Mitteilungsblatt Nr. 2/2016, Oktober 2016
Bulletin no 2/2016, octobre 2016
Bollettino n. 2/2016, ottobre 2016
ISSN 1422-0008

Standortbestimmung Aufwertung Seeufer

Etat des lieux valorisation des rives lacustres

Bilancio della situazione valorizzazione sponde di lago

INGENIEURBIOLOGIE
GENIE BIOLOGIQUE
INGEGNERIA NATURALISTICA

IMPRESSUM

Mitteilungsblatt für die Mitglieder des Vereins für Ingenieurbiologie
Heft Nr. 2/2016, 26. Jahrgang
Erscheint viermal jährlich

Herausgeber:
Verein für Ingenieurbiologie
c/o HSR Hochschule für Technik Rapperswil
ILF-Institut für Landschaft und Freiraum
Oberseestrasse 10, CH-8640 Rapperswil
Tel.: +41 55 222 47 90
E-Mail: sekretariat@ingenieurbiologie.ch

Internet-Adresse:
http://www.ingenieurbiologie.ch

Druck:
Vögeli AG, Langnau i. E.

Verantwortliche Redaktorin/ Rédacteur responsable:
Monika La Poutré
Hubertusstrasse 17
86391 Stadtbergen, Deutschland
Tel.: + 43 650 8615215
E-Mail: m.stampfer@gmx.at

Redaktionsausschuss/ Comité de rédaction:
Christian Rickli
Tel.: + 41 44 739 24 03
Fax: + 41 44 739 22 15
E-Mail: christian.rickli@wsl.ch

Robert Bänziger
Tel.: + 41 44 850 11 81
Fax: + 41 44 850 49 83
E-Mail: info@baenziger-ing.ch

Roland Scheibli
Tel.: + 41 43 259 27 64
Fax: + 41 43 259 51 48
E-Mail: roland.scheibli@bd.zh.ch

Lektorat/Lectorat:
Martin Huber
Tel.: + 41 32 671 22 87
Fax: + 41 32 671 22 01
E-Mail: martin.huber@bsb-partner.ch

Übersetzungen/Traductions:
Rolf T. Studer, E-Mail: rolov22@hotmail.com

Michel Jaeger, E-Mail: mr.mjaeger@gmail.com

Veranstaltungen:
Verein für Ingenieurbiologie
c/o HSR Hochschule für Technik Rapperswil
ILF-Institut für Landschaft und Freiraum
Oberseestrasse 10, CH-8640 Rapperswil
Tel.: +41 55 222 47 90
E-Mail: sekretariat@ingenieurbiologie.ch

Weitere Exemplare dieses Heftes können zum Stückpreis von Fr. 15.– beim Sekretariat bezogen werden.

Titelbild/Frontispice:

Revitalisiertes Ufer in Gals am Bielersee
Revitaliation de la rive à Gals sur le lac de Bienne
Rinaturazione della riva di Gals sul lago di Bienne

EDITORIAL

sanu kompetenz nachhaltige entwicklung compétences développement durable

Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra
Swiss Confederation

Bundesamt für Umwelt BAFU
Office fédéral de l'environnement OFEV
Ufficio federale dell'ambiente UFAM
Uffizi federal d'ambient UFAM
Federal Office for the Environment FOEN

