: Mündet ein Fließgewässer in den Hafensektor bzw. in die Hafenanlage, so könnte die Vegetation dadurch im näheren oder weiteren Umfeld beeinflusst sein (z.B. durch Strömungseffekte, Sedimenteinträge, nährstoffreiche Ablagerungen, etc.). Allfällige Unterschiede zwischen Hafen und der Referenz würden dann durch solche Faktoren mitgeprägt. In dieser (oder einer vergleichbaren) Situation ist die Grundidee der Methodik in Erinnerung zu rufen: *Die Bemessung des Ersatzbedarfes soll ausschliesslich anhand konkreter Auswirkungen der Hafenanlage im Vergleich zu einem «unbeeinflussten» Zustand erfolgen.* Überlagernde Effekte, welche nicht dem Hafen als Anlage oder Betrieb zugeordnet werden können, sind möglichst auszuklammern. Im obigen Fall könnte die Lösung darin bestehen, dass Einzelflächen oder ganze Transekte für die Berechnung des Ähnlichkeitsindex' (auf Basis der Häufigkeitsanteile der vorkommenden Arten sowie der mittleren Bewuchsdichte ausgeklammert werden.

- **EMPFEHLUNG:** Bei Fragen und Unsicherheiten im Umgang mit besonderen Gegebenheiten in und um Hafenanlagen sind die in der Methodenentwicklung involvierten Fachpersonen zu kontaktieren.

Zusätzliche Anmerkungen zu Restriktionen und besonderen Gegebenheiten in der Anwendung der Methodik zur Bemessung des Ersatzbedarfs sind in ANHANG B aufgeführt.

3.8 Anschauungsbeispiel zur Bemessung des Ersatzbedarfes

Anhand eines konkreten Beispiels soll das vorgeschlagene Verfahren zur Bemessung des Ersatzbedarfes nach «BASIS-Modul» und Vorgehen «MODOP» anhand der Wasserpflanzenverhältnisse im Hafen und in einem nahe gelegenen Referenzbereich veranschaulicht werden (siehe Abb. 4–8 und Tab. 2–3). Das Beispielobjekt wird mit «HAFEN MUSTER» bezeichnet.

Das Vorgehen zur Berechnung der benötigten Vegetationsparameter ist in Kap. 3.4 (Ähnlichkeit der Vegetationsstruktur anhand des Renkonen-Index³⁸) sowie in ANHANG C-2 (Abundanz pro m² als mittlere Bewuchsdichte und Häufigkeitsanteile der vorkommenden Arten) dargestellt.

«Eckdaten» zum Beispielobjekt «HAFEN MUSTER»:

- **Hafentyp:** ± Geschlossener Hafen (mit Aussenmole)
- **Anzahl Bootsplätze:** 109 (UVP-pflichtiger Hafen)
- **Hafenfläche:** Da die Aussengrenze des Hafens nicht bis in eine Tiefe von ≥ 20 m reicht, werden alle Hafenstrukturen (Mole, Stege, Boote, Rampen, etc.) berücksichtigt. Die Vermessung ergibt eine für die Ersatzbemessung relevante Hafenfläche von 2'670 m² (siehe Abb. 4).³⁸
- **Uferlinie** im Bereich des Hafens: Die Uferlinie inkl. des beidseitigen Zufahrtzuschlages von 10 m hat eine Länge von 178 m, davon sind 124 m hart verbaut und 54 m nicht verbaut.³⁸
- **Wasserpflanzenuntersuchung:** Das Hafensareal wurde mit 7 Transekten, der Referenzbereich mit 4 Transekten erfasst, Abstand der Transekte jeweils 20 m (siehe Abb. 5–7).
- **Relevanter Tiefenbereich:** Der Hafen deckt den ganzen Tiefenbereich der Vegetation ab, Referenzbereich und Hafensareal gehen mit jeweils vollständiger Länge der Transekte in das Verfahren ein (siehe Abb. 8, Profildarstellungen).

³⁸ Gemäss Ausführungen in Kap. 3.5 werden allfällige Uferveränderungen bei der Erstellung des Hafens für die Ersatzbemessung nicht berücksichtigt und die aktuelle Ufersituation als Ausgangszustand betrachtet. Auswirkungen auf die Umgebung durch den Bootsbetrieb sind im vorliegenden Beispiel «Hafen Muster» nicht enthalten, siehe dazu die Ausführungen in Kap. 3.9 unter «EXTENSIONS-MODUL».

- **Ähnlichkeit der Vegetationsstruktur:** Die beiden Untersuchungsabschnitte Hafanareal und Referenzbereich weisen eine Übereinstimmung von 35 % auf (siehe Tab. 3, geringe Ähnlichkeit), dies ergibt einen VS-Wert von 0.65 ($1 - 0.35$). Im Hafen dominieren die beiden Laichkraut-Arten *Potamogeton pectinatus* und *Potamogeton pusillus* mit 82 % Vegetationsanteil, sie sind nährstoffzeigend, relativ schatten- und störungstolerant. Im Referenzbereich erreichen die beiden Arten lediglich 27 %, hingegen kommt das Nixenkraut *Najas marina* auf 48 %, im Hafen jedoch nur auf 6 %.
- **Ähnlichkeit der Dichte:** Die Bewuchsdichte (als Abundanz pro m²) zwischen Hafen und Referenzbereich weist nur eine geringfügige Abweichung auf (siehe Tab. 3), sie beträgt 3.8 % (in der Referenz leicht höher). Der BD-Wert liegt damit bei 0.038 (gerundet 0.04).

Anmerkung: In der Betrachtung der Referenztransekte zeigt sich eine Zweiteilung des Untersuchungsbereiches: Die Transekte 8 und 9 weisen eine hohe Bewuchsdichte auf, die Transekte 10 und 11 sind hingegen kaum bewachsen. Es stellt sich die Frage, ob im nördlichen Abschnitt bereits eine andere Uferausrichtung und dadurch eine verstärkte Wellenexposition vorliegt. Falls der geringe Bewuchs in den Transekten 10 und 11 dadurch erklärt werden könnte, wäre ggf. die Vergleichbarkeit der Referenz mit dem Hafanaperimeter nicht mehr gegeben und sie müssten gestrichen werden. Dadurch würde der Dichteunterschied grösser ausfallen und entsprechend auch der Ersatzbedarf. Es könnte aber auch argumentiert werden, dass der Referenzbereich das natürliche Spektrum an Bewuchsintensitäten widerspiegelt und gerade deswegen für den Standort durchaus repräsentativ ist. Im vorliegenden Anschauungsbeispiel wird der ganze Referenzbereich einbezogen.

Die Auswirkungen der Hafenanlage auf die Vegetation schlagen sich gemäss der Analyse der massgeblichen Parameter vor allem auf die Artenzusammensetzung nieder. Die durchschnittliche Bewuchsdichte ist kaum tangiert. Im Studium der Detailspekte zeigt sich, dass im Hafen unter den Booten die Vegetation fast durchwegs fehlt, die Beschattung kommt hier in eindrücklicher Form zum Ausdruck. In der Zufahrtsrinne ist die Vegetation ähnlich dicht wie im gleichen Tiefenabschnitt in der Referenz, durch die Kompartimentierung des Hafens liegen jedoch deutlich andere Bedingungen vor. Ob die mechanische Belastung durch den Bootsverkehr ausschlaggebend ist, oder im Gegenteil dazu die Wellenberuhigung durch die Mole und Nährstoffanreicherung müsste näher untersucht werden. Es ist jedoch im Prinzip nicht ausschlaggebend, wodurch die Veränderungen stattfanden bzw. welche Anteile die verschiedenen denkbaren Einflussfaktoren aufweisen. Fakt ist hingegen, dass im Hafen zwar eine ähnlich ausgeprägte Vegetation vorliegt, sich diese aber im Vergleich zum Referenzbereich hinsichtlich der Häufigkeitsanteile der vorkommenden Arten stark unterscheidet.

In Abbildung 4 ist die Festlegung der relevanten Hafanfläche nach Vorgehen «MODOP» dargestellt (① – «nur durch Hafanstrukturen beanspruchte Seefläche») weiterverfolgt. Tabelle 2 zeigt die verschiedenen Parameter und die davon abgeleitete Bemessung des Ersatzbedarfes im Überblick.

Die Fläche S, also der Bedarf aus der Beanspruchung der Flachwasserzone aufgrund der Auswirkungen der Anlage auf die Vegetation beträgt gemäss Formel 1 rund 1'100 m².

Festlegung (Vermessung) der relevanten Hafenfläche



Die Angaben zur Hafenfläche sind provisorisch, die definitive Flächen-grösse wird durch das AWEL festgelegt.

Abb. 4: Darstellung und Vermessung der relevanten Hafenfläche «Hafen MUSTER» als Grundlage für die Bemessung des Ersatzbedarfes.

① nur durch Hafenstrukturen (Mole, Stege, Boote, Einwasserungsrampen, etc.) beanspruchte Seegrundfläche bis 20 m Wassertiefe.

Tab. 2: Zusammenstellung der relevanten Hafенfläche nach Vorgehen «MODOP» und Vegetationsfaktoren zum «Hafen MUSTER» für die Bemessung des Ersatzbedarfes.

Bemessung des Ersatzbedarfes – «Hafen MUSTER», Beispielsee

1 Hafенfläche → NUR HAFENSTRUKTUREN («MODOP»)

Hafentyp	3a	± geschlossener Hafен über steiler Uferbank, Durchlass am Grund
Vorgehensweise Berechnung Vegetationsfaktoren	GESAMT	sowohl für den Hafен wie für den Referenzbereich wird die gesamte Flachwasserzone betrachtet (ab Ufer bis zur unteren Verbreitungsgrenze der Vegetation)

Fläche See S

Hafенfläche ①	2'150	m ²	gemäss Vermessung ab map.admin.ch, gerundet
Ersatzfaktor EFS	1.5		gemäss BUWAL (2002), für stehende Gewässer
Ersatzfläche MAX	3'200	m ²	gerundet

Fläche Ufer U → wird nicht berücksichtigt

Uferlänge Hafен	0	m	wird im vorliegenden Fall nicht berücksichtigt
verbaute Uferlänge Hafен	0	m	wird im vorliegenden Fall nicht berücksichtigt
Ersatzfaktor EFU	15	m	Mindestbreite Gewässerraum

Vegetationsfaktoren

Ähnlichkeit Vegetationsstruktur (R)	0.35	Übereinstimmung mit Referenz = 35 %
Indexwert VS (⇒ in Formel 1)	0.65	Unterschied zur Referenz = 65 % (1 – 0.35)
Gewichtung Indexwert VS → a	1	
Unterschied Bewuchsdichte BD	0.04	
Indexwert BD (⇒ in Formel 1)	0.04	Unterschied zur Referenz ± 4 %
Gewichtung Indexwert BD → b	1	

Indexwert Vegetationsfaktoren gMWWF	0.34	Mittelwert der gewichteten Faktoren
---	-------------	-------------------------------------

Bemessung Ersatzbedarf

Ersatzbedarf Fläche S	1'100	m ²	Seegrund (Vegetation), gerundet gemäss Formel (1)
Ersatzbedarf Fläche U → wird nicht berücksichtigt	0	m ²	Ufer (Verbau), gerundet
Ersatzbedarf Fläche TOTAL	1'100	m ²	gerundet

(1) Formel: Ersatzfläche S [m²] = Hafенfläche [m²] * EFS * gMWWF

1.5 in Absprache mit kantonaler Fachstelle Anpassung des Wertes generell oder von Fall zu Fall möglich

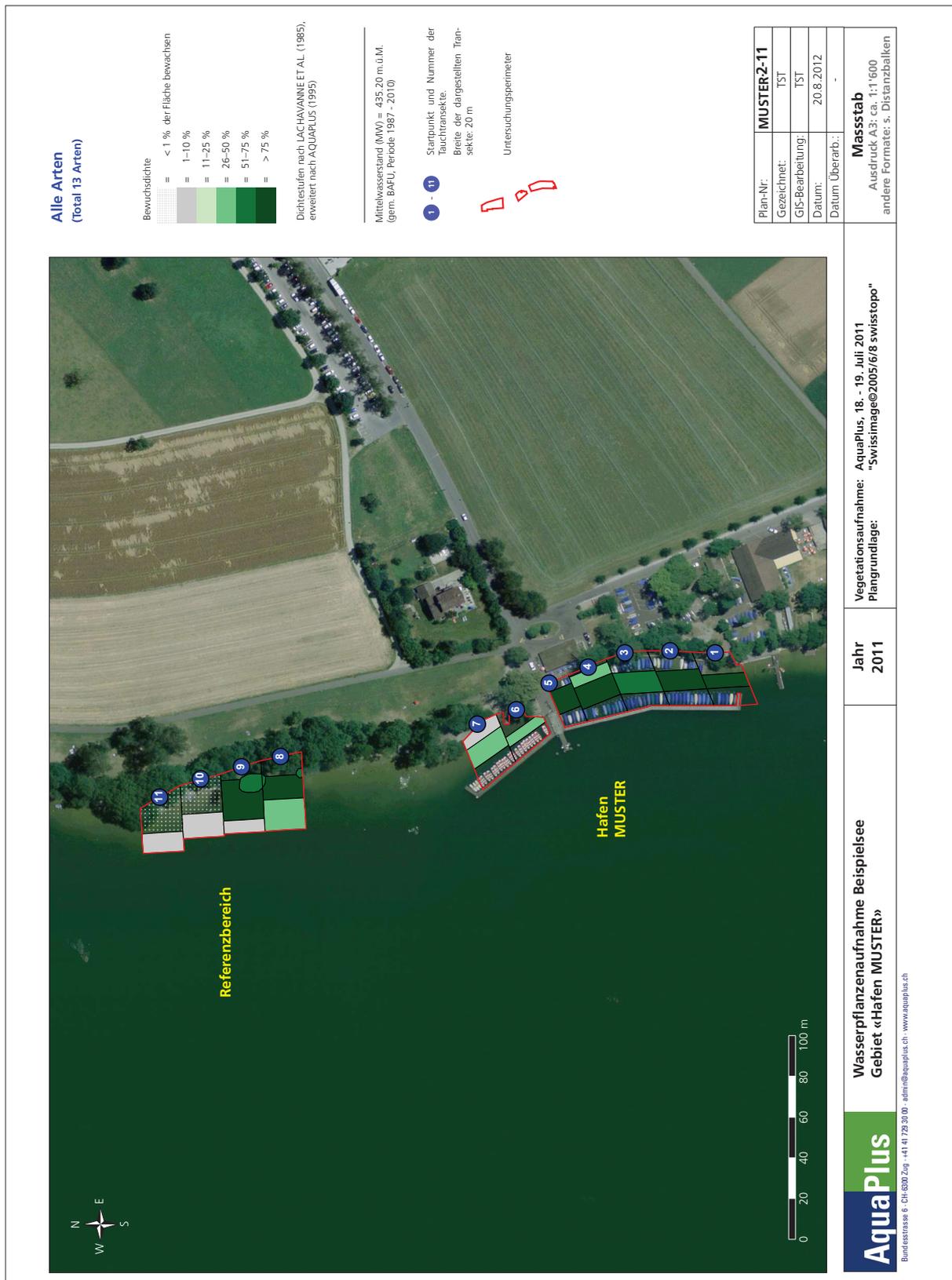


Abb. 6: Plandarstellung der Wasserpflanzen-Gesamtdichte im Untersuchungsperimeter «Hafen MUSTER» und dem benachbarten Referenzbereich.

Vegetationsaufnahme: 18. + 19.7.2011, 11 Tauchtransekte im Abstand von 20 m.

Quelle und Datengrundlage: AQUAPLUS (2012)



Abb. 7: Ausschnitt Plandarstellung der Wasserpflanzen-Gesamtdichte im Untersuchungsperimeter «Hafen MUSTER» und dem benachbarten Referenzbereich.

Vegetationsaufnahme: 18. + 19.7.2011, 11 Tauchtransekte im Abstand von 20 m.

Quelle und Datengrundlage: AQUAPLUS (2012)

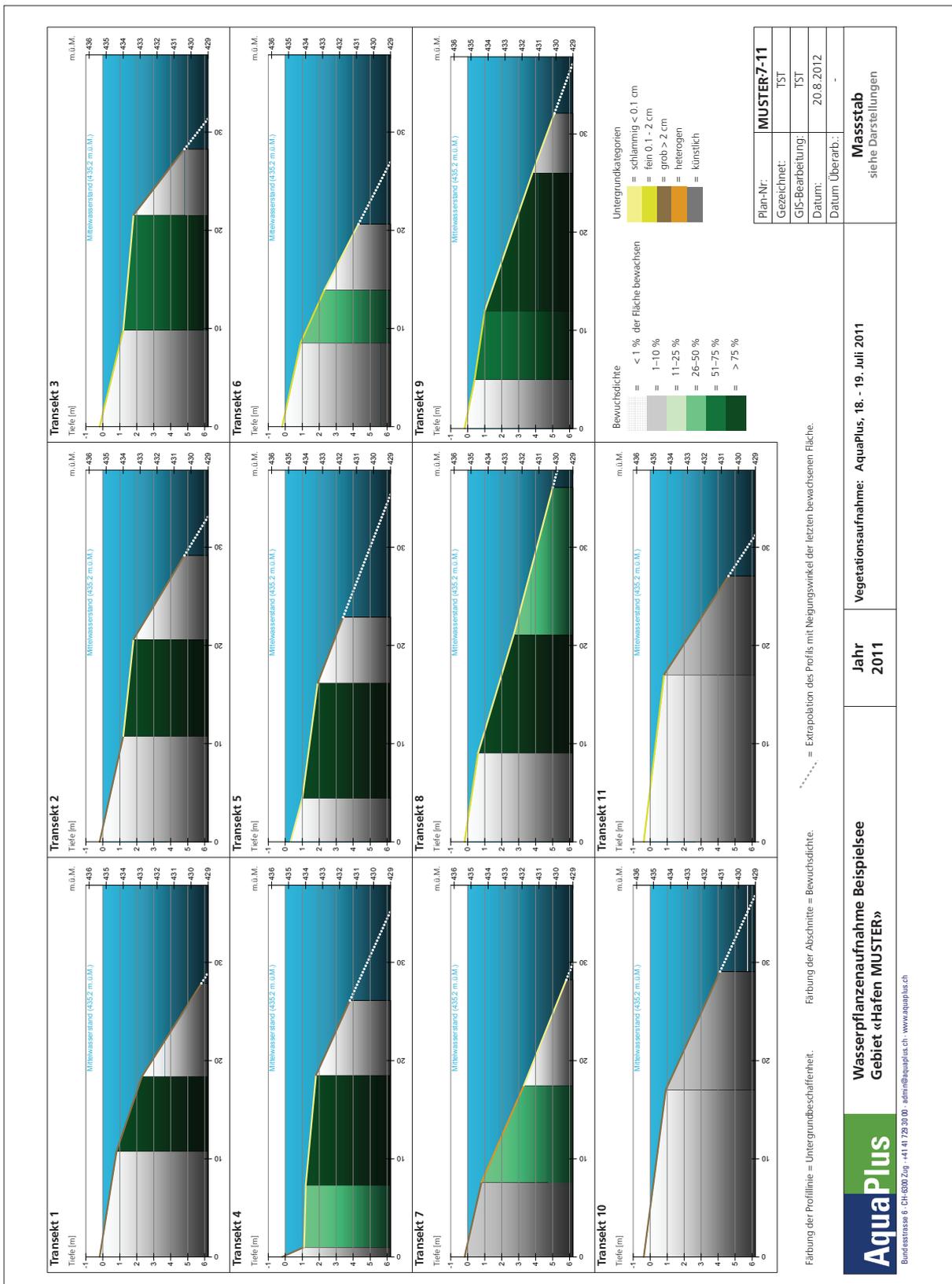


Abb. 8: Profildarstellung der Wasserpflanzen-Transecte mit Markierung der Bewuchsdichte und der Untergrundbeschaffenheit in jedem Abschnitt. Gesamtdichte im Untersuchungsperimeter. Vegetationsaufnahme: 18. + 19.7.2011, 11 Tauchtransecte im Abstand von 20 m. Transecte 1–7: Hafenaerial, Transecte 8–11: Referenzbereich.

Quelle und Datengrundlage: AQUAPLUS (2012)

Tab. 3: Vergleichende Darstellung der Wasserpflanzenvegetation in verschiedenen Sektoren des Untersuchungsperimeters. Arthäufigkeiten in Abundanzanteilen.

Die Bewuchstiefe bezieht sich auf den Mittelwasserstand des Beispielsees. Vegetationsaufnahme: 18. + 19.7.2011, 11 Tauchtransekte im Abstand von 20 m. Transekte 1–7: Hafenaerial, Transekte 8–11: Referenzbereich.

Wert «0» in den prozentualen Anteilen der Arten = Vorkommen mit < 1 %. «DI» = Dominanzidentität (Renkonen-Index), Strukturvergleich zweier Gesellschaften.

** = Neophytische Art (keine Klassifizierung in «Rote Liste»: NE = nicht bewertet)

Gefährdungskategorien gem. «Rote Liste» der Farn- und Blütenpflanzen (BAFU 2002) sowie der Characeen (BAFU 2010): LC = nicht gefährdet, NT = potenziell gefährdet, VU = verletzlich, EN = stark gefährdet, CR = vom Aussterben bedroht, NE = nicht bewertet, DD = ungenügende Datengrundlage.

Dichtestufen

<1	=	< 1 % bewachsen
1	=	1–10 %
2	=	11–25 %
3	=	26–50 %
4	=	51–75 %
5	=	> 75 %

Transekt-Nummer	1–11	1–7	8–11
Sektor	ganzer Perimeter	HAFEN	REFERENZ
Tiefe Beginn Vegetation bez. MW [m]	-0.4	-0.2	-0.4
Tiefe Ende Vegetation bez. MW [m]	5.1	3.3	5.1
Mittelwert Tiefe Ende Vegetation [m]	3.1	2.2	4.7
Maximum Distanz Ende Vegetation [m]	45.2	21.6	45.2
Mittelwert Distanz Ende Vegetation [m]	23.7	18.1	33.4
Fläche [m ²]	5'880	3'394	2'486
Vegetations-Abundanz $I_{V_{tot}}$ (1)	0.79	0.45	0.34
%-Anteil Vegetations-Abundanz $I_{V_{tot}}$	100	57	43
Vegetations-Abundanz pro m² (1)	1.34	1.32	1.37
Mittlere Dichte	2	2	2
Artenzahl	13	8	11

Arten		RL _{Reg}	Abundanzanteil % (1)		
A.01	<i>Chara contraria</i>	LC	4	8	
A.02	<i>Chara globularis</i>	LC	1	1	1
A.03	<i>Nitellopsis obtusa</i>	NT	0		0
TOTAL Characeen			5	9	1
C.01	<i>Ceratophyllum demersum</i>	VU	1		3
C.02	<i>Elodea canadensis</i> **	NE	1	2	
C.03	<i>Myriophyllum spicatum</i>	NT	2		4
C.04	<i>Najas marina</i>	VU	24	6	48
C.05	<i>Phragmites australis</i>	LC	4		9
C.06	<i>Potamogeton pectinatus</i>	LC	36	50	18
C.07	<i>Potamogeton perfoliatus</i>	LC	1		3
C.08	<i>Potamogeton pusillus</i>	VU	22	32	9
C.09	<i>Ranunculus trichophyllus</i>	NT	1	0	2
C.10	<i>Zannichellia palustris</i>	VU	2	1	3
TOTAL Moose / Samenpflanzen			94	91	99

(1) Berechnung Abundanz / m² (mittlere Bewuchsdichte) und Häufigkeitsanteile (rh) der vorkommenden Arten siehe ANHANG C-2

(2) Berechnung Strukturvergleich (Dominanzidentität; Renkonen-Index) siehe Kap. 3.4

Strukturvergleich (DI) (2)

	= sehr grosse Ähnlichkeit	0.95–1
	= grosse Ähnlichkeit	0.8–0.95
	= mittlere Ähnlichkeit	0.6–0.8
	= geringe Ähnlichkeit	0.3–0.6
	= keine Ähnlichkeit	0–0.3

DI	HAFEN	REF
HAFEN		0.35
REF	0.35	

Quelle und Datengrundlage: AQUAPLUS (2012)

3.9 Anwendungsbereich Umgebung («EXTENSIONS-Modul»)

AUSWIRKUNGEN AUF UMGEBUNG – SUBMERS:³⁹

Auswirkungen der Hafenzufahrt auf die Unterwasservegetation (AU-S)

Nebst den verschiedenen Auswirkungen der Hafenanlagen als solches und des Bootsverkehrs im Hafenninnern (siehe Kap. 3.2) können auch ausserhalb des Hafenperimeters gelegene Areale durch die Zu- und Wegfahrten der Boote gewissen Beeinträchtigungen ausgesetzt sein.⁴⁰ Für die Unterwasservegetation (und den Seegrund) spielen bis zu einer gewissen Tiefe die mechanischen Effekte der Bootsantriebe in Form von sogenannten «Wirbelzöpfen» eine Rolle. Die Ausprägung dieser Störungen hängt vom Tiefgang der Boote (Position der Schiffschraube unter dem Wasserspiegel) und von der Wassertiefe im Zufahrtsskorridor ab.⁴¹ Hafenanlagen des Typs 1 und 2 (über flacher Uferbank, siehe Abb. 1) sind dabei stärker betroffen.

Die Bemessung des Ersatzbedarfes aus dieser hafensexternen Auswirkung erfolgt mit einem vergleichbaren Ansatz wie für die eigentliche Hafenanlage («BASIS-Modul»):

- l) Festlegung der massgeblichen Hafenzufahrt(en).
 - Bei geschlossenen Hafenanlagen Typ 1 und 3 mit Abgrenzung durch eine äussere Mole liegt die Hafenzufahrt meist seitlich, entweder auf der einen oder anderen Seite, oder sogar beidseitig. Auch «mittige» Öffnungen in der Aussenmole mit direkt seewärts orientierte Zugänge sind möglich. Bei offenen Hafenanlagen Typ 2 und 4 ohne umfassende Mole können Hafenzufahrten beidseits und auch an einer oder mehreren Stellen «mittig» ausgemacht werden.
 - Wenn keine Hafenausfahrt bei < 9 m Wassertiefe beginnt, entfallen die nächsten Schritte und damit die Bemessung dieses zusätzlichen Ersatzbedarfes.

³⁹ Die Berücksichtigung von hafensexternen Auswirkungen in die Ersatzbemessung bzw. in eine Ergänzung / Erweiterung des Verfahrens über die eigentliche Hafenanlage («BASIS-Modul») hinaus erfolgt im Rahmen der Prüfung und Vervollständigung der rechtlichen Anforderungen, insb. gem. NHG, in Zusammenarbeit mit den in der Methodenentwicklung involvierten Fachstellen.

→ Der Einbezug der Auswirkungen auf die Umgebung in die Bemessung des Ersatzbedarfes wird mit den zuständigen Fachstellen festgelegt.

⁴⁰ Unter Beeinträchtigungen der Umgebung durch den Hafenbetrieb fallen neben den Zu- und Wegfahrten der Boote auch die Bewegungen von Personen auf den Molen oder Stegen sowie Lärm- und Lichtemissionen. Sie werden unter dem prioritären und auch quantifizierbaren Störfaktor «hafensexterne Bootsbewegungen» einbezogen.

⁴¹ Der massgebliche Tiefgang der Boote hängt von der Lage der Schraube bzw. des Jetantrieb unter der Wasseroberfläche ab, in der Regel ist von maximal 1 m auszugehen, im Mittel zwischen 0.5–1 m, Durchschnittswert 0.75 m. Gemäss Gutachten der Abteilung Schiffsentwicklung am Entwicklungszentrum für Schiffstechnik und Transportsysteme e.V. in Duisburg für AquaPlus wirken sich Schiffsbewegungen bzw. durch Schiffsschrauben ausgelöste Wasserturbulenzen nach folgendem Muster auf den Gewässeruntergrund aus: 1) Extreme Auswirkungen: bis Faktor 1.4 des Schiffstiefgangs / 2) Starke Auswirkungen: von Faktor 4–1.4 / 3) Moderate Auswirkungen: von Faktor 12–4 / 4) Keine Auswirkungen: ab Faktor > 12. Für die Bemessung von AU-S wird also eine Wassertiefe bis $12 * 0.75 \text{ m} = 9 \text{ m}$ berücksichtigt.

- II) Transektweise Untersuchung der Seegrund- und Vegetationsverhältnisse aller massgeblichen Hafenzufahrten (jeweils ab Ufer bzw. tatsächlicher oder anzunehmender Hafengrenze) bis zur unteren Verbreitungstiefe der Vegetation.⁴²
→ Nach Methodik «MESAV+», analog der Wasserpflanzenerhebung im Hafenperimeter und im Referenzabschnitt.
- III) Zusammenzug der Daten in eine Auswertungsgruppe «Hafenzufahrt» und Vergleich mit der Gruppe der Referenztransekte. Im Minimum erfolgt der Vergleich eines Zufahrtstransektes mit der Gruppe der Referenztransekte.
→ Für den Vergleich werden für beide Gruppen die Daten ab der Tiefe der Zufahrt (bzw. des Mittelwertes mehrerer Zufahrten) verwendet.⁴³
- IV) Messung der Distanz ab Zentrum Hafenausfahrt (bzw. der mittleren Distanz bei mehreren Hafenausfahrten) bis zur Position von 9 m Wassertiefe.⁴⁴
- V) Umsetzung dieser (mittleren) Distanz in einen (einzig) Streifen von 20 m Breite⁴⁵ als relevante Bemessungsfläche.
- VI) Festlegung des maximalen Ersatzbedarfes mit Flächenfaktor 1.5.
- VII) Verrechnung dieser Grösse mit den beiden Vegetationsfaktoren VS und BD aus dem Vergleich der Gruppe «Hafenzufahrt» und der Referenz nach Formel 1.
- VIII) Rechenbeispiel / Lesehilfe: Bei einem Hafen mit einseitiger Zufahrt auf der rechten Seite bei 4 m Wassertiefe ergibt sich eine Distanz bis zur Auswirkungsgrenze bei 9 m Wassertiefe von 40 m. Aus dem Vergleich des Zufahrtsperimeters mit der Referenz liegt ein Durchschnittswert der beiden Vegetationsfaktoren BD und VS von 0.7 vor (relativ grosse Abweichungen, d.h. grosse Auswirkungen der Hafenzufahrt auf die Unterwasservegetation). Verrechnung: $(40 \text{ m} * 20 \text{ m}) * 1.5 * 0.7 = 840 \text{ m}^2$. Zur «regulären» Ersatzbe-

⁴² Für die seitliche Einfahrt sind gegenüber dem Standardsetting «Hafenperimeter und Referenzabschnitt» zusätzliche Transekte vorzusehen, mit Vorteil erfolgt die Aufnahme wie gewohnt ab Ufer bis zur unteren Verbreitungsgrenze. Mittig gelegene Einfahrten sind bereits im Transektraster des Hafenperimeters enthalten.

⁴³ Im Vergleich zur Referenz könnte bei gleichem Uferabstand im Zufahrtstransekt die Tiefe grösser sein, wenn ausgebagert wurde (bzw. periodisch eine Ausbaggerung erfolgt). Für die Ersatzbemessung gilt folgendes Vorgehen (Beispiel für die Abtiefung von 1 m): Wenn der ausgebagerte Zufahrtstransekt bei 2 m Tiefe beginnt, wird für die Berechnung der Vegetationsfaktoren in der Referenz eine Tiefe ab 1 m Tiefe berücksichtigt. → *im Anwendungsfall ist die tatsächliche Ausbaggerungstiefe einzubeziehen*

⁴⁴ Bei einer sehr breiten Uferbank wird ein Abbruchkriterium bei 50 m Uferdistanz empfohlen, wenn 9 m Wassertiefe bei diesem Punkt noch nicht erreicht sind (Anlehnung an Betrachtungsraum «Auswirkungen auf Umgebung – EMERS» (AU-E), siehe nächstes Kapitel). Sofern das Ausmass des zusätzlichen Ersatzbedarfes aus dem Zufahrtskriterium auf > 30 % des «regulären» Ersatzbedarfes steigt, kann eine gutachterliche Einschätzung (Prüfung) der Plausibilität erwogen werden, bei Bedarf in Rücksprache mit den zuständigen Fachstellen. Dieser Fall könnte sich vornehmlich bei kleinen Hafenanlagen (<< 100 Bootsplätze) auf breiter Uferbank ergeben.

⁴⁵ Der Zufahrtskorridor wird in Anlehnung an eine «Gauss'sche Häufigkeitsverteilung» der Bootsbewegungen von und zum Hafen mit einer Breite von 20 m angenommen. Diese Breite kann ggf. bei Aufzeigen «besonderer Umstände» in Absprache mit der zuständigen Fachstelle gutachterlich verkleinert werden.

messung (BASIS-Modul «eigentliche Hafenanlage») kommen aus dem Anteil «Auswirkungen auf die Umgebung – SUBMERS» (AU-S) 840 m² hinzu.

Spezialfälle / Ausschlüsse

- **Massgebliche Tiefe der Hafeneinfahrt bei ≥ 9 m**
→ keine Bemessung AU-S
- **Keine Motorboote im Hafen**, d.h. kein Auftreten von mechanischen Belastungen durch Wirbelzöpfe aus Propeller- oder Jetantrieb (nur Ruderboote, Segelboote ohne Antriebsmotor wie Jollen etc., generell Hafenanlagen für Freizeitboote auf Seen mit Verbot von motorisierten Booten, wie z.B. Pfäffikersee, Greifensee, ...)
→ keine Bemessung AU-S
- **Hafenanlagen in Strömungszonen**, z.B. vor oder nach Seeausflüssen («Fließgewässerverhältnisse» mit kaum zusätzlicher mechanischer Belastung durch Bootsantriebe)
→ keine Bemessung AU-S
- **Situative Besonderheiten – 1**, «kanalisierte» Zufahrt zu Hafenanlagen im Landesinnern, sogenannte «Marinas», durch terrestrische Abschnitte von geringem Naturwert oder durch schutzwürdige Lebensräume Ufervegetation (z.B. Röhrichtbestände)
Situative Besonderheiten – 2, Zufahrt zu Kleinst-Hafenanlagen (mit wenigen Bootsplätzen) sowie zu Bootshäusern, direkt am Ufer liegend oder durch vorgelagerte schutzwürdige Ufervegetation (z.B. Röhrichtbestände)
Situative Besonderheiten – 3, u.a. periodisch ausgeführte Massnahmen zur Erhaltung der Betriebstauglichkeit der Hafenzufahrt, wie z.B. Schilfschnitt oder periodische Ausbaggerungen ⁴⁶
→ Bemessung des Ersatzbedarfes AU-S gutachterlich in Absprache mit der zuständigen Naturschutz-Fachstelle anhand laufender «Praxis» in der Bearbeitung konkreter Beispiele.

⁴⁶ Es liegt im Ermessen der zuständigen Fachstellen, Unterhaltmassnahmen zur Wahrung der Betriebstauglichkeit der technischen Anlage – fallspezifisch in Abhängigkeit der örtlichen Situation und der verursachten Beeinträchtigung – als ersatzpflichtig einzustufen und/oder diese als integriert in der Bemessungsmethodik (BASIS-Modul «eigentliche Hafenanlage» und EXTENSIONS-Modul «Auswirkungen auf Umgebung») zu betrachten.

AUSWIRKUNGEN AUF UMGEBUNG – EMERS: ⁴⁷

Auswirkungen der Hafenzufahrt auf die emerse Ufervegetation (AU-E)

Durch den Bootsverkehr ausserhalb des Hafens (Zu und Wegfahrten) ⁴⁸ sind nicht nur Auswirkungen der Unterwasservegetation (AU-S) möglich, sondern auch Beeinträchtigungen der Lebensraumqualität von emerse Ufervegetation (AU-E). Darunter fallen störungsempfindliche und gem. NHG als schutzwürdig eingestufte Lebensräume ⁴⁹, im vorliegenden Kontext vor allem spezifische Uferlebensräume bzw. Ufervegetation und darunter insbesondere Röhrichbestände mit einem Potenzial für spezialisierte («schilfbrütende») Vogelarten, welche durch die Bewegung der Boote mehr oder weniger stark gestört werden könnten. ⁵⁰

Die Bemessung des Ersatzbedarfes aus dieser hafensexternen Auswirkung erfolgt mit einem vergleichbaren Ansatz wie für die eigentliche Hafenanlage in gutachterlicher Form. Als allgemeine Richtlinie soll folgender Ablauf gelten:

- I) Festlegung / Umgrenzung der betroffenen Flächengrösse in Lebensraumqualität ⁵¹ im Betrachtungsraum von 50 m beidseits der Hafenanlage und seeseitig der Uferlinie bis zur tatsächlichen Ausdehnung, landseitig maximal 10 m (relevante Flächengrösse).
- II) Einschätzung der «Betroffenheit» (potenziell gegeben ja/nein im betrachteten Lebensraum) aufgrund Störungsanfälligkeit der typischerweise vorkommenden Arten.
- III) Einstufung des Störungsgrades in Abhängigkeit der Hafengrösse bzw. der Anzahl Bootsplätze und des daraus abzuleitenden Frequenz der Zu- und Wegfahrten gem. Matrix im Anschauungsbeispiel.

⁴⁷ Die Berücksichtigung von hafensexternen Auswirkungen in die Ersatzbemessung bzw. in eine Ergänzung / Erweiterung des Verfahrens über die eigentliche Hafenanlage (BASIS-Modul) hinaus erfolgt auf Anregung der in die Methodenentwicklung involvierten Naturschutz-Fachstelle.

→ *Der Einbezug der Auswirkungen auf die Umgebung in die Bemessung des Ersatzbedarfes wird mit der zuständigen Fachstelle festgelegt.*

⁴⁸ Unter Beeinträchtigungen der Umgebung durch den Hafenbetrieb fallen neben den Zu- und Wegfahrten der Boote auch die Bewegungen von Personen auf den Molen oder Stegen sowie Lärm- und Lichtemissionen. Sie werden unter dem prioritären und auch quantifizierbaren Störfaktor «hafensexterne Bootsbewegungen» einbezogen.

⁴⁹ Es sind in erster Linie schutzwürdige Lebensraumtypen nach Anhang 1 NHV – Abschnitt «Uferbereiche» – zu betrachten, für deren Beeinträchtigung Ersatzmassnahmen nach Art. 18 Abs. 1ter NHG erforderlich sind. In erweitertem Sinne sind alle Lebensräume für störungsempfindliche Arten zu prüfen, welche durch die Bootsbewegungen (und die darin eingeschlossenen weiteren Störfaktoren) beeinträchtigt werden könnten. Prioritär soll jedoch um die in NHG Art. 21 mit besonderem Schutzstatus versehene Ufervegetation in Form von «Schilf- und Binsenbeständen, Auenvegetationen sowie anderen natürlichen Pflanzengesellschaften im Uferbereich» berücksichtigt werden.

⁵⁰ Zusätzlich zur Bewegung der Boote wäre auch eine Störung durch Motorenlärm denkbar. Da hierzu aber kaum Untersuchungen vorliegen, werden die relativ gut bekannten Auswirkungen durch bewegte Objekte (Stichwort «Fluchtdistanz») priorisiert bzw. die weiteren potenziellen Störfaktoren darin subsummiert.

⁵¹ Die Einstufung «Lebensraumqualität» beinhaltet eine Mindestgrösse der in Frage kommenden Vegetationsfläche. Sie wird gutachterlich auf Basis bestehender Erkenntnisse festgelegt. Wird diese Mindestgrösse im Betrachtungsraum je beidseits 50 m der Hafenanlage nicht erreicht, ist das Vorkommen lebensraumtypischer störungsanfälliger Arten unwahrscheinlich und die Fläche bleibt für die Ersatzbemessung AU-E unberücksichtigt.

- IV) Verrechnung der relevanten Flächengrösse mit Faktor 1.5 und dem Wert des gewählten Störungsgrades.

Nachstehend wird beispielhaft die Bemessung des Ersatzbedarfes aufgrund der Auswirkungen auf Röhrichtbestände im Umfeld einer Hafenanlage dargestellt:

- Feststellen relevanter Röhrichtlebensräume im Umfeld des Hafens ⁵²
 → In einer Distanz von 50 m (entlang der Uferlinie) links und rechts des Hafenerimeters wird ermittelt, ob eine zusammenhängende, see- und landseits liegende Fläche von $\geq 400 \text{ m}^2$ Röhricht ⁵³ voll oder teilweise enthalten ist.
- Bemessung der relevanten Röhrichtsfläche
 → Ist eine Fläche $\geq 400 \text{ m}^2$ innerhalb der Uferdistanz von 50 m tangiert, so wird der tatsächlich innerhalb dieser Grenze liegende, seeseits der Uferlinie und max. 10 m landseits liegende Röhrichtbestand ausgemessen. ⁵⁴
- Festlegung des maximalen Ersatzbedarfs mit Flächenfaktor 1.5.
- Verrechnung dieser Grösse mit dem Störungsgrad durch die Häufigkeit der ein- und ausfahrenden Boote (in Abhängigkeit der Anzahl Bootsplätze im Hafen) gemäss folgender Matrix: ⁵⁵

Störungsgrad	Beschreibung	Anzahl Bootsplätze
0.1	schwach	< 50
0.2	mittel	50–100
0.3	stark	> 100

- Rechenbeispiel / Lesehilfe: Bei einem Hafen mit > 100 Bootsplätzen beginnt linksseitig innerhalb des 50 m-Distanz ab Hafengrenze eine Schilffläche mit einer Grösse von rund 1'000 m². Die Bestände enden an der Ufermauer (keine landseitige Fortsetzung). Auf der rechten Seite des Hafens sind innerhalb der Distanz von 50 m keine Röhrichtbestände $\geq 400 \text{ m}^2$ vorhanden (allfällige

⁵² In der Bemessung von AU-E werden auch Bewegungen beispielsweise von Personen auf der Molle oder auf Stegen sowie von Booten innerhalb des Hafens als relevant für allfällige Störungen für röhrichtgebundene Vögel im näheren Umfeld des Hafens betrachtet und mit dem Einbezug des Umfeldes von 50 m nicht nur der Hafeneinfahrt, sondern generell links und rechts des Hafenerimeters berücksichtigt.

⁵³ Minimale Bestandesfläche für röhrichtgebundene Vogelarten mit Qualität als Lebensraum (inkl. Kernzone), optimal in Form 20 m * 20 m, gem. Gutachten Fachbüro Ornithologie für AquaPlus (nicht publiziert).

⁵⁴ So lange der Bestand zusammenhängend ist, werden innerhalb der Linie liegende Lücken nicht ausgespart. Seeseits wird die Flächengrenze bei einer Bestandesdichte von > 10 % gesetzt, d.h. nur noch sehr vereinzelt stehende Exemplare von Röhrichtpflanzen (beispielsweise Schilfrohr oder Seebirse) nicht in die Bemessung der Bestandesfläche einbezogen.
 Sofern der seeseitige Schilfbestand eine Ausdehnung < 20 m ab Uferlinie aufweist, wird ab Ufer landseits die Differenz ergänzt (sofern vorhanden), jedoch maximal bis 10 m.
 Bei v.a. landseitig vorkommender (und störungsempfindlicher / schutzwürdiger) Ufervegetation wie beispielsweise standorttypisches, naturnahes Ufergehölz wird eine Ausdehnung von maximal 10 m ab Uferlinie berücksichtigt.

⁵⁵ Störungsfaktoren in Anlehnung an die Methode RENAT (2018, im Auftrag des ANL Kt. ZH erstellt, für terrestrische Lebensräume).

kleinere Bestände erfüllen den Anspruch als Lebensraum nicht und werden nicht berücksichtigt). Der Anteil der Röhrichtfläche links innerhalb von 50 m beträgt rund 350 m². Verrechnung: 350 m² * 1.5 * 0.3 = 158 m². Zur «regulären» Ersatzbemessung (BASIS-Modul «eigentliche Hafenanlage») kommen aus dem Anteil «Auswirkungen auf die Umgebung – EMERS» (AU-E) 158 m² hinzu.^{56 57}

Spezialfälle / Ausschlüsse

- **Situative Besonderheiten – 1**, u.a. Zufahrt zu Hafenanlagen im Landesinnern, sogenannte «Marinas», durch schutzwürdige Lebensräume Ufervegetation (z.B. Röhrichtbestände)⁵⁸

Situative Besonderheiten – 2, Zufahrt zu Kleinst-Hafenanlagen (mit wenigen Bootsplätzen) sowie zu Bootshäusern, durch schutzwürdige Ufervegetation (z.B. Röhrichtbestände)

Situative Besonderheiten – 3, landseitige Zugänge zu Hafenanlagen oder Bootshäusern durch schutzwürdige Ufervegetation (z.B. Röhrichtbestände)

→ Bemessung des Ersatzbedarfes AU-E gutachterlich in Absprache mit der zuständigen Naturschutz-Fachstelle anhand laufender «Praxis» in der Bearbeitung konkreter Beispiele

3.10 Vorgehen bei Erweiterung / Veränderung bestehender Anlagen und eigentlichen Neuanlagen

→ Auf die Besonderheiten in der Handhabung von neuen Bauvorhaben, sei es in der Erweiterung einer bestehenden oder einer neuen Anlage, betreffend Abklärung der Umweltauswirkungen in **Abgrenzung zur Ersatzbemessung und Umsetzung von NHG Art. 18** sowie im **Umgang mit speziellen Arten** wird in Kap. 2 eingegangen. Es ist unerlässlich, bei baulichen Vorhaben im Uferbereich, u.a. also bei Erweiterung bestehender und neuen Hafenanlagen, frühzeitig mit den zuständigen Fachstellen, insbesondere der Fachstelle Naturschutz (FNS), die Rahmenbedingungen zur Bewilligungsfähigkeit und die erforderlichen Abklärungen / Untersuchungen festzulegen.