WASSER-AGENDA 21 AGENDA 21 POUR L'EAU AGENDA 21 PER L'ACQUA

Im Frühjahr 1775 trat der damals 26 jährige Goethe mit Freunden seine erste Schweizer Reise an, dabei schrieb er das Gedicht "Auf dem See" in sein Tagebuch. Konkret war er auf einer Bootsfahrt auf dem Zürichsee unterwegs. Es ging um Wellen, die Natur, um Berge, Wolken, Wind und um beschattete Buchten. Er sah den See und seine Ufer in einem naturbelassenen Zustand, ausser der Seebathymetrie und Strömungen, welche von einem Boot aus eher schwierig zu beobachten sind, sind alle Ingredienzen erwähnt, welche heute als physikalische Randbedingungen zu einem integralen Seeuferschutz und Aufwertung aufkommen müssen.
Mit demselben jugendlich frischen Blick und Erwartungen trafen sich am 7. Juni 2016 im Verkehrshaus Luzern 110 Teilnehmer, um einen Einblick ins aktuelle Geschehen, kantonale und lokale Aktivitäten und Gesetzesgrundlagen rund um die Seeufer zu erlangen. Seeufer sind markante Landschaftselemente und äusserst attraktive Erholungs- und Wohnorte. Sie sind wichtige Elemente der ökologischen Infrastruktur. Nach Schutzaktivitäten auf lokaler und regionaler Ebene hat auch der Bund Teile der Seeufer durch verschiedene Instrumente unter Schutz gestellt. Neben den Landschaftsschutzgebieten wurden vor allem Biotop-, aber auch Artenschutzinventare entwickelt und umgesetzt. Mit Änderung des Gewässerschutzgesetzes aus dem Jahr 2011 muss die Revitalisierung von Seeufern in den kommenden Jahren strategisch geplant und entsprechende Massnahmen müssen vermehrt umgesetzt werden.
Ziel der Tagung war es, eine Standortbestimmung zu machen, indem diese verschiedenen Aspekte aufgezeigt, Beispiele, aber auch Lücken präsentiert und Bedürfnisse der unterschiedlichen Akteure sichtbar gemacht wurden. Die Tagung wurde vom Bundesamt für Umwelt BAFU, vom Verein für Ingenieurbiologie VIB, von sanu future learning sowie der Wasser-Agenda 21 organisiert. Nach der Begrüssung wurde ein Einführungsblock zur Transition vom Uferschutz zur Uferrevitalisierung und dessen fachlichen Grundlagen präsentiert. Perspektive von Natur- und Landschaftsschutz sowie der Artenförderung wurden aufgezeigt, sowie die Chancen und Aufgaben des Gewässerschutzes und dessen Umsetzung an stehenden Gewässern.
Anschliessend wurden ausgewählte Konzepte, Planungen und Projekte aus verschiedenen Kantonen vorgestellt. Einige wichtige Aspekte an Seeufern in den Themenbereichen Fische, Archäologie, Ökomorphologie sowie der Ermittlung des potentiell natürlichen Uferraums rundeten die Tagung ab. Insgesamt eine thematisch reich befrachtete «Bootsfahrt» an den Ufern der Schweizer Seen.
Aufgrund der Ergebnisse der Tagung kann nun über das weitere Vorgehen bezüglich Praxisgrundlagen, Forschung, Bildung und Information entschieden werden.

Susanne Haertel (BAFU, Abteilung Wasser), Stephan Lussi (BAFU, Abteilung Arten, Ökosysteme, Landschaften), Giovanni De Cesare (EPFL und VIB)

Au printemps 1775, au cours de son premier voyage en Suisse avec des amis, Goethe, âgé de 26 ans, écrit le poème «Sur le lac» dans son journal. Il est alors en croisière sur le lac de Zurich. Son poème décrit les vagues, la nature, les montagnes, les nuages, le vent et les criques ombragées. Il con-

temple le lac et ses rives dans un état naturel. A l'exception de la bathymétrie du lac et des courants, plus difficiles à observer à partir d'un bateau, tous les ingrédients devant figurer aujourd'hui dans les contraintes physiques d'une protection intégrale et la mise en valeur des rives d'un lac sont mentionnés.

Avec les mêmes attentes et le regard frais de la jeunesse, 110 participants se sont réunis le 7 juin 2016 au Musée des transports de Lucerne afin de mieux comprendre les événements actuels, les activités cantonales et locales et les bases juridiques ayant traits aux rives de lac. Les rives de lac sont des éléments marquants du paysage et très attractives pour les loisirs et comme résidence. Ce sont des éléments importants de l'infrastructure environnementale. Après les mesures de protection au niveau local et régional, la Confédération a également mis sous protection une partie des rives à travers divers instruments. En plus des zones de protection du paysage, des inventaires de protection des espèces et des biotopes ont été développés et mis en œuvre. Avec la modification de la Loi sur la protection des eaux en 2011, la revitalisation des rives du lac dans les années à venir doit être stratégiquement planifiée et des mesures appropriées doivent être graduellement mises en œuvre.

Le but du symposium était d'établir un état des lieux basé sur des exemples, des fondements et des lacunes existants, ainsi que sur les besoins des différents acteurs. Le symposium a été organisé par l'Office fédéral de l'environnement, l'Association pour le génie biologique VIB, sanu future learning ainsi que l'Agenda 21 pour l'eau.

Après l'accueil, une première série de thèmes se consacra sur la transition de la protection des berges à la revitalisation des rives et ses bases techniques. Les perspectives de la nature et de la protection du paysage, le développement des espèces ainsi que les opportunités et les devoirs de la protection des eaux et sa mise en œuvre dans les eaux dormantes ont été présentés.

Ensuite une sélection de concepts, de planifications et des projets de différents cantons a été présentée. Certains aspects à ne pas négliger pour les rives de lac tels que les poissons, l'archéologie, l'écomorphologie et l'identification d'un espace potentiel de rive naturelle ont complété le séminaire. Globalement, une «croisière» riche sur le thème des rives des lacs en Suisse.

Sur la base des résultats du symposium, on peut maintenant se décider sur la façon de procéder en matière de recherche, de formation et d'information.

Susanne Haertel (OFEV, division eau), Andreas Knutti (OFEV, division espèces, écosystèmes et paysages), Giovanni De Cesare (EPFL et VIB)

Nella primavera 1775, durante il suo primo viaggio in Svizzera con degli amici, il ventiseienne Goethe scrive nel suo diario la poesia «Sul lago». Si trovava in crociera sul lago di Zurigo. La sua poesia descrive le onde, la natura, le montagne, le nuvole, il vento e le insenature ombreggiate. Contempla il lago e le sue rive nel loro stato naturale. Eccetto la batimetria e le correnti, più difficili da osservare da un battello, tutti gli elementi che appaiono oggi tra gli ostacoli concreti per una protezione completa delle rive e per la loro valorizzazione sono menzionati.

Con le stesse aspettative e lo sguardo fresco della gioventù, 110 partecipanti si sono incontrati il 7 giugno 2016 al Museo Svizzero dei Trasporti di Lucerna per capire meglio le attualità, le attività cantonali e locali, e le basi giuridiche in relazione alle rive di lago. Le rive sono difatti elementi suggestivi del paesaggio e zone apprezzate per attività ricreative e per residenza. Si tratta di un elemento importante dell'infrastruttura ambientale. In seguito alle misure di protezione prese a livello locale e regionale, anche la Confederazione ha deciso di mettere sotto protezione in vari modi una parte delle rive. Oltre alla protezione del paesaggio, sono stati sviluppati e implementati degli inventari di protezione delle specie, e dei biotopi. Con la modificazione della legge sulla protezione delle acque nel 2011, la rivitalizzazione delle rive di lago nei prossimi anni deve essere pianificata in modo strategico e le misure appropriate devono essere implementate gradualmente.

Lo scopo del simposio era quello si fare un bilancio della situazione basandosi su esempi concreti, sulle fondamenta come sulle lacune esistenti, e sui bisogni delle diverse parti interessate. Il simposio è stato organizzato dall'Ufficio Federale dell'Ambiente, l'Associazione per l'Ingegneria Naturalistica AIN, SANU Future Learning SA, e Agenda 21 per l'acqua.

Dopo i saluti di benvenuto, una prima serie di temi è stata consacrata alla transizione dalla protezione delle rive alla loro rivitalizzazione e le sue basi tecniche. Sono state presentate le prospettive per la natura e la protezione del paesaggio, lo sviluppo delle specie, le opportunità e i doveri della protezione delle acque e la sua attuazione nelle acque stagnanti.

In seguito è stata presentata una selezione di concetti, di piani e di progetti di diversi cantoni. Il seminario si è concluso su alcuni aspetti da prendere in considerazione per le rive di lago come i pesci, l'archeologia, l'ecomorfologia e l'identificazione di un possibile tratto di riva naturale. Nel complesso, una ricca "crociera" sul tema delle sponde di laghi in Svizzera.

Con i risultati ottenuti durante il simposio, è ora possibile decidere su come procedere in materia di ricerca, di formazione e di informazione.

Susanne Haertel (UFAM, divisione acqua), Andreas Knutti (UFAM, divisione specie, ecosistemi e paesaggi), Giovanni De Cesare (EPFL e AIN).