⁵⁶ MiniMax-Analyse: Als maximale Ersatzfläche für AU-E wird folgende Situation angenommen: Grosse Hafenanlage mit > 100 Bootsplätzen mitten im Schilfbestand auf flacher Uferbank. D.h. beidseitig an den Hafenperimeter angrenzende Schilffläche mit Ausdehnung 50 m entlang Uferlinie und 30 m Breite ab Uferlinie auf flacher Uferbank (bis maximale Bewuchstiefe für Schilf von 0.8 m bezüglich MW-Stand). Berechnung: 2 x 50 m x 30 m x 1.5 x 0.3 = 1'350 m².

⁵⁷ Sofern das Ausmass des zusätzlichen Ersatzbedarfes aus dem Zufahrtskriterium auf > 30 % des «regulären» Ersatzbedarfes steigt, kann in Kontakt mit den zuständigen Fachstellen eine gutachterliche Einschätzung (Prüfung) der Plausibilität erwogen werden. Dieser Fall könnte sich bei kleinen Hafenanlagen (<< 100 Bootsplätze) auf breiter Uferbank ergeben.

⁵⁸ Bei Hafenanlagen in Form einer «Marina» (Binnenhafen) mit Zufahrt durch ein Röhrichtfeld würde als Bemessungsfläche der beidseitig der Zufahrt gelegene Bestand mit folgenden Bemessungsfaktoren gelten: Länge der Zufahrt durch das Röhrichtfeld x 2 (beidseitig) x 50 m. Bei einer Zufahrtslänge von 40 m ergibt sich eine Bemessungsfläche von 40 m x 50 m x 2 = 4'000 m².

Die «im Prinzip» für Konzessionserneuerungen von bestehenden Hafenanlagen erarbeitete Methode zur Bemessung des Ersatzbedarfes («BASIS-Modul») anhand der Unterwasservegetation (als höchstes Schutzgut der betroffenen Biosphäre) lässt sich in konzeptionell vergleichbarer Form auch für weitere Anwendungsbereiche erschliessen:

A) Bestehende Anlagen (ohne Veränderungen)

→ Methode / Vorgehen gem. Ausführungen in den Kapiteln 3.1–3.9 mit «BASIS-Modul» (Auswirkungen Hafenperimeter und «EXTENSIONS-Modul» (Auswirkungen auf Umgebung)

B) Sanierung / Umbau / Erweiterung von bestehenden Anlagen

→ Methode analog für bestehende Anlagen, die Auswirkungen der geplanten Veränderungen auf die Vegetation gehen – basierend auf den Untersuchungen der bereits bestehenden Anlage – mit gutachterlicher Schätzung der Vegetationsfaktoren VS und BD in die Ersatzbemessung ein.⁵⁹

C) Neuanlagen

→ Methode analog für bestehende Anlagen, die Auswirkungen der geplanten neuen Anlage auf die Vegetation gehen mit gutachterlicher Schätzung der Vegetationsfaktoren VS und BD in die Ersatzbemessung ein.⁵⁹

Kurzfassung Anwendungsbereich A

«Bestehende Anlagen (ohne Veränderungen)»

Für die Detailspekte der Vorgehensweise in Anwendungsbereich A wird auf die Kapitel 3.1–3.9 verwiesen.

Es kommen folgende Grundsätze zur Anwendung:

- 1 Untersuchung der Unterwasservegetation im Hafenperimeter und in einem nahe gelegenen Referenzabschnitt mit möglichst vergleichbarer Ufersituation (entspricht dem IST-Zustand ohne Anlage).
- 2 Auswertung der Vegetationsverhältnisse (quantitativ) für die beiden Untersuchungsbereiche hinsichtlich Bewuchsdichte und Artenspektrum bzw. Häufigkeitsanteile der vorkommenden Arten.
- 3 Vergleich der beiden Bereiche anhand der Vegetationsfaktoren (Summenparameter) «Bewuchsdichte» und «Vegetationsstruktur». Die Abweichungen zwischen Referenz und Hafenperimeter werden direkt auf die Auswirkungen der Anlage zurückgeführt. Die beiden Vegetationsparameter widerspiegeln Beeinträchtigungen auf die bewachsene Flachwasserzone durch Beschattung, Nährstoffanreicherung infolge Kompartimentierung, Strömungsveränderungen, mechanische Belastungen und Störungen durch Bootsverkehr, etc.

⁵⁹ Erfahrungen aus der Umsetzung des «BASIS-Moduls» in Pilotprojekten liegen bereits vor und sind als Plausibilisierungsinputs in die definitive Methodenentwicklung eingegangen.

→ in diesem Punkt erfolgt in der Weiterentwicklung der Methode für die Anwendungsbereich B (Veränderung bestehende Anlagen) und Anwendungsbereich C (Neuanlagen) eine Differenzierung, die übrigen Grundsätze bleiben weitgehend unverändert, es kommt ein zusätzlicher Aspekt «Nachkontrolle / Monitoring» (Verifizierung) hinzu.

- 4 Die Umwandlung der festgestellten Auswirkungen in einen «konkreten» Ersatzbedarf erfolgt über die Fläche der Hafenstrukturalternativen innerhalb der Uferzone bis 20 m Wassertiefe (Boote, Stege, Mole, Einwasserungsrampen, Überdachungen, etc.) und den Ersatzfaktor 1.5 (aus BUWAL 2002).

MAXIMAL: Sofern grösstmögliche Unterschiede in Bewuchsdichte und Vegetationsstruktur zwischen Referenz und Hafenperimeter vorliegen, muss ein Ersatz im Umfang der Hafenfläche mal Faktor 1.5 geleistet werden. Dies würde einer vollständigen Zerstörung des Lebensraumes Flachwasserzone («Stillgewässer») durch ein «Vorhaben» (im vorliegenden Fall durch die Hafenanlage, z.B. durch Überdachung, vollständiger Beschattung, Versiegelung des Seegrundes, etc.) entsprechen und müsste in 1.5-facher Fläche wieder hergestellt werden.

MINIMAL: Sofern keine Unterschiede in Bewuchsdichte und Vegetationsstruktur zwischen Referenz und Hafenperimeter vorliegen, muss kein Ersatz geleistet werden. Durch die Hafenanlage (als solches und Betrieb) entstehen offensichtlich keine erkennbaren Auswirkungen auf die Unterwasservegetation (als «empfindlichster» bzw. rechtlich als bestgeschützter Teil der betroffenen Biosphäre).

REAL: Aufgrund des Ausmasses der Unterschiede in Bewuchsdichte und Vegetationsstruktur zwischen Referenz und Hafenperimeter muss gemäss nachstehender Formel Ersatz geleistet werden:

<p><i>relevante</i></p> <p>Ersatzbedarf S [m²] = Hafenfläche [m²] * 1.5 * ((a*VS + b*BD) / (a+b))</p> <p>S = Beanspruchung Seegrund VS = Unterschied Vegetationsstruktur BD = Unterschied Bewuchsdichte a / b = Gewichtungen</p> <p>Wertebereich von VS und BD = 0–1</p> <p>1.5 = Ersatzfaktor gem. BUWAL 2002 bei Zerstörung des Lebensraumes</p>
--

Lesehilfe: Je ähnlicher die Verhältnisse in den beiden Untersuchungsabschnitten sind, desto geringer sind die Auswirkungen der Anlage und desto kleiner ist der Ersatzbedarf. Und vice versa. Es resultiert ein Ersatzbedarf in Form einer wieder herzustellenden Fläche in m².

- 5 Einbezug und Anwendung des «EXTENSIONS-Moduls» betreffend Auswirkungen des Hafenbetriebes auf die Umgebung (submers / emers) im Bedarfsfall gem. Anleitung in Kap. 3.9) und Ergänzung des Ersatzbedarfes aus dem «BASIS-Modul».

Kurzfassung Anwendungsbereich B

«Sanierung / Umbau / Erweiterung von bestehenden Anlagen»

→ *Änderungen gegenüber dem Vorgehen für bestehende Anlagen sind grün markiert*

Es gelten die gleichen Grundsätze wie in Anwendungsbereich A («BASIS-Modul»). Wiederum wird der Hafenperimeter untersucht (**bestehend und künftig**) sowie ein möglichst nahe gelegener Referenzbereich mit vergleichbaren Uferverhältnissen.

Unter Punkt 3 werden dazu folgende Differenzierungen vorgenommen:

- 3a Vergleich der beiden Bereiche anhand der Vegetationsfaktoren (Summenparameter) «Bewuchsdichte» und «Vegetationsstruktur». Die Abweichungen zwischen Referenz und Hafenperimeter werden direkt auf die Auswirkungen der bestehenden Anlage zurückgeführt. Die beiden Vegetationsparameter widerspiegeln die Beeinträchtigungen auf die bewachsene Flachwasserzone durch Beschattung, Nährstoffanreicherung infolge Kompartimentierung, Strömungsveränderungen, Bootsverkehr, etc.
- 3b In einem nächsten Schritt wird die vorgesehene Veränderung der Hafenanlage betrachtet und die möglichen Auswirkungen auf die beiden Vegetationsfaktoren «Bewuchsdichte» und «Vegetationsstruktur» **gutachterlich abgeschätzt**. Es geht dabei prioritär um die nachstehenden Beurteilungen:
- *Wie wird sich die Veränderung der Anlage auf die **Bewuchsdichte** im Hafenperimeter und daraus auf den Vergleich zur Referenz auswirken?*
 - *Wie wird sich die Veränderung der Anlage auf die Artenzusammensetzung und die Arthäufigkeiten (**Vegetationsstruktur**) und daraus auf den Vergleich zur Referenz auswirken?*

Bei beiden Fragen kommt das naturschutzfachliche Expertenwissen einerseits über die Besonderheiten der Auswirkungen von «Vorhaben» im aquatischen Bereich zum Tragen (Beschattung, Strömungsveränderungen, Nährstoffanreicherungen, mechanische Belastungen etc.) und andererseits über die vorkommenden Pflanzenarten und ihre autökologischen Ansprüche, Empfindlichkeiten, etc. Es können je nach dem auch Erfahrungswerte einbezogen werden (vergleichbare Hafen-Situationen).

Es sind auf beide Seiten Änderungen in den Vegetationsfaktoren möglich:

- Der neue Hafen hat **weniger Auswirkungen** (z.B. weiter entfernt vom Ufer, weniger Beschattung in der bewachsenen Flachwasserzone, keine feste Mole und dadurch weniger Kompartimentierung, weniger Strömungshindernisse, etc.) → kleinere Unterschiede zur Referenz und demzufolge potenziell weniger Ersatzbedarf ⁶⁰

⁶⁰ Da der «Hebel» zur Konkretisierung der Auswirkungen (als Abweichung zur Referenz) die definierte Hafenfläche (feste Strukturen) darstellt, kann auch bei weniger Auswirkungen, aber grösserer Hafenfläche in der Uferzone bis 20 m Wassertiefe der Ersatzbedarf zunehmen.

- Der neue Hafen hat **grössere Auswirkungen** (z.B. stärkere Beschattung in der bewachsenen Flachwasserzone, stärkere Kompartimentierung, grössere Strömungshindernisse, etc.) → grössere Unterschiede zur Referenz und demzufolge potenziell grösserer Ersatzbedarf³

In der gutachterlichen Einschätzung der Auswirkungen wird «konservativ» vorgegangen.⁶¹ Das heisst: Im Zweifelsfalle eher eine grössere Auswirkung, also eine grössere Abweichung zur Referenz, annehmen. Prinzip: Falsch negativer Fehler vermeiden (negativ = keine Auswirkungen).

- 4 Die Umwandlung der festgestellten Auswirkungen in einen «konkreten» Ersatzbedarf erfolgt über die relevante Hafenfläche in Form der Hafenstrukturen innerhalb der Uferzone bis 20 m Wassertiefe (Boote, Stege, Mole, Einwasserungsrampen, Überdachungen etc.) und den Ersatzfaktor 1.5 (aus BUWAL 2002). Details siehe Ausführungen für Anwendungsbereich A («BASIS-Modul»).
- 5 **Nachkontrolle / Monitoring:** Naturschutzfachliche Verifizierung der gutachterlichen Einschätzung der Auswirkungen der Hafenanlage auf die beiden Vegetationsfaktoren im Sinne einer Erfolgskontrolle 3–5 Jahre nach Inbetriebnahme der Anlage.⁶² Wiederum wird die Unterwasservegetation in den beiden Bereiche «Hafenperimeter» und «Referenz» untersucht und die quantitativen Vergleiche sowie die Ersatzbemessung gemäss Punkt 4 durchgeführt.

Spezialfälle und besondere situative Gegebenheiten sind analog der für Anwendungsbereich A «Konzessionserneuerung bestehender Anlagen» vorliegenden Ausführungen zu handhaben (siehe Kap. 3.7), die Auswirkungen auf die Umgebung gemäss den Vorgaben des «EXTENSIONS-Moduls» (siehe Kap. 3.9).

Kurzfassung Anwendungsbereich C

«**Neuanlagen**» (mit Neukonzessionierung)

→ *Änderungen gegenüber dem Vorgehen für bestehende Anlagen sind rot markiert*

Es gelten die gleichen Grundsätze wie in Anwendungsbereich A («BASIS-Modul»). Es wird der **künftige Hafenperimeter** untersucht sowie ein möglichst nahe gelegener Referenzbereich mit vergleichbaren Uferverhältnissen.

Unter Punkt 3 werden dazu folgende Differenzierungen vorgenommen:

- 3a Vergleich der beiden Bereiche anhand der Vegetationsfaktoren (Summenparameter) «Bewuchsdichte» und «Vegetationsstruktur». **Da noch keine Ha-**

⁶¹ Eine eher konservative Einschätzung lässt sich auch aus dem Vorsorgegebot gem. Umweltschutzgesetz (USG) Art. 1 ableiten.

⁶² Die Umsetzung des Schrittes «Nachkontrolle / Monitoring» liegt im Ermessen der zuständigen Fachstellen und wird fallweise als Teil der Bedingungen zur Konzessionserteilung verfügt. Die Massnahme kann als fakultatives begleitendes Element der Ersatzmassnahmen betrachtet werden.

fenanlage vorhanden ist, gehören Unterschiede zwischen Referenz und Hafenperimeter zu den situativen «natürlichen Abweichungen» zwischen benachbarten Uferabschnitten. Der in Punkt 4 zu bemessende Ersatzbedarf wird um das Ausmass dieses «Hintergrundrauschens» reduziert. Eine Abweichung von je 10 % in den Vegetationsfaktoren wird *ad hoc* als tolerierbar betrachtet. Sofern eine grössere Abweichung vorliegt, ist zu prüfen, ob sich nicht ein geeigneterer Referenzabschnitt finden lässt.⁶³

3b In einem nächsten Schritt wird der vorgesehene Bau des Hafens (als Neuanlage) betrachtet und mit den entsprechenden Veränderungen im Hafenperimeter die möglichen Auswirkungen auf die beiden Vegetationsfaktoren «Bewuchsdichte» und «Vegetationsstruktur» **gutachterlich abgeschätzt**. Es geht dabei prioritär um die nachstehenden Beurteilungen:

- *Wie wird sich der Bau des Hafens (als Neuanlage) auf die **Bewuchsdichte** im Hafenperimeter und daraus auf den Vergleich zur Referenz auswirken?*
- *Wie wird sich der Bau des Hafens (als Neuanlage) auf die Artenzusammensetzung und die Arthäufigkeiten (**Vegetationsstruktur**) und daraus auf den Vergleich zur Referenz auswirken?*

Bei beiden Fragen kommt das naturschutzfachliche Expertenwissen einerseits über die Besonderheiten der Auswirkungen von «Vorhaben» im aquatischen Bereich zum Tragen (Beschattung, Strömungsveränderungen, Nährstoffanreicherungen, mechanische Belastungen etc.) und andererseits über die vorkommenden Pflanzenarten und ihre autökologischen Ansprüche, Empfindlichkeiten, etc. Es können je nach dem auch Erfahrungswerte einbezogen werden (vergleichbare Hafen-Situationen).⁶⁴

In der gutachterlichen Einschätzung der Auswirkungen wird «konservativ» vorgegangen.⁶¹ Das heisst: Im Zweifelsfalle eher eine grössere Auswirkung, also eine grössere Abweichung zur Referenz, annehmen. Prinzip: Falsch negativer Fehler vermeiden (negativ = keine Auswirkungen).

⁶³ Die tolerierbare Abweichung im IST-Zustand ohne Anlage im vorgesehenen Hafenperimeter bzw. die Frage des geeigneten Referenzabschnittes ist ggf. in Absprache mit den zuständigen Fachstellen fallweise definitiv festzulegen. Für weitere Informationen zur Handhabung der «situativen natürlichen Abweichungen» zwischen Referenz und Hafenperimeter steht die beauftragte Firma AquaPlus zur Verfügung.

⁶⁴ Alternativ zum beschriebenen Vorgehen «Vergleich Referenzabschnitt mit künftigem Hafenperimeter (A)» kann auch der Vergleich des vorgesehenen Auswirkungspereimeter (geplante Hafenanlage) mit sich selbst erfolgen (B). Der aktuelle AUSGANGSZUSTAND (Z1) wird mit dem gutachterlich transponierten BETRIEBSZUSTAND (Z2) verglichen, dabei wird für Z2 die Bewuchsdichte (generell oder auf die einzelnen Transektabschnitte bezogen) unter Einbezug der künftigen Auswirkungen der Anlage angepasst, ebenso die Häufigkeitsanteile der vorkommenden Arten. Diese alternative Ersatzbemessung dient auch zur Kontrolle, bei beiden Verfahren sollte sich in etwa das gleiche Ergebnis zeigen. Als Grundlage für allfällige künftige Beurteilungen und die Erfolgskontrolle (Schritt 5) sollte ein Referenzperimeter erfasst werden, selbst wenn die Bemessung nur mit Vorgehen (B) ausgeführt wird.

→ Es wird empfohlen für die Ersatzbemessung bei Neuanlagen das Vorgehen (B) zu wählen, aber für den AUSGANGSZUSTAND trotzdem einen Referenzabschnitt zu untersuchen.

- 4 Die Umwandlung der festgestellten Auswirkungen in einen «konkreten» Ersatzbedarf erfolgt über die relevante Hafenumfläche in Form der Hafenumstrukturen innerhalb der Uferzone bis 20 m Wassertiefe (Boote, Stege, Mole, Einwasserungsrampen, Überdachungen, etc.) und den Ersatzfaktor 1.5 (aus BU-WAL 2002). Details siehe Ausführungen für Anwendungsbereich A («BASIS-Modul»). Im Unterschied zu den Anwendungsbereichen A und B wird für Neuanlagen der aus dem Vergleich zwischen Referenz und Hafenumperimeter – noch ohne Hafenumanlage – entstehende Ersatzbedarf abgezogen. Dieser ist auf «natürliche Abweichungen» zu zurückzuführen (siehe Ausführungen unter Punkt 1), bei Überschreiten eines Toleranzwertes ist ggf. ein anderer Referenzabschnitt festzulegen.
- 5 Nachkontrolle / Monitoring: Naturschutzfachliche Verifizierung der gutachterlichen Einschätzung der Auswirkungen der Hafenumanlage auf die beiden Vegetationsfaktoren im Sinne einer Erfolgskontrolle 3–5 Jahre nach Inbetriebnahme der Anlage ⁶⁵ Wiederum wird die Unterwasservegetation in den beiden Bereiche «Hafenumperimeter» und «Referenz» untersucht und die quantitativen Vergleiche sowie die Ersatzbemessung gemäss Punkt 4 durchgeführt.

Spezialfälle und besondere situative Gegebenheiten sind analog der für Anwendungsbereich A «Konzessionserneuerung bestehender Anlagen» vorliegenden Ausführungen zu handhaben (siehe Kap. 3.7), die Auswirkungen auf die Umgebung gemäss den Vorgaben des «EXTENSIONS-Moduls» (siehe Kap. 3.9).

⁶⁵ Die Umsetzung des Schrittes «Nachkontrolle / Monitoring» liegt im Ermessen der zuständigen Fachstellen und wird fallweise als Teil der Bedingungen zur Konzessionserteilung verfügt. Die Massnahme kann als fakultatives begleitendes Element der Ersatzmassnahmen betrachtet werden.

4 Spezialfälle Bauten und Anlagen sowie besondere Nutzungen in der Uferzone

Die in den Kapiteln 1–3 dargestellte Methodik zur Bemessung des Ersatzbedarfes wurde mit Fokus auf die Beeinträchtigung des aquatischen Lebensraumes durch Hafenanlagen in beliebiger Grösse – bestehend oder geplant – entwickelt. Diese Vorgehensweise lässt sich auch in gleicher oder «analoger» Form auf Konzessionserneuerung oder Neukonzessionierung von «Einzelkomponenten» anwenden, wie sie in Hafenanlagen typischerweise anzutreffen sind. Dazu gehören unter anderem:

- Einzelstege bzw. «Plattformen» und Uferweg-Stege, Badestege in beliebiger Grösse (Breite und Länge), mit und ohne Bootsbelegung, an Pfählen befestigt oder anderweitig verankert, starr in einer bestimmten Höhe positioniert oder schwimmend.
- Bootsplätze, mit Verankerung an einer Boje, einzeln oder in Form eines Bojenfeldes.
- Bootshäuser mit und ohne Kleinsthafenmauer oder -mole, mit und ohne Zufahrtsrinnen, z.B. durch Röhrichtbestände oder frei zugänglich via tiefergelegte (ausgebaggerte) Flachwasserzone, an Land oder über Wasser stehend
- Permanente oder temporäre Bauten / Anlagen in oder am Wasser, auf Pfählen oder schwimmend mit Beschattung des Seegrundes, z.B. Seerestaurants, Eventbühnen, Arbeitsplattformen (Pontons), etc.
- Weitere denkbare Formen von «Installationen» mit Auswirkungen auf den Seegrund und die Unterwasservegetation, u.a. durch Beschattung, Strömungsveränderung, Kompartimentierung, Nährstoffanreicherung etc. (siehe Kap. 3.2 mit den möglichen Auswirkungen durch die Anlage und den Betrieb von Hafenanlagen).

Weiter kann die Methodik – oder Teile davon – auch für folgende «Beeinträchtigungen der Flachwasserzone» durch Nutzungen zur Anwendung kommen (sofern dazu eine Bewilligung / Konzession mit Pflicht zu Ersatzleistung erforderlich ist):

- Badebetrieb mit Beeinträchtigung des Seegrundes durch Trittbelastung bis ca. 1.5 m Wassertiefe, mit oder ohne wiederholte Ausbringung von Feinmaterial (Sand) am Ufer zur Ausbildung der gewünschten «Strandsituation» und anhaltender Verfrachtung dieses Feinmaterials durch Wellenbewegung in die nahe Uferzone.
- Umleitung oder Neuanlage eines Fliessgewässers mit Mündung in eine bisher nicht durch zuflussbedingte Strömungen und Sedimentzufuhr mit Trübungen und Ablagerungen (Akkumulation) sowie ggf. durch Nährstoffeinträge «tangierte» Flachwasserzone. ⁶⁶

⁶⁶ Nähere Erläuterungen betreffend Vorgehen zur Bemessung des Ersatzbedarfes für den dargestellten Spezialfall einer neuen Fliessgewässermündung in die bestehende Flachwasserzone können direkt bei AquaPlus nachgefragt werden.

- Einleitungen verschiedener Art aus der Siedlungsentwässerung, u.a. Mischwasser- bzw. Regenwasserentlastungen, Meteorwassereinleitungen, ARA-Tiefenwassereinleitungen (bis 20 m Wassertiefe), etc. ⁶⁷
- Weitere denkbare Formen von «dynamischen Vorgängen» mit Auswirkungen auf den Seegrund und die Unterwasservegetation, u.a. durch mechanische Beeinträchtigungen des Seegrundes, Eintrag von sedimentierendem Material (mit Trübungen / Ablagerungen), Nährstoffen und/oder «Verschmutzungen/Belastungen» verschiedener Art.

Grundsätzlich ist das Vorgehen zur Abschätzung der Auswirkungen und der Bemessung des Ersatzbedarfes für alle Anlagen und Nutzungen gleich: Die Seegrund- und Vegetationsverhältnisse werden im Zustand OHNE die bestehenden oder geplanten Auswirkungen erhoben (A) und anhand der beiden Vegetationsfaktoren BD und VS sowie unter Anwendung der Bemessungsformel gem. Kap. 3.4 (Formel 1) mit dem Zustand INKLUSIVE der bestehenden oder prognostizierten Auswirkungen verglichen (B) und unter Anwendung der massgeblichen Bezugsfläche (C) daraus der Ersatzbedarf abgeleitet.

zu A (Ausgangszustand): Bei bestehenden Anlagen an einem vergleichbaren nahe gelegenen Uferabschnitt oder bei geplanten Vorhaben am vorgesehenen Standort und einem unbeeinträchtigt bleibenden Umgebungsbereich

zu B (Betriebszustand): Bei bestehenden Anlagen am Auswirkungsstandort / im Auswirkungsbereich selbst oder bei geplanten Vorhaben mit Prognostizierung der Veränderungen am vorgesehenen Standort und ggf. eines Umgebungsbereiches (aufgrund der Erhebungen des Ausgangszustandes und gutachterlicher Einschätzung der Vegetationsfaktoren BD und VS).

zu C (massgebliche Bezugsfläche, «Traktion» / «Hebel», gem. Kap. 3.5): Für Hafenanlagen und Teile davon (z.B. Stege) wird die massgebliche Bezugsfläche aus den strukturellen Elementen gebildet. Bei dynamischen Vorgängen (z.B. Trittbelastung an einem Badestrand) wird die von der Hauptwirkung der Belastung betroffene Fläche übernommen (z.B. die Fläche an einem Badestrand ab Ufer bis 1.5 m Wassertiefe).

→ **EMPFEHLUNG:** Für alle **Spezialfälle Bauten und Anlagen sowie besonderen Nutzungen** in der Uferzone mit Pflicht zur Bemessung des Ersatzbedarfes, z.B. im Rahmen einer Konzessionserneuerung oder Neukonzessionierung, wird mit der zuständigen Fachstelle das geeignete «Setting» mit Referenz- und Auswirkungsstandort bzw. der Definition des Ausgangs- und Betriebszustandes sowie der massgeblichen Bezugsfläche («Traktion» / «Hebel», siehe Kap. 3.5)

⁶⁷ Zur Beurteilung von Belastungen aus der Siedlungsentwässerung in stehende Gewässer liegt eine entsprechende Methodik vor, siehe AQUAPLUS (2015ff), im Auftrag des VSA: STORM – Immissionsorientierte Beurteilung der Auswirkungen von Abwassereinleitungen bei Regenwetter auf die Wasserpflanzen. Im Prinzip fallen verbleibende Belastungen / Beeinträchtigungen aus Einleitungen unter Eingriffe in schützenswerte Lebensräume und wären gem. NHG Art. 18 ersatzpflichtig. Die vorliegende Methodik zur Ersatzbemessung gem. Kap. 1–3 (BASIS-Modul) kann analog auch für Auswirkungen aus der Siedlungsentwässerung eingesetzt werden bzw. ist weitgehend analog dem VSA-Vorgehen zur Beurteilung der Auswirkungen von Abwassereinleitungen.

auf der Grundlagen der Methodik für Hafenanlagen (gem. Kap. 1–3) und unter Berücksichtigung der lokalen Gegebenheiten festgelegt. Die Gesuchsteller unterbreiten den Bewilligungsbehörden dazu einen sach- und fachgerechten Vorgehensvorschlag.

Nachfolgend wird das Vorgehen zur Ersatzbemessung am konkreten Beispiel eines bestehenden Schiffssteges erläutert.

Es steht die Konzessionserneuerung eines 180 m langen und 3 m breiten Schiffssteges auf ausgedehnter Uferbank an. Es wird ein Transekt unter dem Schiffssteg abgetaucht und die Bewuchsdichte sowie die Artzusammensetzung und -häufigkeiten erfasst. Der Transekt wird über den Steg hinaus bis zur unteren Verbreitungsgrenze der Vegetation fortgesetzt. In unmittelbarer Nähe des Steges erfolgt die Aufnahme von 3 Referenztransekten im Abstand von 20 m, ebenfalls bis zur unteren Verbreitungsgrenze. Der Auswirkungstransekt wird nun hinsichtlich BD und VS mit den gruppierten Referenztransekten verglichen. BD beträgt dabei 0.4 (also eine um 40 % geringere Bewuchsdichte im Stegbereich), VS kommt auf einen Wert von 0.7 (d.h. eine Übereinstimmung von nur 30 % in der Vegetationsstruktur). Der Mittelwert von BD und VS beträgt 0.55 (keine Gewichtung der Faktoren). Die Ersatzbemessung rechnet sich wie folgt: $(180 \text{ m} * 3 \text{ m}) * 1.5 * 0.55 = 446 \text{ m}^2$.⁶⁸

Wo aufgrund lokal überdurchschnittlich «komplexer» Gegebenheiten keine adäquate Umsetzung der vorgesehenen Methodik (in gleicher oder angepasster Form gem. Ausführungen in Kap. 1–3) möglich erscheint, wird in Übereinkunft der Beteiligten (Gesuchsteller und zuständige Fachstelle) ein hinsichtlich Grösse und Lage ungefähr vergleichbares Objekt mit bereits erfolgter Ersatzbemessung als Entscheidungshilfe zu Grunde gelegt und eine gutachterliche Lösung in Erwägung gezogen.

Hinsichtlich «Grösse» der Anlage / Baute / Installation wird für den Bedarf an Abklärungen des betroffenen Seegrundes, insbesondere der Unterwasservegetation (aber auch des Vorkommens von Grossmuscheln) keine untere Grenze festgelegt.⁶⁹ Es erfolgt in Anerkennung des rechtlichen Status' der Uferzone als schützenswerten Lebensraum stets eine Anschauung vor Ort und im zugehörigen Habitat (Wasser, Flachwasserzone, Gewässergrund), in vollständiger oder zumindest repräsentativer Abdeckung der betroffenen Flächen und eines Referenzbereiches, mit geeigneter Lage der Tauchtransekte oder mit Festlegung definierter Teilareale. Die Bemessung des Ersatzbedarfes orientiert sich soweit möglich am Standardvorgehen (gem. Kap. 3.4, Formel 1).

⁶⁸ Im konkreten Fall des Schiffslandesteges wurde auch noch eine Ersatzbemessung des An- und Zufahrtsbereiches am Stegkopf vorgenommen. Das spezifische Vorgehen kann bei AquaPlus nachgefragt werden. Ebenso das Vorgehen bei einem geplanten neuen Schiffssteg, wo die Auswirkungen gutachterlich abgeschätzt und die Ersatzbemessung gem. dem in Kap. 3.10 dargestellten Vorgehen ausgeführt wurde.

⁶⁹ Es werden dabei die rechtlichen Vorgaben gem. NHG gewichtet (insb. Art. 18, 21, sowie NHV Art. 14, siehe ANHANG A), wonach das Seeufer / der Uferbereich, inkl. Flachwasserzone, als schutzwürdiger Lebensraumtyp zu betrachten bzw. besonders zu schützen ist. Bestehende und künftige Beeinträchtigungen im Uferbereich / in der Flachwasserzone sind deshalb auf der Grundlage realer Erkenntnisse und tatsächlicher Erhebungen zu beurteilen.

Für **kleine Objekte**⁷⁰ wie Kleinstege mit oder ohne Boote, einzelne Bootshäuser mit und ohne Zufahrt, Kleinsthäfen oder Bootshäfen mit wenigen Bootsplätzen, kleine Einwasserungsrampen und (Schwimm)-Plattformen, etc. wird aus Überlegungen der Verhältnismässigkeit (insbesondere hinsichtlich des Aufwandes) ein vereinfachtes Aufnahmeverfahren vorgeschlagen, mit den beiden Komponenten «**BASIS-MODUL light**» und «**EXTENSIONS-MODUL light**»:

- Grundsatz «**BASIS-MODUL light**»: Auch bei kleinen Objekten / Anlagen erfolgt die Bemessung des Ersatzbedarfes anhand einer Untersuchung des betroffenen Standortes in der Flachwasserzone und einer nahegelegenen unbeeinträchtigten Referenz.
- Die Untersuchung des Seegrundes bzw. der Unterwasservegetation findet bei kleinen Objekten / Anlagen schnorchelnderweise statt bis in eine Wassertiefe von ± 2 m.⁷¹
- Vorgehen am Beispiel eines Kleinsteges (a) und eines Bootshauses (b):
 - I a) **Steg**: Fläche unter Steg und – bei breiter Flachwasserzone – zusätzliche Fläche fortführend bis 2 m Wassertiefe jeweils mit Bewuchsdichte und Artenzusammensetzung / relative Häufigkeiten erfassen. Bei zwei Abschnitten flächenproportionalen Durchschnitt hinsichtlich Bewuchsdichte (Abundanz pro m²) und Arthäufigkeiten bilden.⁷² → FLÄCHE A
 - I b) **Bootshaus**: Fläche unter Bootshaus sowie zusätzliche Fläche in gleicher Breite ausserhalb des Bootshauses (Zufahrtsbereich) fortführend bis 2 m Wassertiefe jeweils mit Bewuchsdichte und Artenzusammensetzung / relative Häufigkeiten erfassen. Anschliessend flächenproportionalen Durchschnitt aus beiden Teilflächen hinsichtlich Bewuchsdichte (Abundanz pro m²) und Arthäufigkeiten bilden. → FLÄCHE A
 - II) Nahegelegene / benachbarte Fläche ohne Beeinträchtigung durch ein Objekt bis 2 m Wassertiefe gesamthaft erfassen (keine Teilflächen). → FLÄCHE B
 - III) Die Ersatzbemessung erfolgt aus dem Vergleich der beiden Flächen A und B gem. Formel 1 (anhand der Vegetationsfaktoren BD und VS, siehe Kap. 3.4), als relevante Fläche («Hebel») gilt die Objektfläche mit Be-

⁷⁰ Auf eine quantitative Definition für «kleine Objekte» oder synonym «kleine Vorhaben» wird verzichtet. Die Anwendbarkeit des vereinfachten Verfahrens in Form der *light*-Module ist mit der zuständigen Fachstelle abzusprechen.

⁷¹ Der «Augenschein vor Ort» bei kleinen Objekten findet durch eine Fachperson auf jeden Fall «im Wasser» statt, aber ohne Tauchgerät und ohne Begleitboot. Bis in eine Tiefe von 2 m sind die Pflanzen und die Untergrundbeschaffenheit erkennbar, im Zweifelsfall können bis in diese Tiefe leicht auch Pflanzenexemplare entnommen werden).

⁷² Es werden im Kontext «kleine Objekte» jeweils die am stärksten betroffenen Auswirkungsbereiche erfasst und bis in 2 m Wassertiefe fortgesetzt / ausgedehnt (eine Fläche mit durchschnittlicher Bewertung der Gesamtdichte und Arthäufigkeiten). Bei Stegen – mit oder ohne Bootsplätze – und Bootshäusern ist dies in der Regel die beschattete bzw. gedeckte Fläche und der anschliessende Abschnitt in gleicher Breite bis zur 2 m-Tiefenlinie. Für spezielle Konstellationen von Kleinobjekten sind die zu berücksichtigenden Flächen anhand konkreter Beispiele abzuleiten. Für Nachfragen und Beratung bei der Festlegung der massgeblichen Flächen und in der Handhabung von Ausnahmefällen (u.a. fehlende Vegetation im nahen Uferbereich) steht AquaPlus zur Verfügung.

schattungswirkung, für die aufgeführten Beispiele also die Steg- bzw. Bootshausfläche.^{73 74}

- V a) Rechenbeispiel / Lesehilfe Ersatzbemessung Kleinobjekt – **Steg**: Bei einem Einzelsteg von 4 m Breite und 25 m Länge (Stegende bei Wassertiefe > 2 m) werden unter dem Steg bis zu 2 m Wassertiefe die mittlere Bewuchsdichte und die Arthäufigkeiten festgehalten. Im Vergleich zu einer benachbarten Fläche ohne Steg bis 2 m Wassertiefe ergeben sich die Werte BD von 0.4 und VS von 0.6 (Mittelwert: 0.5). Der Ersatzbedarf bemisst sich wie folgt (gem. Formel 1): $(4 \text{ m} * 25 \text{ m}) * 1.5 * 0.5 = 75 \text{ m}^2$
- V b) Rechenbeispiel / Lesehilfe Ersatzbemessung Kleinobjekt – **Bootshaus**: Bei einem Bootshaus von 10 m Breite und 15 m Länge werden im Bootshaus (Teilfläche 1) und in gleicher Breite fortführend bis 2 m Wassertiefe (Teilfläche 2) die mittlere Bewuchsdichte und die Arthäufigkeiten festgehalten und dann der flächenproportionale Durchschnittswert aus den beiden Teilflächen gebildet. Im Vergleich zu einer benachbarten Fläche ohne Steg bis 2 m Wassertiefe ergeben sich die Werte BD von 0.8 und VS von 0.7 (Mittelwert: 0.75). Der Ersatzbedarf bemisst sich wie folgt (gem. Formel 1): $(10 \text{ m} * 15 \text{ m}) * 1.5 * 0.75 = \text{rund } 169 \text{ m}^2$
- Grundsatz «EXTENSIONS-MODUL *light*»: Auch bei kleinen Objekten / Anlagen erfolgt die Bemessung des Ersatzbedarfes aufgrund der Auswirkungen auf schutzwürdige Uferlebensräume in der Umgebung, es wird dabei grundsätzlich nur die Komponente «EMERS» (AU-E) berücksichtigt mit Fokussierung vor allem auf Röhrichtbestände.⁷⁵
- I) Feststellung eines Vorkommens von Röhrichtflächen links und rechts eines Kleinobjektes innerhalb von 50 m in Lebensraumqualität.⁷⁶
 - II) Ermittlung der Fläche solcher Bestände und Bemessung des Ersatzbedarfes gem. Vorgehen in Kap. 3.9 in der geringsten Störungskategorie (0.1), mit Limitierung des Ersatzbedarfes maximal auf den dreifachen Wert aus der Bemessung mit «BASIS-MODUL *light*».

⁷³ Im vereinfachten Verfahren des BASIS-MODULS *light* für «kleine Objekte» oder «kleine Vorhaben» werden die Auswirkungen – und damit Grundlage zur Ersatzbemessung – nicht auf die ganze Flachwasserzone bis zur unteren Vegetationsgrenze bezogen, sondern der Betrachtungsraum beschränkt sich auf die Ausdehnung der Uferbank bis 2 m Wassertiefe.

⁷⁴ Wie in Kap. 3.5 zum «BASIS-Modul» ausgeführt soll es im Ermessen der zuständigen Fachstelle liegen, Bereiche mit periodischer Ausbaggerung als «spezielles Strukturelement» (analog einer Beschattungswirkung) zur relevanten Objektfläche (als «Hebel») zuzuordnen oder diese integriert in die Bemessung anhand der Vegetationsparameter aus den untersuchten Teilflächen (inkl. Zufahrtsrinne) zu betrachten.

⁷⁵ Zur Verminderung des Aufwandes in der Erfassung der Auswirkungen auf die Umgebung bei kleinen Objekten wird auf die Komponente «SUBMERS» (AU-S) grundsätzlich verzichtet. Eine allfällige Beeinträchtigung des Seegrundes durch den Bootsverkehr dürfte kaum erkennbar sein. Ebenso wird von einer Erfassung weiterer potenziell wertvoller natürlicher Pflanzengesellschaften im Uferbereich abgesehen.

⁷⁶ Gemäss Ausführungen in Kap. 3.9 kann bei Röhrichtbeständen der Status «Lebensraumqualität» ab einer Flächengrösse von ca. 400 m² angenommen werden, im Idealfall bei einer Bestandesform von 20 m * 20 m.

- III) Rechenbeispiel / Lesehilfe: Bei einem Bootshaus (15 m Länge, 10 m Breite) beginnt linksseitig innerhalb von 50 m-Distanz eine Schilffläche mit einer Grösse von rund 1'000 m². Die Bestände enden an der Ufermauer (keine landseitige Fortsetzung). Auf der rechten Seite des Hafens sind innerhalb der Distanz von 50 m keine Röhrichtbestände ≥ 400 m² vorhanden (allfällige kleinere Bestände erfüllen den Anspruch als Lebensraum nicht und werden nicht berücksichtigt). Der Anteil der Röhrichtfläche links innerhalb von 50 m beträgt rund 350 m². Verrechnung: $350 \text{ m}^2 * 1.5 * 0.1 = \text{rund } 53 \text{ m}^2$. Zur «regulären» Ersatzbemessung (BASIS-Modul *light*) kämen aus dem Anteil «Auswirkungen auf die Umgebung – EMERS» (AU-E) also noch 53 m² hinzu.⁷⁷

→ **EMPFEHLUNG:** Für **kleine Objekte** in der Uferzone mit Pflicht zur Bemessung des Ersatzbedarfes, z.B. im Rahmen einer Konzessionserneuerung oder Neukonzessionierung, ist das Vorgehen «**BASIS-MODUL light**» und «**EXTENSIONS-MODUL light**» anzuwenden und das gewählte «Setting» – oder ggf. ein gleichwertiges Alternativverfahren – mit der zuständigen Fachstelle abzusprechen.

Anmerkung: Auch bei kleinen Objekten soll nicht auf das grundsätzliche Vorgehen zur Bemessung des Ersatzbedarfes anhand der Auswirkungen auf die Unterwasservegetation verzichtet werden (allerdings in einer hinsichtlich des Untersuchungsaufwandes deutlich reduzierten Variante). Hingegen könnten für die Umsetzung der Ersatzmassnahmen unter einer gewissen «Grösse» (Fläche in m²) vereinfachte Lösungen in Betracht gezogen werden (siehe dazu mögliche Vorschläge in Kap. 5.3).

⁷⁷ An diesem Punkt ist die Kontrolle vorzunehmen, dass der Betrag aus dem «EXTENSIONS-Modul *light*» (AU-E) nicht mehr als maximal zu einer Verdreifachung des Basiswertes führen sollte. Im vorliegenden Beispiel «Bootshaus» ergibt sich aus dem «BASIS-Modul *light*» ein Ersatzbedarf von rund 169 m². Die Grenze für den Zusatzbedarf aus den Auswirkungen auf die Umgebung würde damit bei $3 * 169 = 507 \text{ m}^2$ liegen. Da hiermit das Begrenzungskriterium nicht erfüllt ist, beläuft sich der gesamte Ersatzbedarf auf $169 + 53 = 231 \text{ m}^2$.

5 Umsetzung Ersatzbedarf: Grundsätze und Methodik

Wie in Kapitel 1 ausgeführt bestand für die Bemessung des Ersatzbedarfes in einem schützenswerten aquatischen Lebensraum – wie beispielsweise die Uferzone eines stehenden Gewässers mit der Unterwasservegetation als wichtigste «Komponente» – keine geeignete Methodik. Diese wurde mit den in Kapitel 2 und 3 vorgestellten Ansätzen neu entwickelt und liegt nun für die Konzessionserneuerung bzw. Neukonzessionierung von Hafenanlagen (und weiterer Anwendungsbereiche, siehe Kap. 4) in Form eines «BASIS-» und eines «ERWEITERUNGS-Moduls» vor. Analog zur Bemessung des Ersatzbedarfes fehlen auch für die Umsetzung die nötigen «Anleitungen». Die in den für terrestrische Gegebenheiten bzw. Vegetationsgesellschaften konzipierten Vorgehensweisen HINTERMANN & WEBER (2017) und RENAT (2018) verwendeten Kriterien zur Bewertung der Qualität des Ausgangs- sowie des Ersatzlebensraumes (via eines Systems von Biotop-Wertigkeiten in Form von «Öko-Punkten») kann im aquatischen Kontext nicht übernommen und umgesetzt werden.

Aus der Bemessung des Ersatzbedarfes gem. Vorgehen Kap. 1–4 resultiert die Anforderung eines **neu zu schaffenden ökologisch hochwertigen aquatischen Lebensraumes mit einer bestimmter Flächengrösse** (in «m²»). Im vorliegenden Kontext bedeutet dies konkret die Neuanlage oder Vergrösserung eines stehenden Gewässers oder die Erweiterung der Ausdehnung des Uferbereiches als Lebensraumtyp «Flachwasserzone», darin enthalten als ökologisch wertvollstes Element die Wasserwechselzone (amphibische Zone, uferseitiger Abschnitt periodisch trockenfallender und überfluteter Flächen in Abhängigkeit der jahreszeitlichen Wasserstandsschwankungen).⁷⁸

Da die Möglichkeiten der Neuanlage eines stehenden Gewässers im Gelände oder der «Vergrösserung» eines bestehenden Gewässers durch Terrainabtrag am Ufer eher beschränkt sind, steht an Stelle der landseitigen Generierung neuen Seegrundes die Re-Generierung vormaliger räumlicher, zonaler und funktionaler Werte im Vordergrund, sei es (A) in Form einer Aufwertung der bestehenden Flachwasserzone inkl. Uferbereich oder (B) durch Schaffung neuer Flachwasserzone mit Schüttungen im Gewässer selbst, angrenzend an die bestehende Halde oder als neue Erhebung (unter Wasser liegende «Insel») ausserhalb der aktuellen Vegetationszone. Unter (A) liegt bereits ein aquatischer Lebensraum vor (mit eingeschränkter Wertigkeit), so dass eine Differenzierung hinsichtlich der Anrechenbarkeit – im Vergleich zu tatsächlich neuer Seegrundfläche – erforderlich ist (siehe dazu die Ausführungen in Kap. 5.1 und 5.2).

Obwohl wie erwähnt die bestehenden Verfahren HINTERMANN & WEBER (2017; im Auftrag BAFU) und RENAT (2018; im Auftrag ALN Kt. ZH) nicht für aquatische Lebensräume anwendbar sind, wird in Kapitel 5.2 für «spezielle Fälle» in Form ei-

⁷⁸ Konkret geht es um die Erstellung bzw. die Schaffung neuen Seegrundes zwischen Beginn der terrestrischen Vegetation (P-Vterr) oder Ende des Eulitorals als Teil der «ökotonalen Zone» gem. LACHAVANNE & JUGE 1997) und dem für Schweizer Seen angenommenen Ende des pflanzlichen Bewuchses bei 20 m Wassertiefe (theoretische Flachwasserzone nach LACHAVANNE 1985, euphotische Zone, bis zum Ende des Sublitorals bzw. Beginn des Profundals). Die Wasserwechselzone ist in der Ausdehnung möglichst maximal und in der Neigung möglichst flach zwischen P-Vterr und P-365 (Niederwasserpegel) auszubilden.

ner Transferfunktion die Überführung der vorliegenden Bemessungs- und Umsetzungsmethodik des Ersatzbedarfes in die genannten Bewertungskonzepte vorgestellt.

5.1 Umsetzung des Ersatzbedarfes in konkrete Massnahmen

Aus dem Vorgehen zur Bemessung des Ersatzbedarfes (siehe Kap. 1–3) ergibt sich eine Flächengrösse in «m²» neu zu schaffenden aquatischen Lebensraumes mit der Intention, im betreffenden Umfang eine Uferaufwertung am Standortgewässer, möglichst im näheren Umfeld der «Auswirkungsstelle», vorzunehmen. Die nachfolgenden Ausführungen befassen sich mit der Frage, welche Massnahmen zu welchem «Tarif» angerechnet werden können bzw. welche **Anrechnungsfaktoren** unter welchen Umständen für eine «Aufwertungsfläche» gelten sollen. Dazu wird die Anwendung eines «leicht handhabbaren / vereinfachten Modus» vorgestellt («SIMOD» → *simple mode*), welcher sich an der Behebung oder zumindest Linderung des normalerweise grössten Defizites an Ufern von stehenden Gewässern in der Schweiz orientiert, dem Verlust bzw. dem Fehlen der **Wasserwechselzone** und sich auf «grobklassige» Wertestufen von 0 / 0.5 / 1 beschränkt.⁷⁹ Im gleichen Kontext erfolgt auch eine Einordnung der Anrechenbarkeiten bei **Seeschüttungen** allgemein.

⁷⁹ Wert «0» = Die vorgesehene Massnahme «Schüttung» erfüllt das Kriterium einer Verbesserung der Flachwasserzone (als Ganzes) gem. GschG Art. 39, es wird auf der betroffenen Fläche kein Mehrwert geschaffen bzw. es wird sich wieder ein gleichartiger Naturwert ausbilden, es kann aber keine Anrechnung an die Realisierung des Ersatzbedarfes geltend gemacht werden.

Wert «1» = Der aquatische Lebensraum wird in der betreffenden Flächengrösse neu geschaffen, gegenüber dem vorherigen Zustand ergibt sich dadurch eine Steigerung des Naturwertes betreffend der «aquatischen Qualität» um das Maximum von 100 %. Der Anrechnungsfaktor «1» kann in der Regel bei Landabtrag geltend gemacht werden. Für den Ersatzlebensraum gilt keine Einschränkung im Potenzial, es wird sich in kurzer Zeit der für den Standort maximale Wert (unter den gegebenen Bedingungen hinsichtlich Wellenexposition, uferseitiger Fortsetzung von Übergangsbereichen, Nährstoffbelastung, etc.) ausbilden. Eine allfällige bleibende Qualitätsdifferenz oder eine längere Entwicklungsdauer zwischen Ausgangs- und Ersatzlebensraum ist im Ersatzfaktor 1.5 (siehe Kap. 3.4, Formel 1) bereits enthalten.

Wert «0.5» = Bei Überschüttung bzw. Beanspruchung eines bestehenden aquatischen Lebensraumes (anstehender «gewachsener» Seegrund) kann nur ein reduzierter Anrechnungsfaktor geltend gemacht werden, im Vorgehen «SIMOD» liegt dieser Wert pauschal bei «0.5». Dabei wird der bereits vorhandenen Naturwert «aquatischer Qualität» berücksichtigt, in der Regel ein seeseits des Uferverbau liegender Bereich der Flachwasserzone, welcher aufgrund der Wellenwirkung auf der verkürzten Uferbank und/oder der Wellenreflexion an der harten Uferbefestigung auf einer gewissen Distanz ohne oder nur mit spärlicher Vegetation ≤ 10 % bewachsen ist. Es ist mit den vorgesehenen Massnahmen eine deutliche Verbesserung möglich (wodurch für Schüttungen gem. GSchG Art. 39 die Anforderung der Bewilligungsfähigkeit erfüllt sind), aber nicht von Grund auf (wie bei Landabtrag). Mit diesem Faktor «0.5» wird auch dem Umstand Rechnung getragen, dass die vor der Aufwertungsmassnahme vorliegende Zustand bereits aufgrund von anthropogenen Eingriffen oder Nutzungen gestört bzw. in seiner Qualität beeinträchtigt ist (u.a. Aufschüttung bzw. Landanlage, harter Uferverbau) und nicht WEGEN diesen Störungen die vollständige «Verbesserung» mit Anrechnungsfaktor «1» ausgespielt werden darf. Es sei denn, für den aktuellen Zustand wäre bereits Ersatz geleistet worden (was bei Uferverbauungen oder Landanlagen kaum je der Fall sein dürfte).

Zur konkreten Planung und Ausführung von Aufwertungsmassnahmen wird auf die Arbeitshilfe «Seeuferrevitalisierung» des Vereins für Ingenieurbio­logie (VIB) verwiesen (ISELI ET AL. (eds.), 2020) sowie auf die im Auftrag der Fachstelle Naturschutz Zürich in Anlehnung an die VIB-Arbeitshilfe entwickelten Faktenblätter (AQUAPLUS, in Vorbereitung).

Umsetzung in Aufwertungsmassnahmen im vereinfachten Modus («SIMOD»)

Ein Grossteil der Ufer stehender Gewässer in der Schweiz ist mit «massiven» Verbauungen belegt, oft befinden sich diese am Ende von Aufschüttungen – sog. «Landanlagen» / Konzessionsland – und das grösste ökologische Defizit der betroffenen Abschnitte liegt neben der Verkürzung des Flachwasserbereiches (Uferbank) im Verlust der Wasserwechselzone, also dem Fehlen des dynamischen Land-Wasser-Kontinuums («Ökoton») mit zeitweise überfluteten, zeitweise trockenfallenden Flächen, je nach jahreszeitlichem Wasserstand. In der Planung von Revitalisierungsmassnahmen sollte darum prioritär die möglichst weitgehende Regenerierung dieses ökologisch höchst wertvollen Lebensraumes angegangen werden. Wie in der Arbeitshilfe «Seeuferrevitalisierung in Kapitel 5 «Ökologisches Konzept» (NIEDERBERGER 2020, in ISELI ET AL. 2020, eds., siehe auch ANHANG D) dargestellt, lassen sich dazu 3 Szenarien abgrenzen, welche in unterschiedlichem Mass den bestehenden Seegrund «betreffen». Im Wesentlichen geht es darum, am Standort einen neuen Untergrund auszubilden, welcher in der Ausdehnung «soweit es geht» die für den See typischen Wasserspiegelschwankungen abbildet (siehe Abb. 9).⁸⁰

Im vereinfachten Modus («SIMOD») gelten folgende Anrechnungsfaktoren (siehe Abb. 9):

- Fläche Landabtrag: **Anrechnungsfaktor 1** (Umsetzung Flächenbedarf 1 : 1)
- Fläche Überschüttung Seegrund (bis zum Beginn dichter Unterwasservegetation > 10 %): **Anrechnungsfaktor 0.5** (Umsetzung Flächenbedarf 1 : 2)

Rechenbeispiel / Lesehilfe: Unter Anwendung der Bemessungsmethodik hat sich für die Konzessionserneuerung einer Hafenanlage ein Ersatzbedarf von 1'700 m² ergeben. Zur Umsetzung von Ersatzmassnahmen («Uferaufwertung») wird ein Uferabschnitt von 80 m Länge in Betracht gezogen. Landseitig sind auf einem Streifen von 15 m Breite keine Gebäulichkeiten / Anlagen / Installationen vorhanden, mit Landabtrag könnte ein Streifen von ca. 9 m Breite für die Ausbildung einer Wasserwechselzone zur Verfügung gestellt werden, seeseitig liegt bis in ca. 20 m Uferabstand und ca. 1–2 m Wassertiefe keine oder nur eine spärliche Vegetation vor (Dichte ≤ 10 %) und eine Schüttung zur Ausbildung einer Wasserwechselzone (im Anschluss an den Landabtrag) wäre bewilligungsfähig. Anre-

⁸⁰ Die Wasserwechselzone beginnt seeseits am Niederwasserpegel (NW, P-365) und führt dann landseits bis zum Beginn der terrestrischen Vegetation (P-Vterr; ca. 0.2–0.7 m über dem Mittelwasserstand). Die Bildung dieser neuen «Ebene» bedingt in der Regel den Einsatz von geeignetem Schüttmaterial (meist Wandkies), wodurch der bestehende Seegrund überdeckt wird. Manchmal steht zusätzlich landseits Raum zur Verfügung, wo dann durch Materialabtrag Punkt (P-Vterr) über die bestehende Uferlinie hinaus versetzt werden kann. Weitere Erläuterungen siehe ANHANG D.

chenbarkeit Landseite: Abtrag 80 m * 9 m mit Faktor 1 = Fläche von 720 m². Anrechenbarkeit Seeseite: Schüttung 80 m * 20 m mit Faktor 0.5 = Fläche von 800 m². TOTAL: 1'520 m². Für die verbleibenden 180 m² müsste ein weiterer Standort gesucht oder die Beteiligung an einem anderen Ersatzprojekt «akquisiert» werden.

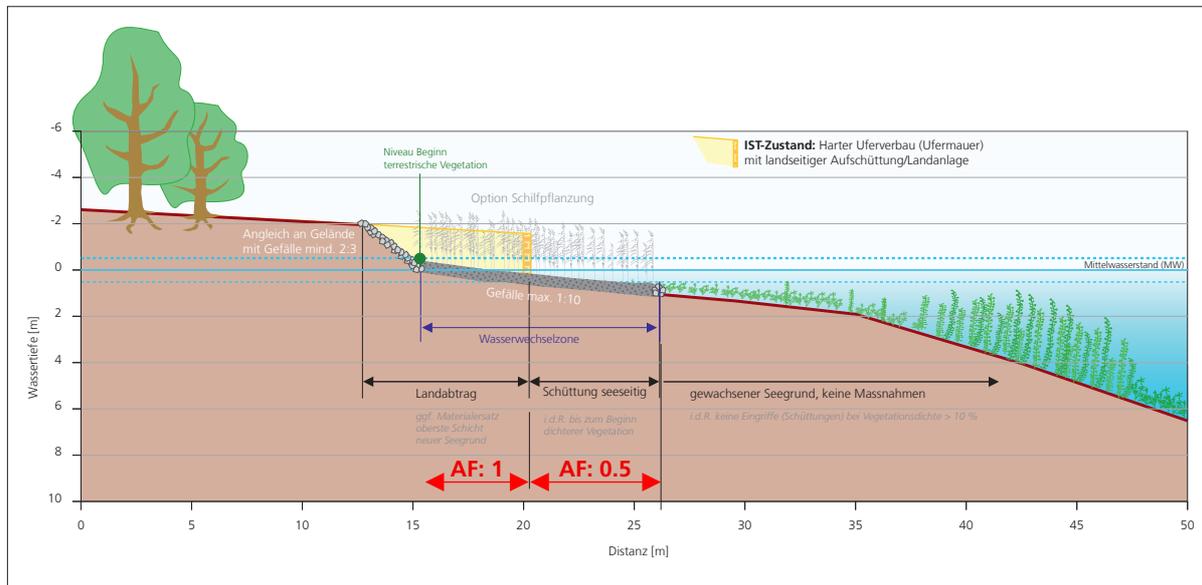


Abb. 9: Beispielprofil eines Seeufers vor und nach Revitalisierung im Szenario «INTERMEDIA», also mit Landabtrag und Schüttung ab bestehender Uferlinie zur Ausbildung einer Wasserwechselzone bis auf Niveau Beginn der terrestrischen Vegetation. Grafik: AquaPlus (M. Sturzenegger). Aus: ISELI ET AL., eds. (2020). Ergänzt mit Anzeige der Anrechnungsfaktoren (AF) gem. «SIMOD».

Anmerkungen zur Umsetzung «SIMOD»:

- Bei Landabtrag und **Anrechenbarkeit mit Faktor 1** (Flächenäquivalenz) wird im vorliegenden Kontext der Grundsatz vertreten, dass eine Vergrößerung des «aquatischen Lebensraumes» vollumfänglich den Anspruch einer Uferaufwertung im geforderten Sinne erfüllt. Die betroffene terrestrische Fläche dürfte in der Regel auf Kosten einer vormaligen Wasserwechsel- und Flachwasserzone entstanden sein, die Massnahme geht im eigentlichen Sinne wieder in Richtung des früheren naturnahen Zustandes. Meist weisen diese für einen Abtrag in Frage kommenden Flächen keinen nennenswerten Naturwert auf (artenarme Rasen- oder Parkflächen, u.U. mit Einzelbäumen oder Gehölzen, landwirtschaftliche Nutzflächen, etc.), sind standortfremd, evtl. sogar ganz oder teilweise versiegelt und fallen kaum je unter «schützenswerte Lebensräume» gemäss NHG für Uferbereiche. Trotzdem kann es vorkommen, dass sich Sekundärlebensräume mit einer gewissen ökologischen Bedeutung entwickelt haben (oder angelegt wurden), zum Beispiel vielfältige heckenartige Formationen oder nährstoffarme Wiesentypen etc., diese dürften in der Regel aber gegenüber einer Wasserwechselzone kaum einen höheren ökologischen Wert aufweisen.
 → Es wird empfohlen, die «Sache» einfach zu halten und die abgetragene Fläche mit keinem besonderen Wert zu versehen bzw. den Anrechnungsfaktor bei 1 zu belassen. Allenfalls vorkommende standortfremde Rote Liste-Ar-

ten sollen gem. NHG Art. 18 sind insofern zu «schützen», dass sie an geeignete andere Standorte versetzt werden.

- Der zur Verfügung stehende landseitige Raum sollte idealerweise vollständig der aquatischen Zone zufallen und damit das Potenzial für die Wiederherstellung der Wasserwechselzone möglichst ausgeschöpft werden. Oft stehen diesem Ziel Wünsche nach anthropogenen Nutzungen (Erholung, Badezugang, etc.) entgegen, es ist jeweils darauf hinzuweisen, dass nur bei Landabtrag der maximale Anrechnungsfaktor von 1 realisiert werden kann.
- Dem seeseitigen Flächenanteil der regenerierten Wasserwechselzone wird pauschal ein bestehender Wert von 0.5 bzw. ein **Anrechnungsfaktor von 0.5** zugewiesen, da es sich um anstehenden Seegrund handelt und der aquatische Lebensraum nicht vergrössert, sondern höchstens noch verbessert werden kann.
- Unter «SIMOD» werden bei einer Regenerierung der Wasserwechselzone (als Hauptkomponente des Aufwertungskonzeptes) keine darin enthaltenen Elemente mit besonderen Anrechnungsfaktoren versehen (es bleibt bei Faktor 1 für Landabtrag, Faktor 0.5 bei Überschüttung bestehenden Seegrundes). So gehört beispielsweise die Ansiedlung von Röhricht (meist in Form einer Initialpflanzung von Schilf) zur fachgerechten Umsetzung des Vorhabens, sofern es standörtlich «Sinn ergibt», als Trittstein-Biotop oder als Lebensraum («Situationsprimat»⁸¹). Dazu können Recherchen des Referenzzustandes hilfreich sein oder man orientiert sich an den aktuellen seeweiten Aufwertungszielen für den betreffenden Uferabschnitt (Konsultation verfügbarer Unterlagen oder Rücksprache mit der zuständigen Fachstelle).
- Bei Schüttungen zur Ausbildung einer Wasserwechselzone sind rechtliche Vorgaben zu beachten. Gemäss GSchG Art. 39 ist das Einbringen von Feststoffen in Seen nur «erlaubt», wenn dadurch eine Flachwasserzone verbessert werden kann. Dieser Nachweis ist an verbauten Ufern mit der Regenerierung einer zur Zeit nicht mehr vorhandenen Wasserwechselzone in der Regel *per se* erfüllbar. Weiter darf gem. NHG Art. 21 keine Unterwasservegetation zerstört werden – mit Ausnahme einer Verbesserung der Flachwasserzone durch Schüttungen. Bei einer seeseitigen Ausdehnung der Wasser-

⁸¹ Im «Situationsprimat» enthält eine fachgerechte Aufwertung jeweils Elemente oder Optionen wie «Schilfwiederansiedlung» oder «Totholz» soweit diese entweder aus der Umgebung ableitbar oder aus situativer Betrachtung sinnvoll sind und demnach als standortgerecht bzw. standorttypisch gelten können. So soll beispielsweise eine Schilfwiederansiedlung am betrachteten Standort standardmässig zur Aufwertungsplanung gehören, wenn in der näheren Umgebung bereits Röhrichtbestände vorhanden sind. Strukturelemente wie «Totholz» gehören zum «Set» der Massnahmen, wenn sie am Standort einen Mehrwert schaffen können, das Aufkommen der Vegetation oder andere Funktionen räumlich nicht konkurrenzieren und unterhaltsarm platziert werden können. Mit dem «Situationsprimat» wird das grösstmögliche sinnvolle Aufwertungspotenzial am Standort realisiert, ohne dass die dazu situativ passenden Massnahmen mit einzelnen Anrechnungsfaktoren versehen werden. Damit wird verhindert, dass zur Erreichung eines hohen Anrechnungswertes ungeeignete Massnahmen getroffen werden, z.B. Blockwurf als Wellenschutz für Schilfpflanzung an steilem Ufer, Spundwände oder Blockwurf als Terrainübergang von der Wasserwechselzone zum Seegrund (o.ä.). Es soll bei der Ausführung eines Ersatzanspruches also nicht einfach ein Standardset an Massnahmen zur Umsetzung kommen, sondern ganz gezielt das standörtliche Potenzial berücksichtigt bzw. ausgeschöpft werden (u.a. Lage, Exposition, Grösse der Fläche). Dabei dürfte sich auch zeigen worauf verzichtet werden kann, da es situativ zu keinem weiteren ökologischem Mehrwert führt.

wechselzone mit Schüttmaterial über Seegrund mit einer Bewuchsdichte $\leq 10\%$ besteht grundsätzlich kaum ein Konflikt mit dem rechtlichen Schutz der Ufervegetation. Sollten die Schüttungen auch dichtere Vegetation betreffen, ist der Nachweis einer «Verbesserung» in belastbarer gutachterlicher Form zu erbringen und es ergeben sich zusätzliche Anforderungen zum Schutz und Wiederherstellung bestehender Naturwerte (v.a. in der Zusammensetzung und Dichte der Unterwasservegetation). So oder so sind vor einer Massnahme im bestehenden aquatischen Lebensraum (zeitweise oder permanent benetzter Seegrund) Vorabklärungen / Untersuchungen zumindest der Unterwasservegetation und der Grossmuscheln erforderlich.

- Die im Rahmen «SIMOD» verwendeten Anrechnungsfaktoren von 0 / 0.5 / 1 lassen sich auch für **Seeschüttungen**, in Form einer Neubildung der Uferbank (direkt am Ufer, ggf. auch uferfern) oder Verlängerung der Uferbank ab bestehender Halde anwenden:
 - Fläche mit Schüttungen über bestehender Uferbank bei Bewuchsdichte $\leq 10\%$: **Anrechnungsfaktor 0.5**
 - Fläche mit Schüttungen über bestehender Uferbank oder an der Halde mit Bewuchsdichte $> 10\%$: **Anrechnungsfaktor 0**⁸²
 - Neue Seegrundfläche mit Schüttungen ausserhalb der aktuellen Bewuchszone am Standort: **Anrechnungsfaktor 1** (bis zur maximal möglichen Bewuchstiefe in Schweizer Seen von 20 m).⁸³

«SIMOD» maximieren – Aufwertungspotenzial für Wasserwechselzone voll ausschöpfen

Unter «SIMOD» wird die Wasserwechselzone landseits ab Beginn der terrestrischen Vegetation (P-Vterr) bis zum seespezifischen Niederwasserpegel (P-365) bzw. zum Beginn der dichten Unterwasservegetation (Dichte $> 10\%$) ausgebildet. Die Neigung ergibt sich dabei automatisch in der direkten Verbindung dieser zwei Fixpunkte, ideal wäre dabei mindestens 1 : 10 oder flacher.

Im Bestreben, die Wasserwechselzone möglichst ausgedehnt und flach auszubilden, lässt sich «SIMOD» maximieren, indem eine Schüttung soweit in dichtere Unterwasserbestände reichen kann, bis sie mit einer Böschung 2 : 3 und ≤ 1 m Höhe zum Seegrund endet. Auch bei Betroffenheit / Überdeckung von dichterer Vegetation soll der Anrechnungsfaktor weiterhin 0.5 betragen. Es muss dabei gewährleistet sein, dass keine Bestände oder Arten gefährdet werden bzw. die Ressourcen aus der Umgebung für die Wiederbesiedlung intakt bleiben. Möglicherweise sind besondere Begleitmassnahmen erforderlich, z.B. vorgängige Umsiedlung schutzwürdiger oder (lokal) seltener Arten. Über allem steht der grundsätzliche Anspruch, dass mit den getroffenen Massnahmen der ökologische Wert (des Uferbereiches / der Flachwasserzone) insgesamt verbessert wird.

Da auch unter «SIMOD» eine vorgängige Seegrund- und Vegetationserhebung sowohl im Aufwertungsperimeter, als auch in der näheren Umgebung vorausgesetzt werden, lassen sich die obigen Anforderungen ohne weiteren Aufwand bzw. zusätzliche Abklärungen gut erfüllen.

⁸² In der Regel ist die an der steil abfallenden Halde betreffende Fläche der überschütteten Vegetation klein, da nur die horizontale Ausdehnung in das Flächenmass eingeht (senkrechte Projektion).

⁸³ In der praktischen Umsetzung ist jedoch die zum Zeitpunkt der Massnahme bekannte untere Vegetationsgrenze des betreffenden Sees oder die aus fachlicher Sicht denkbare Vegetationsgrenze für dieses Gewässer nach längerer Zeit im Zielzustand zu berücksichtigen.

Umsetzung in Aufwertungsmassnahmen im differenzierten Modus («DIMOD»)

Die Umsetzung der Aufwertungsmassnahmen nach Vorgehen «SIMOD» mit grossen Anrechnungsfaktoren «0 / 0.5 / 1» entspricht in etwa dem in der VIB-Wegleitung (ISELI ET AL, eds. (2020) vorgestellten «PRAKTIK-Modus» und dürfte für die meisten Fällen einer Uferaufwertung mit Priorisierung einer Wiederherstellung der Wasserwechselzone geeignet und ausreichend sein. Es fällt dabei nur ein kleiner Aufwand an Abschätzungen und Berechnungen an und trägt der Tatsache Rechnung, dass die «allgemeine Richtung» auf jeden Fall zutreffend ist und jede Differenzierung eine grössere «Genauigkeit» eher nur vorgibt, als auf tatsächlich belastbaren Ergebnissen und Erkenntnissen zu beruhen. Oder dann wäre es unmöglich bis unverhältnismässig, für das betreffende Vorhaben ein in sich «stimmiges» proprietäres Bewertungssystem zu entwickeln.

→ **EMPFEHLUNG:** Bei der Umsetzung des Ersatzbedarfs in Form einer Uferaufwertung sind die Anrechnungsfaktoren möglichst einfach zu handhaben. Mit Anwendung von «SIMOD» kann i.d.R. ein sehr gutes Aufwand-Ertrag-Verhältnis erreicht werden und die planerischen Betrachtungen bleiben übersichtlich und in einfach verständlichen Grenzen: Der Anrechnungsfaktor von 1 (für landseitigen Abtrag) stellt das maximal Erreichbare dar und der Anrechnungsfaktor 0.5 (für seeseitige Massnahmen auf bestehendem Seegrund) dürfte als Durchschnittswert verlässlich zugunsten der ökologischen Seite ausschlagen. Es bleibt auch bei «SIMOD» stets der Anspruch vorhanden, dass bei Einbringen von Material zur Ausbildung einer Wasserwechselzone (sofern sie fehlt) der Nachweis einer Verbesserung der Flachwasserzone erbracht werden muss.

Die Umsetzung des Ersatzbedarfes in Aufwertungsmassnahmen im differenzierten Modus («DIMOD») kommt zur Anwendung, wenn sich die Massnahmen, die örtlichen Gegebenheiten, die Vorstellungen der Beteiligten hinsichtlich der Anrechenbarkeit etc. nicht unter «SIMOD» für alle Seiten befriedigend lösen lassen. Im Wesentlichen dürfte es darum gehen, die Anrechnungsfaktoren weiter zu differenzieren und über das «Situationsprimat» hinaus einzelne Elemente der Ersatzmassnahmen bzw. der Aufwertungsmassnahmen gesondert zu bewerten («Massnahmenprimat»). Im folgenden werden verschiedene Problemstellungen und mögliche Lösungsansätze vorgestellt:

● **Anrechnungsfaktor 1 bei Landabtrag zu hoch oder zu tief**

Der Anrechnungsfaktor 1 stellt im Prinzip das Maximum des Biotopwertes an wiederhergestelltem aquatischen Lebensraum dar. Es werden dabei die Grundvoraussetzungen geschaffen, dass sich Funktionen, Prozesse, standorttypische Arten etc. sukzessive im Zeitraum von etwa 3–5 Jahren einstellen.⁸⁴ Bezüglich Bedarf (aus der Ersatzbemessung) und der Umsetzung (als Ersatzlebensraum) besteht Äquivalenz. Dies setzt voraus, dass die zur «Umwandlung» vorgesehene Fläche hinsichtlich aquatischer Relevanz keine Bedeutung aufweist bzw. nicht zum «Set»

⁸⁴ Siehe unter anderem AQUAPLUS (2016) – «Langzeitkontrolle Seeschüttung Uri, Schüttetappe I 2002–2006/2008».

an schützenswerten Lebensräumen gem. NHG gehört (Wert 0, z.B. Fettwiese, Rasen, Parkanlage, Acker, «unspezifische Grünfläche», versiegelte Fläche, etc.). Sollte am betreffenden Standort ein gewisses Potenzial an schützenswertem Lebensraum vorhanden sein, so kann der **Ersatzfaktor verringert** werden, bis minimal 0.5. Für die Umsetzung eines Bedarfs von 100 m² wären dann bis zu 200 m² Ersatzfläche nötig.

Ein weiterer Anlass zur Verringerung des Ersatzfaktors wären bestimmte Nutzungen auf der abgetragenen Landfläche, z.B. Strandsituation mit Badezugang, wodurch am Standort nicht das ganze Aufwertungspotenzial zur Umsetzung kommt. Im konkreten Fall des Badezugangs wurde der Ersatzfaktor auf 0.75 festgelegt.

Auf der anderen Seite wäre denkbar, dass die betreffende Fläche nicht nur «standardmässig» fachgerecht aufgewertet wird («Situationsprimat»), sondern die involvierten Fachstellen (oder andere Anspruchsgruppen) übergeordnete Ansprüche und Zielsetzungen einbringen, ⁸⁵ unter anderem die Wiederansiedlung prioritärer Arten über die situativen Gegebenheiten hinaus, zum Beispiel eine aufwändige Anpflanzung von *Litorella uniflora* (Strandling). ⁸⁶ Unter solchen oder vergleichbaren «gain of function»-Bestrebungen kann der **Ersatzfaktor erhöht** werden, bis maximal 1.5. Für die Umsetzung eines Bedarfs von 100 m² wären dann nur bis zu 66 m² Ersatzfläche nötig.

- **Anrechnungsfaktor 0.5 bei Schüttung auf bestehendem Seegrund zu hoch oder zu tief**

Der Anrechnungsfaktor 0.5 bei Überschüttung des bestehenden Seegrundes (bis zum Beginn dichter Vegetation > 10 %) im Rahmen der Wiederherstellung einer Wasserwechselzone ermöglicht die pragmatische Handhabung eines bestehenden Wertes an aquatischem Lebensraum, der aber aufgrund einer Landanlage mit hartem Uferverbau und fehlender Vegetation (aufgrund Wellenreflexion) deutlich unter seinem Potenzial liegt. Es könnte aber vorkommen, dass bereits ab Ufer dichtere Vegetation vorkommt und dies als höherer bestehender Wert als die «Standardsituation» betrachtet wird. In diesem Fall kann der **Ersatzfaktor verringert** werden, bis minimal 0.25. Vorbehalten bleibt die Bewilligungsfähigkeit bzw. es muss bei Schüttungen weiterhin der Nachweis einer Verbesserung der Flachwasserzone erbracht werden.

Handkehrum wäre denkbar, dass bis zur Grenze dichter Vegetation der Seegrund kaum einen Wert bzw. einen «naturfremden» Zustand aufweist, z.B. aufgrund grobblockiger Vorschüttung oder einer Pflasterung. Unter solchen Bedingungen kann der **Ersatzfaktor vergrößert** werden, bis maximal 0.75.

⁸⁵ Siehe Ausführungen zum «EXPERT-Modus» in der Anleitung zur Seeuferrevitalisierung in ANHANG D.

⁸⁶ Sofern die Fachstellen nicht selbst für die Ausführung und die Kosten aufkommen, wodurch im Ersatzprojekt kein Mehraufwand entstehen würde und entsprechend auch kein Gewinn an Lebensraumqualität mit erhöhtem Ersatzfaktor anrechenbar wäre.

● **Anrechnungsfaktoren von Einzelementen**

Die in den Faktenblättern «Seeuferaufwertungen» (AQUAPLUS, 2021, in Vorb.) genannten Optionen «Schilf» und «Totholz» oder andere Elemente aus dem «ökologischen Werkzeugkasten»⁸⁷ gem. VIB-Arbeitshilfe «Seeuferrevitalisierung» (ISELI ET AL., eds., 2020) sollen jeweils standardmässig nach situativer Relevanz («Sinnhaftigkeit») bei einer fachgerechten Uferaufwertung mit Priorisierung der Wiederherstellung einer Wasserwechselzone umgesetzt werden, ohne dass dies in den Anrechnungsfaktoren niederschlägt («Situationsprimat», siehe auch Abschnitt «SIMOD»). Beispiel: Wenn der Aufwertungsabschnitt in der Nähe von Röhrichtbeständen liegt, so gehört eine Ansiedlung von Schilf und ggf. Binsen möglichst in Lebensraumqualität zum «Standard». Bei zu geringer Flächengrösse ist zumindest die Anlage eines entsprechenden Trittsteinbiotops zu prüfen.⁸⁸ Generell soll der Uferlebensraum (als Ersatzmassnahme) möglichst unterhaltsarm geplant werden (siehe auch KÄGI ET AL., 2002).

Demgegenüber steht die **gezielte Förderung von Arten (Flora und Fauna)**, welche wie bereits beschrieben zu einer Überhöhung des Anrechnungsfaktors 1 führt, beispielsweise bei Etablierung von Beständen prioritärer Arten über die situative Ableitbarkeit hinaus.

Auch **Massnahmen ohne Kontext der Wiederherstellung einer Wasserwechselzone** können als «Einzelemente» betrachtet werden und bedingen eine besondere Bewertung bzw. eine differenzierte Anrechenbarkeit. Als Beispiel (unter anderen) könnte die Erstellung eines Wellenschutzes (z.B. in Form eines Riffs) zur Verbesserung der Aufwuchsbedingungen für Schilf gelten. Es wird dabei «nur» der Wellenschutz erstellt mit Wellenberuhigung auf die in Richtung Ufer liegende Fläche und Förderung bereits bestehender Schilfbestände. Es dürfte einleuchtend sein, dass hier ein kleinerer Anrechnungsfaktor als 0.5 anzuwenden ist, als dies bei einer Schüttung zu Bildung einer Wasserwechselzone auf bestehendem Seegrund zur Anwendung kommt. Für den konkreten Fall wird ein Faktor

⁸⁷ Nebst dem Einbringen von Totholzstrukturen in Form von Raubäumen / Ästen (am Ufer oder in tieferen Lagen), Faschinen, Lahnungen, Gehölzwalzen, Fischreisern (in Gittern) sind auch die Platzierung von Steinkörben («Gabionen») unter Stegen oder frei in verschiedener Tiefe sowie Kiesschüttungen in tieferen Lagen immer wieder ein Thema. Die genannten Massnahmen sind vor allem aus fischökologischen Anforderungen abgeleitet – insbesondere als Jungfischhabitate oder Laichhilfen – und als «Einzelemente» in der Regel nur mässig tauglich, quantitativ eher marginal wirksam (insbesondere im Vergleich zum standörtlichen strukturellen Potenzial der Unterwasservegetation) und vor allem nur wenig beständig (rascher Verlust der ursprünglichen Funktionalität durch Strukturabbau, mechanische Zerkleinerung, Verfüllung oder Überdeckung mit Feinmaterial). Bei der Planung von Ersatzmassnahmen soll der Fokus auf der Wiederherstellung bzw. Revitalisierung des durch die Objekte oder Nutzungen hauptsächlich beeinträchtigten Lebensraumes Flachwasserzone liegen (durch Ausbilden einer Wasserwechselzone, Schaffung eines durch Unterwasservegetation besiedelbaren Seegrundes, durch Wiederansiedlung von Ufervegetation) und nicht in der Anhäufung von Einzelementen mit sekundärem Bezug zur Hauptbeeinträchtigung und zeitlich limitierter Wirkung bzw. einem periodischen Unterhalt (Erneuerung), was kaum durchsetzbar sein dürfte und auch nicht den Empfehlungen gem. KÄGI ET AL. (2002) entspricht.

⁸⁸ Auch bei der Standardoption «Totholz» sind situative Bezüge wichtig. So stellt sich beispielsweise die Frage, ob das Einbringen von Totholz am Standort einen ökologischen «Sinn» ergibt oder ggf. andere ökologischen Zielsetzungen «konkurrenziert» werden, u.a. das Aufkommen von Ufer- und Unterwasservegetation. Weiter ist die Nachhaltigkeit der Massnahme gegenüber dem Anspruch eines möglichst geringen Unterhaltes abzuwägen

von 0.25 vorgeschlagen (für die ganze Fläche ab Riff bzw. ab 0.8 m Wassertiefe gem. MW-Stand ⁸⁹ bis zum Ufer).

Für **weitere Massnahmen nach spezifischer Planung** betreffend Zielhabitats / Zielstrukturen / Zielgesellschaften und Zielarten / Zielfunktionen und Zielprozesse gemäss «EXPERT-Modus» (siehe «Ökologisches Konzept» in ISELI ET AL., eds., 2020) sind die Anrechnungsfaktoren je nach Kontext mit oder ohne Wiederherstellung einer Wasserwechselzone entsprechend einzuordnen. ⁹⁰

5.2 Überführung des Ersatzbedarfes in andere Bewertungskonzepte («Transferfunktion»)

Wie einleitend zu Kapitel 5 erläutert, sind die bestehenden Methoden zur Bewertung von Eingriffen in schützenswerte Lebensräume (HINTERMANN & WEBER 2017, RENAT 2018) nicht für aquatische Lebensräume ausgelegt und mit der vorliegenden Entwicklung der Ersatzbemessung für die Konzessionserneuerung bzw. Neukonzessionierung von Hafenanlagen und weiterer Anwendungsbereiche im aquatischen Kontext bezüglich der massgeblichen Bewertungskriterien und auch in den Bewertungseinheiten nicht kompatibel. Da jedoch für «spezielle Fälle» eine Durchgängigkeit der verschiedenen Vorgehensweisen erforderlich ist, wird nachstehend am Beispiel der Methode HINTERMANN & WEBER (2017) eine «Transferfunktion» in Form einer Umwandlung sowohl des Ausgangszustandes als auch des Ersatzbedarfes bzw. des Ersatzlebensraum mit Biotop-Wertigkeiten vorgestellt. Sie basiert auf folgenden Grundsätzen:

- Für den Lebensraum «Stillgewässer / Flachwasserzone» (als generelle Ausformung eines Biotop-Typs) liegt im Bewertungskonzept HINTERMANN & WEBER (2017) keine eigenständige Wertigkeit vor.
- Die Qualität des Biotops «Flachwasserzone» wird zur Einordnung in das ganze Lebensraum-Bewertungskonzept HINTERMANN & WEBER (2017) in Form einer Durchschnittsbildung der für aquatische Vegetationsgesellschaften vergebenen Werte ermittelt und auf **maximal 34 Punkte** (beste Qualität) festgelegt. ⁹¹

⁸⁹ Schilf kann maximal bis in eine Wassertiefe von ca. 0.8 m bezüglich dem Mittelwasserstand des betreffenden Gewässers vordringen.

⁹⁰ Der deklarierte Wertebereich des Anrechnungsfaktors von Ersatzmassnahmen im aquatischen Bereich liegt zwischen 0.25 und 1.5. Es wird vorgeschlagen, die möglichen Gegebenheiten im differenzierten Modus («DIMOD») in diesem Wertekontinuum einzuordnen.

⁹¹ Aus der Richtwertetabelle der Lebensraumbewertungen in HINTERMANN & WEBER (2017) können für die Einordnung des Lebensraumes «Flachwasserzone» nur die beiden gelisteten aquatischen Biotop-Typen Laichkraut- und Seerosengesellschaft verwendet werden, der Durchschnittswert beträgt 34 Punkte. Im Lebensraumbewertungskonzept HINTERMANN & WEBER (2017) wird der Biotopwert anhand von drei Bewertungskriterien hergeleitet: 1. Entwicklungszeit bzw. Regenerationsdauer des Biotoptyps / 2. Seltenheit des Biotoptyps / 3. Bedeutung des Biotoptyps für die Biodiversität. Die Summe der Punktzahlen aus den drei Kriterien ergibt den Biotopwert. Er reicht von 0 Punkten (vollständig versiegelte Flächen) bis 64 Punkte (theoretisches Maximum, z.B. unversehrtes Hochmoor mit diversen Rote-Liste Arten). Die Einordnung des Biotoptyps «Flachwasserzone» mit 34 Punkten liegt etwa im Bereich des Komplexes «Grosseggenried / Kleinseggenried / Pfeifengraswiese». Diese Einschätzung dürfte eher «konservativ» bzw. eher die untere Grenze des ökologischen Wertes darstellen.

- Der im Zusammenhang mit Eingriffen in die Flachwasserzone untersuchte Referenzbereich erhält per se die Wertigkeit von 34 Punkten. Sie widerspiegelt die zum betreffenden Zeitpunkt am betreffenden Standort maximal mögliche Lebensraumqualität im Ausgangszustand ohne «Eingriff» bzw. ohne Anlage oder andere Formen mit möglichen Beeinträchtigungen.
- Die anhand der Wasserpflanzenverhältnisse bzw. der beiden Vegetationsfaktoren BD und VS ermittelte Differenz zwischen Referenz- und Auswirkungsstandort wird als Mass der Beeinträchtigung und damit als Verminderung der Lebensraumqualität betrachtet und proportional als Abzug der maximalen Wertigkeit von 34 Punkten (= 100 %) gehandhabt. Es wird dabei nicht die Abweichung betrachtet (wie in der Bemessung gem. Formel 1 in Kap. 3.4), sondern die Übereinstimmung (also 100 % minus Abweichung in %).
- Da im Lebensraum-Bewertungskonzept HINTERMANN & WEBER (2017) die Biotop-Qualität in Klassen (gut / mittel / schlecht) deklariert werden, erfolgt analog dazu die Festlegung einer Untergrenze der Wertigkeit einer Flachwasserzone als Folge der Auswirkungen von Eingriffen auf **minimal 18 Punkte**.
- In der Bilanzierung erfolgt für jede betrachtete Fläche die Multiplikation der Punktezahl mit der Flächengrösse in m².

→ **EMPFEHLUNG:** Die Bewertung des Lebensraumtyps «Flachwasserzone» zur Einordnung in die bestehenden Konzepte für Eingriffe in schützenswerte Lebensräume HINTERMANN & WEBER (2017) und RENAT (2018) ist mit der zuständigen Fachstelle Naturschutz festzulegen. Ebenso das konkrete Vorgehen für die einleitend genannten «speziellen Fälle», wie davon nachstehend zwei Beispiele einer Umsetzung in Form von Pilotprojekten näher erläutert werden.⁹²

Anwendungsbeispiel 1: Binnenhafen in einem ehemaligen Riedgebiet.

Zur Konzessionserneuerung eines Binnenhafens in einem ehemaligen Riedgebiet muss der Ersatzbedarf bemessen werden. Die Fläche des Hafens bzw. des verloren gegangenen Riedgebietes beträgt 4'500 m². Es bestand die Anforderung, den Ersatzbedarf nicht hinsichtlich der Beeinträchtigung in der Flachwasserzone festzulegen (Vergleich Hafenperimeter zu Referenzbereich, gem. vorliegender Methodik Kap. 1–3), sondern hinsichtlich des Verlustes des ursprünglichen Lebensraumtyps «Ried».⁹³ Als Grundlage wurden Wasserpflanzenbestände im Hafensareal und als Referenz eine Fläche in der Flachwasserzone seeseits der Hafenanlage untersucht sowie eine gutachterliche Einschätzung der ursprünglichen Biotopqualität des Riedgebietes vorgenommen.

Berechnung: Die Übereinstimmung der beiden «Flachwasserzonen»-Perimeter hinsichtlich BD und VS beträgt 54 %. Daraus resultiert ein Biotopwert von 18.4 Punkten (entspricht 54 % des maximalen Biotopwertes von 34 Punkten). Der ursprüngliche Biotopwert des Riedgebietes wurde auf 27 Punkte eingestuft (ent-

⁹² Im Bedarfsfall kann das in den beschriebenen Beispielen dargestellte Vorgehen bei der zuständigen Fachstelle Naturschutz (FNS) oder bei AquaPlus im Detail eingesehen und per Absprache in vergleichbarem Sinne für weitere «spezielle Fälle» umgesetzt werden.

⁹³ Aus den beiden Biotoptypen «Grosseggenried» und «Pfeifengraswiese» bestehend.

spricht Durchschnittswert der Biotoptypen Grossegegnried und Pfeifengraswiese, mittlere–gute Qualität, gem. HINTERMANN & WEBER 2017). Die Differenz beträgt somit $27 - 18.4 = 8.6$ Punkte, bei einer Fläche von $4'500 \text{ m}^2$ ergibt dies einen Ersatzbedarf von $38'700$ Punkten. In Worten: Der ursprüngliche Lebensraumtyp «Ried» in mittlerer bis guter Qualität wurde durch einen aquatischen Lebensraum «Stillgewässer» schlechter Qualität «ersetzt», was zu einem Bedarf in der genannten Punktezah führt.⁹⁴

Anwendungsbeispiel 2: Ersatzlebensraum Auengebiet / Deltazone

Aus der Ersatzbemessung einer neuen Hafenanlage resultiert ein Flächenbedarf von $7'175 \text{ m}^2$ zur Schaffung einer neuen bzw. mit reduziertem Anrechnungsfaktor der Aufwertung einer bestehenden Flachwasserzone. In der Nähe der Auswirkungsstelle liegt aber die Mündungszone eines kanalisierten Fließgewässers und es würde die Möglichkeit bestehen, eine Revitalisierung des ehemaligen Schwemmkegels / Deltabereiches vorzunehmen. Es würde dabei eine grossflächige Neuschaffung des Biotoptyps «Flussaue / Deltazone» entstehen. Dazu wurde eine Aufnahme des Zustandes der jetzigen Vegetationsflächen links des bestehenden kanalisierten Gerinnes vorgenommen (auf der rechten Seite wurde bereits früher eine Revitalisierung mit Öffnung des Gerinnes vorgenommen).

Berechnung: Die Umwandlung des Ersatzbedarfs von $7'175 \text{ m}^2$ in das System der Biotopwerte gem. HINTERMANN & WEBER (2017) eine Punktezah von $7'175 * 34 = 243'950$ Punkte. Die zur Aufwertung in Frage kommende ehemalige Auen- bzw. Deltafläche von $11'214 \text{ m}^2$ «Ried» und $12'518 \text{ m}^2$ «Wald» erreicht mit der heutigen Lebensraumqualität «mittel–schlecht» eine Punktezah von $457'820$. Mit den vorgesehenen Massnahmen zur Regenerierung der Auendynamik können auf der ganzen Fläche maximal $806'888$ Punkte erreicht werden, unter Berücksichtigung eines Verminderungsfaktors für den Ersatzlebensraum von

⁹⁴ Würde in dieser Betrachtung das Bewertungskonzept gem. HINTERMANN & WEBER (2017) konsequent umgesetzt, wonach der Ersatzlebensraum per se eine geringeren Lebensraumwert einnimmt bzw. einnehmen kann, so wäre die Ausgangspunktezah für den Biotoptyp «Flachwasserzone / Stillgewässer» in guter Qualität nicht 34, sondern lediglich 22.5 und die untere Grenze für schlechte Qualität würde bei 16 Punkten liegen. Für die Ersatzbemessung hätte dies zur Folge, dass der Ersatzbedarf auf $49'900$ Punkte ansteigt.