Vom Uferschutz zur Uferrevitalisierung

Christoph Iseli

Zusammenfassung
Der Seeuferschutz befasste sich zunächst hauptsächlich mit der Bewahrung der natürlichen Seeufer und deren Schutz vor Verbauung. Später musste er sich zunehmend auch mit den Folgen der Intensivierung der Landschaftsnutzung wie z.B. Kanalisierung von Zuflussmündungen oder Einschränkung der Pegelschwankungen auseinandersetzen. Später kamen die Aufgaben des Gewässerschutzes und dabei insbesondere die Reduktion der Nährstoffbelastung der Seen dazu. In den 1980er Jahren wurde als Folge der Verbauung, der Nutzungsintensivierung und der Nährstoffbelastung ein allgemeines 'Schilfsterben' beobachtet und entsprechende Schilfschutzmassnahmen erprobt. Aus diesen wasserbaulichen Pioniertaten entwickelte sich in der Folge ein Umdenken zum naturnahen Wasserbau. Aus ökologischer Sicht fehlte bisher jedoch eine systematische, ziel- und leitbilddominierte Strategie. Mit dem Auftrag des neuen Gewässerschutzgesetzes, der strategischen Revitalisierungsplanung und der Weiterentwicklung des Modul-Stufen-Konzeptes für Seen sind die Voraussetzungen gut, um nun einen grossen Schritt und Quantensprung hin zu einer effizienten Aufwertung der Seeufer zu vollziehen.

Keywords
Seeufer, Seeuferschutz, Seeuferrevitalisierung, Modul-Stufen-Konzept

De la protection des rives à la revitalisation

Résumé
La protection des rives se concentrait d'abord sur la conservation des berges naturelles et empêchait surtout les constructions. Par la suite, elle devait de plus en plus prêter attention aux conséquences de l'intensification de l'utilisation du paysage, comme par ex. la canalisation des embouchures d'affluents ou la limitation des variations de niveau. Enfin, les tâches de protection de l'eau se sont ajoutées, surtout la réduction de la teneur en éléments nutritifs. Comme conséquences des aménagements, de l'intensification de l'exploitation et de la teneur en éléments nutritifs, une disparition des roseaux était observée dans les années 1980 et des mesures de protection étaient testées. De ces œuvres de pionniers hydrauliques résultait un changement de mentalité vers l'aménagement naturel des rives lacustres. Mais du point de vue écologique, il manquait encore une stratégie systématique s'orientant vers un but et un principe directeur. Grâce à la nouvelle loi sur la protection de l'eau, aux concepts stratégiques de revitalisation et à la continuation du concept modulaire gradué aux lacs, les conditions préalables sont favorables maintenant pour faire un grand pas en avant, un grand bond, vers une valorisation efficace des zones littorales.

Mots-clés
Rives du lac, protection des rives, revitalisation de rives, concept modulaire gradué

Dalla protezione delle rive alla rivitalizzazione

Riassunto
La protezione delle rive si basava innanzitutto sulla conservazione degli argini naturali e l'interdizione di costruire. In seguito, dovette sempre più prestare attenzione alle conseguenze dell'intensificazione del utilizzo del paesaggio, per esempio la canalizzazione delle foci di affluenti o la limitazione dei cambiamenti di livello. Infine, si aggiunsero i lavori di protezione delle acque, e soprattutto la riduzione del contenuto di sostanze nutritive. Come conseguenza dei lavori, dell'intensificazione dello sfruttamento e del contenuto nutritivo, si osservò negli anni '80 la scomparsa di canneti, e furono testate delle prime misure di protezione. Da questi lavori pionieri nel campo dell'idraulica iniziò un cambiamento di mentalità verso la protezione naturale delle rive di laghi. Tuttavia, da un punto di vista ecologico, mancavano ancora una strategia sistematica con obiettivi precisi, e un principio guida. Grazie alla nuova legge sulla protezione delle acque, ai concetti strategici di rivitalizzazione e alla continuazione del concetto modulare graduato alle laghi, i prerequisiti sono ora favorevoli a un gran passo avanti verso una valorizzazione efficace delle zone ripariali.

Parole chiave
Rive di lago, protezione delle rive, rivitalizzazione delle rive, concetto modulare graduato

1. Einleitung

Der Begriff 'Seeuferschutz' wurde in den 20er und 30er-Jahren des letzten Jahrhunderts geprägt. Damals setzte die Überbauung der Seeufer ein, die Uferlinien wurden hart verbaut, die Ufer aufgeschüttet, das Hinterland zunehmend überbaut. Gleichzeitig entstand eine Bewegung 'hin zur Natur'. Der Aufkommende Naturschutzgedanke einerseits und die beginnende Besiedlung der Seeufer durch Erholungsnutzung andererseits führten an manchen Seen zur Gründung von Uferschutzvereinen. Diese setzten sich dafür ein die wertvollsten Uferabschnitte vor Aufschüttung, Uferverbauung und Überbauung zu bewahren. So konnte ein Teil der Naturufer unter Schutz gestellt werden. Es ging also zunächst in erster Linie um den Schutz der natürlichen Seeufer vor Zerstörung.