Es könnte noch diskutiert werden, ob und wie der Flächenfaktor zum Ersatz von Lebensraumtypen gem. Methode KÄGI ET AL. (2002), im vorliegenden Falle Faktor 2 bei Überführung von «Ried» (Flachmoor) zu Stillgewässer, zu berücksichtigen wäre. Aus HINTERMANN & WEBER (2017; «Konkretisierung und Ergänzung zum bestehenden BAFU-Leitfaden Nr. 11, KÄGI ET AL. 2002») lässt sich ableiten, dass dieser Faktor neu im Quotient der Punkte des Ausgangs- und Ersatzlebensraumes enthalten ist und dabei die Qualität des Ersatzlebensraum mit einem Verminderungsfaktor reduziert wird. Dies mit den gleichen Begründungen, wie bereits in KÄGI ET AL. (2002) dargestellt, wonach die Zeitverzögerung einzurechnen ist, bis der Lebensraum entsprechend der Zielvorgabe fertig entwickelt und von den erwarteten Arten besiedelt ist.

Wenn man die Punktezah von $38'700$ bzw. $49'900$ in einen Ersatzbedarf an neu zu schaffender Flachwasserzone mit Biotopwert 34 umrechnet, so resultiert daraus eine Flächengrösse von $1'140$ bzw. $1'460 \text{ m}^2$. Bei einer Ersatzbemessung der Hafenanlage direkt gem. vorliegender Methode (Kap. 1–3, Formel 1) mit Vergleich Hafenerimeter und Referenzbereich (beide dem Biotoptyp «Flachwasserzone» zugeordnet), würde sich ein Bedarf von ca. $1'665 \text{ m}^2$ ergeben, unter Einbezug der relevanter Hafenerfläche in Form der Strukturelemente Molen, Stege, Boote, etc. von ca. $2'415 \text{ m}^2$ und einer durchschnittlichen Abweichung von 46 %.

0.8 noch 645'511 Punkte.⁹⁵ In der Bilanz hinsichtlich Bedarf = 243'950 gegenüber Ersatz = 187'696 bleibt im vorliegenden Fall ein Defizit von 56'259 Punkten (= 23 % des benötigten Ersatzes), welches anderweitig umgesetzt werden muss.

5.3 Weiteres

● Umsetzung eines kleinen Ersatzbedarfes

Wie in Kap. 4 erläutert wird hinsichtlich Erfassung der Auswirkungen keine Untergrenze hinsichtlich der Objektgrösse gesetzt. Bei einer Konzessionserneuerung oder Neukonzessionierung muss die Situation stets vor Ort beurteilt und der Ersatzbedarf in Anwendung der Standardmethodik «so gut als möglich» abgeschätzt werden. Dazu wurden die Vorgehensweisen «BASIS-MODUL *light*» und «EXTENSIONS-MODUL *light*» entwickelt. Es ist hingegen denkbar, dass bei einer aus der Bemessung resultierenden Fläche von beispielsweise $\leq 100 \text{ m}^2$ ⁹⁶ auf eine eigenständige Planung und Realisierung der Aufwertungsmaßnahmen verzichtet und ein grösseres Projekt unter Beteiligung verschiedener Ersatzbedarf-«Schuldner» umgesetzt wird. Oder umgekehrt: Sich die «Schuldner» an bereits bestehenden Aufwertungs- bzw. Ersatz-Projekten proportional beteiligen können. Der Anteil des Planungsaufwandes könnte auf diese Weise zugunsten des ökologischen Ertrages deutlich verbessert werden. Zudem besteht dadurch Gewähr, dass das Potenzial an einem Aufwertungsstandort auch optimal genutzt sowie in hohem Masse sach- und fachgerecht ausgeführt wird.

Anmerkung: Bei den zuständigen Fachstellen kann in Erfahrung gebracht werden, wo zur Zeit Aufwertungsprojekte am Seeufer oder Seeschüttungen in Planung oder bereits in Umsetzung sind und/oder wo prioritäre Uferabschnitte im Rahmen der strategischen Revitalisierungsplanung ausgeschieden wurden.

● Aufhebung von bestehenden Beeinträchtigungen

Bei Aufhebung oder Linderung bestehender Beeinträchtigungen, insbesondere bei Umbauten bestehender «Objekte», zum Beispiel Verschiebung von

⁹⁵ Wie für den Biotoptyp «Flachwasserzone» liegt auch für den Ersatzlebensraum «Delta-Aue» in der Richtwertetabelle HINTERMANN & WEBER (2017) keine Einstufung vor. Für den vorliegenden Fall wird eine Äquivalenz der beiden Lebensraumtypen mit 34 Punkten angenommen. In beiden Lebensräumen spielt die Charakteristik der Uferzone als Ökoton mit temporär trockenliegenden und überfluteten Bereiche eine prägende Rolle. Bei maximaler Erreichbarkeit einer «guten Qualität» mit Verminderungsfaktor 0.8 erreicht der Ersatzlebensraum einen Wert von 27 Punkten. Im konkreten Falle ist diese Verminderung nicht der gem. Methode HINTERMANN & WEBER (2017) hauptsächlich «propagierten» Zeitverzögerung geschuldet, bis der Lebensraum entsprechend der Zielvorgabe fertig entwickelt ist, sondern der Tatsache, dass das betreffende Fließgewässer in Anbetracht des beeinträchtigten Abflussgeschehens mit Restwasser- und Schwall-Sunk-Regime wird angenommen, dass sich der Ziellebensraum «Delta-Aue» nicht in optimaler Ausprägung und/oder erst nach längerer Zeit einstellt und/oder nicht auf der ganzen Fläche zum Tragen kommt.

⁹⁶ Oder auch andere «Grenzwerte» in Absprache mit der zuständigen Fachstelle, ggf. seespezifisch festzulegen.

Hafenstrukturen (Stege, Molen, Zufahrtsrinnen) weiter seewärts mit «Entlastung» der Flachwasserzone von Beschattung, mechanischen Störungen, etc., stellt sich die Frage, ob diese Massnahmen als Aufwertung zu betrachten sind und mit einem Anrechnungsfaktor geltend gemacht werden können.

→ **EMPFEHLUNG:** Die Aufhebung oder Verminderung einer bestehenden Beeinträchtigung kann nur als «Ersatzmassnahme» im Sinne einer Aufwertung angerechnet werden, wenn für die betreffende Auswirkung bereits zu einem früheren Zeitpunkt entsprechenden Ersatz geleistet wurde. In diesem Fall wirkt die «Ersatzleistung» in vollem Umfang weiter, auch wenn am Verursacherstandort die Auswirkungen kleiner werden, wodurch in der Bilanz ein «Plus» an Ersatzwert entsteht, der beansprucht bzw. angerechnet werden darf.⁹⁷

- **Vorgehen bei «Zerstörung» eines bestehenden Seegrundes (bis 20 m Wassertiefe)**

Bei einer vollständigen «Zerstörung» des bestehenden Seegrundes in der potenziellen Bewuchszone für Unterwasservegetation, beispielsweise durch ein Bauwerk oder durch eine Abtiefung,⁹⁸ fällt grundsätzlich ein **Ersatzbedarf im Umfang der 1.5-fachen betroffenen Fläche** an. Hat der «neue» Seegrund eine standortgerechte bzw. naturnahe Beschaffenheit (hinsichtlich der Korngrössenzusammensetzung) und ist durch Ufer- und Unterwasservegetation besiedelbar, kann die wiederhergestellte Fläche mit **Anrechnungsfaktor 1** in der Umsetzung des Ersatzbedarfes geltend gemacht werden. Es bleibt die Hälfte der betroffenen Flächengrösse, für die an anderer Stelle neuer Seegrund geschaffen oder bestehender Seegrund aufgewertet werden muss.

Sollte künftig auf der wiederhergestellten Fläche eine Beeinträchtigung durch Nutzungen stattfinden, z.B. durch eine Hafenanlage, kommt darüberhinaus (zusätzlich) die Bemessung des Ersatzbedarfes gem. Methodenbeschrieb Kap. 1–3, bei Hafenanlagen unter Anwendung «MODOP» hinzu.⁹⁹

- **Vorgehen bei «Seeschüttungen»**

Die Anrechnungsfaktoren bei eigentlichen Seeschüttungen, also nicht bei Massnahmen am bestehenden Ufer, sondern bei Verlängerung der beste-

⁹⁷ Hinsichtlich der Anrechenbarkeit einer Aufhebung oder Verminderung einer Beeinträchtigung scheint die rechtliche Seite relativ klar zu sein und wird von den zuständigen Fachstellen auch im dargestellten Sinne gehandhabt.

⁹⁸ Als Projekt mit Zerstörung des Seegrundes wäre z.B. ein Hochwasserschutzwerk denkbar (u.a. grosse Regenwasserentlastung oder Überlaufeinleitung) analog eines Tunnelausbruchs im Tagebau mit anschliessender Rekultivierung sowie eine Abtiefung des Seegrundes zum Bau eines neuen Hafens in Ufernähe. Letzteres dürfte in heutiger Zeit jedoch nicht mehr bewilligungsfähig sein (siehe BGE 1A.30/2006). Grundsätzlich gilt für Vorhaben mit Zerstörung des Seegrundes der Nachweis von übergeordneten Interessen, u.a. Bevölkerungsschutz, Energie- und Versorgungssicherheit etc.

⁹⁹ Also das standardisierte Vorgehen zur Bemessung des Ersatzbedarfes von bestehenden oder geplanten Hafenanlagen OHNE vorherige Zerstörung des Seegrundes. Der gesamte Ersatzbedarf ergibt sich dann aus der Summe der beiden baulichen Etappen.

henden Uferbank an der Halde oder generell dem Neuaufbau von Flachwasserzone uferentfernt in Form einer bei sommerlichem Pegel unter Wasser liegenden «Insel» sind bereits unter Abschnitt «SIMOD» beschrieben worden. Auf neu geschaffener Flachwasserzone (neue Seegrundfläche) bis maximal 20 m Wassertiefe¹⁰⁰ wird der Anrechnungsfaktor 1 vorgeschlagen (analog Terrainabtrag landseits), bei Überschüttung bestehenden Seegrundes bis zur aktuellen Verbreitungsgrenze der Vegetation kommen je nach Dichte der allenfalls betroffener Wasserpflanzenbestände Anrechnungsfaktoren zwischen 0 und 0.5 zur Anwendung.¹⁰¹

- **Umsetzung bestimmter Auflagen**

Es besteht die Möglichkeit, dass bei der Ersatzbemessung nicht nur ein Flächenbedarf für «Uferaufwertung / neue Flachwasserzone» resultiert, sondern auch bestimmte Auflagen in der Umsetzung der Ersatzmassnahmen damit verknüpft sind, beispielsweise die gezielte Wiederansiedlung von Arten, Wasserpflanzen oder auch Grossmuscheln, welche am Auswirkungsstandort in besonderem Masse betroffen waren (siehe Kap. 2.2). In diesem Fall gelten die Vorgaben des «Situationsprimates»: Die Aufwertung des betreffenden Uferabschnittes hat mit möglichst hoher Ausschöpfung des situativen Potenzials zu erfolgen mit den Anrechnungsfaktoren gem. «SIMOD» (also Faktor 1 bei Landabtrag, Faktor 0.5 bei Beanspruchung bestehenden Seegrundes). Die zusätzlichen Anforderungen, beispielsweise Wiederansiedlung von Arten, sind am Standort zu realisieren, ohne dass dabei ein höherer Anrechnungsfaktor geltend gemacht werden kann.

¹⁰⁰ Die Anrechenbarkeit neu geschaffener Flachwasserzone bezieht sich theoretisch auf die in Schweizer Seen maximal mögliche Bewuchstiefe von 20 m, in der praktischen Umsetzung ist jedoch die zum Zeitpunkt der Massnahme bekannte untere Vegetationsgrenze des betreffenden Sees oder die aus fachlicher Sicht denkbare Vegetationsgrenze für dieses Gewässer nach längerer Zeit im Zielzustand zu berücksichtigen.

¹⁰¹ Für die konkreten rechtlichen, ökologischen, technischen und baulichen Anforderungen an die Planung und Ausführung von Seeschüttungen wird auf externe Quellen verwiesen, u.a. ISELI ET AL., eds. (2020). Detaillierte Auskünfte hierzu können bei AquaPlus eingeholt werden. Zitierung aus ISELI ET AL, eds. (2020): «*Gerade in Naturschutzkreisen bestehen gegenüber Seeschüttungen diverse Vorbehalte. Fällt aber in grösserem Masse terrestrisch unverschmutzter Aushub (z.B. aus Tunnelprojekten) an, kann mit dem Einbringen solchen Materials eine wirklich substanzielle Wiederherstellung verloren gegangener Flachwasserzone erreicht werden. Oft schreckt der Begriff «Inselerschüttungen» ab. Es besteht aber keine Notwendigkeit, dass solche Schüttungen zu Inseln werden, also über den sommerlichen Wasserstand hinausreichen. Solche Kuppen verbuschen schnell und es etabliert sich hier kein Ziellebensraum. Die neu geschaffenen Flachwasserzonen zwischen 1 und 20 m Wassertiefe (als maximale untere Bewuchsgrenze der Vegetation in Schweizer Seen) sind sehr wertvolle Flächen, sie bilden Ersatz für die durch Landanlagen verkürzten Flachwasserzonen und wirken als Wellenbrecher, was die hydraulischen Verhältnisse zwischen Ufer und Schüttung wieder dem Referenzzustand näher bringt. Bezüglich der ökologischen Bilanzierung von Seeschüttungen wird empfohlen, die bei 20 m liegende theoretische Bewuchsgrenze zu berücksichtigen. Eine solche Schüttung geht insbesondere auf Kosten des Tiefenwasser-Benthos. Eine Regenerierung zerstörter Flachwasserzonen ist jedoch höher zu gewichten. Mit einer Seeschüttung können verschiedene ökologische Funktionen der Flachwasserzone geschaffen werden, u.U. sogar eine Wasserwechselzone (Bereiche, welche beim sommerlichen Hochwasserstand überflutet sind, im Winter aber über Wasser liegen). Eine laterale Vernetzung Wasser-Land – wie sie als Zielsetzung bei Aufwertungen an einem bestehenden Ufer eine Rolle spielt – ist hingegen nicht möglich.»*

6 Literatur

- AQUAPLUS, 2007: Wasserpflanzenkartierung «Bootshafen Tribtschen» (Vierwaldstättersee Stadt Luzern, Kt. LU) - August 2007. 29 S., zusätzlich Plandarstellungen und Anhang. Im Auftrag der Bootshafen AG Luzern.
- AQUAPLUS, 2010: Wasserpflanzenkartierung Hafenanlagen und Stege (Bootshafen Wollishofen; Bootshafen Enge SÜD; Bootshafen Enge NORD; Schiffstege Zürichhorn und Küsnacht), Abklärungen der Auswirkungen einer Beschattung durch Boote und Stege auf die Unterwasservegetation. Untersuchungen im Zürichsee vom Juli 2008 und August 2009. Im Auftrag des Amtes für Natur- und Landschaftsschutz ANL Kanton ZH. 41 S., Plandarstellungen und Datenanhang.
- AQUAPLUS & BOLZ UMWELT, 2011: Sanierung und Erweiterung Hafen Buochs Umweltverträglichkeitsbericht. Im Auftrag der Genossenschaftskorporation Buochs. 79 S., zusätzlich Beilagen.
- AQUAPLUS, 2012: Wasserpflanzen- und Zoobenthosuntersuchungen an 8 Hafestandorten im Zürichsee, Greifensee, Pfäffikersee. Im Auftrag der Baudirektion Kt. Zürich, AWEL – Abteilung Wasserbau. Auswertungsdossiers mit Fotodokumentation, Tabellen, Abbildungen, zusätzlich Plandarstellungen und Datenanhang für jeden Standort.
- AQUAPLUS, 2014: Wasserpflanzenenerhebungen – Methodik zur Erfassung der Wasserpflanzen- und Seegrundverhältnisse. AQUA & GAS 7/8 2014: 66–77.
- AQUAPLUS, 2014: Zürichseeweg Wädenswil «Seeplatz–Giessen» – Abklärungen ökologische Ersatzmassnahmen. Bericht. Im Auftrag der Baudirektion Kt. Zürich. 55.S., zusätzlich Auswertungsdossier Wasserpflanzenenerhebungen, Plandarstellungen und Datenanhang.
- AQUAPLUS, 2015ff: STORM – Stehende Gewässer – Immissionsorientierte Beurteilung der Auswirkungen von Abwassereinleitungen bei Regenwetter auf die Wasserpflanzen. Vorgehen, Methodenbeschrieb Indikatoren, Parameter, Schwellenwerte Beurteilung Einfluss Einleitung Beurteilung Erfüllung ökologische Ziele Handlungsbedarf und Massnahmen Erfolgskontrolle. Im Auftrag des VSA.
- AQUAPLUS, 2016: SEESCHÜTTUNG URNERSEE – Monitoring Wasserpflanzen. Langzeitkontrolle Projekt «Seeschüttung I». Bericht – Vergleich der Untersuchungen 2001–2015. Im Auftrag des Amtes für Raumentwicklung Kanton Uri. 60 S. Zusätzlich Anhänge mit Methodik, Auswertungen, Plandarstellungen und Detaildaten.
- BAFU (Bundesamt für Umwelt), 2009: UVP-Handbuch. Richtlinie des Bundes für die Umweltverträglichkeitsprüfung. Umwelt-Vollzug Nr. 0923, Bern: 156 S.

- BAFU (Bundesamt für Umwelt), 2011: Rote Liste Armleuchteralgen. Gefährdete Arten der Schweiz, Stand 2010. 71 S.
- BAFU (Bundesamt für Umwelt), 2012: Rote Liste Weichtiere (Schnecken und Muscheln). Gefährdete Arten der Schweiz, Stand 2010. 148 S.
- BAFU (Bundesamt für Umwelt), 2016: Rote Liste Gefässpflanzen. Gefährdete Arten der Schweiz. Bundesamt für Umwelt, Bern und Info Flora, Genf. Umwelt-Vollzug Nr. 1621: 178 S.
- BGE (Bundesgerichtsentscheid), 2006: Bewilligungen/Konzession für den Neubau eines Bootshafens. Verwaltungsgerichtsbeschwerde gegen den Entscheid des Verwaltungsgerichts des Kantons Zürich, 3. Abteilung, 3. Kammer, vom 8. Dezember 2005. Urteil vom 10. Oktober 2006. Aus: http://jumpcgi.bger.ch/cgi-bin/JumpCGI?id=10.10.2006_1A.30/2006
- BUWAL (Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft), 1997: Vollzugshilfe Umwelt, «Ufervegetation und Uferbereich nach NHG», Begriffsklärung. 55 S.
- BUWAL (Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft), 2002: Wiederherstellung und Ersatz im Natur- und Landschaftsschutz. Leitfaden Umwelt Nr. 11. 123 S. *Siehe auch Zitierung unter Autorenschaft KÄGI ET AL.*
- BUWAL (Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft), 2002: Rote Liste der gefährdeten Farn- und Blütenpflanzen der Schweiz. 118 S
- ISELI, CH., LA POUTRÉ, M., DE CESARE, G., editors, 2020. Arbeitshilfe Seeuferrevitalisierung. Verein für Ingenieurbiologie VIB. Fachzeitschrift Ingenieurbiologie, Heft Nr.1/2020, 30. Jahrgang, Mai 2020. 89 S.
- HINTERMANN & WEBER, 2017: Bewertungsmethode für Eingriffe in schutzwürdige Lebensräume. Konkretisierung und Ergänzung zum bestehenden BAFU-Leitfaden Nr. 11 «Wiederherstellung und Ersatz im Natur- und Landschaftsschutz» aus dem Jahr 2002. 81 S., zusätzlich Bilanztabelle, Fallbeispiele, Tabelle Richtwerte. Im Auftrag des BAFU. → *aquatische Lebensräume sind explizit ausgenommen*
- KÄGI, B., STALDER, A., THOMMEN, M., 2002: Wiederherstellung und Ersatz im Natur- und Landschaftsschutz. Hrsg. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Leitfaden Umwelt Nr. 11, Bern. 123 S. Im Auftrag des BUWAL.
- NIEDERBERGER, K., 2020: Ökologisches Konzept. In: Arbeitshilfe Seeuferrevitalisierung. Verein für Ingenieurbiologie VIB. Fachzeitschrift Ingenieurbiologie, Heft Nr.1/2020, 30. Jahrgang, Mai 2020. 89 S.
- LACHAVANNE, J.-B. & JUGÉ, R. Eds., 1997: Biodiversity in Land-Inland Water Ecosystems, Man and the Biosphere Series UNESCO. In: BUERGI, H.R., 2004: Littoral-Modul – Ökomorphologie. EAWAG-Fachgruppe.

- LACHAVANNE, J.B., JAQUET, J.M., JUGE, R. & PERFETTA, J., 1985: Zustand, Erhaltung und Schutz der Ufer des Vierwaldstättersees. Im Auftrag der Aufsichtskommission Vierwaldstättersee, Bundesamt für Forstwesen und Landschaftsschutz, Bundesamt für Umweltschutz und der Aufsichtskommission Vierwaldstättersee. 109 S., zusätzlich Plandarstellungen.
- RENAT, 2018: Methode zur Ermittlung des Ersatzbedarfs und zur Bewertung von Ersatzmassnahmen. Im Auftrag des Kantons Zürich, Amt für Landschaft und Natur in Abstimmung mit dem Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft überarbeitete und weiterentwickelte Fassung der 2009 im Auftrag des BAZL, der Volkswirtschaftsdirektion des Kantons Zürich und UNIQUE Flughafen Zürich AG entwickelten Methodik. 54 S.
- SCHAUMBURG, J. ET AL, 2005: Bewertungsverfahren Makrophyten & Phytobenthos Fließgewässer- und Seen-Bewertung in Deutschland nach EG-WRRL. Informationsbericht BLW, Heft 1/05. Im Auftrag von Bundesministerium für Bildung und Forschung (BEO 51 – FKZ 0330033) und Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (FKZ O 11.03). Hrsg. Bayerisches Landesamtes für Wasserwirtschaft, München. 245 S.
- SCHAUMBURG, J., SCHRANZ, C, STELZER, D & HOFMANN, G., 2007: Handlungsanweisung für die ökologische Bewertung von Seen zur Umsetzung der EU-Wasserrahmenrichtlinie: Makrophyten und Phytobenthos. Stand: Oktober 2007. Bayerisches Landesamt für Umwelt. 65 S.
- SCHAUMBURG, J.; SCHRANZ, CH.; STELZER, D. & HOFMANN, G., 2007 – Bundesweiter Test: Bewertungsverfahren «Makrophyten & Phytobenthos» in Seen zur Umsetzung der WRRL. Endbericht. Auftraggeber: Länderarbeitsgemeinschaft Wasser LAWA (Projekt-Nr. O 4.04) Auftragnehmer: Bayerisches Landesamt für Umwelt, 129 S.
- SCHAUMBURG, J.; SCHRANZ, CH.; STELZER, D. & HOFMANN, G., 2014 – Bewertung von Seen mit Makrophyten & Phytobenthos für künstliche und natürliche Gewässer sowie Unterstützung der Interkalibrierung. Endbericht Februar 2014. Auftraggeber: Länderarbeitsgemeinschaft Wasser LAWA (Projekt-Nr. O 10.10) Auftragnehmer: Bayerisches Landesamt für Umwelt, 163 S.
- STELZER, D., 2003: Makrophyten als Bioindikatoren zur leitbildbezogenen Seebewertung – Ein Beitrag zur Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie in Deutschland. Dissertation an der TU München, 140 S.

ANHANG A



Gesetzliche Vorgaben

Gesetzliche Vorgaben

In verschiedenen rechtlichen Bestimmungen bestehen Vorgaben betreffend UVP-Pflicht für Anlagen, Schutz der Ufervegetation (Wasserpflanzen), Ersatzanforderungen sowie allfälliger Massnahmen. Nachfolgend sind die wichtigsten, für den vorliegenden Kontext «Bemessung des Ersatzbedarfes anhand der Auswirkungen von Hafenanlagen auf die Wasserpflanzen» relevanten Gesetzesartikel zitiert.

Verordnung über die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVPV), Art. 1

Zweck

Der Umweltverträglichkeitsprüfung nach Artikel 10a des USG (Prüfung) unterstellt sind Anlagen, die im Anhang dieser Verordnung aufgeführt sind:

UVP-Anlagen und massgebliche Verfahren

13.3 Bootshafen mit mehr als 100 Bootsplätzen in Seen oder mehr als 50 Bootsplätzen in Fliessgewässern. Durch das kantonale Recht zu bestimmen.

Zur UVP-Pflicht wird in der **Richtlinie des Bundes** nachstehende Ergänzung für die Wiedererteilung einer Konzession (Neukonzessionierung) aufgeführt (BAFU 2009):

Die Umweltverträglichkeit von Neubauvorhaben wird im Rahmen des jeweiligen massgeblichen Verfahrens (Art. 5 Abs. 2 UVPV) geprüft, sei es in einem Planverfahren (mit einer Plangenehmigung des Bundes oder einem kantonalen oder kommunalen Sondernutzungsplan), im Rahmen einer Baubewilligung oder einer Konzession. Gemäss Rausch/Keller (Kommentar USG, Art. 9, N. 41 f.) gelten als Errichtung einer neuen Anlage (und damit nicht als Änderung einer bestehenden Anlage) auch der Wiederaufbau oder Ersatz einer Anlage sowie die Erteilung einer neuen Konzession, auch wenn sie nicht mit baulichen Massnahmen verbunden ist.

Bundesgesetz über den Umweltschutz (USG), Art. 1

Errichtung neuer Anlagen

1 Dieses Gesetz soll Menschen, Tiere und Pflanzen, ihre Lebensgemeinschaften und Lebensräume gegen schädliche oder lästige Einwirkungen schützen sowie die natürlichen Lebensgrundlagen, insbesondere die biologische Vielfalt und die Fruchtbarkeit des Bodens, dauerhaft erhalten.

2 Im Sinne der Vorsorge sind Einwirkungen, die schädlich oder lästig werden könnten, frühzeitig zu begrenzen.

Bundesgesetz über den Umweltschutz (USG), Art. 10

Umweltverträglichkeitsprüfung

1 Bevor eine Behörde über die Planung, Errichtung oder Änderung von Anlagen entscheidet, prüft sie möglichst frühzeitig die Umweltverträglichkeit.

2 Der Umweltverträglichkeitsprüfung unterstellt sind Anlagen, welche Umweltbereiche erheblich belasten können, so dass die Einhaltung der Vorschriften über den

Schutz der Umwelt voraussichtlich nur mit projekt- oder standortspezifischen Massnahmen sichergestellt werden kann.

3 Der Bundesrat bezeichnet die Anlagetypen, die der Umweltverträglichkeitsprüfung unterstehen; er kann Schwellenwerte festlegen, ab denen die Prüfung durchzuführen ist. Er überprüft die Anlagetypen und die Schwellenwerte periodisch und passt sie gegebenenfalls an.

Gewässerschutzgesetz (GschG), Art. 1

Zweck

Dieses Gesetz bezweckt, die Gewässer vor nachteiligen Einwirkungen zu schützen.

Es dient insbesondere:

...

c. der Erhaltung natürlicher Lebensräume für die einheimische Tier- und Pflanzenwelt;

...

Gewässerschutzgesetz (GSchG), Art. 39

Einbringen fester Stoffe in Seen

1 Es ist untersagt, feste Stoffe in Seen einzubringen, auch wenn sie Wasser nicht verunreinigen können.

2 Die kantonale Behörde kann Schüttungen bewilligen:

a. für standortgebundene Bauten in überbauten Gebieten, wenn überwiegende öffentliche Interessen eine Schüttung erfordern und sich der angestrebte Zweck anders nicht erreichen lässt;

b. wenn dadurch eine Flachwasserzone verbessert werden kann.

3 Die Schüttungen sind so natürlich wie möglich zu gestalten, und zerstörte Ufervegetation ist zu ersetzen.

Gewässerschutzverordnung (GSchV), Anhang 1 - ÖKOLOGISCHE ZIELE

*1 Die **Lebensgemeinschaften von Pflanzen, Tieren und Mikroorganismen** und der von ihnen beeinflussten Umgebung sollen:*

a. naturnah und standortgerecht sein und sich selbst reproduzieren und regulieren;

b. eine Vielfalt und eine Häufigkeit der Arten aufweisen, die typisch sind für nicht oder nur schwach belastete Gewässer des jeweiligen Gewässertyps.

*2 Die **Hydrodynamik** (Geschiebetrieb, Wasserstands- und Abflussregime) und die Morphologie sollen naturnahen Verhältnissen entsprechen. Insbesondere sollen sie die Selbstreinigungsprozesse, den natürlichen Stoffaustausch zwischen Wasser und Gewässersohle sowie die Wechselwirkung mit der Umgebung uneingeschränkt gewährleisten.*

*3 Die **Wasserqualität** soll so beschaffen sein, dass:*

a. die Temperaturverhältnisse naturnah sind;

b. im Wasser, in den Schwebstoffen und in den Sedimenten keine künstlichen, langlebigen Stoffe enthalten sind;

c. andere Stoffe, die Gewässer verunreinigen können und die durch menschliche Tätigkeit ins Wasser gelangen können,

– in Pflanzen, Tieren, Mikroorganismen, Schwebstoffen oder Sedimenten nicht angereichert werden,

– keine nachteiligen Einwirkungen auf die Lebensgemeinschaften von Pflanzen, Tieren und Mikroorganismen und auf die Nutzung der Gewässer haben,

- keine unnatürlich hohe Produktion von Biomasse verursachen,
 - die biologischen Prozesse zur Deckung der physiologischen Grundbedürfnisse von Pflanzen und Tieren, wie Stoffwechselfvorgänge, Fortpflanzung und geruchliche Orientierung von Tieren, nicht beeinträchtigen,
 - im Gewässer im Bereich der natürlichen Konzentrationen liegen, wenn sie dort natürlicherweise vorkommen,
 - im Gewässer nur in nahe bei Null liegenden Konzentrationen vorhanden sind, wenn sie dort natürlicherweise nicht vorkommen.
-

Natur- und Heimatschutzgesetz (NHG), Art. 21

Schutz der einheimischen Tier- und Pflanzenwelt

1 Die Ufervegetation (Schilf- und Binsenbestände, Auenvegetationen sowie andere natürliche Pflanzengesellschaften im Uferbereich) darf weder gerodet noch überschüttet noch auf andere Weise zum Absterben gebracht werden.

2 Soweit es die Verhältnisse erlauben, sorgen die Kantone dafür, dass dort, wo sie fehlt, Ufervegetation angelegt wird oder zumindest die Voraussetzungen für deren Gedeihen geschaffen werden.

Natur- und Heimatschutzgesetz (NHG), Art. 18

Schutz der einheimischen Tier- und Pflanzenwelt

1 Dem Aussterben einheimischer Tier- und Pflanzenarten ist durch die Erhaltung genügend grosser Lebensräume (Biotope) und andere geeignete Massnahmen entgegenzuwirken. Bei diesen Massnahmen ist schutzwürdigen land- und forstwirtschaftlichen Interessen Rechnung zu tragen.

1^{bis} Besonders zu schützen sind Uferbereiche, Riedgebiete und Moore, seltene Waldgesellschaften, Hecken, Feldgehölze, Trockenrasen und weitere Standorte, die eine ausgleichende Funktion im Naturhaushalt erfüllen oder besonders günstige Voraussetzungen für Lebensgemeinschaften aufweisen.

1^{ter} Lässt sich eine Beeinträchtigung schutzwürdiger Lebensräume durch technische Eingriffe unter Abwägung aller Interessen nicht vermeiden, so hat der Verursacher für besondere Massnahmen zu deren bestmöglichem Schutz, für Wiederherstellung oder ansonst für angemessenen Ersatz zu sorgen.

2 Bei der Schädlingsbekämpfung, insbesondere mit Giftstoffen, ist darauf zu achten, dass schützenswerte Tier- und Pflanzenarten nicht gefährdet werden.

3 Der Bund kann die Wiederansiedlung von Arten, die in freier Wildbahn in der Schweiz ausgestorben oder in ihrem Bestand bedroht sind, an geeigneten Standorten fördern.

4 Die Bundesgesetzgebung über Jagd und Vogelschutz sowie über die Fischerei bleibt vorbehalten.

Natur- und Heimatschutzgesetz (NHG), Art. 22

Schutz der einheimischen Tier- und Pflanzenwelt

1 Die zuständige kantonale Behörde kann für das Sammeln und Ausgraben geschützter Pflanzen und das Fangen von Tieren zu wissenschaftlichen sowie zu Lehr- und Heilzwecken in bestimmten Gebieten Ausnahmen gestatten.

2 Sie kann die Beseitigung der Ufervegetation in den durch die Wasserbaupolizei- oder Gewässerschutzgesetzgebung erlaubten Fällen für standortgebundene Vorhaben bewilligen.

Begründet ein anderer Erlass die Zuständigkeit einer Bundesbehörde zum Entscheid über ein Vorhaben, so erteilt diese Behörde die Ausnahmewilligung.

Verordnung über den Natur- und Heimatschutz (NHV), Art. 14

Schutz der einheimischen Pflanzen- und Tierwelt

Biotopschutz

1 Der Biotopschutz soll insbesondere zusammen mit dem ökologischen Ausgleich (Art. 15) und den Artenschutzbestimmungen (Art. 20) den Fortbestand der wildlebenden einheimischen Pflanzen- und Tierwelt sicherstellen.

2 Biotope werden insbesondere geschützt durch:

a. Massnahmen zur Wahrung oder nötigenfalls Wiederherstellung ihrer Eigenart und biologischen Vielfalt;

...

3 Biotope werden als schützenswert bezeichnet aufgrund:

a. der insbesondere durch Kennarten charakterisierten Lebensraumtypen nach Anhang 1;

b. der geschützten Pflanzen- und Tierarten nach Artikel 20;

c. der nach der Fischereigesetzgebung gefährdeten Fische und Krebse;

d. der gefährdeten und seltenen Pflanzen- und Tierarten, die in den vom BAFU erlassenen oder anerkannten Roten Listen aufgeführt sind;

e. weiterer Kriterien, wie Mobilitätsansprüche der Arten oder Vernetzung ihrer Vorkommen.

6 Ein technischer Eingriff, der schützenswerte Biotope beeinträchtigen kann, darf nur bewilligt werden, sofern er standortgebunden ist und einem überwiegenden Bedürfnis entspricht. Für die Bewertung des Biotops in der Interessenabwägung sind neben seiner Schutzwürdigkeit nach Absatz 3 insbesondere massgebend:

a. seine Bedeutung für die geschützten, gefährdeten und seltenen Pflanzen- und Tierarten;

b. seine ausgleichende Funktion für den Naturhaushalt;

c. seine Bedeutung für die Vernetzung schützenswerter Biotope;

d. seine biologische Eigenart oder sein typischer Charakter;

7 Wer einen Eingriff vornimmt oder verursacht, ist zu bestmöglichen Schutz-, Wiederherstellungs- oder ansonst angemessenen Ersatzmassnahmen zu verpflichten.

Anhang 1: Liste der schützenswerten Lebensraumtypen

(Auswahl: Seen, Seeufer)

Quellfluren, Gewässer

Adiantion Kalktuff-Felsspaltengesellschaften

Cratoneurion (commutati) Kalk-Quellflur

Cardamino-Montion Weichwasser-Quellflur

Ranunculion fluitantis Brachsamen- u. Barbenregion (Epipotamon)

Glycerio-Sparganion Bach- und Flussröhricht

Charion Armleuchteralgenrasen

Potamion Laichkrautgesellschaften

Lemnion Wasserlinsengesellschaften

Nymphaeion Seerosengesellschaften

Uferbereiche, Verlandungsgesellschaften und Flachmoore

Phragmition Stillwasser-Röhricht

Phalaridion Landschilf-Röhricht

Littorellion Strandlingsgesellschaften

Magnocaricion Grossseggenried

Cladietum Schneidbinsenried

Caricion fuscae Saures Kleinseggenried

Caricion davallianae, Rhynchosporion Kalk-Kleinseggenried

Calthion Sumpfdotterblumenwiese

Molinion Pfeifengraswiese

Filipendulion Spierstaudenflur

ANHANG B



Anmerkungen zu besonderen Gegebenheiten
in der Anwendung der Methodik zur Bemessung
des Ersatzbedarfs

Restriktionen und besondere Gegebenheiten

Ausbaggerung des Seegrundes beim Bau des Hafens

Was heute zur Bewilligungsfähigkeit einer neuen Hafenanlage nicht mehr möglich wäre (siehe u.a. Hafen «Christoffel» Meilen, BGE 2006), war zum Zeitpunkt der Erstellung von Hafenanlagen vor 10, 20 und mehr Jahren ein gängiges Vorgehen: Ausbaggerung der Flachwasserzone zum Erreichen einer bestimmten Wassertiefe. In vielen Fällen sollte bereits direkt am Ufer eine Wassertiefe von 2–2.5 m garantiert werden können.

Bei Hafenanlagen in breiteren Flachwasserbereichen führt die Ausbaggerung zu einer «Delle» mit allenfalls zusätzlicher Vertiefung für die Zufahrt. In solchen Anlagen sind meist mehr oder weniger starke Sedimentablagerungen (Auflandungen) festzustellen, so dass von Zeit zu Zeit zur Erhaltung des Hafenbetriebes bzw. zur Bestandeswahrung der Anlage als technische Einrichtung erneute Ausbaggerungen als Unterhaltsmassnahme notwendig sind. Die potenzielle Bewuchsfläche für die Unterwasservegetation ist aber noch vorhanden, es fehlen gegenüber dem Referenzbereich «lediglich» Anteile mit ganz geringer Wassertiefe und in gewissen Zeitabständen treten durch die Entfernung der Auflandungen relativ massive Störungen auf. Im Verlauf von 4–5 Jahren kann sich die Vegetation jedoch wieder weitgehend regenerieren. Es wird davon ausgegangen, dass die Auswirkungen auf die Vegetation der Hafenanlage im «regulären Betrieb» durch die Bemessung der Ersatzfläche gemäss Formel 1 und einer allfälligen Gewichtung des Faktors VS angemessen abgedeckt sind. **

** In Kapitel 3.5 wird die Zuweisung einer zu Unterhaltungszwecken periodisch ausgebaggerten Hafensfläche zu den festen Hafenstrukturen (= Basis der relevanten Hafensfläche zur Bemessung des Ersatzbedarfes) als Option im Ermessen der zuständigen Fachstelle diskutiert. Der Einbezug von Auswirkungen des Hafenbetriebes auf die Umgebung (u.a. Bootsverkehr / Hafenzufahrt) ist Kapitel 3.9 mit Anwendung des «EXTENSION-Moduls» erläutert.

Bei Hafenanlagen an steileren Uferabschnitten erfolgt durch die Ausbaggerung im eigentlichen Sinne eine Entfernung der Uferbank, was als dauerhafte Veränderung des Unterwasserreliefs anzusehen ist. Statt die Anlage weiter seewärts über grösseren Wassertiefen zu positionieren, wurde die Flachwasserzone verkürzt. Damit ist ein Verlust an Fläche als Lebensraum (für die Unterwasservegetation) verbunden. In Abwägung verschiedener Szenarien zur Berücksichtigung der Veränderung der Uferbank durch Ausbaggerung (z.B. Faktor 2 statt 1.5 in Formel 1), wird auf eine explizite Zusatzanforderung in der Berechnung des Ersatzbedarfes verzichtet. Allfällige Auswirkungen dürften sich ebenfalls über die Vegetationsparameter in Formel 1 manifestieren. Fällt beispielsweise im Hafenperimeter der Anteil an Seegrund zwischen Tiefe 0 und 1 m im Vergleich zur Referenz ganz oder teilweise weg, so kommen auch typische Wasserpflanzen für diese Tiefenzone (u.a. *Chara aspera*) nicht vor, was sich auf die Ähnlichkeit der Vegetationsstruktur (Faktor VS) auswirkt. Es kommt hinzu, dass eine Ausbaggerung mit dauerhaftem Verlust an Flachwasserzone oft aus den Tauchprofilen bzw. im Vergleich zum Referenzbereich nicht offensichtlich ist und aus den Unterlagen zum Bau des Hafens (sofern überhaupt noch vorhanden) keine entsprechenden Hinweise zu entnehmen sind. Es wird hinsichtlich des Aspektes «Veränderung Unterwasserrelief» zugunsten des Betreibers entschieden und es kommt Formel 1 zur Anwendung.

→ **EMPFEHLUNG:** Vorläufig keine Zusatzanforderung in der Berechnung des Ersatzbedarfes aufgrund von Ausbaggerungen.

Minimalwert des Ersatzbedarfes

In der Bemessung des Ersatzbedarfes gemäss Kap. 3.4, Formel 1, kann der Wert gegen Null tendieren, je geringer die Auswirkungen der Hafenanlage auf die Vegetation sind. Damit wäre es theoretisch möglich, dass für eine Hafenanlage überhaupt kein Ersatz zu leisten ist. Trotzdem besteht durch die Anlage an sich eine Nutzung der Flachwasserzone und man könnte argumentieren, dass dafür grundsätzlich ein Ersatzbedarf anfällt. Dem ist entgegen zu halten, dass die Abgeltung einer Nutzung über Gebühren (Konzession) zu lösen ist und nicht über die Forderung einer Ersatzmassnahme, die sich per definitionem auf die Kompensation einer Beeinträchtigung von Naturwerten bezieht.

Ein Basiswert des Ersatzbedarfes könnte allenfalls begründet werden mit Auswirkungen einer Hafenanlage über «unbestimmte» Effekte, welche zwar vorhanden sind, aber sich nicht über die Vegetation manifestieren und deshalb auch nicht erfasst werden. Ein möglicher Ansatz hierfür wäre die Forderung, dass im Minimum 20 % der mit dem Faktor 1.5 multiplizierten Hafensfläche geleistet werden soll und erst die «Restfläche» für das Berechnungsmodell mit den beiden Vegetationsparametern zur Disposition steht. In Anbetracht dessen, dass sich jedoch der grösste Teil der in Kapitel 3.2 aufgeführten (denkbaren) Auswirkungen von Hafenanlagen direkt oder indirekt über das (erfassbare) Erscheinungsbild der Vegetation manifestieren, kann auf einen Basiswert für «generelle oder unbestimmte Effekte» verzichtet werden.

→ **EMPFEHLUNG:** Vorläufig kein Minimalwert des Ersatzbedarfes.

Weitere Aspekte

Wäre es nicht sinnvoll, weitere Aspekte zu berücksichtigen, welche bei Wasserpflanzenerhebungen so oder so miterfasst werden, zum Beispiel das Vorkommen von Grossmuscheln?

Im Rahmen der Wasserpflanzenerhebungen gemäss Methode «MESAV+» (AQUAPLUS 2014) werden gleichzeitig eine Reihe weiterer Parameter erfasst, u.a. Algenvorkommen, Neozoen oder auch Grossmuscheln. Letztere weisen meist einen erhöhten Gefährdungsgrad auf (BAFU 2012). Es sollen hier die gleichen Überlegungen gelten, wie sie generell zur Frage der Berücksichtigung von Rote Liste-Arten gemacht wurden (siehe oben): Ein Vorkommen in einer Hafenanlage (bei gleichzeitigem Fehlen im Referenzbereich) ist nicht als Pluspunkt zu rechnen und damit nicht relevant für eine Verringerung des Ersatzbedarfes.

*Anmerkung: Grundsätzlich soll die Erhaltung bzw. Förderung von seltenen, geschützten oder gefährdeten Arten, so genannten SSG-Arten – welche u.U. gleichzeitig auch Ziel- oder Leitarten sein können – in erster Linie durch Uferaufwertungen mit Wiederherstellung gewässer- und standorttypischer Strukturen geschehen. Als **SONDERMASSNAHME** könnte eine Hafenanlage durch die kantonale Fachstelle Naturschutz als (temporäres) Objekt mit spezifischer Zielsetzung für SGG-Arten deklariert werden, z.B. im Rahmen eines Aktionsplanes, sofern keine oder nicht in absehbarer Zeit realisierbare*

anderweitige Möglichkeiten bestehen. Unter diesen Umständen steht die Hafenanlage unter besonderen Auflagen baulicher oder betrieblicher Art und es wird bezüglich Bemessung des Ersatzbedarfes eine gutachterliche Lösung getroffen.

- **Warum werden in der Bemessung des Ersatzbedarfes keine spezifischen Arten (z.B. Rote Liste-Arten) berücksichtigt?**

Wie bereits im Kapitel zur Frage «Vegetation im Hafen, aber keine in der Referenz» (Fall 2) dargestellt, sollen bzw. dürfen Rote Liste-Arten nicht im Zusammenhang mit der Bewertung der Auswirkungen einer Hafenanlage und damit zur Bemessung des Ersatzbedarfes beigezogen werden. Die Veränderung des Artenspektrums wird bereits im Faktor VS in Formel 1 angemessen berücksichtigt (siehe Kap. 3.4).

Eine zusätzliche Gewichtung von Arten im Sinne ihres Gefährdungsgrades gemäss der Rote Liste-Einschätzung ist nicht opportun, weil einerseits die Begrifflichkeit der «Gefährdung» insbesondere bei Wasserpflanzen nicht unumstritten ist¹ und andererseits eine Hafenanlage zur Förderung spezifischer Arten führen kann, welche zwar einen Rote Liste-Status aufweisen können, aber ausschliesslich im Zusammenhang mit unerwünschten Auswirkungen in Form von Kompartimentierung, Beschattung, Unterbruch von uferparallelen Strömungen, mechanischen Störungen durch Schiffsbetrieb Auflandungen von Feinsedimenten oder Nährstoffanreicherungen stehen.

Ausschlaggebend soll die Veränderung der standorttypischen (natürlichen) Verhältnisse durch die Anlage sein (im Vergleich zu einem Referenzabschnitt). Im Hafen können u.U. mehr seltene oder Rote Liste-Arten auftreten, trotzdem ist dies als «unnatürlicher» Zustand anzusehen.

¹ Diverse hydrophytische Wasserpflanzenarten weisen gemäss Rote Liste einen erhöhten Gefährdungsgrad auf (BAFU 2002, BAFU 2016). Viele dieser Arten gehören zum eutraphenten (nährstoffliebenden) Spektrum und sind auch natürlicherweise bzw. im naturnahen Zustand der Gewässer selten. Gerade im Zusammenhang mit der im Gewässerschutzgesetz verankerten Zielsetzung der Erhaltung natürlicher Lebensräume für Tiere und Pflanzen (damit verbunden ein Nährstoffgehalt, der höchstens eine mittlere Produktion zulässt; GSchV, Art. 13) und der seit Mitte der 1980er Jahre in den meisten Gewässern stark rückläufigen Phosphorkonzentrationen (als Resultat der mit Kläranlagen und Phosphatverbot in Waschmitteln lancierten Bemühungen zur Gewässersanierung) haben diese Arten zwangsläufig einen schwereren Stand. Sie würden natürlicherweise höchstens punktuell oder temporär vorkommen. Es kann keine Begründung darstellen, dass solche Arten mit Hafenanlagen gefördert werden sollen. Es wäre anzustreben, dass Arten, welche aufgrund von verloren gegangenen Strukturen im Uferbereich oder durch die in den meisten Schweizer Seen stark beeinflussten Wasserstandsschwankungen (Seeregulierung) selten geworden sind, durch gezielte Massnahmen gefördert werden. Dies soll in erster Linie durch Uferaufwertungen mit Wiederherstellung gewässer- und standorttypischer Strukturen geschehen.

Es kommt hinzu, dass diverse Wasserpflanzen-Arten hinsichtlich ihres Rote Liste-Status überprüft werden müssten (zum Teil ist dies in der 2016 überarbeiteten Roten Liste der Gefässpflanzen erfolgt; BAFU 2016). Der Zustand der Seen hat sich stark gewandelt und in der Zwischenzeit liegen aus verschiedenen Gewässern auch neuere Daten vor, welche möglicherweise noch nicht berücksichtigt sind. Die Einschätzung des Gefährdungsgrades der Characeen (Armeleuchteralgen) ist auf einem aktuellen Stand (BAFU 2012).

- ***Könnte man analog zu der für den VSA entwickelten Beurteilung der Auswirkungen von Mischwassereinleitungen in Seen nicht auch den Anteil der Characeen bzw. der nicht eutraphenten Arten (für eutrophe Seen) einbeziehen, sowie das gehäufte Auftreten von fädigen Algen und anderen typischen Verschmutzungszeigern wie Zannichellia palustris, «roten» Invertebraten und weiterer Arten?***

In der Methodik zur Beurteilung von Mischwassereinleitungen (AQUAPLUS 2017–2021) sind neben dem Vergleich der Vegetationsstruktur und der Bewuchsdichte (wie sie auch im vorliegenden Vorgehen bei Hafenanlagen Verwendung finden) noch weitere Kriterien enthalten. Diese beziehen sich stark auf die differenzierte Beurteilung einer Nährstoffbeeinflussung bzw. von Einträgen organischen Materials bei Hochwasserentlastungen (Biomasseproduktion, Abbauprozesse, Sauerstoffzehrung etc.). Der Aspekt «Nährstoffe» ist im Zusammenhang mit den Auswirkungen von Hafenanlagen zwar bedeutungsvoll, steht aber im Gegensatz zur Thematik «Mischwassereinleitungen» nicht unter einer höheren Gewichtung. Die in Formel 1 eingesetzten Vegetationsparameter sind zur Bemessung des Ersatzbedarfes bei Hafenanlagen ausreichend.

Die genannten Zusatzkriterien könnten zwar einbezogen werden, zu Gunsten der «Einfachheit des Verfahrens» wird aber vorläufig darauf verzichtet.

- ***Besteht der Bedarf an Ersatzmassnahmen über die ganze Betriebszeit der Hafenanlage?***

Normalerweise werden die Umweltauswirkungen eines Hafens und die zu leistenden Ersatzmassnahmen im Rahmen des UVP-Verfahrens und unter dem Gesichtspunkt «Neuanlage» behandelt. Mit der Bewilligung zur Erstellung der Anlage ist verbindlich auch die Realisierung des Ersatzbedarfes verknüpft. Der Ersatz ist in diesem Falle einmalig zu leisten. Bei der Neukonzessionierung von Hafenanlagen, zu denen bisher keine Umweltverträglichkeitsabklärungen gemacht wurden und entsprechend auch kein Ersatz geleistet wurde, wird nun eine nachträgliche Beurteilung vorgenommen, wie wenn es sich um eine Neuanlage handeln würde (siehe Erläuterungen in Kap. 2.1 «Rechtliche Grundlagen»). Auch in diesem Fall muss der Ersatz nur einmalig erfolgen. Die Massnahmen sind so zu gestalten, dass ihre kompensierende Wirkung zeitgleich und dauerhaft (also parallel zum Betrieb der Hafenanlage) zum Tragen kommt. Es ist denkbar, dass zur Aufrechterhaltung der Wirkung von Ersatzmassnahmen ein Unterhalt / Pflege, eine Beobachtung / Kontrolle oder u.U. auch eine periodische Neuerstellung erforderlich ist. Dies müsste aber bereits im Rahmen des Bewilligungsverfahrens als Teilaspekt der Ersatzleistung geregelt werden.

→ **EMPFEHLUNG:** Der Ersatz ist im Prinzip einmalig zu leisten. Es können darin aber Elemente enthalten sein, die auch nach der Fertigstellung von baulichen Massnahmen anfallen. Damit soll die gewünschte Wirkung der getroffenen Massnahmen zumindest für die Betriebsdauer der Anlage sichergestellt werden. Dies muss bereits im Rahmen des Bewilligungsverfahrens berücksichtigt sein.

ANHANG C-1



Methodik Wasserpflanzenuntersuchung
«MESAV+»

→ Publikation AQUA & GAS N° 7/8 | 2014



Wasserpflanzen bilden einen wichtigen Lebensraum in unseren Seen und sind gleichzeitig hoch-sensible Indikatoren für den Gewässerzustand. Durch verschiedene Passagen im Natur- und Heimatschutzgesetz steht die Unterwasservegetation unter besonders hohem Schutz. Mit «MESAV+» wird eine Methodik zur Erhebung der Wasserpflanzen vorgestellt, wie sie in der Schweiz im Verlauf der letzten 20 Jahre entwickelt und praktiziert wird. Mittlerweile ist die Erfassung mit sogenannten Tauchtransekten auch in der EU zum Standardverfahren geworden.

Klemens Niederberger, AquaPlus AG
Matthias Sturzenegger, AquaPlus AG*

RÉSUMÉ

ENQUÊTE SUR LES PLANTES AQUATIQUES – MÉTHODE D'ANALYSE DE LA SITUATION DES PLANTES AQUATIQUES ET DES FONDS DE LACS

Avec son concept d'analyse et d'évaluation des lacs en Suisse, l'Office fédéral de l'environnement (OFEV) a, en 2013, jeté les bases du développement de méthodes d'évaluation de la santé écologique des lacs suisses [1]. L'une des étapes suivantes consiste à élaborer un procédé pour analyser également les plantes aquatiques (macrophytes). Développée et utilisée par AquaPlus au cours des 20 dernières années, la méthode d'analyse des plantes aquatiques au moyen de transects de plongée constitue pour cela une base déjà bien établie.

Les plantes aquatiques sont d'excellents bioindicateurs, notamment pour les éléments nutritifs présents dans les sédiments et les masses d'eau, pour les pollutions mécaniques et les répercussions des constructions dans et au bord de l'eau. La méthode «MESAV+» (*Method for the Exploration of Submersed Aquatic Vegetation*) décrite ici contient une analyse détaillée de la végétation subaquatique, des fonds aquatiques et d'autres paramètres, réalisée à l'aide de transects de plongée (plongées effectuées le long d'une ligne définie au préalable, en général depuis la rive en direction du lac en suivant la ligne de pente du fond aquatique). Les résultats de l'analyse des paramètres reflètent bien la situation réelle. Lors de la modification de la densité de la végétation, de la composition des espèces, de la

> S. 77

EINLEITUNG

Mit dem Konzept für die Untersuchung und Beurteilung der Seen in der Schweiz hat das Bundesamt für Umwelt (BAFU) 2013 den Grundstein für die Entwicklung von Beurteilungsmethoden des ökologischen Gewässerzustandes der Seen in der Schweiz gelegt [1]. Prioritär werden die Bereiche «Ufermorphologie» und «Nährstoffe» entwickelt. Sie stellen eine wesentliche Grundlage für die Erfüllung von Art. 38a (Revitalisierung von Gewässern) des Bundesgesetzes über den Schutz der Gewässer (GSchG) sowie von Artikel 41b (Gewässerraum) und 41d (Revitalisierungsplanung) der Gewässerschutzverordnung (GSchV) dar. In weiteren Schritten ist die Erarbeitung der Themen «Fische», «Makrophyten» (Wasserpflanzen), «Makrozoobenthos» (Wasserwirbellose), «Plankton» und «Spurenstoffe» vorgesehen. Ein wichtiger Aspekt dieses Konzeptes ist nebst der zeitlichen und inhaltlichen Priorisierung auch die Darstellung der Grundsätze einer «guten Methodik».

Mit der im Verlauf der letzten 20 Jahre von AquaPlus entwickelten und praktizierten Methode der Wasserpflanzen-erhebung

Titelbild: Urnersee – eines der sieben untersuchten Teilbecken des Vierwaldstätter-sees. In stark strukturierten Seen sind die Teilbecken wie separate Seen zu behandeln

* Kontakt: klemens.niederberger@aquaplus.ch

bung mit Tauchtransekten und der damit verknüpften Modellierung des fischökologischen Potenzials besteht bereits eine etablierte Grundlage für die noch ausstehenden Entwicklungsschritte zur Untersuchung von Seen. Zum einen eignen sich Wasserpflanzen hervorragend als Bioindikatoren zur Beurteilung von Seen. Zum anderen werden die Anforderungen an ein «gutes methodisches Vorgehen» [1] vollumfänglich erfüllt. Im Zuge der vorgesehenen Seeuferrevitalisierungen (Priorisierung im Rahmen der strategischen Revitalisierungsplanung auf der Basis der ökomorphologischen Seeuferbeurteilung) bilden die Wasserpflanzen-erhebungen ein wichtiges Instrument für eine sorgfältige und den standörtlichen Gegebenheiten Rechnung tragende Umsetzung von Aufwertungsmassnahmen.

WASSERPFLANZEN

Wasserpflanzen werden unter dem Begriff «Makrophyten» oder auch «submerse aquatische Vegetation» zusammengefasst. Dazu gehören alle makroskopisch wahrnehmbaren höheren und niederen Pflanzen, die im Wasser wachsen. Es sind dies Höhere Pflanzen (Gefässpflanzen, Samenpflanzen = *Spermatophyta*), Moose (*Bryophyta*), Farne (*Pteridophyta*) sowie Armeleuchteralgen (*Characeen*).

Die Beurteilung des Gewässerzustandes von Uferabschnitten oder ganzer Seen auf Basis von Wasserpflanzen kommt in der Schweiz seit über 80 Jahren zur Anwendung. So wurden z.B. in den 1930er-Jahren von *Gamma* [2] die Wasserpflanzen der Zentralschweizer Seen oder ab Mitte der 1970er-Jahre durch *Lachavanne* [3] eine Zustandsbeschreibung für die meisten grossen Schweizer Seen anhand der Unterwasservegetation vorgenommen. Die dabei verwendeten Methoden wie der Einsatz von Unterwassersichtgeräten (sog. Aquascope), das Heraufholen von Pflanzen mittels Rechen oder der Einsatz von Luftbildern mit stichprobenartiger Sondierung von vermuteten Vegetationsbeständen genügen jedoch den heutigen Rahmenbedingungen und Anforderungen nicht mehr. Sie sind in qualitativer und quantitativer Hinsicht mit einigen Vorbehalten behaftet. Zudem ergeben sich heute auch andere bzw. differenziertere Fragestellungen, die eine detaillierte,

quantitativ abgestützte und reproduzierbare Zustandserfassung erfordern, unter anderem um die zeitliche Entwicklung dokumentieren zu können oder auch um eine verlässliche Grundlage zur Gewässerraum- oder Revitalisierungsplanung zu schaffen.

AquaPlus arbeitet seit 1995 bei Wasserpflanzenuntersuchungen systematisch mit Tauchtransekten (Abtauchen von vorgängig festgelegten Linien), sowohl für die Erhebung von Stichprobenprofilen als auch für flächendeckende Kartierungen, und hat diese Methodik für die Aufnahme von Wasserpflanzen massgeblich entwickelt. Sie soll im Folgenden unter der Bezeichnung «MESAV+» geführt werden – die Abkürzung steht für «Methode zur Erfassung der submersen aquatischen Vegetation» (engl. *Method for the Exploration of Submersed Aquatic Vegetation*). Das «+» weist dabei einerseits auf die zusätzlich erfassten Parameter hin und deutet andererseits das Schweizerkreuz (Schweizer Methode) an.

Die Methode wurde von *AquaPlus* im Jahr 2000 am Lehrstuhl für aquatische Systembiologie der Technischen Universität München vorgestellt, einer der in Europa führenden wissenschaftlichen Institutionen in Makrophytenfragen. In der Zwischenzeit hat dieses Vorgehen zur Erfassung von Makrophyten und Seegrund in der EU eine breite Akzeptanz und Anerkennung gefunden. So wird beispielsweise in der Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) [4] für die Gewässerbewertung auf Basis der Qualitätskomponente «Makrophyten und Phytobenthos» verbindlich gefordert, dass die Erhebung mit Transekten erfolgt, für die meisten Fälle ist hier die tauchganggestützte Ausführung das geeignetste Verfahren [5]. Leider wird in der EU-Methode mit vordefinierten Tiefenstufen gearbeitet (statt mit Festlegen von Abschnittsgrenzen bei Änderung der Attributausprägungen, vgl. *Kap. Aufnahmehethodik*) und innerhalb dieser Bereichsgrenzen ein Mittelwert gebildet. Aus Autorensicht gehen auf diese Weise wichtige Informationen verloren. Auch werden die Kriterien für eine gute Methode nicht beachtet: Die Ausprägung soll nach tatsächlicher Ausdehnung und nicht nach vorgegebenen Einheiten erfasst werden. Aufgrund der Aufnahmemethodik nach «MESAV+» mit hoher Informationsdichte und der Einbindung der Ergebnisse in eine Datenbank lassen sich die in der EU verwendeten Tiefenstufen

aber im Rahmen eines «*Post processing*»-Verfahrens problemlos generieren. Die Vergleichbarkeit mit Erhebungen der Nachbarländer ist somit sicherstellt.

Seit einigen Jahren werden immer wieder spezielle Ansätze für die Erhebung unter Wasser liegender Vegetationsvorkommen vorgestellt, insbesondere Methoden der Fernerkundung wie Luftbilddauswertung, lasergestützte Verfahren (LIDAR), hyperspektrale Fernerkundung, o.ä. Diesen Vorgehensweisen sind bisher jedoch meist enge Grenzen gesetzt. So ist zum Beispiel auch bei guter Sicht die Erfassung in grösseren Wassertiefen limitiert und über die vorkommenden Arten und ihre Häufigkeitsanteile kann nur mit begleitenden Tauchgängen Aufschluss gewonnen werden. Eine Eichung ist sehr aufwändig und objektspezifisch, d.h. kaum auf andere Gewässer übertragbar. Ähnlich verhält es sich bei Echolotaufnahmen: Strukturen können zwar erfasst werden, der Einsatz bei geringen Wassertiefen ist jedoch nur eingeschränkt möglich. Auch muss hier die Artzusammensetzung wiederum mit Tauchgängen ermittelt werden. Taucheinsätze erweisen sich also als unabdingbar, soll die Vegetationsstruktur und ihre Ausprägung entlang des Tiefenprofils bis zur unteren Verbreitungsgrenze ermittelt werden.

Zudem werden bei Tauchuntersuchungen, im Gegensatz zu anderen Erfassungsmethoden, nachweislich höhere Artenzahlen erfasst. Da heute zunehmend auch Fragen zur Biodiversität an Bedeutung gewinnen und die Ausbreitung der Vegetation im Zuge der Seensanierung wieder grössere Wassertiefen erreicht, kann vorerst keine andere Methode die gewünschte Genauigkeit und Verlässlichkeit liefern. Auch erste Versuche mit Unterwasserkameras und Tauchrobotern haben noch nicht zu befriedigenden Ergebnissen geführt (u.a. Probleme der Erkennbarkeit bei bereits leichter Trübung, keine direkte Begutachtung der Pflanzen zur sicheren Bestimmung, Hängenbleiben der Geräte in den Pflanzen). Die verschiedenen technischen Entwicklungen werden jedoch mit Aufmerksamkeit verfolgt.

Das Vorgehen zur Beurteilung von Uferabschnitten oder ganzen Seen mithilfe von Makrophytenaufnahmen wird im Folgenden anhand eines Praxisbeispiels vorgestellt. In den Jahren 2007–2011 fand mit der Untersuchung von 119 Tauchtransekten im Auftrag der Aufsichtskommission Vierwaldstättersee AKV eine

umfassende Aufnahme der Wasserpflanzenverhältnisse im Vierwaldstättersee statt [6] (Fig. 1). Im Vergleich mit den Erhebungen von 1935 [2] und 1982 [3] sollte

die Entwicklung der Unterwasservegetation dokumentiert und interpretiert werden. Hierzu wurden spezielle Verfahren entwickelt, um trotz der grossen Unterschiede

zu den früheren Methoden eine möglichst verlässliche Aussage machen zu können. Mit der aktuellen Kampagne unter Einsatz von Tauchtransekten steht künftig eine hoch differenzierte und reproduzierbare Datengrundlage zur Verfügung.



Fig. 1 Die sechs quantitativ wichtigsten Arten des Vierwaldstättersees und deren Häufigkeitsanteile. Vier dieser Arten gehören zur Gruppe der Characeen (Armeleuchteralgen)
Les six espèces les plus importantes quantitativement du lac des Quatre Cantons et leurs indices de fréquence. Quatre de ces espèces appartiennent au groupe des characées

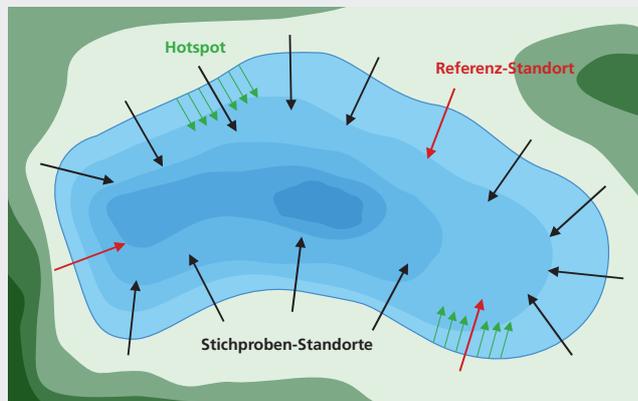


Fig. 2 Schematische Darstellung der verschiedenen Transekt-Kategorien. Einzeltransekte bei Stichproben und Referenz-Standorten, Transekt-Gruppen (Anzahl ≥ 10) zur flächendeckenden Erfassung von Hotspots. Am Vierwaldstättersee wurden für die Gesamtauswertung 119 Transekte verwendet, zu 12 Hotspot-Standorten erfolgte eine objektspezifische Auswertung

Représentation schématique des différentes catégories de transects. Transects individuels pour échantillons et lieux de références, groupes de transects (nombre ≥ 10) pour une analyse étendue de zones sensibles. Au lac des Quatre Cantons, 119 transects ont été utilisés pour l'évaluation générale, puis une évaluation spécifique de 12 zones sensibles a été effectuée

UNTERSUCHUNGSKONZEPT

Mit der Trennung von Datenerfassung und Bewertung entspricht «MESAV+» den Anforderungen, wie sie im Konzept zur Untersuchung und Beurteilung von stehenden Gewässern [1] festgehalten sind. Die Aufnahme erfolgt dabei nach realer Ausprägung der Erscheinungsformen. Informationsgehalt und Genauigkeit auf dem Tauchtransekt sind dadurch sehr hoch. Die Auflösung in der Fläche ist abhängig von der Anzahl Transekte pro Uferlänge. In die Auswertung lässt sich das Modell von Zielhierarchien und Wertfunktionen bis hin zu den Attributen gemäss BAFU-Konzept integrieren. Als bestehende Bewertungssysteme sind der Makrophyten-Index (MI), der Referenz-Index (RI) sowie der Aspekt Makrophyten des Indice de Biodiversité des Etangs et Mares (IBEM) zu erwähnen. Alle drei Verfahren können mit den Aufnahmen gemäss Methode «MESAV+» durchgeführt werden.

TRANSEKT-KATEGORIEN

Eine Zustandserhebung auf Basis der Makrophyten für einen See nach «MESAV+» basiert auf drei Transekt-Kategorien (Fig. 2):

Stichproben-Standorte
Regelmässig über die Uferlinie verteilte Einzeltransekte, die für die Gesamtbeurteilung des Sees zusammen ausgewertet werden. Ihre Anzahl und Position ist abhängig von der Länge der Uferlinie, dem Vorkommen verschiedener Ufertypen sowie der zugrunde liegenden Fragestellung.

Referenz-Standorte (als Teilmenge der Stichproben transekte)
Für den See typische Transekte oder bereits vorhandene historische Transekte, anhand welcher der ursprüngliche Zustand abgelesen und die Entwicklung verfolgt werden kann. Mit diesen Referenztransekten wird eine Weiterführung bestehender Datenreihen ermöglicht.

Hotspots
Ökologisch wertvolle (Ufer-)Bereiche, die mit einer detaillierten, flächendeckenden

Zustandserhebung erfasst werden. Um einer nicht repräsentativen Übergewichtung vorzubeugen, fliessen von den Hotspots nur vorgängig definierte Einzeltransekte (Stichproben-Standorte) in die Gesamtauswertung ein.

ANZAHL UND LAGE DER TRANSEKTE

Anzahl und Lage der Transekte sind entscheidend für den Detaillierungsgrad und die Repräsentativität der Untersuchungen. Sie werden nach folgendem Vorgehen festgelegt:

1. Länge Uferlinie

Für die Unterwasservegetation ist nicht die Seegrösse als Ganzes entscheidend, sondern die Ausdehnung der besiedelbaren Fläche und deren Abwicklung entlang des Ufers. Die erforderliche Zahl der Transekte für eine repräsentative Untersuchung sollte sich daher an der Länge der Uferlinie orientieren (und nicht an der Seefläche). Die Repräsentativität ist dann optimal, wenn die Transekte in regelmässigen Abständen über die Uferlinie verteilt werden. Damit werden die Ufer- bzw. die Wasserpflanzenverhältnisse statistisch proportional erfasst. Es ist nun eine Frage der gewünschten Auflösung und Aussagekraft, in welchem Abstand die Transekte gelegt werden. Für eine ausreichende Grobbeurteilung eines Gewässers wäre es angebracht, mindestens alle 500 m ein Stichproben-Transekt aufzunehmen. Auf eine «nicht zufällige» Verteilung der Transekte soll nach Möglichkeit verzichtet werden. Für Detailaufnahmen bzw. für eine hohe Auflösung (flächendeckende Erhebungen in Hotspots oder zur Beurteilung von Projekten) hat sich ein Transektabstand von 20–40 m bewährt.

2. Ufertypen

Die Anordnung eines regelmässigen Rasters kann zu Transekzahlen führen, die bei begrenzten Mitteln möglicherweise nicht realisiert werden können. Wenn von einer seeweite statistischen Verteilung abgewichen wird, sollen zumindest die Ufertypen und die Exposition des Seeufers (die «Seeseite») proportional vertreten sein. Es werden verschiedene Breitenkategorien der Uferbank bis 4 m Tiefe unterschieden (abgeleitet aus der in Entwicklung stehenden Methode des BAFU zur ökomorphologischen Untersuchung der Seeufer) und anhand des vorliegenden Seereliefs der Anteil dieser Kategorien bestimmt. Angenommen, es liegen für ein Gewässer 30% Flachufer und 70% Steilufer vor, so sollte sich dies auch in der Verteilung der Transekte widerspiegeln.

3. Strukturierung des Sees

Stark strukturierte Seen, insbesondere mit deutlich abgegrenzten Teilbecken wie beispielsweise der Vierwaldstättersee, erfordern eine spezielle Festlegung der Transekte. Die Teilbecken sollten dabei wie separate Seen behandelt und auch ausgewertet werden. Die Aufteilung der Transekte richtet sich erneut nach den Kriterien der möglichst hohen Repräsentativität.

Für den Vierwaldstättersee entstand für die seeweite Übersichtsauswertung ein Stichprobenraster aus 119 Transekten, die Anzahl und Lage der Transekte wurde von den Anrainerkantonen festgelegt [6]. Bei 16 dieser Transekte handelt es sich um Referenzstellen aus früheren Untersuchungen (1935 und 1982).

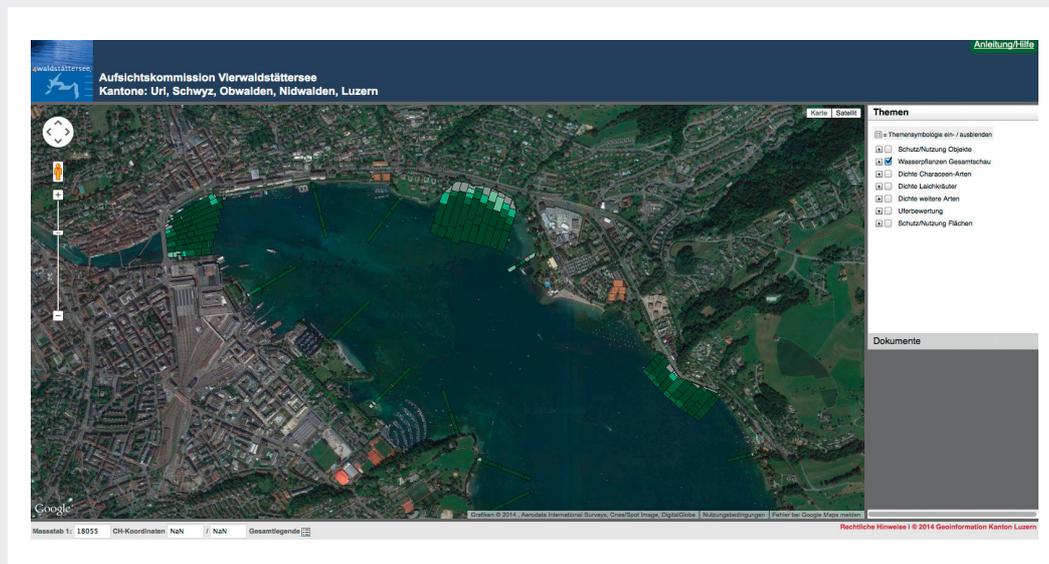


Fig. 3 Ausschnitt aus dem Untersuchungs raster des Vierwaldstättersees, Luzerner Becken mit den Stichprobenstandorten, dargestellt als Einzelstandorte, sowie den Hotspots «Trottlibucht» und «Seeausfluss». Aufgrund der geringen Wassertiefe in der Bucht wurden einzelne Transekte nach 300 m Uferdistanz abgebrochen. Alle Vegetationsdaten für den Vierwaldstättersee sind auf dem MapViewer der Aufsichtskommission Vierwaldstättersee AKV (www.geo.lu.ch/app/4wsee) abrufbar

Extrait de la grille d'analyse du lac des Quatre Cantons, du bassin de Lucerne avec les sites d'échantillonnage, représentés comme sites individuels, ainsi que les zones sensibles «Trottlibucht» et «effluent du lac». Toutes les données sur la végétation du lac peuvent être consultées grâce au visualisateur de cartes de la commission de surveillance du lac des Quatre Cantons (www.geo.lu.ch/app/4wsee)

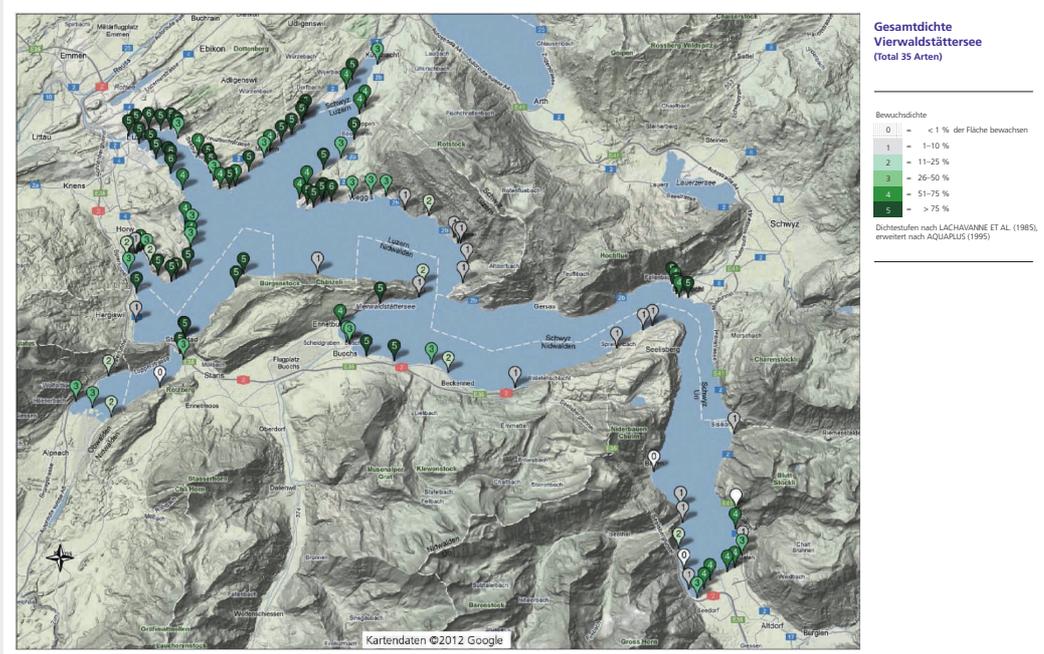


Fig. 4 Darstellung der Gesamtdichte der Unterwasservegetation (Zusammenfassung aller Arten) an den 119 Transekten am Vierwaldstättersee. Je dunkler die Farbe, desto grösser ist die Bewuchsdichte. In dieser Übersicht werden die Transekte auf einen «Punkt» reduziert. Diese Darstellung kann für jede einzelne Art erzeugt werden. Die Detailedarstellung in räumlicher Differenzierung ist beispielhaft in Figur 7 ersichtlich
 Représentation de la densité globale de la végétation subaquatique (ensemble des espèces) sur les 119 transects du lac des Quatre Cantons. La couleur est plus sombre quand la densité de végétation est plus grande. Sur cette vue d'ensemble, les transects sont réduits à un point». Il est possible de générer cette représentation pour chaque espèce. La représentation détaillée avec différenciation spatiale est visible sur la fig. 7, à titre d'exemple



Fig. 5 Links: Taucher bei der Arbeit. Die Boje befindet sich zu jeder Zeit senkrecht über dem Taucher. Sie markiert dessen Position und dient als Kommunikationsmittel zwischen Taucher und Untersuchungsleiter. Auf dem mitgeführten Cockpit befinden sich Aufnahmeprotokolle, Kompass und Tauchcomputer. Rechts: Vegetationssituation. Unterschiede in Artzusammensetzung und Wuchshöhe markieren eine Abschnittsgrenze
 À gauche: plongeurs en plein travail. La balise se trouve en permanence à la verticale au-dessus du plongeur, indique sa position et sert de moyen de communication entre le plongeur et le responsable de l'étude. Le cockpit transporté contient le protocole d'analyse, le compas ainsi que l'ordinateur de plongée. À droite: situation de la végétation. Une composition en espèces et une hauteur de végétation différentes indiquent une limite de secteur

Zusätzlich erfolgte eine flächendeckende Aufnahme von 12 «Hotspots» mit jeweils mindestens 10 aufeinanderfolgenden Transekten im Abstand von 20 bzw. 40 m. Von jedem «Hotspot» wurde jeweils eines der Transekte in die Gesamtauswertung einbezogen (Fig. 3 und 4).

AUFNAHMEMETHODIK

ALLGEMEIN

Die Untersuchungen erfolgen mit Tauchgängen entlang einer vorgegebenen Linie, sogenannter Transekte. Die Lage und Richtung der Transekte werden vorgängig in einem geografischen Informationssystem (GIS) festgelegt. Auf dem Transekt (Beobachtungsbreite beidseitig ca. 2–3 m) werden Abschnittsgrenzen definiert, sobald einer der folgenden Vorgaben eintritt: Veränderung der Gesamtdichte, Veränderung der Zusammensetzung oder Häufigkeitsanteil der vorkommenden Arten, Veränderung der Untergrundbeschaffenheit oder deutliche Veränderung der Untergrundneigung. Die Abschnittsgrenzen werden per GPS eingemessen (Genauigkeit mit den aktuellen Geräten < 1 m). Die Untersuchungsequipe besteht dabei aus einem Taucher, einem Untersuchungsleiter sowie einem Bootsführer im Begleitboot (Fig. 5).

Die Wasserpflanzenaufnahmen sind zum Zeitpunkt der grössten Biomasse auszuführen, in der Regel im Juli und August (frühestens ab Mitte Juni bis spätestens Mitte September [7, 8]). Dies deckt sich mit einem Zeitfenster, in dem sowohl früh verschwindende Arten als auch sich später entwickelte Arten vorhanden sind. Erhebungen im Winterhalbjahr sind nicht aussagekräftig, weil ein Grossteil der höheren Wasserpflanzen (bzw. deren oberirdischen Teile) im Herbst abstirbt und erst im nächsten Jahr wieder austreibt.

WASSERPFLANZEN

Die Erfassung der Unterwasservegetation geschieht entlang der Tauchtransekte ab Ufer bis zur unteren Bewuchsgrenze. In der Schweiz wird die maximale untere Besiedlungsgrenze bei etwa 20 m Tiefe angenommen [3]. Folgende Parameter werden erhoben: Wassertiefe, Gesamtbewuchsdichte, Artenzusammensetzung, Bestimmung des Anteils jeder Art an der Gesamtdichte, Pflanzenvitalität und Wuchshöhe (Fig. 6 und 7). Auch der aquatische Teil der Ufervegetation (z. B. Schilfvorkommen) wird aufgenommen. In der

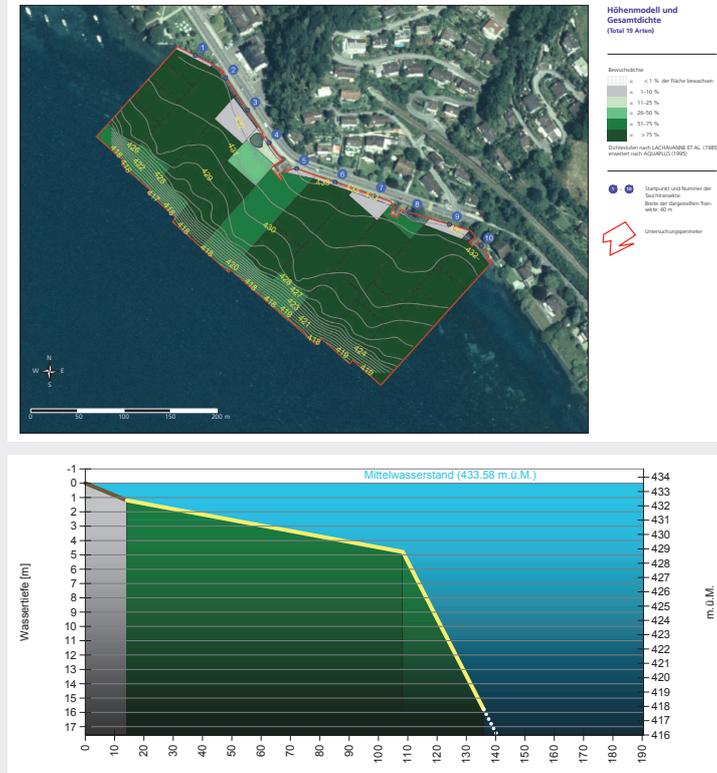


Fig. 6 Flächendeckende Wasserpflanzenaufnahme im Luzernerbecken des Vierwaldstättersees (Hotspot «Seeburg»). Darstellung der Gesamtdichte (Bewuchs aus allen vorkommenden Arten). Gleichzeitig mit der Vegetation erfolgt bei jedem Abschnitt auch die Erfassung der Wassertiefe. Daraus können das Höhenmodell des Untersuchungsperimeters sowie für jeden Transekt ein Tiefenprofil generiert werden. Unten: Transekt Nr. 5 als Beispiel: Es sind darauf die vorherrschenden Untergrundbeschaffenheit als Linie sowie die Gesamtdichte der auf dem betreffenden Abschnitt vorliegenden Bewuchsdichte als Fläche dargestellt

Analyse étendue des plantes aquatiques dans le bassin de Lucerne (zone sensible «Seeburg»). Représentation de la densité globale (végétation composée de toutes les espèces présentes). La profondeur de l'eau est mesurée en même temps que la végétation pour chaque secteur. Cela permet de générer le modèle de terrain du périmètre d'étude ainsi qu'un profil de profondeur pour chaque transect. Cela est illustré plus loin par le transect n° 5. La géologie prédominante du sous-sol est représentée par une ligne et la densité globale de la végétation présente dans le secteur concerné par une surface

späteren Auswertung kann präzise angegeben werden, wie sich die Verbreitung der Arten, u. a. Frequenz im Perimeter, präsentiert und wo gefährdete Arten (gemäss Roter Liste) vorkommen.

UNTERGRUNDBESCHAFFENHEIT/GEWÄSSERMORPHOLOGIE/RELIEF

Die Daten der Sedimentbeschaffenheit werden im Rahmen der Wasserpflanzenaufnahme mit Verteilung auf sechs Korngrößenstufen erfasst (Blöcke, Steine, Grobkies, Feinkies, Sand, Schlamm). Die

vorherrschende Untergrundzusammensetzung kann in einem Übersichtsplan dargestellt werden. Die Untergrundsdaten bilden zusammen mit jenen der Vegetation die massgebliche Grundlage für die Potenzialabschätzung der Fischhabitate. Das Gewässerrelief bis zur Vegetationsgrenze lässt sich anhand der bei den Tauchaufnahmen eingemessenen Wassertiefen modellieren. Mit den Tiefenangaben und den per GPS eingemessenen Abschnittsgrenzen können Profildarstellungen erzeugt und Höhenlinien generiert werden. Alter-

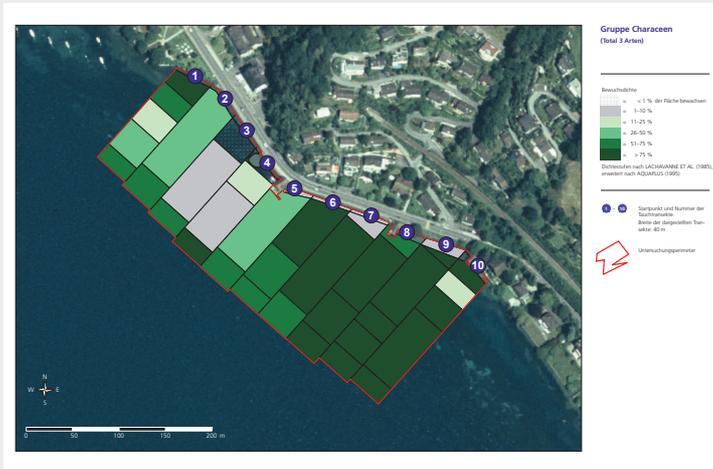


Fig. 7 Flächendeckende Wasserpflanzenenerhebung im Luzernerbecken des Vierwaldstättersees (Hotspot «Seeburg»). Es wird die Bewuchsdichte der Armeleuchteralgen (Characeen) dargestellt. Sie sind typisch für nährstoffarme Verhältnisse. In der linken Hälfte des Untersuchungsgebietes sind die Characeen stark ausgedünnt, dort kommen komplementär Arten auf, welche Nährstoffeinträge anzeigen. Mit Wasserpflanzen als Bioindikatoren lassen sich lokale Belastungen wie im dargestellten Uferabschnitt aufzeigen (im vorliegenden Fall liegt eine Mischwasserentlastung bei Transekt 3 vor)
 Analyse étendue des plantes aquatiques dans le bassin de Lucerne (zone sensible «Seeburg»). La densité de végétation des characées est représentée. Elles sont le signe de conditions oligotrophes. Dans la partie gauche de la zone d'étude, les characées sont fortement réduites et d'autres espèces viennent s'ajouter, lesquelles indiquent des apports d'éléments nutritifs. Les plantes servent de bioindicateurs permettent de révéler les pollutions locales comme dans la représentation du secteur de la rive (dans le cas présent, le transect 3 révèle la présence d'un bassin d'orage)



Fig. 8 Flächendeckende Wasserpflanzenenerhebung im Alpnachersee (Hotspot «Garnhänki»). Darstellung der Untergrundbeschaffenheit in Form der vorherrschenden Korngrösse auf der Basis der quantitativen Verteilung der sechs Korngrössenklassen
 Analyse étendue des plantes aquatiques dans l'Alpnachersee (zone sensible: «Garnhänki»). Représentation de la géologie du sous-sol sous forme de granulométrie prédominante, sur la base de la répartition quantitative des 6 classes granulométriques

nativ steht eine ergänzende Vermessung des Seegrundes mittels GPS-gekoppelten Sonars zur Verfügung (Fig. 8).

FISCHE

Das Vorkommen von Fischen wird während der Wasserpflanzenaufnahme als Beobachtungsinformation erfasst (Häufigkeitsstufen, Fischarten, Altersklassen). Die Beobachtungen haben jedoch nur den Stellenwert einer Begleitinformation, da Störungen durch den Taucher sowie durch das Boot das Verhalten der Fische stark beeinflussen. Um dennoch die Eignung des Untersuchungsgebietes als Fischlebensraum abschätzen zu können, wird das Fischökologische Potenzial (FÖP) für Laich- und Jungfischhabitate basierend auf Untergrundbeschaffenheit, Wassertiefe und Makrophytenvorkommen modelliert (Eigenentwicklung AquaPlus) (Fig. 9).

WIRBELLOSE

Im Rahmen der Taucharbeiten zur Vegetationserhebung werden jeweils auch das Vorkommen von Grossmuscheln (*Anodonta*- und *Unio*-Arten), der Edelkrebse, das Auftreten diverser Neozoen, u.a. Wandermuschel (*Dreissena polymorpha*), Körbchenmuschel (*Corbicula fluminea*), Kamberkreb (*Orconectes limosus*) und Höckerflohkrebs (*Dikerogammarus villosus*), quantitativ in fünf Häufigkeitsstufen erfasst. Je nach vorliegender Fragestellung können zusätzlich weitere Gruppen oder Arten separat erfasst (z.B. Schnecken auf den Wasserpflanzen) oder separate Wirbellosenproben zur späteren Bestimmung entnommen werden (Fig. 10).

WEITERE PARAMETER

Zusammen mit den Tauchaufnahmen der Wasserpflanzen werden standardmässig zusätzliche Parameter erfasst (in Dichte- bzw. Häufigkeitsstufen): Vorkommen von Algen, Sedimentation, organische Ablagerungen (Totholz, Laub etc.), Abfall, Feststoffe aus der Siedlungsentwässerung, Ophrydien, Ankerschäden und ggf. weitere je nach Bedarf und Fragestellung (Fig. 11).

AUSWERTUNG

Für die Datenauswertung werden die tatsächlichen Verhältnisse im Feld in eine leicht vereinfachte, kartografische Darstellung überführt (Fig. 12). Alle Auswertungen und Darstellungen basieren auf diesem Flächenmuster, als Grundeinheit ist die Einzelfläche zu betrachten, dabei

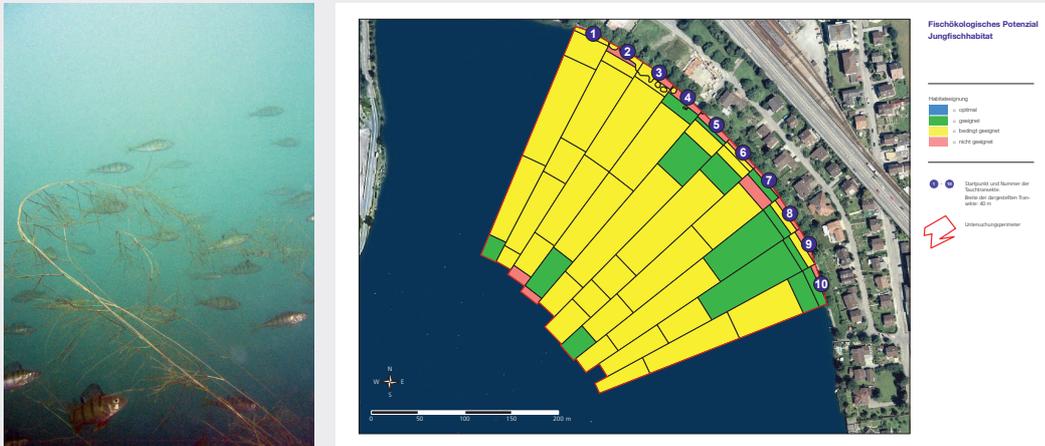


Fig. 9 Darstellung der Eignung der Wasserpflanzenbestände als Jungfischhabitate. Berücksichtigt werden dabei die Bewuchsdichte, die Wuchshöhe, die Wuchsform sowie das saisonale Auftreten der vorkommenden Arten. In einer Verrechnung dieser Faktoren wird ein Eignungsindex generiert. Im gleichen Sinne können auch die Laichhabitate für verschiedene Substratpräferenzen (Sand/Kies/Kraut) modelliert werden.