Die zunehmende Nutzungsintensivierung der Landschaft in der zweiten Hälfte des Jahrhunderts brachte neue Bedrohungen für die naturnahen Ufer und führte zu einer Einschränkung der hydromorphologischen Dynamik der Seeufer. So beeinträchtigten z.B. Sand-

Abbildung 1: Neue, ca. 3 km lange Seeufermauer zwischen Vinelz und Lüscherz am Bielersee Ende der 1920er Jahre. Der Uferbereich wurde aufgeschüttet und anschliessend mit Ferienhäusern überbaut.
Figure 1: Nouveau mur d'environ 3 km entre Vinelz et Lüscherz au lac de Bienne, à la fin des années 1920. La zone riveraine a été remblayée et des maisons de vacances ont ensuite été construites.

Abbildung 2: Durch die Kanalisierung der Zuflussmündung bis zur Haldenkante wird die natürliche Deltabildung verhindert (Mündung der Aare in den Thunersee).
Figure 2: A cause de la canalisation de l'estuaire jusqu'à la pente, la formation du delta est impossible (embouchure de l'Arole dans le lac de Thoune).

und Kiesgewinnungen in Mündungsdeltas die natürliche Entwicklung der Seeufer. Aber auch die Kanalisierung von Zuflussmündungen, welche hauptsächlich aus Gründen des Hochwasserschutzes vielerorts realisiert wurden, verhinderten die natürlichen Deltabildungen. Steigende Anforderungen an die Regulierung der Seespiegel führten an manchen Seen zur Einschränkung der Pegelschwankungen. Dadurch verkleinerten sich die von den Spiegeln beeinflussten Zonen an den Flachufern. Auen und Flachmoore verloren dadurch an Qualität. Aber auch Grossprojekte wie z.B. der transhelvetische Kanal für eine internationale Schifffahrt zwischen Rhone und Rhein bedrohten die Erhaltung von natürlichen Uferlandschaften. Diese Gefährdungen stellten die Uferschutzverbände vor neue Herausforderungen. Es galt nun zunehmend auch, indirekte Gefahren aus Intensivierung der Landschaftsnutzung abzuwehren.

2. Gewässerschutz

Der Gewässerschutz in der Schweiz kann als Erfolgsgeschichte bezeichnet werden. Die steigende Belastung der Seen durch Nährstoffeintrag aus Haushalt und Landwirtschaft führte zur Eutrophierung der Seen und zu maximalen Phosphor-Konzentrationen in den 70er Jahren. Aufgrund dieser Eutrophierung veränderte sich die Artenzusammensetzung bei den Wasserpflanzen. Einerseits führte das Aufkommen von Fadenalgen zur mechanischen Belastung der Schilfbestände. Veränderungen der Vegetationsdecke führte andererseits zu einer Destabilisierung des Seegrundes und damit (zusammen mit anderen Faktoren, wie z.B. der Einschränkung der Seespiegelschwankung) zu erhöhter Erosion. Die Folge war ein Rückgang der aquatischen Schilfbestände und eine verstärkte Erosion der Flachufer. Massnahmen des Gewässerschutzes wie der Einbau von Phosphatfällungen in Kläranlagen, das Phosphatverbot für Waschmittel und Massnahmen in der Landwirtschaft verringerten den Schadstoffeintrag und führten zu einer Trendumkehr. Die Seen sind heute überall auf dem Weg nicht zur Besserung, sondern grossenteils auch zur Gesundung. Die Folgen dieser Eutrophierung wirken

Abbildung 3: Mechanische Belastung der Schilfbestände durch verstärktes Auftreten von Fadenalgen in den 1970er und 80er Jahren.
Figure 3: Stress mécanique des roselières par efflorescences d'algues filamenteuses dans les années 1970 et 1980.

aber noch lange nach. Die Zusammensetzung der Unterwasservegetation z.B. ändert sich wieder, die Characeen – Indikatoren für nährstoffarme Verhältnisse – kommen allmählich wieder zurück und besiedeln aufgrund der verbesserten Lichtverhältnisse zunehmend auch wieder tiefere Litoralzonen. Insgesamt verändern sich somit allmählich die physikalischen Eigenschaften der Flachwasserzone und stellen sich die ursprünglichen Verhältnisse wieder ein.