Représentation de l'aptitude des plantes aquatiques à servir de frayères. Sont prises en compte la densité et la hauteur de la végétation, sa forme, ainsi que l'apparition saisonnière des espèces observées. La prise en compte de ces facteurs permet de générer un indice d'aptitude. De la même manière, les frayères peuvent aussi être modélisés pour les différentes préférences en terme de substrats (sable/gravier/herbe)

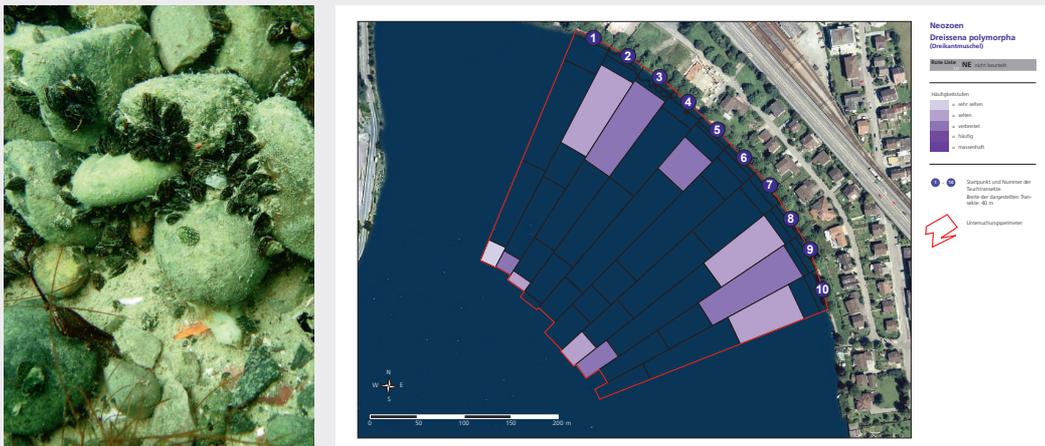


Fig. 10 Darstellung der Vorkommenshäufigkeit der eingeschleppten Dreikantmuschel (Dreissena polymorpha). Es ist dies ein Beispiel von einer ganzen Reihe von Zusatzparametern, die standardmässig auf dem gleichen Tauchgang zur Erfassung der Vegetationsdaten aufgenommen werden

Représentation de la fréquence de la moule zébrée importée (Dreissena polymorpha). Ceci est un exemple parmi toute une série de paramètres supplémentaires, qui sont habituellement utilisés au cours d'une même plongée pour recueillir des données sur la végétation

gehen die Flächengrösse, die Gesamtdichte und die Anteile jeder Art an der Gesamtdichte in die quantitative Verarbeitung ein. Dies geschieht für jede Teilfläche auf einem Transekt und kann für ganze Transekte oder eine beliebige Auswahl von Einzelflächen oder Gruppen von Transekten bis hin zu einem ganzen Gewässer verrechnet werden. Die Visualisierung einer «flächendeckenden» Erhebung

erfolgt bis zu einem Transektabstand von 40 m, bei grösseren Abständen werden die Zwischenräume nicht mehr extrapoliert, sondern auf Einzelabbildung der Transekte gewechselt. Um einen schnellen Überblick über einen ganzen See zu ermöglichen, erfolgt die «Reduktion» eines ganzen Transektes zu einem Punkt (s. Fig. 4). Die georeferenzierte flächige «Abbildung» des Transektstreifens mit ei-

ner Standardbreite von 20–40 m und den Abschnittsgrenzen wird zuerst in einem GIS erstellt und anschliessend zusammen mit den erfassten Parametern in die Datenbank übernommen. Alle quantitativen Auswertungen und Plandarstellungen können nun direkt aus der Datenbank generiert werden. Die quantitativen Auswertungen umfassen unter anderem (Tab. 1 und 2):

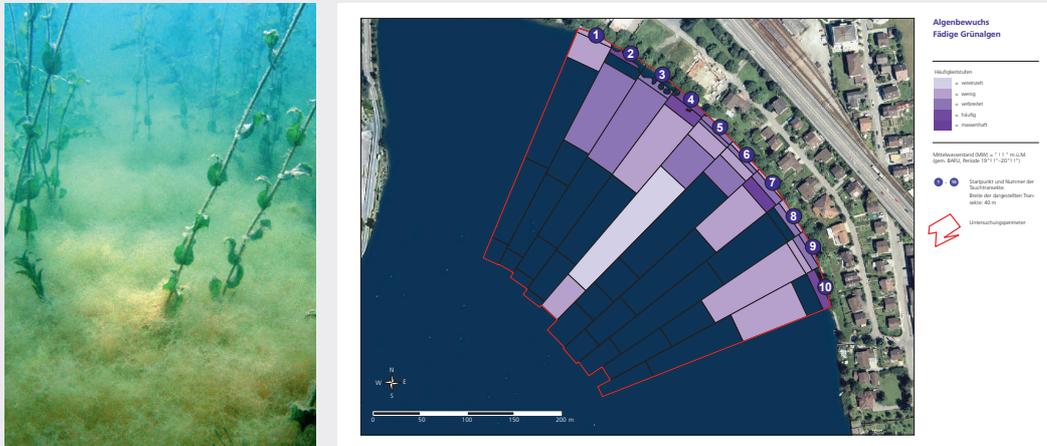


Fig. 11 Darstellung der Vorkommenshäufigkeit von fadenförmigen Grünalgen. Sie markieren in der Regel Bereiche mit erhöhten Nährstoffeinträgen. Zusammen mit den Wasserpflanzen als Bioindikatoren können verlässlich unerwünschte Belastungen z. B. durch Einleitungen erkannt werden
 La fréquence des algues vertes filiformes. Elles indiquent généralement des zones riches en apports d'éléments nutritifs. Les plantes aquatiques servant de bioindicateurs peuvent permettre d'identifier de manière fiable les pollutions indésirables, comme p. ex. celles dues à des déversements

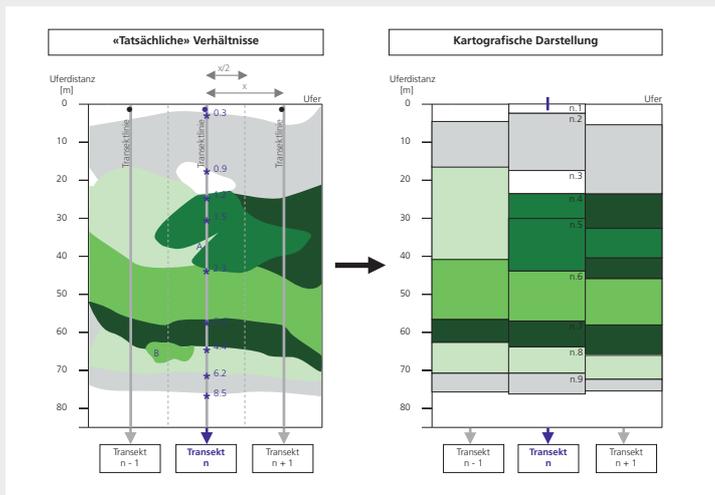


Fig. 12 Schematische Darstellung der «tatsächlichen Verhältnisse» und der daraus resultierenden kartografischen Darstellung. Die Verhältnisse zwischen den Transekten werden durch Extrapolation «modelliert». Es ist daraus leicht ersichtlich, dass die Annäherung an reale Gegebenheiten umso besser ist, je kleiner der Transektabstand gewählt wird
 Représentation schématique des «conditions réelles» et représentation cartographique en résultant. Les rapports entre les transects sont «modélisés» par extrapolation. On peut constater que l'appréhension de la situation réelle est d'autant meilleure que l'écart de transects choisi est plus petit

- Gesamtdichte der Vegetation sowie Einzeldichte aller Arten oder Artengruppen (Characeen, Laichkräuter, Rote-Liste-Arten) auf allen Transektflächen
- Dichte und Abundanzanteil für jede Art pro Transekt, pro Uferabschnitt (mehrere Transekte), pro ausgewählte

- Flächengruppe oder im ganzen Untersuchungsperimeter
- prozentuale Anteile der Bewuchsdichtestufen im jeweiligen Projektperimeter
- räumliche und sektorische Frequenz der vorkommenden Arten (Verteilung der

Arten auf die besiedelte Fläche oder auf die Transekte bezogen)

- Verteilung der Untergrundbeschaffenheit, der Vorkommen von Neozoen, von Grossmuscheln, Algenbewuchs etc.

Kombinierte Wasserpflanzen- und Seegrundaufnahmen beinhalten einen sehr hohen Informationsgehalt. Mit den vorhandenen Grundlagen kann ein breites Spektrum an Fragestellungen angegangen werden, unter anderem:

- IST-Zustand: Arten, Dichte und Struktur der Wasserpflanzen, Substratzusammensetzung, Algen, Neobiota, Grossmuscheln, Krebse etc. Dabei gewinnen immer mehr auch Aspekte der Biodiversität und des Gefährdungsgrades (Rote Liste) an Bedeutung.
- Grundlagenbeschaffung für die Massnahmen- und die Revitalisierungsplanung
- Feststellen und Beurteilen von Beeinträchtigungen, z.B. Einleitungen von Abwasser, Regenentlastungen, Brauchwasserrückgaben (Wärme-/Kältenutzung)
- Abschätzen des Ausmasses von Beeinträchtigungen durch Bauten im See (z. B. Stege, Hafenanlagen etc.)
- Potenzialabschätzung für Fischhabitate (Laich- und Jungfischhabitate; Habitate für Adultfische sind in Vorbereitung)
- Verfolgen von Langzeitentwicklungen (Monitoring) und Veränderungen infolge von Nutzung, Nährstoffkonzentrationen, Aufwertungen etc.

Darstellung ZUS-1: Artenliste der Wasserpflanzen im Vierwaldstättersee mit Angabe der Häufigkeit (Abundanzanteil) und der Frequenz (Auftrittshäufigkeit in den Transekten und der Fläche) sowie der mittleren Dichte. Daten von 119 Tauchprofilen (Transekte) aus dem Zeitraum 2007–2011.

Lesbeispiel: Die Art *Chara tomentosa* (Geweih-Armlauchteralge) hat einen Anteil an der Pflanzenmenge (Abundanz) von 27.6 % und ist damit die häufigste Art im Vierwaldstättersee. Sie kommt in 45 % aller 119 Transekte vor und auf 52 % der Fläche dieser Transekte (Frequenz). Auf die gesamte bewachsene Fläche bezogen hätte sie eine mittlere Dichte von 11–25 %. Sie weist gemäss der aktuellen Roten Liste einen Gefährdungsgrad «VU» (= verletzlich) auf, sowohl regional, als auch auf die ganze Schweiz bezogen. Sie gehört zu den oligotraphenten Arten (bevorzugt nährstoffarme Verhältnisse).

		«rote Liste»	REGION	CH	Abundanzanteil [%] und Nährstoffindikation	Frequenz Transekte [%]	Frequenz Fläche [%]	mittlere Dichte der Art im Untersuchungsgebiet
ARMLEUCHTERALGEN (Characeen)								
Rauhe Armlauchteralge	A.01 <i>Chara aspera</i> Willd.	VU	VU	0.6	13	5	< 1 %	
Gegensätzliche Armlauchteralge	A.02 <i>Chara contraria</i> A. Braun ex Kützing	LC	LC	20.9	82	61	11–25 %	
Nackte Armlauchteralge	A.03 <i>Chara denudata</i> A. Braun	DD	DD	0.1	1	0	< 1 %	
Faden-Armlauchteralge	A.04 <i>Chara filiformis</i> Hertsch	DD	DD	0.6	8	6	< 1 %	
Zerbrechliche Armlauchteralge	A.05 <i>Chara globularis</i> Thuillier (1)	LC	LC	14.0	79	68	11–25 %	
Geweih-Armlauchteralge	A.06 <i>Chara tomentosa</i> L.	VU	VU	27.6	45	52	11–25 %	
Gemeine Armlauchteralge	A.07 <i>Chara vulgaris</i> L.	VU	VU	0.4	3	1	< 1 %	
Dunkle Glanzlauchteralge	A.08 <i>Nitella opaca</i> (Bruzelius) Ag.	VU	VU	7.3	37	15	1–10 %	
Stern-Armlauchteralge	A.09 <i>Nitellopsis obtusa</i> (Desv. in Loi.) J. Groves	NT	NT	0.8	8	5	< 1 %	
Knäuel-Armlauchteralge	A.10 <i>Tolypella glomerata</i> (Desv. in Loi.) J. Groves	EN	EN	0.3	8	4	< 1 %	
					Σ 72.5		Ø 51–75 %	
MOOSE (Bryophyta)								
Fieberquellmoos	B.01 <i>Fontinalis antipyretica</i> Hedw.	LC	LC	0.0	9	1	< 1 %	
					Σ 0		Ø < 1 %	
SAMENPFLANZEN (Spermatophyta)								
Wasserstern	C.01 <i>Callitriche sp.</i>	NE	NE	0.0	1	0	< 1 %	
Rauhes Hornblatt	C.02 <i>Ceratophyllum demersum</i> L.	EN	VU	0.3	3	2	< 1 %	
Kanadische Wasserpest	C.03 <i>Elodea canadensis</i> Michx. **	NE	NE	2.4	61	26	1–10 %	
Nuttalls Wasserpest	C.04 <i>Elodea nuttallii</i> (Planchon) St. John **	NE	NE	5.8	76	46	1–10 %	
Dichtes Laichkraut	C.05 <i>Groenlandia densa</i> (L.) Fourr.	NT	NT	0.4	8	4	< 1 %	
Ahriges Tausendblatt	C.06 <i>Myriophyllum spicatum</i> L.	NT	NT	0.7	20	11	< 1 %	
Quirliges Tausendblatt	C.07 <i>Myriophyllum verticillatum</i> L.	NT	NT	0.1	3	2	< 1 %	
Gelbe Teichrose	C.08 <i>Nuphar lutea</i> (L.) Sm.	VU	LC	0.0	2	0	< 1 %	
Schiff ^H	C.09 <i>Phragmites australis</i> (Cav.) Steud.	LC	LC	0.9	15	2	< 1 %	
Zwerg-Laichkraut	C.10 <i>Potamogeton berchtoldii</i> Fieber	NT	NT	0.0	4	2	< 1 %	
Krauses Laichkraut	C.11 <i>Potamogeton crispus</i> L.	NT	LC	0.2	6	3	< 1 %	
Fries' Laichkraut	C.12 <i>Potamogeton friesii</i> Rupr. (2)	CR	EN	2.0	37	22	1–10 %	
Glänzendes Laichkraut	C.13 <i>Potamogeton lucens</i> L.	NT	LC	0.3	3	3	< 1 %	
Kammförmiges Laichkraut	C.14 <i>Potamogeton pectinatus</i> L.	LC	LC	8.0	56	41	1–10 %	
Durchwachsenes Laichkraut	C.15 <i>Potamogeton perfoliatus</i> L.	LC	LC	3.5	61	32	1–10 %	
Kleines Laichkraut	C.16 <i>Potamogeton pusillus</i> L. (3)	EN	VU	2.1	55	24	1–10 %	
Haarblättriges Laichkraut	C.17 <i>Potamogeton trichoides</i> Cham. & Schütdl.	CR	CR	0.0	+	+	+	
Schimmerndes Laichkraut	C.18 <i>Potamogeton x nitens</i> Weber	EN	EN	0.2	9	3	< 1 %	
Weidenblättriges Laichkraut	C.19 <i>Potamogeton x salicifolius</i> Wolfg. (4)	NE	NE	0.1	2	0	< 1 %	
Haarblättriger Hahnenfuss	C.20 <i>Ranunculus trichophyllus</i> Chaix	NT	LC	0.1	3	1	< 1 %	
Teichbinse ^H	C.21 <i>Schoenoplectus lacustris</i> (L.) Palla	NT	LC	0.0	3	0	< 1 %	
Südlicher Wasserschlauch	C.22 <i>Utricularia australis</i> R. Br.	VU	NT	0.2	3	2	< 1 %	
Gewöhnlicher Wasserschlauch	C.23 <i>Utricularia vulgaris</i> L.	EN	VU	0.0	+	+	+	
Teichfaden	C.24 <i>Zannichellia palustris</i> L.	VU	VU	0.2	9	1	< 1 %	
					Σ 27.5		Ø 11–25 %	

Gefährdungskategorien gem. «Rote Liste» der Farn- und Blütenpflanzen (BAFU 2002) sowie der Characeen (BAFU 2010): LC = nicht gefährdet, NT = potenziell gefährdet, VU = verletzlich, EN = stark gefährdet, CR = vom Aussterben bedroht, NE = nicht bewertet, DD = ungenügende Datengrundlage.

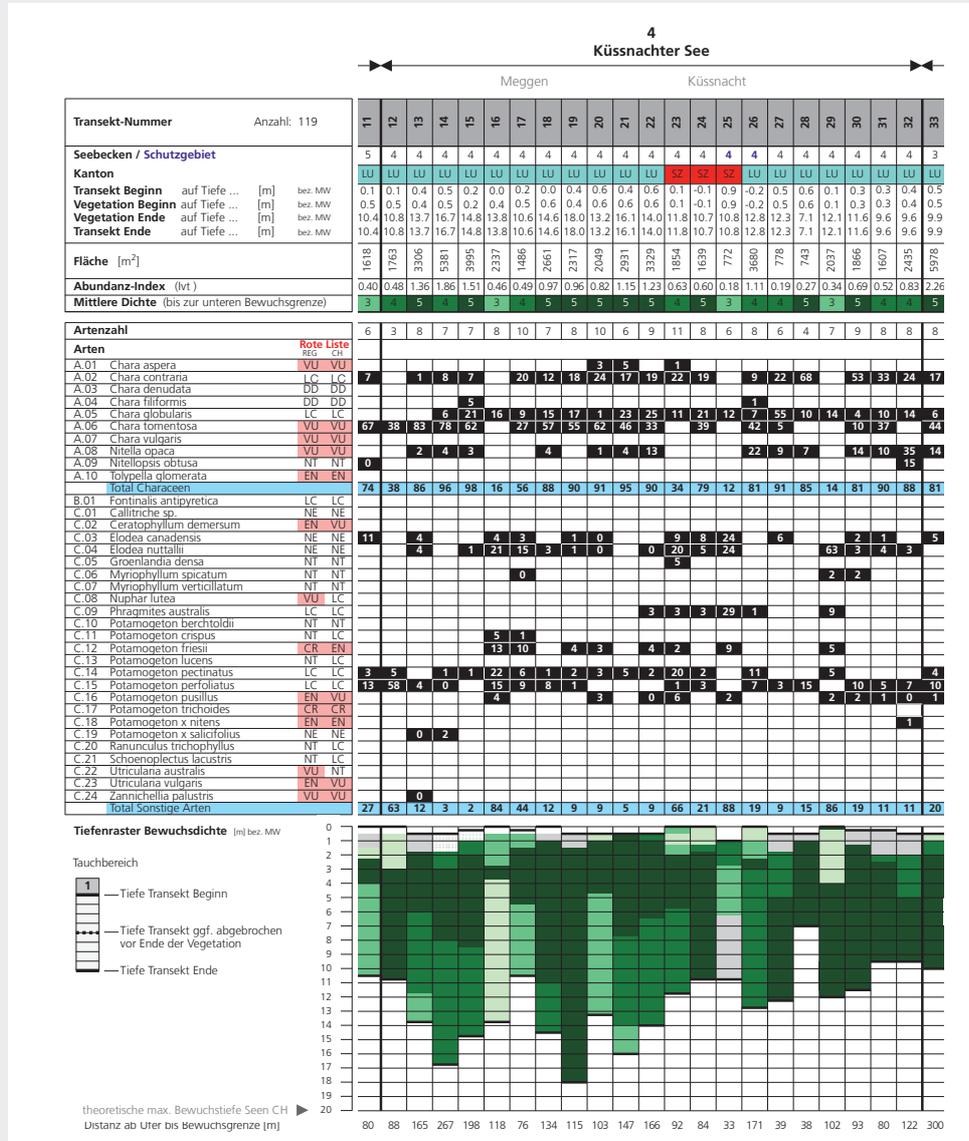
+ = Zusatz-Art, kommt im See bzw. in einem Seebecken vor, aber nicht in den berücksichtigten Transekten, sondern nur in den «Hotspots».

Bevorzugte Nährstoffverhältnisse

 oligotraphente Art	 meso-eutraphente Art	 eutraphente Art	 eurybke Art, aber mit Tendenz zu ...
 oligo-mesotraphente Art	 mesotraphente Art	 keine Einstufung (fehlende Angaben oder H: Helophyt = Sumpfpflanze)	

Tab. 1 Zusammenstellung der im VWS vorkommenden Arten und eine Reihe von Detailinformationen. Im Zentrum steht der quantitative Anteil jeder Art an der Gesamtvegetation. Die häufigste Art ist beispielsweise *Chara tomentosa* mit 27,6. Diese Darstellung kann für jeden beliebigen Uferabschnitt gemacht werden und ergibt eine differenzierte Charakterisierung der Vegetationsverhältnisse. Die farbliche Markierung spiegelt die Nährstoffpräferenz wider. So haben die Armlauchteralgen (Characeen), die typisch für nährstoffarme Verhältnisse sind, im Vierwaldstättersee einen Anteil von über 70%. In der letzten grossen Erhebung aus dem Jahr 1982 kamen sie nur auf einen Anteil von 8%. Diese Entwicklung zeichnet auf eindrückliche Weise die Nährstoffkurve des VWS nach und ist ein gutes Beispiel für die Bedeutung der Wasserpflanzen als Bioindikatoren

Synthese des espèces présentes dans le lac des Quatre Cantons et une série d'informations détaillées. Au centre se trouve la part quantitative de chaque espèce dans la végétation globale. L'espèce la plus répandue est par exemple la chara tomentosa avec 27,6. Cette représentation peut être réalisée pour n'importe quel secteur de rive et reproduit une caractérisation différenciée de la situation de la végétation. Les couleurs indiquent la préférence en terme d'éléments nutritifs. Les characées, signe de conditions oligotrophes, représentent une proportion de 70% du lac des Quatre Cantons. Lors de la dernière étude d'envergure de 1982, leur proportion était seulement de 8%. Cette évolution permet de suivre clairement la courbe des éléments nutritifs du lac des Quatre Cantons et constitue un bon exemple de l'importance des plantes aquatiques comme bioindicateurs



Tab. 2 Ausschnitt aus der Darstellung der 119 Tauchtransekte in Form einer «Abwicklung» rund um den ganzen See. Für jeden Standort sind die wichtigsten Parameter sofort ersichtlich, u.a. die Gesamtdichte, die vorkommenden Arten und ihr jeweiliger Anteil an der Vegetation sowie die Tiefenverteilung der Vegetationsdichte. Im vorliegenden Beispiel ist die Gesamtdichte dargestellt, es ist auch möglich, dies für jede einzelne Art zu generieren. In der quantitativen Auswertung ergeben sich dadurch die artspezifischen Tiefenpräferenzen für das betreffende Gewässer. Trotz der grossen Fülle an Detailinformationen lassen sich durch die Darstellung optisch intuitiv gewisse Muster erkennen. Diese ermöglichen eine rasche Interpretation der Situation

Extrait de la représentation des 119 transects de plongée sous la forme d'un «déroulement» tout autour du lac. Les paramètres les plus importants de chaque site sont visibles immédiatement, notamment la densité globale, les espèces présentes et leur proportion dans la végétation, ainsi que la répartition, en fonction de la profondeur, de la densité de végétation. Dans cet exemple, la densité globale est représentée, il est également possible de générer celle de chaque espèce. L'évaluation quantitative permet de rendre ainsi les préférences des espèces en matière de profondeur pour les eaux concernées. La représentation permet, malgré le foisonnement d'informations détaillées, de reconnaître intuitivement certains modèles. Ces derniers permettent d'interpréter rapidement la situation

EIN GANZER SEE IN EINER EINZIGEN TABELLE ...

Table 2 zeigt alle 21 Transekte, die im VWS in der Küssnachtbucht aufgenommen wurden (gesamthafte wären es rund um den See 119 Transekte). Jede Spalte entspricht einem Tauchprofil. Betrachtet man als Beispiel den Transekt Nr. 19 und bewegt sich sukzessive in der betreffenden Spalte von oben nach unten. Nach Bezeichnung des Seebeckens und Kantonzugehörigkeit folgen vier Tiefenangaben, die letzte zeigt, bis in welche Tiefe Wasserpflanzen vorkommen (bis 18 m). Anschliessend wird die mittlere Bewuchsdichte mit einer Grünfärbung angezeigt, es ist die Dichtestufe 5, d.h. es sind entlang des ganzen Profils 75-100% der Fläche bewachsen. Es folgt die Angabe der Anzahl Arten, die hier gefun-

den wurden (es sind 8). Der ganze nächste Block von Zellen zeigt, welche Arten vorkommen und welchen Anteil sie an der Pflanzenmenge haben. Daraus ist sofort ihre quantitative Bedeutung ablesbar. Erwähnt sei die wichtigste Art – *Chara tomentosa* – mit 55% Häufigkeitsanteil. Die beiden blauen Zeilen zeigen die Bedeutung der grossen Artgruppen an: Armleuchteralgen (*Characeen*) haben im Transekt 19 einen Anteil von 90%, die übrigen Arten von 10%. Am Schluss folgt der Block mit Darstellung der Bewuchsdichte im Tiefenverlauf. Ab etwa 1,5 m Tiefe ist die Vegetation bis zur unteren Verbreitungsgrenze bei 18 m durchgehend sehr dicht (Stufe 5). Der Uferabstand bis zu dieser Stelle beträgt 115 m.

– Qualitative und quantitative Vergleiche mit früheren Aufnahmen, auch wenn sie mit anderer Methodik aufgenommen wurden. Die Datenbank ist so vorbereitet, dass die verfügbaren Angaben wie eine «heutige Erhebung» eingegeben und ausgewertet werden können. Vorbehalten bleiben jedoch die Verlässlichkeit der historischen Untersuchungen und die Unsicherheiten der verwendeten Methoden. Fehlende oder unzureichende Daten sind nicht kompensierbar.

Auswirkungen von Vorhaben, Einleitungen oder auch Revitalisierungen. Auch der Stand hinsichtlich Naturnähe (Referenz-Status), Biodiversität oder Gefährdungsgrad (Rote Liste) ist völlig offen. Mit der Gesamtaufnahme des Vierwaldstättersee nach Methode «MESAV+» liegt nun ein «Instrument» vor, das sich bereits für diverse Fragestellungen bewährt hat und auch eine nachhaltige Bezugsgrundlage für künftige Erhebungen darstellt.

BIBLIOGRAPHIE

[1] Schlosser, J.A. et al. (2013): Konzept für die Untersuchung und Beurteilung der Seen in der Schweiz. Anleitung zur Entwicklung und Anwendung von Beurteilungsmethoden. Bundesamt für Umwelt, Bern, Umwelt-Wissen Nr. 1326: 38 S.
 [2] Gamma, H. (1935): Die makrophytische Uferflora des Vierwaldstättersees und ihre Veränderung in den letzten 20 Jahren. Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft Luzern. 12: 91-182
 [3] Lachavanne, J.-B. (1985): Zustand, Schutz und Erhaltung der Ufer des Vierwaldstättersees. Bundesamt

für Forstwesen und Landschaftsschutz. Bern. 109 S.
 [4] Europäische Union (2000): Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Massnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik
 [5] Schaumburg, J. et al. (2011): Verfahrensanleitung für die ökologische Bewertung von Seen zur Umsetzung der EG-Wasserrahmenrichtlinie: Makrophyten und Phytobenthos. Bayrisches Landesamt für Umwelt. 124 S.
 [6] AquaPlus AG (2012): Wasserpflanzen Vierwaldstättersee. Untersuchungen 2007-2011. Im Auftrag der Aufsichtskommission Vierwaldstättersee (AKV), Kantone UR, SZ, NW, OW, LU. Bericht. 95 S., zusätzlich Plandarstellungen, Abbildungs- und Tabellendossier sowie Datenanhang
 [7] Maurer, V., Vuille, T. (1986): Untersuchungen zur Primärproduktion im Litoral des Bielersees – Diplomarbeit Universität Bern
 [8] Lehmann, A. (1994): Contribution of GIS to submerged macrophyte biomass estimation and community structure modeling, Lake Geneva, Switzerland. Aquat. Bot. 47: 99-117

Für eine ganze Reihe von aktuellen Frage- und Problemstellungen liefert die Vegetationserhebung mit der vorgestellten Transektmethode «MESAV+» eine verlässliche, differenzierte und reproduzierbare Datenbasis. Sie ist wie beschrieben kompatibel mit dem mittlerweile auch in der EU verbindlich geforderten Standard zur Erfassung der Qualitätskomponente «Makrophyten und Phytobenthos». Für viele Schweizer Gewässer besteht ein grosser Nachholbedarf bezüglich Kenntnissen zum aktuellen Zustand der Unterwasservegetation. Oft liegen nur Daten aus einem Zeitraum vor, wo die Nährstoffkonzentrationen aufgrund der zunehmenden Gewässerbelastung aus ungeklärten Abwässern und Phosphaten in Waschmitteln noch auf einem hohen Niveau lagen. Seit den 1980er-Jahren haben die Nährstoffgehalte jedoch wieder abgenommen, was erhebliche Veränderungen in der Unterwasservegetation auslöste, wie in eindrücklicher Weise auch das Beispiel Vierwaldstättersee zeigt. Die Vegetation zeigt heute ein komplett anderes Bild (Artzusammensetzung, Arthäufigkeiten) und auch die Tiefenverbreitung hat deutlich zugenommen. Aussagen auf der Basis von früheren Daten haben keinerlei Relevanz mehr, es fehlt an der Möglichkeit für Ersteinschätzungen oder Prognosen über die

> SUITE DE RÉSUMÉ

nature du sous-sol ou de son inclinaison, des limites de secteur sont tracées et les profondeurs de l'eau sont également enregistrées. L'évaluation basée sur le SIG et s'appuyant sur une base de données permet de réaliser des analyses quantitatives et qualitatives détaillées de la végétation pour toute configuration de transect ou de surface. Il est aussi possible de calculer des comparaisons de structures avec des mesures de similitude ou les indices macrophytes et de référence et de modéliser le relief avec des courbes de niveau ainsi que le potentiel ichtyoécologique. L'étude de la végétation à l'aide de la méthode du transect fournit une base de données standardisée, différenciée et reproductible pour toute une série de problématiques, par exemple l'évaluation des répercussions de déversements, l'étude de référence et la surveillance de projets sur les berges et dans l'eau, y compris la revitalisation des rives, des comparaisons entre les différentes zones d'un milieu aquatique ou entre plusieurs milieux (le tout dans un ordre chronologique) et – ce qui devient de plus en plus important – les aspects de la biodiversité et du niveau de risque (liste rouge), etc. En outre, les résultats peuvent être rendus compatibles avec le facteur qualitatif «macrophytes et phytobenthos» de la directive cadre sur l'eau de l'UE (DCE), au moyen d'une méthode de «post processing». De nombreux milieux aquatiques suisses souffrent d'un retard important à combler en matière de connaissances sur l'état actuel de la végétation subaquatique. La méthode du transect permet d'étudier un milieu aquatique de manière représentative, conformément aux exigences actuelles.

ANHANG C-2



Methodik Wasserpflanzenuntersuchung
«MESAV+»

→ Standardbeilage Auswertungsdossier
AquaPlus

*Detailbeschreibung inkl. Beispiel zur
Berechnung der mittleren Bewuchs-
dichte und der Häufigkeitsanteile (rH)
der vorkommenden Arten*

Wasserpflanzenerhebung nach «MESAV+»

Vorgehen zur Untersuchung der Wasserpflanzen

Die Aufnahme der Unterwasserpflanzen erfolgt mit Tauchgängen entlang von vorgängig festgelegten Linien, sogenannten Transekten. Die Ausrichtung dieser Transekte wird normalerweise möglichst \pm senkrecht zur Falllinie des Unterwasserreliefs gelegt, je nach Fragestellung ist aber auch eine andere Lage möglich.

Der Abstand zwischen zwei aufeinanderfolgenden Tauch-Transekten liegt bei flächendeckenden Untersuchungen je nach gewünschtem Detaillierungsgrad zwischen 10 und 40 Metern. Für Stichprobenerhebungen kann der Abstand zwischen den Transekten beliebig sein.

Bei den Tauchgängen werden folgende vegetationsrelevanten Parameter erfasst: Gesamtdichte, Zusammensetzung der Vegetation auf Artniveau und Anteil jeder Art an der Gesamtdichte, Vitalität und Wuchshöhe der Pflanzen. Veränderungen in der Dichte und/oder im Artenspektrum bzw. in der Artverteilung ergeben eine Abgrenzung als Vegetationseinheit entlang des Tauch-Transektes. Der Startpunkt und jede Abschnittsgrenze wird per GPS eingemessen. Weitere Kriterien für die Festlegung von Abschnittsgrenzen sind die Änderung der Untergrundbeschaffenheit sowie des Gefälles (z.B. bei Mulden oder Erhebungen oder bei Beginn der Halde). Bei jedem Messpunkt wird gleichzeitig auch die genaue Tauchtiefe festgehalten. Auch die eigentliche Ufervegetation (z.B. Schilfvorkommen) ist Teil der Erhebung.

Die Erfassung der Vegetationsdichte erfolgt anhand von 8 Stufen (siehe Kasten).

Auf der Transektlinie wird jeweils soweit getaucht, bis das tiefste Vegetationsvorkommen mit einer noch feststellbaren Dichte von $< 1\%$ erreicht ist.

Bei den Taucharbeiten werden neben der Vegetation auch noch weitere Parameter erfasst: Untergrundbeschaffenheit, Algenbewuchs, Jung- und Adultfische, Grossmuscheln, Neozoen, Sedimentation, Detritus, Abfälle, Ophrydien, Ankerschäden ... und weitere Beobachtungen. Je nach Fragestellung kann z.B. auch eine spezifische Untersuchung des Makrozoobenthos oder eine Sedimententnahme stattfinden. Bei jedem Taucheinsatz wird die Wassertemperatur (an der Oberfläche) und die Secchi-Tiefe ermittelt.

Zur Erfassung der verschiedenen Untersuchungsparameter sind am Schluss dieser Ausführungen sowie in ANHANG B weitere Detailangaben zusammengestellt (Häufigkeitsstufen, Bewertungskategorien).

Schätzung der Bewuchsdichte

Um Vergleiche mit früheren Untersuchungen zu ermöglichen, werden die von LACHAVANNE ET AL. (1985) eingeführten Bewuchsdichtestufen verwendet:

Dichte 1	=	1–10 %	der Fläche bewachsen
Dichte 2	=	11–25 %	
Dichte 3	=	26–50 %	
Dichte 4	=	51–75 %	
Dichte 5	=	76–100 %	

Zur Differenzierung eines sehr dichten oder sehr geringen Bewuchses kommen drei weitere Dichtestufen zur Anwendung (AQUAPLUS 1995 / 2010):

Dichte 6	=	101–125%
Dichte 7	=	126–150%
Dichte <1	=	< 1 %

Die beiden zusätzlichen Stufen 6 und 7 beschreiben einen Bewuchs auf zwei Ebenen mit einer Gesamtdeckung von $> 100\%$, z.B. grundständiger Bewuchs von Armleuchteralgen oder Wasserpest mit Dichte 5, daraus hervortretend aufrecht wachsende Laichkräuter oder Tausendblatt.

Die Vegetationsaufnahmen erfolgen jeweils zum Zeitpunkt der grössten Biomasse (= Ende Juni bis Mitte September; nach MAURER & VUILLE 1986 und LEHMANN, JAQUET & LACHAVANNE 1994).

In den Abbildungen A-1 und A-2 sind die verschiedenen Aspekte der Untersuchung der Unterwasserpflanzen mit Taucharbeiten und GPS-Unterstützung im Detail aufgeführt.

Abbildung A-2 zeigt als Ausgangslage eine Darstellung der «tatsächlichen Verhältnisse». Die beste Annäherung an eine möglichst wirklichkeitsnahe Wiedergabe dieser Verhältnisse wird mit der Methode der Tauch-Transekte erreicht. Je kleiner der Abstand zwischen zwei Transekten, desto besser die «Auflösung» und desto «realistischer» die kartografische Darstellung. In der Praxis hat sich aus technischen und finanziellen Gründen in den meisten Fällen eine Minimaldistanz von 20 m zwischen zwei Transekten bewährt. Es ist - je nach Fragestellung, Arbeitsaufwand und Grösse des Untersuchungsgebietes - auch möglich, lediglich Einzeltransekte zu betauen und kartografisch darzustellen (Linielemente mit einer Breite von 20 m).

Erfassen der Daten in einem GIS / einer Datenbank und kartografische Darstellung

Das Vorgehen zur Übertragung der Felddaten in ein geografisches Informationssystem und die kartografische Umsetzung der Vegetationsverhältnisse ist in Abbildung A-2 erläutert. Aus den entlang des Tauch-Transektes eingemessenen Abschnittsgrenzen werden auf diese Weise Transektflächen generiert. Bei einem Abstand von zwei Tauchtransekten bis maximal 40 m erfolgt eine flächendeckende Darstellung, bei grösseren Abständen wird ein Einzeltransekt mit 20 m Breite abgebildet.

Die Ablage der Daten zu jeder Transektfläche erfolgt in einer Access-Datenbank, in welche schliesslich auch die GIS-Koordinaten der Flächen sowie die zugehörigen Luftbildausschnitte importiert werden. Alle Auswertungen und kartografischen Darstellungen können direkt aus der Datenbank erzeugt werden. Sie werden jeweils in den PLANDARSTELLUNGEN und in ANHANG B mit den Datenblättern (Detailangaben zu jeder Transektfläche) zusammengestellt.

Die Vegetationsdaten stehen in einer Form zur Verfügung, die es erlaubt, neben der Darstellung der Gesamtdichte die Verbreitung jeder einzelnen der vorkommenden Arten mit ihrer jeweiligen Bewuchsdichte abzubilden, ebenso von ganzen Artgruppen, z.B. Rote Liste-Arten, alle Characaceen oder alle übrigen Pflanzen. In der Plandarstellung werden maximal 6 Dichtestufen farblich unterschieden: < 1 % / 1–10 % / 11–25 % / 26–50 % / 51–75 % / > 75 %. Die Dichtestufen 6 und 7 sind nicht explizit dargestellt. In den Tauchprotokollen in ANHANG B können jedoch auch diese Dichtewerte eingesehen werden.

Die anlässlich der Taucharbeiten festgestellten Tiefenangaben sind in den Transektprotokollen aufgeführt (siehe ANHANG B). Die Normierung der Tiefe ergibt sich durch die rechnerische Angleichung des Pegels zum Zeitpunkt Taucharbeiten auf den (langjährigen) Mittelwasserstand. Die Tiefenwerte verschiedener Untersuchungen werden dadurch direkt vergleichbar (unabhängig des jeweiligen Wasserstandes während der Vegetationsaufnahme).

Anmerkung: Es können Abweichungen der Tiefenangaben an den Positionen der Abschnittsgrenzen zwischen einem allfällig bereits vorliegenden Höhenkurvenplan und der in den Transektprotokollen aufgeführten Tauchtiefen auftreten. Ein Unterwasserrelief wird in der Regel per Echolot mit GPS-Verbindung aufgenommen und daraus die Höhenkurven anhand eines Interpolationsmodells erzeugt. Anlässlich der Taucharbeiten kommt ein genauer Tiefenmesser (Tauchcomputer) zum Einsatz und es erfolgt eine punktgenaue Einmessung der Abschnittsgrenzen per GPS. Für diese Positionen sind die im Rahmen der Wasserpflanzenerhebungen gewonnenen Daten aussagekräftiger.

Berechnung der Vegetations-Abundanz

(in Anlehnung an LACHAVANNE ET AL. 1984)

Die Vegetations-Abundanz ist das Produkt von bewachsener Fläche und Wert der Vegetationsdichte (siehe unten). Sie erlaubt eine Aussage über die Menge der Pflanzen in einer bestimmten Fläche. Die Abundanz wurde für jede einzelne Fläche berechnet (Iv_a). Die Summe aller Flächen eines Transektes ergibt die Transekt-Abundanz (Iv_t) und die Summe aller Flächen die Gesamt-Abundanz im untersuchten Perimeter (Iv_{tot}).

Zur Berechnung des Abundanz-Indexes werden den Dichtestufen folgende Werte zugeordnet (Übertragung der Stufenbezeichnungen auf eine \pm proportionale Skala):

- Dichte <1	(< 1%)	= Wert	0
- Dichte 1	(1–10%)	=	0.5
- Dichte 2	(11–25%)	=	1
- Dichte 3	(26–50 %)	=	2
- Dichte 4	(51–75 %)	=	3
- Dichte 5	(76–100 %)	=	4
- Dichte 6	(101–125 %)	=	5
- Dichte 7	(126–150 %)	=	6

Beispiel: Eine Fläche von 0.1 ha bewachsen mit Dichte 3 (= Dichtewert 2) ergibt einen Abundanz-Index von $0.1 * 2 = 0.2$.

Die allgemeine Form der Indexberechnung (I) ist nachstehend aufgeführt:

- F1 Abundanz der **V**egetation jeder **E**inzelfläche: $lv_e = \text{Fläche [ha]} * \text{Dichtewert}$
F2 Abundanz der **V**egetation eines **T**ransektes: $lv_t = \sum \text{ aller } lv_e \text{ eines Transektes}$
F3 **T**otale Abundanz der **V**egetation im Perimeter: $lv_{tot} = \sum \text{ aller } lv_t$

Die in einer Einzelfläche vorkommenden Arten weisen einen bestimmten Anteil an der Dichte auf (siehe Abb. A-2). Dieser Anteil (x) schwankt zwischen 5 und 100 %. Werte kleiner als 5 % werden nicht mehr als Betrag angegeben, sondern nur noch als Vorkommen der Art festgehalten (Bezeichnung: «0»).

Entsprechend des relativen Anteils an der Dichte, weist jede Art auch einen Anteil an der Abundanz auf. Sie wird folgendermassen berechnet:

- F4 Abundanzanteil der **A**rt in einer **E**inzelfläche: $la_e = \text{Fläche [ha]} * \text{Dichtewert} * x/100$
F5 Abundanzanteil der **A**rt in einem **T**ransekt: $la_t = \sum \text{ aller } la_e \text{ eines Transektes}$
F6 **T**otaler Abundanzanteil der **A**rt im Perimeter: $la_{tot} = \sum \text{ aller } la_t$

Auf der Basis dieser Berechnungsgrundlagen können in der Datenbank auch ganze Gruppen von Transekten oder spezifischen Transektabschnitten zusammengefasst und die zugehörigen Dichtestufen bzw. relativen Häufigkeiten ermittelt werden.

In Abb. A-3 werden anhand eines Beispieltransektes die oben genannten Formeln durchgerechnet und die durchschnittliche Bewuchsdichte (Abundanz / m²) sowie die Häufigkeitsanteile der vorkommenden Arten (relative Häufigkeiten) ermittelt.

Bestimmung der Wasserpflanzen

Die Bestimmung der Pflanzen erfolgt soweit möglich während der Taucharbeiten selbst. Bei schwierigen Arten oder Artgruppen werden Proben entnommen und diese unter dem Binocular oder Mikroskop verifiziert.

Erhebung von Zusatzparametern im Rahmen der Wasserpflanzenuntersuchungen

Untergrundbeschaffenheit / Gewässermorphologie / Relief

Die Sedimentbeschaffenheit wird im Rahmen der Wasserpflanzenaufnahme (Tauchtransekte) mit Verteilung auf 6 Korngrössenstufen erfasst (Blöcke, Steine, Grobkies, Feinkies, Sand, Schlamm). Mit diesen Daten lässt sich eine weitere Plandarstellung mit der vorherrschenden Untergrundqualität erzeugen (Kategorien: schlammig / fein / grob / heterogen). Diese Daten sind zusammen mit den Vegetationsparametern auch entscheidend für die Potenzialabschätzung der Fischhabitate. Die Detailangaben der Korngrössenstufen sind in ANHANG B enthalten.

Das Gewässerrelief lässt sich bis zur unteren Verbreitungsgrenze der Vegetation aus den Tauchdaten der Wasserpflanzenaufnahme modellieren. Aus jeder Transektlinie wird aus der Datenbank eine Profildarstellung erzeugt, in der auch die Untergrundbeschaffenheit und die Gesamtdichte pro Abschnitt ersichtlich sind.

Die Tauchdaten können durch eine Seegrundvermessung mit Sonar ergänzt werden. Die Tiefen und Koordinaten werden simultan auf einem engmaschigen Untersuchungsrastrer aufgezeichnet. Der Datensatz wird mit weiteren Parametern beschickt (Uferlinie, Tauchdaten) und es werden in einem GIS die Tiefenlinien interpoliert. Daraus wird eine bathymetrische Karte generiert, welche mit den Wasserpflanzendaten überlagert werden kann.

Fische

Das Vorkommen von Fischen (Jungfische, Adultfische) wird während der Wasserpflanzenaufnahme als Beobachtungsinformation in 5 Quantitätsstufen erfasst. Die Detailangaben zu den Häufigkeitsstufen sind in ANHANG B enthalten.

Anmerkung: Mit den Tauchgängen zur Wasserpflanzenaufnahme kann das Fischvorkommen bzw. die Bedeutung des Gebietes für Fische nur unzureichend wiedergegeben werden. Während den Tauchgängen für Wasserpflanzenenerhebungen weichen die Fische oft aus. Spezielle Fischuntersuchungen sind aufwändig und sehr abhängig vom geeigneten Zeitpunkt. So ist das Laichpotenzial eines Gebietes durch Direktbeobachtung nur dann aussagekräftig, wenn der Laichzeitpunkt wirklich sehr gut festgelegt werden kann. Dies ist oft nicht möglich oder bedingt mehrere Untersuchungen über einen bestimmten Zeitraum.

Aufgrund der methodischen Schwierigkeiten (und der hohen Kosten) von Fischuntersuchungen hat AquaPlus ein Verfahren entwickelt, aufgrund der Wasserpflanzenenerhebungen (die auch die Charakterisierung des Seegrundes enthält) auf das Fischpotenzial schliessen zu können (Potenzial als Laichhabitat, Juvenilhabitat, weitere Habitate).

Wirbellose / Neozoen

Im Rahmen der Wasserpflanzen-Taucharbeiten werden standardmässig auch das Vorkommen von Grossmuscheln (darunter gefährdete Arten der Teich- bzw. Flussmuschelgattungen *Unio* und *Anodonta*) und der Wandermuschel (*Dreissena polymorpha*) in 5 Quantitätsstufen festgehalten, ebenso das Auftreten von Edelkrebsen und Neozoen-Arten wie z.B. der Höckerflohkrebs (*Dikerogammarus villosus*) oder die Körbchenmuschel (*Corbicula fluminea*). Die Detailangaben zu den Häufigkeitsstufen sind in ANHANG B enthalten.

Algen

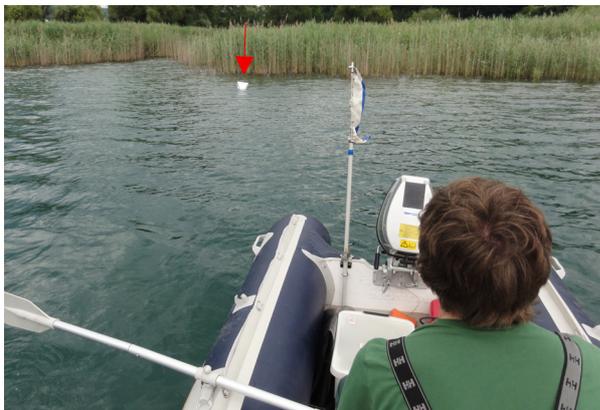
Das Vorkommen von Algen, insbesondere aus der Gruppe der fädigen Grünalgen und Blaualgen, wird begleitend zur Aufnahme der makrophytischen Vegetation im 5 Quantitätsstufen erfasst, um zusätzliche Anhaltspunkte für allfällige lokale oder abschnittsweise Verschmutzungsquellen bzw. Nährstoffeinträge zu erhalten. Die Detailangaben zu den Häufigkeitsstufen sind in ANHANG B enthalten.



Tauchequipe mit Taucher, Bootsführer, Untersuchungsleiter und der notwendigen Ausrüstung im Begleitboot.



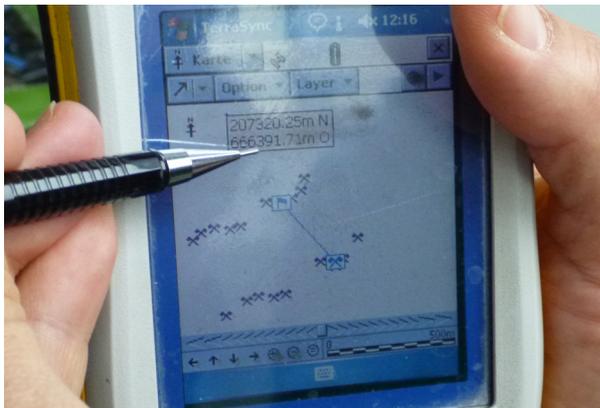
Taucher nach Abschwimmen eines Tauch-Transektes mit Positions- und Rettungsboje, Protokolltablett mit Erfassungsblatt, Tiefenmesser, Kompass sowie Netz für die Entnahme von Pflanzenproben.



Begleitung des Tauchers mit dem Boot. Die Position des Tauchers ist mit der Boje ersichtlich (Pfeil). Die Taucharbeiten werden mit einer blau-weißen Fahne angezeigt.



Taucher unter Wasser beim Notieren der Vegetationsdichte und -zusammensetzung. Die Positionsboje ist per automatischer Aufwicklung immer senkrecht über dem Taucher.



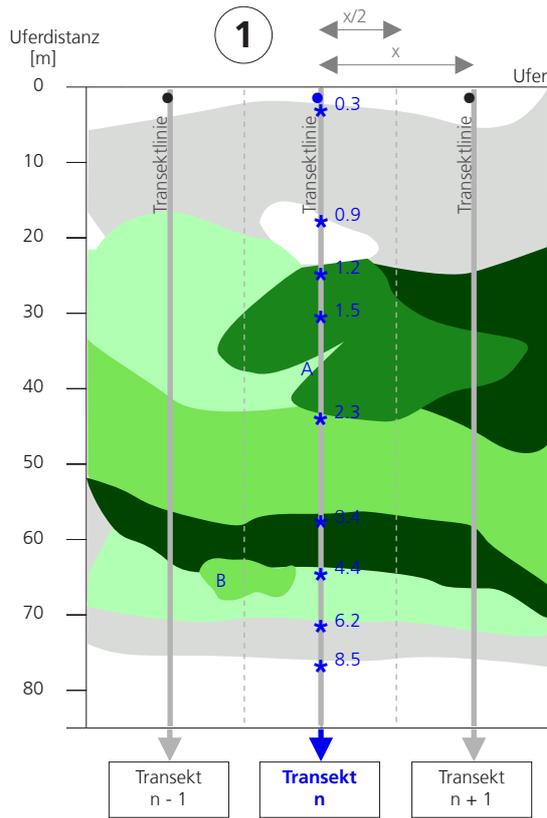
Auf der Transektlinie wird bei jeder Änderung der Vegetationsdichte und/oder -zusammensetzung eine Abschnittsgrenze gesetzt und per GPS eingemessen. Der Taucher gibt diese Grenze per Signal mit der Boje dem Untersuchungsleiter für die Positionsmessung bekannt. Auch die vorgängig eingemessene Transektlinie ist auf dem Display ersichtlich, ebenso die ständige Position des Tauchers. Damit kann die korrekte Einhaltung der Tauchstrecke überwacht werden.



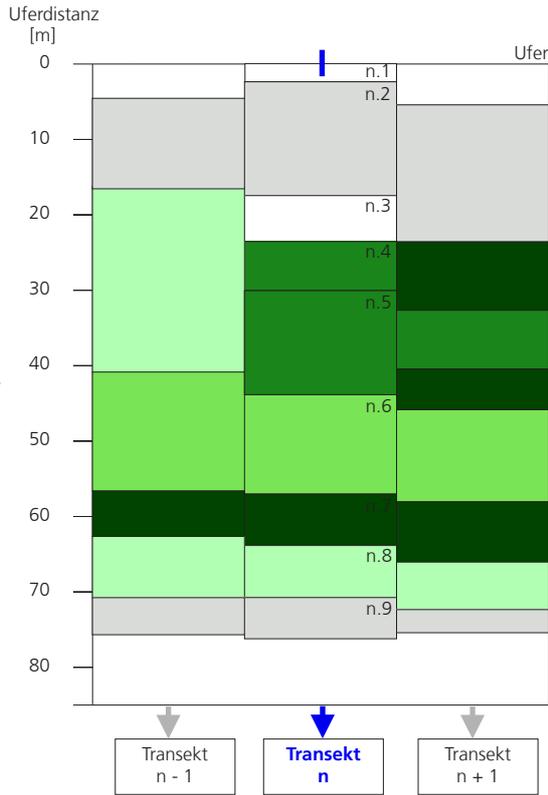
Nach dem Auftauchen am Ende des Transektes (an der unteren Grenze der Wasserpflanzenvegetation) werden das Protokoll besprochen, auf Vollständigkeit geprüft, spezielle Beobachtungen festgehalten, allfällige Proben übergeben und das Equipment für den nächsten Transekt vorbereitet und kontrolliert.

Abb. A-1: Dokumentation der Aufnahmemethodik mit Tauch-Transekten. © Die dargestellte Methodik zur Aufnahme von Wasserpflanzen wurde von AquaPlus entwickelt (seit 1995). Bilder AquaPlus 2003.

«Tatsächliche» Verhältnisse



Kartografische Darstellung



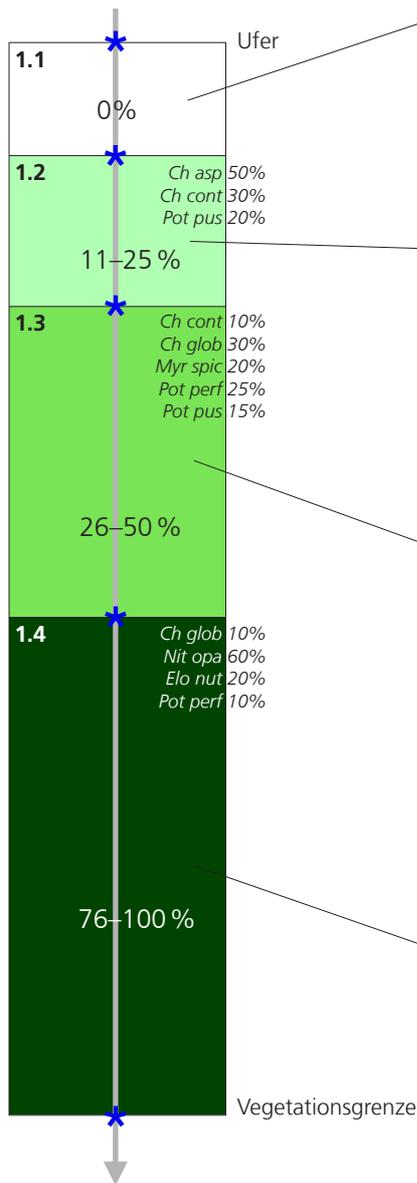
Transekt-Protokoll

Transekt-Nummer		Transekt n									
Feldnummer (geordnet von Ufer Richtung See)		n.1	n.2	n.3	n.4	n.5	n.6	n.7	n.8	n.9	
Tiefe (Wasserstand Datum Tauchtag)	von [m]	±0	±0.3	±1.2	±1.2	±1.5	±2.3	±3.4	±4.4	±6.2	
	bis [m]	±0.3	±0.9	±1.2	±1.5	±2.3	±3.4	±4.4	±6.2	±8.5	
Bewuchsdichte		0	1	0	4	4	3	5	2	1	
Artenzahl		0	3	0	5	5	4	3	4	3	
Arten (2)	Relative Häufigkeit [%]										
1.1 Chara aspera		50		10					25		
1.2 Chara contraria (inkl. var. denudata + var. hispida)		50		80	70	20			25	45	
1.3 Chara delicatula											
1.4 Chara globularis											
1.5 Chara tomentosa											
1.6 Nitella opaca					0	20				50	
1.7 Nitellopsis obtusa											
1.8 Tolypella glomerata											
2.1 Fontinalis antipyretica											
3.1 Elodea canadensis											
3.2 Elodea nuttallii								80			
3.3 Groenlandia densa									25		
3.4 Myriophyllum spicatum				0	5						
3.5 Potamogeton filiformis											
3.6 Potamogeton friesii								5			
3.7 Potamogeton pectinatus							75				
3.8 Potamogeton perfoliatus						0	0			5	
3.9 Potamogeton pusillus				10	5	5	15	25			
3.10 Zannichellia palustris		0									
Aufnahmedatum	Azimet [°]	12.8.2002	322	Ufer: unverbaut, auslaufend, Steinschüttung bis ca. 1 m Tiefe, landside Heckengürtel und Riedwiese (Naturschutzgebiet), viele Jungfische im Uferbereich, ausgeprägtes Charatum bis ca. 2,5 m Tiefe							
Wasserstand Aufnahme [m.ü.M.]		433.68									
Mittelwasserstand [m.ü.M.]	± zu Aufnahme [m]	433.58	-0.1								
Fläche [m ²]		85	503	213	235	486	472	222	234	189	
Untergrund [%]		60	20								
Fels, Blöcke > 50 cm		40	60								
Steine 10-50 cm		10	10								
Grobkies 2-10 cm		10	5	5							
Feinkies 0,2-2 cm			85	60	30						
Sand 1-2 mm				40	70	100	100	100	100		
Schlamm < 1 mm											
Seekreide											
Schilf-Stoppeln (S), Detritus-Auflage (D)						D	D	D			
Wassertes	Fädige Grünalgen Häufigkeit 1-5	2	2								
Blaualgen Häufigkeit 1-5								3	3		
Dreissena Häufigkeit 1-5		3	3	2							
Ophrydrien Häufigkeit 1-5											
Vitalität Vegetation Kategorie A B C D				B	B	AB	AB	B	B	C	C

- Startpunkt des Tauch-Transektes an der Uferlinie
 - ★ 8.5 Abschnittsgrenze (GPS-Messpunkt) mit Tiefenangabe
 - x Abstand der Tauch-Transektes je nach gewünschtem Detaillierungsgrad zw. 20 und 40 m
- 1 Aufnahme der Tauch-Transektes (± senkrecht zur Falllinie des Unterwasserreliefs) ab Uferlinie bis zum Endpunkt des Vegetationsvorkommens in der Tiefe. Bei einer Änderung der Dichte und/oder der Artzusammensetzung wird eine Abschnittsgrenze gesetzt (siehe Beispiel Transekt Nr. n). Bei jeder Teilfläche wird die Gesamtdichte, der Prozentanteil der einzelnen Arten an der Gesamtdichte sowie die Vitalität und Wuchshöhe der Pflanzen festgehalten. Kleinräumige Wechsel entlang der Transektlinie (siehe Punkt «A») sowie abseits der Transektlinie liegende isolierte Bestände (siehe Punkt «B») werden nicht abgebildet. Zusätzlich zur Vegetation erfolgt eine Aufnahme der Untergrundbeschaffenheit sowie die Erfassung von weiteren Daten wie Algen- oder Muschelvorkommen.
 - 2 Tauchprotokoll mit allen Angaben der im Feld erfassten Daten sowie der Flächenausdehnung jedes Abschnittes gemäss der kartografischen Darstellung (senkrechte Projektion, keine Berücksichtigung der Neigung).
 - 3 Die aufgrund unterschiedlicher Dichte und/oder der Artzusammensetzung voneinander abgegrenzten Abschnitte eines Transektes werden in der Flächendarstellung jeweils bis zum halbierten Abstand des nächsten bzw. des vorhergehenden Transektes extrapoliert. In der kartografischen Darstellung erscheint die geografische Lage der Abschnitte sowie die Gesamtdichte mit einem Farbcode.

Abb. A-2: Methodik der Durchführung, Auswertung und kartografischen Darstellung der Tauch-Transektes.

Beispieltransekt Nr. 1



Fläche 1.1

Flächengröße	120 m ² (1)	
Bewuchsdichte	0 % → vegetationslos	
Dichtewert	0	
Abundanz I _{v_e} (2)	0	
Vorkommende Arten	Anteil Vegetation	Anteil Abundanz
(keine Arten)	— % =	—

Fläche 1.2

Flächengröße	160 m ² (1)	
Bewuchsdichte	11–25 %	
Dichtewert	1	
Abundanz I _{v_{ev}} (2)	160 → Fläche x Dichtewert = 160 x 1	
Vorkommende Arten	Anteil Vegetation	Anteil Abundanz
<i>Chara aspera</i>	50 % =	80 → 160 x 0.5
<i>Chara contraria</i>	30 % =	48
<i>Potamogeton pusillus</i>	20 % =	32

Fläche 1.3

Flächengröße	330 m ² (1)	
Bewuchsdichte	26–50 %	
Dichtewert	2	
Abundanz I _{v_e} (2)	660	
Vorkommende Arten	Anteil Vegetation	Anteil Abundanz
<i>Chara contraria</i>	10 % =	66
<i>Chara globularis</i>	30 % =	198
<i>Myriophyllum spicatum</i>	20 % =	132
<i>Potamogeton perfoliatus</i>	25 % =	165
<i>Potamogeton pusillus</i>	15 % =	99

Fläche 1.4

Flächengröße	520 m ² (1)	
Bewuchsdichte	76–100 %	
Dichtewert	4	
Abundanz I _{v_e} (2)	2'080	
Vorkommende Arten	Anteil Vegetation	Anteil Abundanz
<i>Chara globularis</i>	10 % =	208
<i>Nitella opaca</i>	60 % =	1'248
<i>Elodea nuttallii</i>	20 % =	416
<i>Potamogeton perfoliatus</i>	10 % =	208

Abb. A-3: Berechnung der Häufigkeitsanteile der vorkommenden Arten sowie der Abundanz pro m² (bzw. der mittleren Bewuchsdichte) in einem Transekt. → Beispiel eines Transektes mit 4 Teilflächen.

(1) Zur besseren Lesbarkeit wird im Beispiel die Flächengröße in m² verwendet, statt ha wie in Formel F1 und F4 der Indexberechnung aufgeführt.

(2) Berechnung der Abundanz = Fläche x Dichtewert

(3) Die Dichtestufe der Abundanz / m² (bzw. der mittleren Bewuchsdichte) liegt zwischen 26–50 % (Wert 2) und 51–75 % (Wert 3). Mit einer Abgrenzungsroutine wird hier die Dichtestufe 51–75 % zugewiesen.

(4) Die Berechnung der Abundanz / m² und der Häufigkeitsanteile für mehrere Transekte oder einen ganzen Perimeter erfolgt analog.

Transekt 1

Transektfläche ∑ 1.1–1.4	1'130 m ² (1)	
∑ Abundanz I _{v_e} = Transekt I _{v_t}	2'900 = 100 %	
Abundanz / m ²	2.57 (3) = mittlere Bewuchsdichte	
Vorkommende Arten	Anteil Abundanz	Anteil Häufigkeit (rH)
∑ <i>Chara aspera</i>	80	3 %
∑ <i>Chara contraria</i> → 48 + 66	114	4 % → (80 / 2'900) x 100
∑ <i>Chara globularis</i>	406	14 %
∑ <i>Nitella opaca</i>	1'248	43 %
∑ <i>Elodea nuttallii</i>	416	14 %
∑ <i>Myriophyllum spicatum</i>	132	5 %
∑ <i>Potamogeton perfoliatus</i>	373	13 %
∑ <i>Potamogeton pusillus</i>	131	5 %

ANHANG D



Ökologisches Konzept
zur Umsetzung des Ersatzbedarfes in
konkrete Massnahmen zur Uferaufwertung
von stehenden Gewässern
«PRAXIS-Modus» und «Expert-Modus»

→ Publikation INGENIEURBIOLOGIE N° 1/20

Ökologisches Konzept

Klemens Niederberger
Teil 5

Zusammenfassung

Das ökologische Konzept zeigt auf, wie die gewählten Massnahmen begründet bzw. hergeleitet werden und in welchem lokalen oder übergeordneten Kontext sie stehen. Dazu werden zwei Vorgehensweisen zur Planung einer Uferrevitalisierung vorgestellt:

Im «**PRAKTIK-Modus**» wird eine häufig anzutreffende Projektsituation beschrieben, in der die ökologischen Ziele pauschal aus der Behebung oder Entschärfung des vorhandenen Haupt-Defizites – meist fehlende Wasserwechselzone durch harten Uferverbau – abgeleitet und mit einem «Standard-Set» von wenigen und oft die einzig möglichen Massnahmen umgesetzt werden.

Im «**EXPERT-Modus**» erfolgt eine detaillierte Analyse der Defizite und eine vertiefte Herleitung der Revitalisierungsziele und –möglichkeiten. Darin enthalten ist eine Orientierung entweder am Referenzzustand, welcher für den betrachteten Standort anhand historischer Quellen recherchiert wird, oder an einem übergeordneten seespezifischen Leitbild (gewässerbezogenes Konzept der ökologischen Funktionsfähigkeit der Uferzone, s. Teil 3 in diesem Heft).

Keywords:

Ökologische Zustandserhebung, Referenzzustand, ökologische Zieldefinition

Flachufer gehören zu den reichhaltigsten Elementen unserer Landschaft. Als schmale und langgestreckte Übergangsbiosphären vermitteln sie zwischen den landseitigen Lebensräumen und dem offenen See. Die landseitige Uferzone weist wertvolle und selten gewordene Lebensräume auf wie Feuchtgebiete, Riedwiesen und Röhrichte. Die seeseitige Flachwasserzone ist jener Bereich des Sees, in welchem die intensivsten biologischen, physikalischen und chemischen Abläufe stattfinden. Beispielsweise finden hier Fische Laichräume, Aufwuchsgebiet und Jagdrevier. Für Kleintiere wie Schnecken und Muscheln bildet sie eine geeignete Lebensgrundlage. Das Schilfröhricht bietet den Wasservögeln Rückzugsmöglichkeiten und Schutz zur Aufzucht der Jungen. Aus: Arbeitshilfe «Seeufer aufwerten» [Iseli 2012]

Concept écologique

Résumé

Le concept de mesures écologiques montre comment les mesures sélectionnées sont justifiées ou dérivées et dans quel contexte local ou supérieur elles se situent. À cette fin, deux approches de planification de la revitalisation des rives sont présentées :

Dans le « **mode PRATIQUE** », une situation de projet fréquemment rencontrée est décrite de manière globale dans laquelle les objectifs écologiques sont généralement dérivés de l'élimination ou de l'atténuation du déficit principal existant - généralement l'absence de zone d'échange d'eau en raison de l'aménagement des berges en dur - et sont mis en œuvre avec un « ensemble standard » d'un petit nombre et souvent les seules mesures possibles.

Dans le « **mode EXPERT** », une analyse détaillée des déficits et une dérivation approfondie des objectifs et des possibilités de revitalisation sont effectuées. Cela comprend une orientation soit vers l'état de référence, recherché pour l'emplacement considéré à l'aide de sources historiques, soit vers un modèle supérieur spécifique au lac.

Mots-clés :

Evaluation de l'état écologique, condition de référence, définition de l'objectif écologique

Les rives plates sont parmi les éléments les plus riches de notre paysage. En tant qu'habitats de transition étroits et allongés, ils servent de médiateur entre les habitats terrestres et le lac. La zone riveraine terrestre contient des habitats précieux et rares tels que des zones humides, des prairies marécageuses et des roselières. La berge lacustre au bord du lac est la zone lacustre où se déroulent les processus biologiques, physiques et chimiques les plus intenses. Les poissons, par exemple, y trouvent des frayères, des zones d'alevinage et des terrains de chasse. Pour les petits animaux tels que les escargots et les moules, il constitue une base de vie appropriée. Les roselières offrent aux oiseaux aquatiques des possibilités de retraite et une protection pour élever leurs petits. Source : Guide de travail « Valoriser les rives lacustres » [Iseli 2012].

Concetto ecologico

Riassunto

Il concetto ecologico illustra come giustificare o derivare le misure selezionate e in quale contesto si trovano, a livello locale o più ampio. A tal fine vengono presentate due procedure per la pianificazione della rivitalizzazione delle rive: nella modalità «**PRAKTIK**» viene descritta una situazione di progetto frequentemente riscontrata dove gli obiettivi ecologici sono generalmente derivati dall'eliminazione o dalla

mitigazione del deficit principale esistente. Quest'ultimo è di solito rappresentato dalla mancanza di una fascia spondale a causa delle opere di protezione dall'erosione. Le misure, poche e spesso le uniche possibili, vengono implementate con un set standard.

Nella modalità «**EXPERT**» viene effettuata un'indagine dettagliata dei deficit e un'analisi approfondita degli obiettivi e delle possibilità di rivitalizzazione. Per fare ciò si fa riferimento sia allo stato di riferimento, che viene definito per l'area in esame utilizzando fonti storiche, sia ad un modello specifico del lago su ampia scala.

Parole chiave:

Valutazione dello stato ecologico, stato di riferimento, definizione degli obiettivi ecologici

Le zone litorali delle rive lacustri sono tra gli elementi più ricchi del nostro paesaggio. In quanto habitat di transizione stretti e allungati, essi mediano tra gli habitat terrestri e il lago aperto. La zona ripariale contiene habitat preziosi e rari come le zone umide, i prati umidi e i canneti. La zona di acque poco profonde del lago è la zona del lago dove avvengono i processi biologici, fisici e chimici più intensivi. I pesci, per esempio, trovano qui zone di riproduzione, aree idonee agli avannotti e zone di caccia. Per i piccoli animali come le lumache e le cozze, costituisce una zona adeguata per la vita. I canneti offrono agli uccelli acquatici la possibilità di ritirarsi e protezione per l'allevamento dei loro piccoli. Tradotto dall'aiuto al lavoro «Seeufer auwerten» [«Migliorare le rive lacustri», Iseli 2012].

1. «PRAKTIK»-Modus

Das Motto für den «PRAKTIK»-Modus lautet: Schnellverfahren / «quick and dirty» / «best practice» / in vielen Fällen sehr realitätsnah bzw. für einen Grossteil der Ufersituationen zutreffend / man macht das Meiste richtig / günstiges Verhältnis zwischen planerischem Aufwand und ökologischem Ertrag / unkompliziertes Bewilligungsverfahren¹.

Die für den «PRAKTIK»-Modus prädestinierten Uferabschnitte umfassen in der Regel weniger als 50 m Uferlänge und weisen landseitig meist (deutlich) weniger als den gesetzlichen minimalen Gewässerraum von 15 m als Interventionsfläche auf. Oft sind die landseitigen Flächen in Privatbesitz und / oder es sind Infrastrukturelemente [«Anlagen und Bauten»], welche nahe oder bis an den Gewässerrand reichen².

¹ i.d.R. fällt ein Revitalisierungsprojekt im «PRAKTIK»-Modus auch nicht unter die UVP-Pflicht. Eine solche wäre z.B. gegeben bei einem Schüttvolumen von > 10'000 m³. In Abstimmung mit der Vollzugshilfe «Ökologische Anforderungen an Wasserbauprojekte» [Belsler et al. in Anhörung 2020] entspricht der «PRAKTIK»-Modus dem Vorgehen bei kleineren Aufwertungsprojekten, wo die SIA-Phasen 1 und 2 (Situationsanalyse und Zieldefinition) ausgelassen und direkt mit der Massnahmenplanung (Vor-, Bau-, Auflageprojekt) begonnen wird.

² Der PRAKTIK»-Modus ist auch dann «das Mittel zur Wahl», wenn eine übergeordnete, gewässer-spezifische Revitalisierungsplanung und Festlegung prioritärer Uferabschnitte (nach) fehlt, aber trotzdem Umsetzungsbedarf besteht (z.B. in Bewilligungsverfahren für Bauprojekte oder Neukan-zessionierungen mit Pflicht zu Uferaufwertungen in der Realisierung des ausgewiesenen Ersatzbedarfes) und dem betreffenden Perimeter nicht ein ökologisches Gesamtkonzept «überwältigt» werden kann.

Für einen überwiegenden Teil dieser Standorte zeigt sich folgendes Bild:

- Aufschüttung in der Flachwasserzone («Landanlage / Konzessionsland»)³ und / oder
- Hartverbau an der Uferlinie (Ufermauer, Blockwurf) mit vorgelagerten Grobfraktionen des Seegrundes auf mehreren Metern Breite

In all diesen Fällen liegt das ökologische Defizit vor allem im mehr oder weniger vollständigen Verlust der Wasserwechselzone (Übergangsbereich Wasser–Land) sowie einer anteilmässig substanzialen Verkürzung der Flachwasserzone. Davon betroffen sind spezifisch an den Lebensraum schwankender Wasserstände (Eulitoral) angepasste Organismen, welche auf periodisch überflutete und wieder trockenfallende Flächen angewiesen sind oder genau dort ihre Nische haben und gegenüber anderen Arten im Vorteil sind. Eine gegenüber den natürlichen Gegebenheiten verkürzte Flachwasserzone engt das mögliche Artenspektrum ein, da der lokale Gradient des sukzessiven Abbaus der Wellenkräfte ab einem bestimmten Punkt abrupt abgebrochen wird. Hinzu kommt eine durch Wellenrückschlag stark mechanisch gestörte Zone unmittelbar an der Uferverbauung. Als «pauschale» ökologische Zielsetzung steht im «PRAKTIK»-Modus die Abflachung des Seeufers und die Verbreiterung der Wasserwechselzone im Vordergrund. Es wird damit auf das grösste Defizit fokussiert, die Naturnähe des betreffenden Abschnittes generell verbessert und implizit mit der Reaktivierung bzw. Revitalisierung eines raren Lebensraumes auch die entsprechende Artengemeinschaft (etliche davon auf der Roten Liste) gefördert⁴ sowie der Grad der ökologischen Funktionsfähigkeit erhöht.

1.1 Szenarien

Für eine mögliche Revitalisierung des Seeufers ergeben sich für die oben beschriebene «Standard»-Situation drei Szenarien zur Ausbildung bzw. Wiederherstellung einer Wasserwechselzone:

1. **«PRIO TERRA»** – Landseits – ab bestehender Uferlinie – ist genügend Raum vorhanden (≥ 10 m):
Die gesamte Aufwertung findet landseits statt. Durch den Abbruch der Uferbefestigung und landseitigem Terrainabtrag wird im Prinzip die Seefläche vergrössert auf Kosten von ufernahen terrestrischen Lebensräumen, welche i.d.R. einen markant tieferen ökologischen Wert aufweisen als die vorgesehene neue aquatische bzw. amphibische Zone. Seeseits der aktuellen Uferlinie (Uferverbau) finden keine Veränderungen bzw. keine Überschüttungen und damit Zerstörung bestehender Werte statt.⁵ Das Niveau des am Fuss der Ufermauer anstehenden Seegrundes wird übernommen und mit einem ökologisch optimierten Neigungswinkel fortgesetzt (max. 1:10 oder flacher). Vorgabe: Für die Wasserwechselzone ist der grösstmögliche Raum am Standort auszunutzen (Priorisierung Flächengewinn), der Übergang ab Beginn der terrestrischen Vegetation zur bestehenden Terrainhöhe kann dagegen steil ausgebildet werden (Neigung mind. 2:3).⁶ Gegebenenfalls ist in einem Streifen seeseits der Uferlinie das standortfremde Substrat durch geeignetes Wandkies-Material zu ersetzen, ebenso landseits auf der Abtragsfläche.⁷ Siehe Abb. 1 – Szenario 1.
2. **«INTERMEDIA»** – Landseits ist nur wenig Raum vorhanden (5–10 m)
Die Aufwertung erfolgt nach dem Prinzip «halb Land – halb See», wobei als grobe Regel die bestehende Uferlinie als Drehpunkt betrachtet und das Ufer landseits abgeflacht und seeseits aufgeschüttet wird. Der Übergang ab Beginn der terrestrischen Vegetation zur Terrainhöhe ist wie in Variante A steil auszubilden (Neigung mind. 2:3). Vorgehen: Breite der Aufwertung festlegen, landseits ab Niveau der terrestrischen Vegetation, seeseits bis zum Beginn der dichteren Unterwasservegetation. Sofern diese Breite keine Neigung von 1:10 oder flacher zulässt, ist seeseitig unterhalb der Niedrigwasserlinie

³ Aufschüttungen zur Gewinnung von Land für den Bau von Strassen und Bahn, für Wohnungs- und Industriebauten, für Gärten und Anlagen aber auch für Bootshäfen. Mit solchen Aufschüttungen wurden die wertvollen, vom schwankenden Seespiegel beeinflussten Lebensräume der Uferzone zerstört. Sie sind meistens kombiniert mit dem Bau von Ufermauern, um das durch die Aufschüttung entstandene Steilufer vor dem Wellenschlag und der Erosion zu schützen. Während an Flachufern die Wellenenergie durch die Brandung vermindert wird, treffen die Wellen an einer Ufermauer mit deutlich höherer Wucht auf und werden zudem reflektiert. Die rückschlagenden Wellen führen zu empfindlichen Störungen der ufernahen Bereiche und der wertvollen Lebensräume in der Flachwasserzone.

⁴ Die Etablierung gewisser lebensraumtypischen Arten ist als längerfristiges Ziel zu betrachten. Bei Fehlen entsprechender Ressourcen in der weiteren Umgebung kann ein Erfolg auch ausbleiben. Eine mögliche Massnahme wäre eine gezielte Wiederansiedlung von bestimmten Arten (siehe betreffender Abschnitt unter «Voraussetzungen für eine erfolgreiche Umsetzung»).

⁵ Kein Konflikt mit NHG Art. 21, keine allfälligen Probleme mit Untergrundstabilität (Rutschungen), ggf. sind nicht standortgerechte Grobkomponenten am Seegrund aus dem früheren Uferverbau zu entfernen.

⁶ Da ein Grossteil der Gewässer reguliert wird, sind heute die jährlichen Pegelschwankungen deutlich kleiner als im natürlichen Zustand. Die Neigung des neuen, landseitigen Seegrundes soll daher so ausgebildet sein, dass auch unter regulierten Verhältnissen die Flächenveränderungen bei ansteigendem oder sinkendem Seespiegel möglichst gross ausfallen.

⁷ Oft liegt seeseits der Uferbefestigung kein gewachsener Seegrund vor, sondern ein Streifen grobkörniges Schüttmaterial. Dieser Streifen weist i.d.R. kaum Vegetation auf. Das standortfremde Substrat ist zu entfernen und mit geeignetem Sediment zu ersetzen (Wandkies mit Schichtmächtigkeit von 0.3–0.5 m). Auch landseits auf der Abtragsfläche kann ein Materialersatz nötig sein.

PRIO TERRA

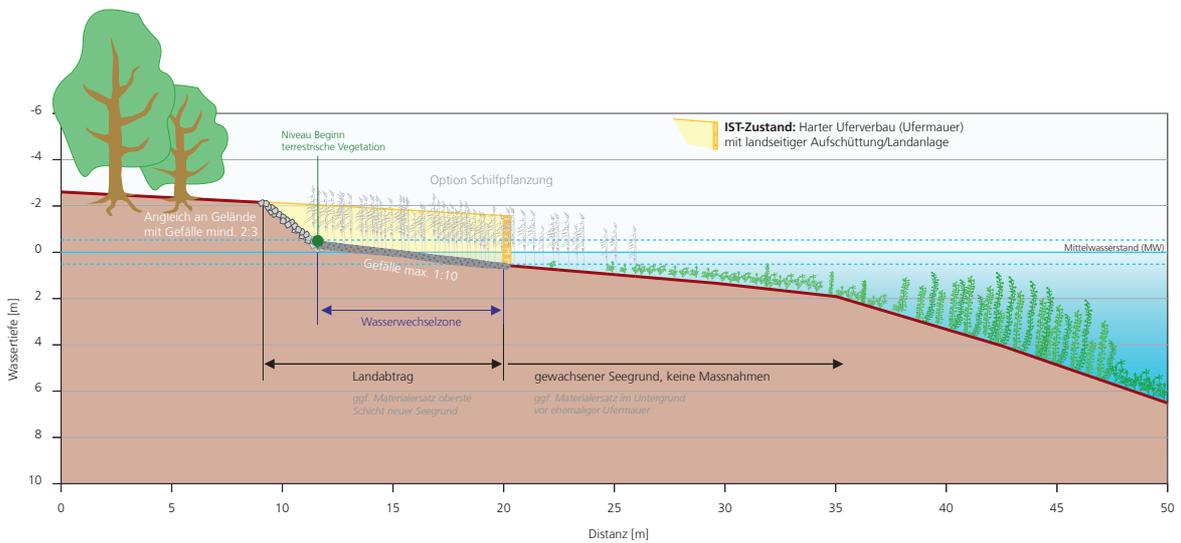


Abb. 1: Beispielprofil eines Seeufers vor und nach Revitalisierung im Szenario «PRIO TERRA», also mit Landabtrag zur Ausbildung einer Wasserwechselzone bis auf Niveau Beginn der terrestrischen Vegetation. Grafik: AquaPlus [M. Sturzenegger] | Fig. 1: Exemple de profil d'une rive lacustre avant et après revitalisation dans le scénario « PRIO TERRA », c'est-à-dire avec enlèvement de terre pour former une zone de marnage jusqu'au niveau du début de la végétation terrestre. Graphique : AquaPlus [M. Sturzenegger]

eine
Bö-

INTERMEDIA

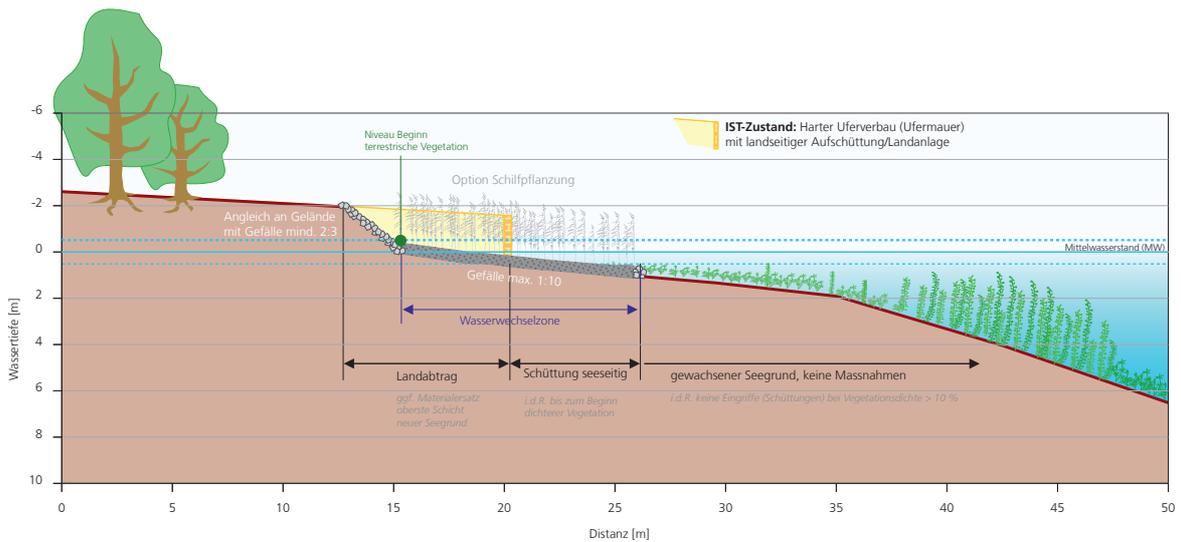


Abb. 2: Beispielprofil eines Seeufers vor und nach Revitalisierung im Szenario «INTERMEDIA», also mit Landabtrag und Schüttung ab bestehender Uferlinie zur Ausbildung einer Wasserwechselzone bis auf Niveau Beginn der terrestrischen Vegetation. Grafik: AquaPlus [M. Sturzenegger] | Fig. 2: Exemple de profil d'une rive lacustre avant et après revitalisation dans le scénario « INTERMEDIA », c'est-à-dire avec enlèvement et remblai à partir de la ligne de rive existante pour former une zone de marnage jusqu'au niveau du début de la végétation terrestre. Graphique : AquaPlus [M. Sturzenegger]



Abb. 3: Beispielansicht einer Seeuferaufwertung unter den «typischen» Rahmenbedingungen zur Anwendung des «PRAKTIK»-Modus' [u.a. kleiner Uferabschnitt, Privatgrundstück, Interventionsraum landseitig beschränkt, keine übergeordnete Planung, Umsetzung lokaler Ersatzbedarf], Szenario «INTERMEDIA, Landabtrag und Schüttung zur Ausbildung einer Wasserwechselzone ca. 1:10, mit seeseitigem «Steindamm», bis zum Aufkommen dichter Unterwasservegetation, zusätzlich partielle (Wieder-)Ansiedlung von Schilf als Trittsteinbiotop. Der Beginn der terrestrischen Vegetation liegt am Fuss der landseitigen Steinbänkschung (Steilstufe bis Terrainhöhe). Von Juni bis August steht die Kiesfläche unter Wasser. Der Mittelwasserstand liegt etwa in der Mitte der Kiesfläche. Zeitpunkt der Aufnahme ca. 10 cm unter MW. Foto: AquaPlus, 4.10.2016, 3 Jahre nach der Schilfpflanzung | Fig. 3: Vue d'exemple d'une revitalisation de rives lacustres dans les conditions cadres « typiques » pour l'application du mode « PRACTIQUE » [comprenant une petite section de rive, une propriété privée, une zone d'intervention limitée côté terre, pas de planification de niveau supérieur, mise en œuvre des exigences locales de remplacement], scénario « INTERMEDIA », enlèvement de terre et remblai pour la formation d'une zone de marnage d'environ 1:10, avec un « barrage de pierres » côté lac, jusqu'à l'émergence d'une végétation sous-marine dense, avec une (ré)implantation partielle supplémentaire de roseaux comme biotope-relais. Le début de la végétation terrestre se trouve au pied du remblai de pierre côté terre [marche raide jusqu'au niveau du terrain]. De juin à août, les bancs de gravier sont sous l'eau. Le niveau moyen de l'eau se situe approximativement au milieu des bancs de gravier. Moment de la saisie environ 10 cm en-dessous du niveau moyen de l'eau. Photo : AquaPlus, 4.10.2016, 3 ans après la plantation des roseaux

schung aus größerem Material auszubilden («Damm» aus mehrheitlich faust- bis kopfgrossen Steinen) bis das gewünschte Minimalgefälle erreicht ist. Siehe Abb. 2 und 3 – Szenario 2.

3. «PRIO LAGO» – Landseits ist kein Raum vorhanden (0 m)

Ohne die Möglichkeit einer landseitigen Abflachung ergibt sich als Mittel der Wahl nur noch die Vorschüttung. Hier verbleibt als Zielsetzung die Entschärfung der harten Uferverbauung. Wie bei Variante 2 ist der Übergang ab Beginn der terrestrischen Vegetation steil auszubilden (z.B. Neigung mind. 2:3), der Rest bis zur Interventionsgrenze mit dichter Unterwasservegetation dagegen so flach wie möglich. Je nach Uferdistanz dieser Interventionsgrenze kann die ökologisch erwünschte Grenzneigung der Schüttung von 1:10 ebenfalls mit einer Böschung unterhalb der Niedrigwasserlinie erreicht werden. Siehe Abb. 4 – Szenario 3.

Grundsätzlich gilt für alle Varianten: Je flacher ein Seeufer gestaltet wird, desto breiter und wertvoller ist es. Landseitig soll der verfügbare Raum möglichst vollständig für die Wasserwechselzone genutzt werden, seeseitig wird der Handlungsspielraum «grosso modo» durch den Beginn der dichteren Unterwasservegetation [Bewuchsstufe > 10 %] festgelegt. Sofern landseitig mit Geländeabtrag genügend Raum für eine Grenzneigung von 1:10 oder flacher besteht, ist auf seeseitige Massnahmen [Schüttungen] zu verzichten.

PRIO LAGO

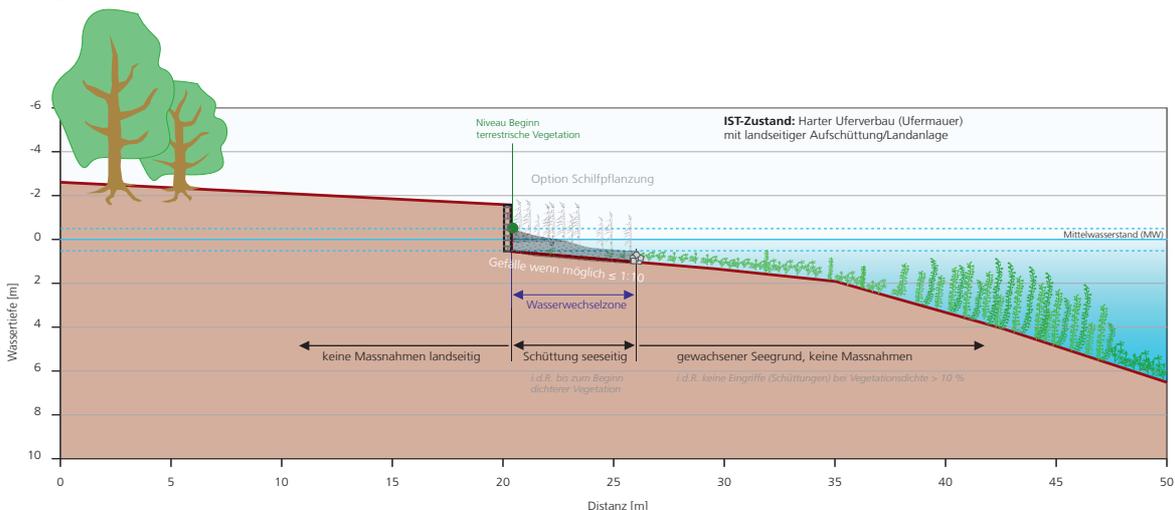


Abb. 4: Beispielprofil eines Seeufers vor und nach Revitalisierung im Szenario «PRIO LAGO», also ohne Möglichkeit eines Landabtrages, nur mit Vorschüttung und Ausbildung einer Wasserwechselzone bis auf Niveau Beginn der terrestrischen Vegetation. Grafik: AquaPlus [M. Sturzenegger] | Fig. 4: Exemple de profil d'une rive lacustre avant et après revitalisation dans le scénario « PRIO LAGO », c'est-à-dire sans possibilité de prélèvement de terre, uniquement avec remblayage préliminaire et formation d'une zone de marnage jusqu'au niveau du début de la végétation terrestre. Graphique : AquaPlus [M. Sturzenegger]

1.2 Voraussetzungen für eine ökologisch erfolgreiche Umsetzung

Risiken mindern

Bei Uferabschnitten mit weniger als 30 m breiter Flachwasserzone (bis 3 m Wassertiefe) bzw. relativ steilem Abfall des Seegrundes besteht das Risiko, dass bei Auflasten durch Schüttungen Abrüche und Rutschungen ausgelöst werden. Bei Schüttungen muss immer ein genügender Abstand zur Haldenkante eingehalten werden. Auf solchen Abschnitten sind vorgängig geotechnische Abklärungen erforderlich.