3. Schilfschutz

In den 80er-Jahren wurde «Ökologie» zu einem gesellschaftlich relevanten Thema, das sich schliesslich auch in verschiedenen Gesetzgebungen niederschlug. In den 1980er Jahren wurde das Phänomen des «Schilfsterbens» breit diskutiert. Der Rückgang der aquatischen Röhrichte wurde europaweit beobachtet. Trotz umfangreichen Untersuchungen blieben die Ursachen des Schilfrückgangs meistens ungeklärt. Als Hauptursachen im Vordergrund standen die Eutrophierung der Seen und ihre Folgen, mechanische Belastungen der Schilfbestände, die direkte Zerstörung durch Uferverbauung und Landgewinnung sowie hydromorphologische Prozesse wie Ufererosion und Veränderungen der Seestände. Diese vielfältigen Hypothesen führten zu breiten Diskussionen um Zusammenhänge, Wirkungen und Schutzmassnahmen. Die Erklärungs- und Lösungsansätze reichten von den vorwiegend chemischen über die physikalischen, biotischen, historischen bis zu den hydrologischen, hydraulischen oder ingenieurtechnischen Aspekten.

Trotz der unklaren Ursachen wurden vielerorts Massnahmen zum Schutz der Schilfbestände realisiert. Die interdisziplinäre Ursachendiskussion führte zwar zu einer breiten Palette verschiedenster Massnahmen, jedoch nur in Ansätzen zu einer systematischen Strategie zum Schutz der Röhrichte. Gleichzeitig wurde immer deutlicher, dass nur weitere Forschungen und Monitoringprogramme in diesem komplexen Bereich der Seeufer weiterhelfen können (vgl. Iseli 2009).

4. Naturnaher Wasserbau

Der Schilfrückgang führte zur Erkenntnis, dass die Ufer revitalisiert und hierfür neue, angepasste und naturnahe Bautypen entwickelt werden müssen. Daraus entwickelte sich eine Diskussion um Grundsätze und Methoden eines naturnahen Wasserbaus. Bald wurde aber deutlich, dass für den Rückbau alter Bausünden und eine angepasste bauliche Entwicklung der Seeufer wesentliche Grundlagenkenntnisse fehlten. Die Fragestellungen wurden folgerichtig auf die hydraulischen Grundlagen ausgerichtet. Im Vergleich zu den intensiven Diskussionen um den Schilfrückgang in den 80er und 90er Jahren war die Auseinandersetzung mit neuen Ansätzen im Wasserbau aber eher zaghaft. Die ausgeführten Revitalisierungsmassnahmen der ersten Generation glichen eher Naturversuchen als zielgerichteten, systematisch hergeleiteten Aufwertungsprojekten. Entsprechend waren Fortschritte nur langsam zu verzeichnen. Schon bald wurde ausserdem deutlich, dass der Fokus auf die physikalischen Prozesse nicht ausreichte sondern vielmehr auch die Zusammenhänge zwischen den physikalischen und biologischen Prozessen miteinbezogen werden müssen. Spätestens seit der Aufnahme der prähistorischen Pfahlbauten im Alpenraum auf die Liste des UNESCO-Weltkulturerbes im Jahr 2011 wurden die Fragestellungen zudem um kulturhistorische Aspekte erweitert (vgl. die Beiträge von Hofmann, Alexander sowie Ramstein in diesem Heft).

Eine interdisziplinäre Betrachtung, welche die Seeufer als eigenes System begreift, das einerseits sowohl den landseitigen Bereich der Uferzone, die Wasserwechselzone wie auch die Flachwasserzone umfasst und andererseits die Aspekte der Landschafts- und

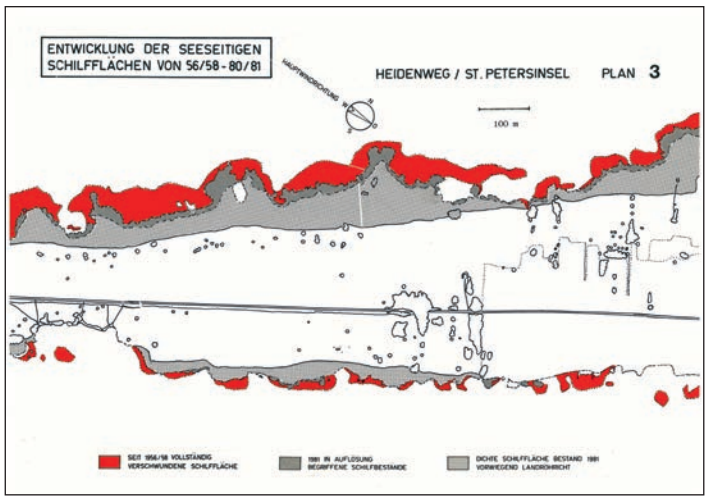

Abbildung 4: Am Bielersee betrug der Flächenverlust der aquatischen Röhrichte zwischen 1958 und 1981 rund 80 % (rote Fläche, Ausschnitt Heidenweg) (Quelle: Iseli und Imhof 1987).
Figure 4: Au lac de Bienne, la perte de superficie des roselières aquatiques s'élevait à 80% (superficie rouge, détail Heidenweg) (source: Iseli et Imhof 1987).

Abbildung 5: Wie müssen die Baumassnahmen konzipiert und bemessen werden, um sowohl den ökologischen wie auch den technischen Anforderungen zu genügen? Ist der Ersatz einer Ufermauer durch eine Kiesvorschüttung bereits ökologische Aufwertung? (Beispiel: Ipsach, Bielersee 2001)
Figure 5: Comment les mesures de construction doivent-elles être conçues et mesurées pour satisfaire aux exigences techniques? Le remplacement d'un mur par du gravier peut-il être considéré comme une valorisation écologique? (Exemple Ipsach, lac de Bienne 2001).

Kulturgeschichte, der Nutzung, der Ökologie und des Wasserbaus miteinbezieht, verlangt nach neuen systematischen Ansätzen.

5. Aufwertung der Seeufer

5.1 Ausgangslage

Die Situation der Schweizer Seeufer präsentiert sich heute kurz gefasst wie folgt (vgl. Knutti in diesem Heft):

- Die 16 grössten Schweizer-Seen weisen ca. 450 km Flachufer auf
- davon sind rund 2/3 oder 300 km hart verbaut
- Die natürliche Dynamik ist mehrheitlich eingeschränkt (Sedimenttransporte, Wasserspiegelschwankungen)
- Die Wasserqualität ist im allgemeinen gut
- Der grosse Teil der naturnahen Ufer ist geschützt (Naturschutzgebiete, Auen, Flachmoore)
- Der Trend zum naturnahen Wasserbau hat eingesetzt
- Die Grundlagenkenntnisse sind z.T. jedoch noch lückenhaft:
  – zum chemischen Zustand: gut
  – zum biologischen Zustand: mässig
  – zum physikalischen Zustand: mangelhaft

5.2 Der neue Auftrag

Das Bundesgesetz über den Schutz der Gewässer (Gewässerschutzgesetz) vom 24. Januar 1991 und die Gewässerschutzverordnung vom 28. Oktober 1998 haben den umfassenden Schutz der Gewässer und ihrer vielfältigen Funktionen als Lebensräume für Pflanzen und Tiere sowie die nachhaltige Nutzung durch den Menschen zum Ziel. Mit dem Auftrag zur Renaturierung der Seeufer geht die neue Gesetzgebung nun noch einen wesentlichen Schritt weiter. Sie verlangt eine zielorientierte Planung und eine leitbildorientierte Umsetzung von ökologischen Uferaufwertungen (vgl. Haertel-Borer in diesem Heft). Damit steigt erstens die Notwendigkeit, die bestehenden Lücken an Grundlagenkenntnissen zu schliessen. Zweitens bedingt dies – wie bei den Fliessgewässern bereits erprobt – ein systematisches Vorgehen bei der Planung und Projektierung von Seeuferaufwertungen.

Abbildung 6: Möglicher Ziel-Zustand eines ehemals verbauten und strukturarmen Uferabschnitts (Gals, Bielersee).
Figure 6: Possible état-cible d'un tronçon manquant de structures et autrefois bétonné (Gals, lac de Bienne).