Zur Sicherung der Schüttung vor Abrutschen oder zur Erreichung einer Grenzneigung der Schüttung von 1:10 (siehe Szenario 2 und 3) empfiehlt sich bei Vorschüttungen je nach Steilheit des Untergrundes das Anlegen eines grobkörnigen Böschungsfusses unterhalb der Niedrigwasserlinie («Steindamm»). Die Beschaffenheit der faust- bis kopfgrossen Steine ist Ansichtssache: Gebrochenes Material weist einen stärkeren inneren Halt auf und ist dadurch beständiger und stabiler. Gerundetes Material wäre standortgerechter (es gelangen kaum kantige Steine natürlicherweise in den See). Dieser Aspekt wird in erster Linie als ästhetisch und nicht als ökologisch relevant betrachtet. Vor allem Anwohner («Einheimische») sind oft skeptisch, wenn Verbauungen entfernt werden und quasi «einfach Kies» am Ufer vorliegt. Wer schützt dann vor Hochwasser und Stürmen? Zum einen sind die Hartverbauungen entlang ganzer Uferabschnitte meist überdimensioniert, was anhand der heute vorliegenden Erkenntnisse über die Wellenverhältnisse am Standort erläutert werden kann («es wäre sowieso gar keine so starke Verbauung nötig gewesen»), zum anderen können / sollen die im Rahmen der Revitalisierung am Ufer abgebrochenen Steine und Blöcke zurückversetzt als versteckte Sicherung in die Böschung eingebaut werden. Sie sind dann unsichtbar und bilden keine ökologische Barriere mehr, mindern aber Bedenken vor einem ungeschützten Ufer («... falls der nächste Jahrhundertsturm den neuen Untergrund wider Erwarten abtragen würde, hätte man zur Sicherheit eine rückwärtige Interventionsgrenze»).

Vorgängige Wasserpflanzenerhebung (inkl. Grossmuscheln)

Aufgrund der Kartierung der Wasserpflanzen kann der Interventionspielraum für eine Vorschüttung festgelegt werden (NHG Art. 21). In der Regel liegt die Schüttgrenze am Beginn der dichteren Vegetation (> 10 % Bewuchsdichte). Unter der Voraussetzung, eine Verbesserung der Flachwasserzone zu erreichen, wären Schüttungen auch in dichtere Wasserpflanzenbestände möglich (NHG Art. 22, GSchG Art.39). Es muss jedoch vorher eine Charakterisierung, Bewertung und Einordnung der vorliegenden Vegetation erfolgen, sowohl im potenziellen Schüttbereich, als auch in der näheren Umgebung. Für die Bewilligungsfähigkeit der Schüttungen ist der klare Nachweis eines Mehrwertes zu erbringen. Geschützte oder gefährdete Pflanzen- oder Grossmuschelarten (gem. Rote Liste-Einstufung) sind vorgängig umzusiedeln, sofern dies möglich ist. Bei gewissen Arten, z.B. *Littorella uniflora* (Strandling) besteht die Gefahr, dass eine Umsiedlung bzw. eine Zwischenhälterung und Wiederansiedlung auf dem neuen Substrat nicht gelingt. In diesem Fall ist der vorhandene Bestand prioritär zu schützen (keine Schüttungen, ggf. Suspendierung des Aufwertungsprojektes).

Beschaffenheit des Untergrundes / Wellenkräfte am Standort

Das neue Substrat – sei es nach Landabtrag oder bei einer Schüttung – ist in der Beschaffenheit den lokalen Wellenkräften entsprechend anzupassen (siehe Teil 4 in diesem Heft). Vorgabe: So fein wie möglich, so grob wie nötig. In der Regel eignet sich Wandkies mit mindestens 20–30 % Feinanteilen (Korngrösse < 2 mm). Die Stabilität des Substrates ergibt sich durch die Anteile der gröberen Fraktionen, welche anhand der Analyse der Wellendynamik festgelegt werden. Bei einem reinen Landabtrag (Szenario 1: ist ggf. ein Materialersatz zwischen 30–50 cm Tiefe mit Wandkies nötig, und das von früheren Schüttungen verbliebene Grobsubstrat seeseits der Uferverbauung soll entfernt werden. Mit dem Feinanteil im Untergrund bleibt das Aufkommen von aquatischen und amphibischen Pflanzen gewährleistet (geeigneter Wurzelgrund), die gröberen Kornfraktionen bilden mit der Zeit eine Deckschicht (Feinmaterial wird ausgewaschen) und stabilisieren das Substrat (siehe Teil 7 in diesem Heft).

⁸ Die Wasserwechselzone sollte grob zwischen folgenden Pegelständen ausgebildet werden: Obere Grenze: Mittlerer Hochwasserstand = Pegel, welcher gemäss langjähriger Dauerkurve einmal im Jahr erreicht wird (P1). Untere Grenze: Mittlerer Niedrigwasserstand = Pegel, welcher gemäss langjähriger Dauerkurve an allen Tagen des Jahres erreicht wird (P365). Wird die landsseitige Ausdehnung als jener Raum betrachtet, wo nach Auswirkungen des Gewässers auf die Vegetation feststellbar sind, so liesse sich diese mit der Formel des potenziell natürlichen Gewässerraumes berechnen (s. Haberthür et al. 2015). Für die obere Grenze behilft man sich aufgrund des meist beschränkten Raumes und der Anforderung an eine maximale Neigung von 1:10 mit dem Niveau des Aufkommens von terrestrischer Vegetation. Dazu steht folgender PRAXIS-Tipp zur Verfügung (gem. Ch. Iseli, Landschaftswerk Biel-Seeland): Der Bereich der Wasserwechselzone liegt zwischen dem gewachsenen Seegrund (unten) und dem Beginn der terrestrischen Vegetation (oben), welche grob geschätzt ca. 0.2–0.7 m über dem Mittelwasserstand liegt. Der zutreffende Wert muss für jeden See oder sogar Uferabschnitt approximativ ermittelt werden (Anschauung exemplarische Stellen vor Ort). Zurzeit kann keine allgemein gültige «Faustregel» angegeben werden, vermutlich dürfte auch die Wellenexposition eine Rolle spielen. Für folgende Seen sind Erfahrungswerte vorhanden: Vierwaldstättersee: ca. 0.3 m über MW-Stand / Sarnersee: ca. 0.6 m / Bielersee: ca. 0.4 m.

Neigung und «Schnittpunkte»

Der Landabtrag bzw. die Abflachung mit Vorschüttung soll nach Möglichkeit eine Neigung von $< 1:10$ aufweisen und zum überwiegenden Teil im Schwankungsbereich des Seespiegels liegen. An jedem Gewässer lässt sich eine Höhe feststellen, bei welcher die terrestrische Vegetation (u.a. Weiden, Seggen) beginnt. Diese Marke sollte für jeden See zumindest empirisch festgelegt werden, bei einem nicht verbauten Uferabschnitt ist dieses Niveau gut ablesbar. Der Seegrund ist möglichst flach bis zu diesem Niveau zu führen (Priorisierung aquatischer Lebensraum), der Übergang zur \forall bestehenden Terrainhöhe kann dann mit einer relativ steilen Böschung [2:3 oder steiler] überwunden werden. Für ein optimales Muster von überfluteten und trocken fallenden Bereichen soll der Mittelwasserstand etwa in der Mitte der Abflachung zu liegen kommen [bzw. die Abflachung ist so zu gestalten, dass dieses Kriterium erfüllt wird].⁹

Ansiedlung bestimmter Arten

Grundsätzlich kann mit der Ausbildung einer Wasserwechselzone das entsprechende Lebensraumpotenzial als gegeben betrachtet werden. Es stellen sich dann mit der Zeit die spezifischen Organismen von selber ein. Da der Eintrag solcher Arten aber bei fehlendem «Reservoir» in der näheren Umgebung unter Umständen sehr lange dauert, kann die gezielte Wiederansiedlung von bestimmten Arten durchaus Teil einer Uferaufwertung oder -revitalisierung sein. Z.B. können Arten eingebracht werden, welche von den kantonalen Fachstellen als Zielarten oder prioritäre Arten bezeichnet werden. Diese stellen in der Regel auch Charakterarten des betreffenden Lebensraumes dar. In der Regel handelt es sich um Vertreter der Röhrichtgesellschaft, wie z.B. Schilf [*Phragmites australis*] oder auch Teichbinse [*Schoenoplectus lacustris*]. Es ist aber auch das Ansetzen von typischen Arten des Strandrasens bzw. Strandlingsgesellschaften denkbar (z.B. *Littorella uniflora* – Strandling). Über die Wiederansiedlung von Schilf siehe Teil 7 in diesem Heft. Für einen Bestand mit Lebensraumpotenzial – z.B. für den Teichrohrsänger – ist eine Fläche von minimal 20 x 20 m erforderlich. In der Breite (ab Uferlinie Richtung See) kann die Distanz bis ca. 0.8 m Wassertiefe bezüglich dem sommerlichen Mittelwasserstand einbezogen werden. Bei kleinerer Dimensionierung erfüllt ein Schilfbestand noch die Funktion als «Trittstein» [Vernetzung von Schwerpunkt-Zonen über kleinere Zwischen-Stationen]. Sofern in der Wasserwechselzone Pflanzenbestände etabliert wer-

den sollen, sind die Wellenkräfte am Standort genauer zu betrachten, unter Umständen ist seeseits vorgelagert die Schüttung eines Riffs zur Wellendämpfung erforderlich.

Weiteres aus dem «ökologischen Werkzeugkasten»

Im «PRAKTIK»-Modus steht die Regenerierung der Wasserwechselzone als meist grösstes Defizit an Naturnähe im Zentrum. Landseits wird der maximal mögliche Spielraum für aquatische und amphibische Lebensräume genutzt. Selbstverständlich sollen fallweise aber weitere Aufwertungsmöglichkeiten in Betracht gezogen werden, sofern sie bei kleinem Planungsaufwand und ohne grossen Unterhaltsbedarf Sinn machen und so lange sie nicht zu Lasten der priorisierten Lebensraumtypen gehen. Eine Ansiedlung von uferotypischen Pflanzen (bis zum Niveau des Beginns der terrestrischen Vegetation) wurde bereits oben angesprochen, weitere Strukturelemente wie Raubbäume sind denkbar oder auch Massnahmen zur besseren Längs- und Quervernetzung. Grundsätzlich ist jede «Verbesserung» willkommen, auch wenn sie sich vielleicht nicht in voller Wirkung ausprägen kann. Es ist aber trotz «aller guter Absicht» darauf zu achten, dass die Projektfläche nicht den Anschein von ökologischer «Hyperaktivität» oder «Disneylandisierung» erweckt.

Naturnähe ist «anziehend»

Aufgewertete Uferabschnitte weisen i.d.R. eine erhöhte Publikumsattraktivität auf. Die neu geschaffenen ufernahen Bereiche ziehen die Leute ans Wasser. Es finden insbesondere im Sommerhalbjahr vielerlei Aktivitäten mit entsprechendem Nutzungsdruck statt (Trittschäden landseits und im Wasser bis ca. 1.5 m Wassertiefe, Feuerstellen, Littering, etc.). Flächen zur Ansiedlung spezifischer Arten müssen in der Aufwuchsphase (mehrere Jahre) oder sogar permanent eingezäunt werden, wenn die Zugänglichkeit nicht unterbunden werden kann.

Bei öffentlich gut erreichbaren und nicht oder nur mit grossem Aufwand abzugrenzenden Flächen sind die ökologischen Ansprüche zu relativieren. Es ist anzuerkennen, dass zwar eine ökologische Verbesserung gegenüber dem Ist-Zustand erreicht, nicht aber eine «Naturschutz»-Fläche geschaffen werden kann. Das ökologische «Plus» wird einerseits über die «Menge» erreicht (viele Flächen mit mittlerem ökologischem Wert sind auch von Bedeutung) sowie – notgedrungen – auch über den Einbezug der anthropogenen Aktivitäten als Element zur Dynamisierung des Lebensraumes.

⁹ Es könnte auch umgekehrt festgestellt werden, dass überall dort, wo nicht nur eine «einfache» Uferabflachung und Verbreiterung der Wasserwechselzone gem. «PRAKTIK»-Modus erfolgen kann (oder soll), «automatisch» der «EXPERT»-Modus mit übergeordneten bzw. vertieften ökologischen Betrachtungen und Zielsetzungen zur Anwendung kommt. Es kommt hinzu, dass gemäss Programmvereinbarungen im Umweltbereich [BAFU 2018a] die Planung von Revitalisierungsprojekten [finanziell] unterstützt wird, sofern sie übergeordnet auf strategischer Ebene erfolgt. Die Ausführung und Wirkungskontrolle von Revitalisierungsmassnahmen wird nur abgegolten, wenn sie im Rahmen der zugehörigen strategischen Revitalisierungsplanung erfolgen.

Erfolgskontrolle und Unterhalt

Auch im «PRAKTIK»-Modus sollen der zukünftige Unterhalt und die Wirkungskontrolle bereits in der Projektierungsphase behandelt werden (siehe Teil 8 in diesem Heft).

2 «EXPERT»-Modus

Im «PRAKTIK»-Modus wurden die ökologischen Ziele inhaltlich und quantitativ nicht näher definiert, sondern mit der Behebung oder Entschärfung eines offensichtlichen Defizits infolge Uferverbauung oder Verkürzung der Flachwasserzone durch Landanlage ein ökologischer Mehrwert per se angenommen. In Anbetracht eines oft begrenzten räumlichen Spielraums und einer relativ kleinen Palette von möglichen Aufwertungsmassnahmen erfolgte eine Gewichtung zugunsten des **Handlungsprimates**.

Im «EXPERT»-Modus liegt der Fokus auf dem **Planungsprimat** mit entsprechend umfassenderen Überlegungen zu den ökologischen Projektzielen und Handlungsschwerpunkten. Darin einbezogen sind auch übergeordnete seespezifische Kriterien. Dazu erfolgt beispielsweise eine Analyse, welche Defizite für das betrachtete Gewässer besonders relevant sind, bzw. welche Aspekte der ökologischen Funktionsfähigkeit des Seeufers am stärksten in Mitleidenschaft gezogen wurden. Solcherart entwickelte Zielsetzungen können eine prioritäre Rolle spielen und in der Umsetzung beispielsweise der Orientierung am Referenzzustand übergeordnet sein

Eine Revitalisierungsplanung im «EXPERT»-Modus empfiehlt sich beispielsweise unter folgenden Gegebenheiten:⁹



Abb. 5: Übersicht über das systematische Vorgehen bei einer Seeuferrenaturierung [aus Belser et al. in Anhörung 2020, IGKB 2009, abgeändert] | Fig. 5 : Aperçu de l'approche systématique de la renaturation des rives lacustres [extrait de Belser et al., en procédure d'audition 2020, IGKB 2009, modifié]

¹⁰ Erst bei Flächen von mindestens 20 m Breite und mindestens 20 m Länge [uferparallel] kann bei der Ansiedlung (oder Wieder-Ansiedlung) eines emersen Bestandes an Uferpflanzen (i.d.R. Röhricht / Schilf) von einem substanziellen Wert als «Lebensraum» gesprochen werden.

¹¹ vgl. Anmerkungen in Fussnote 13

¹² Schüttungen mit Zerstörung der vorhandenen Vegetation sind als Ausnahme gem. NHG, Art. 22, unter anderem nur erlaubt, wenn damit eine Flachwasserzone verbessert werden kann [GSchG, Art. 39]. Ein solcher Nachweis muss sehr sorgfältig vorgenommen werden und bedingt eine detaillierte vorgängige Erhebung der Vegetationsverhältnisse am Projektstandort und in der näheren (wenn möglich auch der weiteren) Umgebung.

¹³ Es kann ergänzt werden, dass vor Revitalisierungsmassnahmen in und am Ufer (inkl. vorgelagerter Flachwasserzone) generell vorgängige Erhebungen zumindest der Vegetationsverhältnisse (als Leit-Biozönose und Leitstrukturen) erforderlich sind, je nachdem auch gezielte Abklärungen nach dem Vorkommen bestimmter Arten oder Artgruppen (z.B. des Zaobenthos, u.a. Muscheln, Schnecken). Bei Erhebungen nach Methode MESAV+ [AquaPlus 2014] sind neben allen vegetationsspezifischen Parametern standardmässig auch die Untergrundbeschaffenheit, Algen, Grassmuscheln, Neophyten und Neozoen sowie weitere auffällige Elemente enthalten.

- bei grösseren zusammenhängenden Uferabschnitten (i.d.R. > 50 m) und / oder breitem Handlungsspielraum landseits (> 10 m oder sogar grösser als der gesetzlich minimale Gewässerraum von 15 m) und / oder ausgedehnter Flachwasserzone¹⁰. Solche Bereiche sollten sich auch durch die Priorisierung im Rahmen der Strategischen Revitalisierungsplanung auf der Basis der ökomorphologischen Bewertung der Seeufer ergeben (als «Produkt» aus dem vorhandenen Defizit an Naturnähe, dem Aufwand zur Entfernung von Bauten und Anlagen und dem Einbezug bzw. der Gewichtung der ökologischen und landschaftlichen Bedeutung)
- bei der Wiederherstellung ganzer Wirkungsräume, z.B. eines Deltagebietes oder einer durch Kiesabbau degenerierten Flachwasserzone
- bei der Reaktivierung grundsätzlicher Prozesse der ökologischen Funktionsfähigkeit des Seeufers, z.B. der naturnahen Strömungsverhältnisse mit Sedimentdynamik (u.a. Verlandungen initiieren durch Riffe / Wellenbrecher)
- bei der Schaffung oder Wiederherstellung bestimmter Ufertypen mit ihrer charakteristischen Land-Wasser-Übergangszone, z.B. Flachufer mit Röhricht / Ried, mittelsteiles Ufer mit Ufergehölzen / Wald (inkl. ins Wasser gefallene Bäume am Uferrand)
- bei sogenannt «fischfreundlichen Revitalisierungen», u.a. spezifische Berücksichtigung der Substratheterogenität und damit der Habitatvielfalt bei aquatischen und semiaquatischen Lebensräumen (siehe z.B. LUBW 2008 und IGKB 2009).
- bei gezielten Wiederansiedlungen von Arten, Gesellschaften oder Lebensräumen (ggf. mit wellendämpfenden Massnahmen wie Unterwasserriff aufgrund veränderter Hydrodynamik bei verkürzter Flachwasserzone durch Landanlagen)
- beim grossflächigen Neuaufbau verloren gegangener ufernaher Flachwasserzone als Folge von Landanlagen mit Seeschüttungen ausserhalb der tatsächlichen oder

theoretischen Bewuchsgrenze der Unterwasservegetation.¹¹

Im Folgenden wird die ökologische Planung im «EX-PERT»-Modus charakterisiert. Grundlage dieser Planung ist das Vorgehen gemäss Abb. 1 Teil 6 dieses Heftes. In Anlehnung an das Vollzugshilfemodul «Ökologische Anforderungen an Wasserbauprojekte» (Belser et al. in Anhörung 2020) wird dabei ein Vorgehen in mehreren Arbeitsschritten empfohlen. Abb. 5 gibt eine Übersicht über diese Arbeitsschritte, ergänzt mit dem Fragenkatalog, wie er zur Erläuterung des Ablaufschemas im «Renaturierungsleitfaden Bodenseeufer» (IGKB 2009) aufgeführt ist.

2.1 Zustandsanalyse

Der Startpunkt des Planungsprozesses ist eine umfassende Analyse des Ist-Zustands. Neben der Ergebnisse der ökomorphologischen Zustandsanalyse nach der BAFU-Methode (Niederberger et al. 2016) sind dies auch Erhebungen des Zustandes bezüglich der ufermorphologischen Prozesse, der Lebensräume, von Flora und Fauna, der ökologischen Vernetzung, etc. (für detaillierte Ausführungen zu den verschiedenen «Ökosystembausteinen» siehe IGKB 2009).

Für die Detailspekte zu den verschiedenen Arbeitsschritten des Planungs- und Umsetzungsprozesses wird auf Teil 6 in diesem Heft sowie auf die Praxishilfe von Belser et al. (in Anhörung 2020) verwiesen. Obwohl letztere für Fliessgewässer konzipiert, lassen sich die Ausführungen als allgemeine Grundsätze auch weitgehend auf Seeufer-Revitalisierungen übertragen.

Es gelten von Fall zu Fall auch die im «PRAKTIK»-Modus beschriebenen Voraussetzungen für eine ökologisch erfolgreiche Umsetzung von geplanten Massnahmen. Zu beachten sind insbesondere die gesetzlichen Restriktionen betreffend bestehender Ufervegetation (dazu gehören auch die submersen Wasserpflanzen), nach welchen vorhandene Werte einem hohen Schutz-Status unterliegen

¹⁴ Auch bei einer Revitalisierung des Seeufers – mit dem «erklärten Willen» zur ökologischen Verbesserung der bestehenden Verhältnisse – gelten NHG Art. 18 Abs. 1 und 1bis, wonach die Lebensräume gefährdeter Arten zu erhalten und zu schützen sind. Lassen sich Eingriffe nicht vermeiden, gelten die Vorgaben nach NHG Art. 18 Abs. 1^{ter}, wonach bei einer Beeinträchtigung schutzwürdiger Lebensräume durch technische Eingriffe der Verursacher für besondere Massnahmen zu deren bestmöglichem Schutz, für Wiederherstellung oder ansonsten für angemessenen Ersatz zu sorgen hat. Bei gewissen Arten, u.a. *Littorella uniflora* (Strandling, gem. Rote Liste-Einstufung stark gefährdet) ist eine Umsiedlung oder Zwischenhalterung sehr risikoreich und eine erfolgreiche Wiederansiedlung am Standort kaum umsetzbar. Ein Revitalisierungsprojekt mit vorgesehener Überschüttung des Seegrundes könnte damit zum Auslöschen des Bestandes führen, selbst wenn dadurch eine flächenmässige Verbesserung der Wasserwechselzone erzielt würde.

¹⁵ Gerade in Naturschutzkreisen bestehen gegenüber Seeschüttungen diverse Vorbehalte. Fällt aber in grösserem Masse terrestrisch unverschmutzter Aushub (z.B. aus Tunnelprojekten) an, kann mit dem Einbringen solchen Materials eine wirklich substanzielle Wiederherstellung verloren gegangener Flachwasserzone erreicht werden. Oft schreckt der Begriff «Inselerschüttungen» ab. Es besteht aber keine Notwendigkeit, dass solche Schüttungen zu Inseln werden, also über den sommerlichen Wasserstand hinausreichen. Solche Kuppen verbuschen schnell und es etabliert sich hier kein Ziellebensraum. Die neu geschaffenen Flachwasserzonen zwischen 1 und 20 m Wassertiefe (als maximale untere Bewuchsgrenze der Vegetation in Schweizer Seen) sind sehr wertvolle Flächen, sie bilden Ersatz für die durch Landanlagen verkürzten Flachwasserzonen und wirken als Wellenbrecher, was die hydraulischen Verhältnisse zwischen Ufer und Schüttung wieder dem Referenzzustand näher bringt. Bezüglich der ökologischen Bilanzierung von Seeschüttungen wird empfohlen, die bei 20 m liegende theoretische Bewuchsgrenze zu berücksichtigen. Eine solche Schüttung geht insbesondere auf Kosten des Tiefenwasser-Benthos. Eine Regenerierung zerstörter Flachwasserzonen ist jedoch höher zu gewichten. Mit einer Seeschüttung können verschiedene ökologische Funktionen der Flachwasserzone geschaffen werden, u.U. sogar eine Wasserwechselzone (Bereiche, welche beim sommerlichen Hochwasserstand überflutet sind, im Winter aber über Wasser liegen). Eine laterale Vernetzung Wasser-Land – wie sie als Zielsetzung bei Aufwertungen an einem bestehenden Ufer eine Rolle spielt – ist hingegen nicht möglich.

In der ökologischen Bilanzierung dürfte ggf. nach Spielraum bestehen, allenfalls eine «tatsächliche» Insel als «Badeinsel» mit Erholungsfunktion für die Bevölkerung schaffen zu können.

und Beeinträchtigungen oder gar eine Zerstörung nur zulässig sind, wenn durch die geplanten Massnahmen ein substantieller ökologischer Mehrwert entsteht (siehe u.a. Art. 18, 21, 22 NHG; Art. 39 GschG).¹²

Zur Festlegung der seeseitigen Interventionsgrenzen sowie generell zur Beurteilung des vorhandenen Naturpotenzials bzw. einer allfälligen Gefährdung vorhandener Arten, Gesellschaften oder Lebensräume sind vorgängige Abklärungen bzw. Untersuchungen im Projektperimeter unabdingbar, insbesondere der Unterwasservegetation und Grossmuscheln.¹³

Bei einer Gefährdung von Rote Liste-Arten ohne ausreichende Ressourcen zur Wiederbesiedlung in der näheren Umgebung sind Schutz- bzw. Rettungsszenarien (z.B. Umsiedlung, Zwischenhälterung, etc.) oder Projektalternativen zu entwerfen, ggf. bis hin zu einem Verzicht bestimmter Massnahmen.¹⁴

2.2 Referenzzustand und Leitbild

In einem nächsten Schritt erfolgt die Orientierung an einem früheren Naturzustand und die Beschreibung des Referenzzustands (s. Definition im Teil 6). Da frühere Zustände meist nicht oder nur rudimentär, fachlich selektiv, oft ohne eigentliche Daten oder nur ab einem bestimmten Zeitpunkt dokumentiert sind, behilft man sich mit einem angenommenen und plausiblen Referenzzustand, z.B. aus einem Zusammenschluss von Daten aus verschiedenen Objekten aus dem gleichen geografischen Raum. Anhand von alten Karten oder frühen Luftbildern lassen sich zumindest über die strukturellen Gegebenheiten (bzw. eben der Zielstrukturen) manchmal recht gute und anschauliche Grundlagen herleiten.

Manche Entwicklungen an unseren Gewässern sind irreversibel und der Referenzzustand zum Vornherein entweder räumlich oder funktional nicht wiederherstellbar. Dazu gehören beispielsweise nutzungsbedingte Restriktionen durch Bauten, Verkehrswege, etc., welche am betreffenden Standort die nötige Flächengrösse für bestimmte ökologische Zielsetzungen nicht mehr zulassen. Eine Umsetzung im «verkleinerten Massstab» ist unter diesen Bedingungen im besseren Fall «gut gemeint» aber vermutlich wenig wirksam. Im schlechteren Fall werden unnötig Ressour-

Erst wenn konkrete Ziele definiert sind, lassen sich Strategien für deren Erreichung entwickeln

Im gesetzlichen Auftrag gemäss Art. 4 GSchG wird Revitalisierung definiert als «Wiederherstellung der natürlichen Funktionen eines verbauten, korrigierten, überdeckten oder eingedolten, oberirdischen Gewässers mit baulichen Massnahmen».

Da die Fundamentalziele von Revitalisierungen funktionierende Ökosystemprozesse und eine hohe Ökosystem-Resilienz sowie eine standorttypische Biodiversität umfassen, müssen zur Zielerreichung die baulichen Massnahmen durch Prozesssanierungen und indirekte Massnahmen in den Bereichen Wasserqualität, Hydrodynamik, Sedimentdynamik, etc. ergänzt werden.

Ein Hauptziel von Revitalisierungsbemühungen ist es, durch Reaktivierung natürlicher ökologischer Prozesse und durch die direkte und indirekte Förderung standorttypischer Habitats die Grundvoraussetzung für die Wiederansiedlung einer natürlichen Flora und Fauna zu schaffen. Diese Massnahmen schliessen auch eine verbesserte Vernetzung mit benachbarten Ökosystemen mit ein, u.a. um die Wiederansiedlung «verlorener» Arten zu ermöglichen oder zu unterstützen sowie die Fähigkeit zur Selbstregenerierung zu fördern.

Mit der Revitalisierung soll das ökologische Erholungspotenzial des Gewässers möglichst ausgeschöpft und sowohl hinsichtlich Morphologie als auch des Artenspektrums ein naturnaher Zustand entwickelt werden.

Vorrangige Ziele sind die Erreichung

- intakter Ökosystemprozesse und
- einer standortgerechten Biodiversität

Aus: Baumgartner et al. 2013 (bearbeitet und auf stehende Gewässer adaptiert).

cen gebunden, die anderweitig besser einsetzbar wären. Weitere Restriktionen ergeben sich durch übergeordnete Veränderungen wie in der Vergangenheit die Verkürzung der Flachwasserzonen durch Landanlagen oder die Eutrophierung (mit Peak in den 1980er-Jahren) sowie aktuell die Klimaerwärmung oder die «Heimsuchung» durch eine Vielzahl von Neobiota, wodurch gewisse Revitalisierungsbemühungen.

¹² Bei einer Seeufer-Revitalisierung ist die Exposition des Ufers und das jeweilige Wellenregime zu berücksichtigen (siehe Teil 4 in diesem Heft). Anhand dieser Gegebenheiten wird z.B. bei Schüttungen oder Materialersatz die Zusammensetzung [Korngrößenverteilung] des künftigen Seegrundes festgelegt, damit sich die gewünschte Stabilität ergibt. Wie verschiedene Untersuchungen gezeigt haben, spielen aber auch die Schiffswellen eine wichtige Rolle. Dabei ist die (signifikante) Wellenhöhe kein ausreichender Indikator für den relevanten Eintrag an hydraulischer Energie am Ufer. Die Ufertopografie ist ein weiterer Faktor. Mit ihr in Zusammenhang stehende Veränderungen der Wellen durch Sohlreibung und Brechung sowie die sich daraus selbstverstärkenden Effekte [Versteilung des Ufers, Vergrößerung des Substrates] tragen wesentlich zum schiffswelleninduzierten Stress auf die Ufervegetation bei. Aus: Schröder et al. 2018.

¹³ In der strategischen Revitalisierungsplanung erfolgt auf Stufe Festlegung der prioritären Uferabschnitte durch die zuständigen kantonalen Fachstellen eine grobe Zuweisung zu verschiedenen Massnahmentypen. In BAFU 2018b wird dazu folgende Auswahl angeboten: Rückverlegung bzw. Beseitigung von Uferverbauung / Flachuferschüttung / Landseitige Terrainanpassung / Wiederherstellung der Flachwasserzone (z. B. Auffüllen von Baggerlöchern) / Schüttung von Inseln / Strukturierung des Ufers / Schaffung von Feuchtgebieten oder Tümpel in der Uferzone von Uferabschnitten, an denen auf absehbare Zeit keine weitergehende Revitalisierung möglich ist, falls die Zielarten national prioritär sind / Schaffung von Feuchtgebieten und Tümpel in der Uferzone im Gewässerraum zur Förderung national prioritärer Arten. Dazu werden Massnahmen zur Uferstrukturierung erwähnt, welche nicht für sich alleine aber in Kombination mit obigen Massnahmen subventionsberechtigt sind: Schilfpflanzungen bzw. Schilfschutzmassnahmen / Entfernung von Anlagen aus Flachwasserzone und Uferstreifen.

- entweder generell verunmöglicht werden (z.B. bei nicht wiederherstellbaren Verlusten wie das Aussterben von endemischen Felchen-Arten, siehe u.a. Forschungsgruppen EAWAG und Uni Bern, 2018)
- oder zu einem bestimmten Zeitpunkt unrealistisch sind (z.B. aufgrund schlechter Wasserqualität, zu hoher Nährstoffgehalte, etc.)
- oder nur mit Zusatzmassnahmen erfolgreich umgesetzt werden können (z.B. mit einem vorgelagerten Wellenschutz in Form eines Unterwasserriffs, da die Flachwasserzone aufgrund der Landanlagen zum Abbau der Wellenenergie unwiderruflich zu kurz ist)
- oder nur mit künstlich angelegten Strukturen erfolgversprechend sind (z.B. Behebung spezifischer Defizite wie Fischunterstände am Ufer oder Laichhabitats durch Totholz, Raubbäume, Äste u.dgl.)
- oder nur mit «radikalen» Vorgehensweisen wirklich ein substantielles Ausmass erreichen (z.B. mit Seeschütungen ausserhalb der Vegetationszone zur Schaffung neuer Flachwasserzonen)¹⁵
- oder nur mit Anpassung der Zieldefinitionen antizipierend auf künftige Entwicklungen einen Sinn ergeben (z.B. Berücksichtigung eines vermehrten Aufkommens wärmeliebender Arten, u.a. *Najas marina* oder gewisser Neophyten und Neozoen, welche ein grosses Potenzial zur Verdrängung einheimischer Arten wie z.B. durch den Höckerflohkrebs *Dikerogammarus villosus* oder zur Veränderung der strukturellen Gegebenheiten wie z.B. die Veränderung der Seegrundeigenschaften durch die Körbchenmuschel *Corbicula fluminea*).

Weiter sind Veränderungen im historischen Kontext zu berücksichtigen, wie Seeabsenkungen (u.a. Zugersee, Sempachersee, Jurarandseen) oder Umleitungen von Flüssen in Seen zur Pufferung von Hochwasserspitzen (u.a. Bielersee, Walensee, Sarnersee), wodurch für das betreffende Gewässer der Referenzzustand u.U. nur noch bedingt eine sinnvolle Planungsrundlage sein kann. Das Gleiche gilt für ein reguliertes Pegelregime, wie dies in den meisten grösseren Schweizer Seen der Fall ist. Nicht zu vergessen sind verschiedenste Formen von Nutzungen, u.a. die Veränderung des Wellenregimes durch den Schiffsverkehr.¹⁶

Aufgrund verschiedener Restriktionen dürfte es in vielen Fällen kaum mehr möglich sein, die gewünschten Ziel-«Bil-

Revitalisierungen, ökologische Ersatz- und Aufwertungsmassnahmen

Die Kantone haben gem. Art. 38a GSchG die gesetzliche Verpflichtung, Gewässer zu revitalisieren. Im Rahmen der strategischen Revitalisierungsplanung werden auf der Basis der ökomorphologischen Erhebungen der Seeufer jene Uferabschnitte ausgewiesen, welche seespezifisch das beste Verhältnis zwischen Aufwand und ökologischem Gewinn aufweisen. Im Anschluss an die Priorisierung erfolgt bereits auf Stufe der strategischen Planung eine grobe Zuweisung von bestimmten Massnahmentypen (siehe Kap. 2.4 gem. BAFU 2018b). In der Umsetzung gemäss dem «EXPERT»-Modus werden die definitiven und verbindlichen Planungsvorgaben entwickelt.

Aus verschiedenen baulichen Vorhaben – von privater oder auch öffentlicher Seite – an und im Gewässer sowie auch bei Neukonzessionierungen von bestehenden Anlagen entsteht gleichzeitig ein grösserer Bedarf an ökologischem Ersatz mit Verpflichtung für Uferaufwertungen. Es wäre wünschenswert, wenn sich auch diese projektspezifischen, punktuellen Revitalisierungs- und Aufwertungsvorhaben einer übergeordneten (seeweiten) Planung orientieren könnten, um in der Bilanz für das Gewässer den grösstmöglichen ökologischen Nutzen zu erreichen. Da die Aufwertungsvorhaben, sobald auch seeseitig der Uferlinie Massnahmen in Betracht kommen, so oder so in die Bewilligungshoheit des betreffenden Anrainerkantons fallen und sich die Festlegung von geeigneten Aufwertungsabschnitten für Dritte erfahrungsgemäss sehr schwierig gestaltet, wäre anzuregen, dass bei grösseren Gewässern die Aufwertungsvorhaben unter koordinierter Planung und Leitung einer durch den Kanton mitgetragenen und beaufsichtigten Körperschaft (z.B. «Revitalisierungs-Stiftung») erfolgen und sich die «Ersatzschuldner» an den Aufwertungsvorhaben angemessen beteiligen.

Mit einer Zusammenführung der Revitalisierungsbemühungen aus gesetzlicher Verpflichtung gem. Art. 38a GSchG durch den Kanton und dem laufend anfallenden und in gleiche Richtung zielenden Ersatzbedarf aus privater und öffentlicher Hand könnte dem Anliegen einer Maximierung des ökologischen Gewinns für das ganze Gewässer nachhaltig Rechnung getragen werden.

¹⁵ Sind gewisse Arten in einem Gewässer ausgestorben (z.B. aufgrund einer früheren starken Eutrophierung), so stellt sich eine Wiederbesiedlung nicht automatisch ein, sobald geeignete Bedingungen wieder vorliegen (z.B. durch eine Reduktion der Nährstoffgehalte auf die gesetzliche Vorgabe bzw. den für das Gewässer festgelegten Zielwert oder durch die Neuanlage von strukturellen Gegebenheiten). In solchen Fällen ist ein aktiver «Besatz» aus anderen Gewässern erforderlich. Dabei ist zu beachten, dass bei einer solchen Aktion nicht gleichzeitig unerwünschte Organismen (Neobiota) verschleppt werden.

Bei der seeweiten Festlegung prioritärer Arten sind auch submerse Spezies ohne direkte Bezug zu Uferaufwertungen zu berücksichtigen, z.B. durch Eutrophierung verdrängte / ausgestorbene Arten, welche erst ab einer bestimmten Tiefe wachsen.

¹⁶ Es sollte unter Umständen auch in einem regionalen oder sogar landesweiten Kontext gedacht werden. Analog dem Konzept der «Smaragd»-Gebiete (europäisches Schutzgebietsnetzwerk) könnten gewissen Gewässern eine besondere Verantwortung in der Erhaltung oder Wiederansiedlung gefährdeter Arten zugeschrieben werden, da zum Beispiel in den Ursprungsgewässern aus räumlichen Restriktionen die nötigen Revitalisierungsprozesse gar nicht mehr verwirklicht werden können oder diese Gewässer hinsichtlich ihrer Wasserqualität nicht oder noch nicht in einem für diese Arten erforderlichen Zustand sind.

der» am Original-Standort wiederherzustellen. In einem weiteren Schritt der Planung muss deshalb ein übergeordnetes Leitbild erarbeitet werden, in welchem zwar die aus dem Referenzzustand abgeleitete Ziele enthalten sind, diese aber im Ausmass und bezüglich der geeigneten Räume und Standorte gewässerspezifisch festgelegt bzw. evaluiert (und planerisch möglichst frühzeitig «reserviert») werden.

2.3 Zieldefinition

Charakteristisch für den «EXPERT»-Modus mit Konzentration auf das Planungsprimat ist die Herleitung der ökologischen Ziele aus der Differenz zwischen dem beschriebenen Referenzzustand und der Zustandsanalyse [Defizitanalyse]. Dabei sind Überlegungen [Recherchen, Abklärungen, Konzepte] zu folgenden Ziel-«Bildern» anzustellen:

- Zielhabitats
- Zielstrukturen
- Zielgesellschaften / Zielarten
- Zielfunktionen / Zielprozesse

Darauf basierend ist eine naturschutzfachliche Auseinandersetzung hinsichtlich Gewichtungen, Einschätzung von Zielerreichungspotenzialen und Priorisierungen erforderlich. So stellt sich beispielsweise die Frage, welcher Grad von Wiederherstellung [Aufwertung, Revitalisierung] realistisch unter den gegebenen (und kaum veränderbaren) Restriktionen – z.B. Regulierung des Pegelregimes oder unumkehrbare Verkürzungen der Flachwasserzonen durch Landanlagen – erreicht werden kann (siehe dazu auch Abb. 1 Teil 6), und wie es um die Widerstandsfähigkeit [Resilienz] des Systems steht oder ob lediglich eine «Linderung» [Mitigation] möglich ist. Es sind Alternativen möglicher Umsetzungswege (organisatorisch, inhaltlich, prozessual) zu entwickeln und abzuwägen, und stets ist auch der Blick auf ein vertretbares Verhältnis zwischen planerischem Aufwand und dem möglichen ökologischen Ertrag zu richten.

2.4 Massnahmenplanung

In der Massnahmenplanung werden die gemäss der strategischen Planung zu revitalisierenden Abschnitte nach ihrer Eignung hinsichtlich Erfüllung des übergeordneten Leitbildes geprüft resp. geeignete bzw. erforderliche Massnahmen für die bereits im Leitbild konkretisierten und örtlich festgelegten Ziele definiert.¹⁷

Grundsätzliche Anregung: Im Vorfeld der strategischen Revitalisierungsplanung wäre durch eine Gruppe von Fachleuten für jedes Gewässer ein objektbezogenes, übergeordnetes Konzept der ökologischen Funktionsfähigkeit zu erarbeiten. Darin sollten die generellen Defizite, die Zielsetzungen und der bezüglich Realisierbarkeit am betreffenden See anzustrebende Rehabilitationsgrad für Zielhabitats, Zielstrukturen und Zielarten¹⁸ festgelegt werden.

Weiter wären eine grobe Lokalisierung der thematischen Schwerpunkte und die dazu geeigneten Massnahmentypen festzulegen. Die konkreten Revitalisierungsprojekte, welche sich aus der Analyse der ökomorphologischen Verhältnisse [Priorisierung gem. Vollzugshilfe Strategische Revitalisierungsplanung für stehende Gewässer, BAFU 2018b], der ökologischen Zustandsanalyse sowie aus der Anwendung der «Rahmenbedingungen» gemäss Auflistung der speziellen Gegebenheiten für den «EXPERT»-Modus ergeben, könnten dann auf diesem Konzept aufbauen.¹⁹

Zwingender Bestandteil einer fachgerechten Massnahmenplanung ist die frühzeitige Festlegung von Erfolgskriterien der ökologischen Zielsetzungen und daraus abgeleitet ein entsprechendes Konzept der Erfolgskontrolle [i.d.R. durch ein spezifisches Monitoring], siehe dazu auch Teil 8 in diesem Heft. Ein wichtiger Aspekt ist dabei die Berücksichtigung, dass revitalisierte Uferbereiche erfahrungsgemäss rasch als Naherholungsräume attraktiv werden und ggf. Lenkungsmassnahmen erforderlich sind – oder zum Vorherein gewisse Revitalisierungsziele relativiert werden müssen, wenn absehbar ein gewisser Nutzungsdruk nicht zu vermeiden ist resp. parallel zu den Revitalisierungsmassnahmen andernorts Aufwertungsmassnahmen zugunsten der Erholungsnutzung umgesetzt werden.

Literatur

AquaPlus, 2014: Wasserpflanzenenerhebungen – Methodik zur Erfassung der Wasserpflanzen und Seegrundverhältnisse. AQUA & GAS 7/8 2014: 66–77.

BAFU (Hrsg.) 2018a: Handbuch Programmvereinbarungen im Umweltbereich 2020 – 2024. Mitteilung des BAFU als Vollzugsbehörde an Gesuchsteller. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Vollzug Nr. 1817: 294 S.

BAFU (Hrsg.) 2018b: Revitalisierung Seeufer – Strategische Planung. Ein Modul der Vollzugshilfe zur Renaturierung der Gewässer. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Vollzug Nr. 1834: 44 S.

Baumgartner S., Peter A., Reichert P., Robinson Ch., Siegenthaler-Le Drian C., Thomas G. 2013: Priorisierung von Flussrevitalisierungsprojekten – Ökologische Aspekte der Priorisierung und Revitalisierungspotenzial. Synthesebericht. Eawag, 62 S.

Belser A., Dönni W., Dunand I., Govoni M., Haertel-Borer S., Könitzer C., Scapozza C., Thommen M., Weber S. [in Anhörung 2020]: Ökologische Anforderungen an Wasserbauprojekte gemäss Art. 4 Wasserbaugesetz (WBG) bzw. Art. 37 Gewässerschutzgesetz (GSchG). Ein Modul der

Vollzugshilfe Renaturierung der Gewässer. Bundesamt für Umwelt, Bern.

Bratrich, Ch., 2004: Planung, Bewertung und Entscheidungsprozesse im Fliessgewässer Management: Kennzeichen erfolgreicher Revitalisierungsprojekte, Diss. ETH Zürich, 292 S., zusätzlich Anhang.

Forschungsgruppen Eawag / Uni Bern, 2018: Neue Berner Oberländer Fischart entdeckt. In Eawag News 13.9.2018 mit Bezug auf Originalartikel: Doenz, C. J.; Bittner, D.; Vonlanthen, P.; Wagner, C. E.; Seehausen, O., 2018: Rapid buildup of sympatric species diversity in Alpine whitefish. Ecology and Evolution, 8[18].

Haberthür, M., Gmünder, M., Müller, V. 2015: Verfahren zur Ermittlung des potenziell natürlichen Uferraums stehender Gewässer. Ambio GmbH und Magma AG im Auftrag des Bundesamts für Umwelt, Bern

IGKB (Hrsg.), Rey P., Teiber, P. & M. Huber 2009: Renaturierungsleitfaden Bodenseeufer, Internationale Gewässerschutzkommission für den Bodensee, IGKB, Bregenz, 93 S.

Iseli, Ch. 2012: Verbaute Seeufer aufwerten. Wegleitung – Raum und Wirtschaft mit weiteren Dienststellen des Kantons Luzern [rawi.lu.ch – Downloads]. 8 S.

LUBW (Hrsg.) 2008: FIREBO – Fischfreundliche Renaturierung am Bodensee. Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg <https://pudi.lubw.de/detailseite/-/publication/86146>

Niederberger, K., Rey P., Reichert, P., Schlosser, J., Helg U., Haertel-Borer, S., Binderheim, E., 2016: Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Seen. Modul: Ökomorphologie Seeufer. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Vollzug Nr. 1632.

Pfaundler M. et al. 2011: Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fliessgewässer. Hydrologie – Abflussregime Stufe F [flächendeckend]. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Vollzug Nr. 1107:113 S.

Schroeder U., Fuchs, E. Heuner M., Schmidt-Wygasch C., Terwei A. 2018: 1. Zwischenbericht «Makrophytenmonitoring»: Einfluss des schifferzeugten Wellenschlages auf emerse Makrophyten der Tideelbe am Beispiel dreier exponierter Standorte – Ist-Zustand 2015. Bundesanstalt für Gewässerkunde BFG, Koblenz 60 S., zusätzlich Anhang.

Kontaktadresse

Klemens Niederberger
Dipl. phil II Uni Zürich (Biologe)
AquaPlus AG
Gotthardstrasse 30, CH-6300 Zug
klemens.niederberger@aquaplus.ch



Klemens Niederberger