5.3 Aufarbeitung fehlender Grundlagen

Für die Aufarbeitung fehlender Grundlagen sind unter anderem die folgenden Aufgaben zu erwähnen:

Beschreibung und Bewertung des ökomorphologischen Zustandes der Seeufer. Diese dient als Grundlage für die strategische Revitalisierungsplanung sowie später als Monitoringinstrument. Dazu wurde vom Bafu eine Methode entwickelt, welche demnächst publiziert wird (vgl. Niederberger et al., in Vorb. und Niederberger et al. in diesem Heft).

Erhebungen von Makrophyten und Makrozoobenthos können z.B. zur Definition der ökologischen Ziele von Aufwertungsprojekten und dann natürlich zur Wirkungskontrolle herangezogen werden. Standardisierte Methoden sind vorhanden oder befinden sich in Entwicklung. Insbesondere die am Vierwaldstättersee angewandte Methode zur Erhebung der Makrophyten sollte zum Standard erhoben werden – was in der EU bereits geschehen ist (vgl. Niederberger und Sturzenegger 2014).

Genaue bathymetrische Grundlagen und die Kenntnisse der Sedimenteigenschaften sind eine Grundvoraussetzung für eine korrekte Bemessung von wasserbaulichen Massnahmen. Die heute erprobten Techniken sind Fächerecholot-Aufnahmen für Tiefenwasserbereiche und Lidar-Aufnahmen für die Flachwasserzone. Verschiedene Seen wurden bereits mit diesen Methoden vermessen. So z.B. der Bodensee, Zürichsee, Vierwaldstättersee und der Bielersee.

Dasselbe gilt für die Kenntnisse der Belastung der Seeufer durch Windwellen. Im Wellenatlas 'LATLAS' (www.swisslakes.net) sind die Wellenhöhen für verschiedene Windrichtungen und Eintretenswahrscheinlichkeiten des Genfersees, der Jurarandseen, des Vierwaldstättersees und des Zürichsees aufgearbeitet. Die Methode wird schrittweise weiterentwickelt und die Resultate entsprechend erweitert.

Schliesslich braucht es weitere Bemessungsregeln für die Projektierung von Massnahmen wie z.B. die numerische Modellierung von Massnahmen zur Beeinflussung von Wellenhöhen, Strömungen und Sedimenttransport zwecks Optimierung der Aufwertungsprojekte (vgl. Schiefer in diesem Heft).

5.4 Systematisches Vorgehen

Eine zielorientierte Planung und eine leitbildorientierte Umsetzung von ökologischen Uferaufwertungen setzt zudem – wie bei den Fliessgewässern bereits erprobt – ein systematisches Vorgehen voraus. Einerseits bei den anstehenden strategischen Planungen für die Revitalisierung der Seeufer. Dazu erarbeitet

das Bafu zurzeit eine Vollzugshilfe und eine Methode für die Abschätzung des Aufwertungspotentials.
Andererseits ist auch bei der Projektierung von Seeuferaufwertungen ein systematisches Vorgehen angezeigt: Auf der Grundlage der Beschreibungen von Ist- und Referenzzustand werden über eine Defizitanalyse zunächst die ökologischen Ziele definiert und erst aus diesen die Vorgehenskonzepte abgeleitet, Massnahmen festgelegt und umgesetzt und schliesslich in einer Wirkungskontrolle überprüft.
Erst eine systematische Erfassung der Grundlagen gemäss Modul-Stufen-Konzept (vgl. Schlosser et al. 2013) erlaubt eine Vergleichbarkeit unter den Seen und vor allem eine Vergleichbarkeit zwischen Ist- und Ziel-Zustand. Eine umfassende Grundlagen- und Ist-Zustandserhebung sind somit Grundlage für die Defizitanalyse, für die Herleitung des Handlungsbedarfs und für die Formulierung von Strategie und Massnahmenkonzept und damit für eine ökologisch zielgerichtete Aufwertung der Seeufer.

6. Literatur

Alexander, T. 2016. Einfluss von natürlichen und anthropogenen Faktoren auf littorale Fischbestände in mitteleuropäischen Seen. Ingenieurbiologie 2/2016

Haertel-Borer, S. 2016. Seeufer und Revitalisierung – neue Chancen und Aufgaben des Gewässerschutzes. Ingenieurbiologie 2/2016:15–18

Hofmann, H. 2016. HyMoBioStrategie – interdisziplinäres Projekt für intakte Seeufer. Ingenieurbiologie 2/2016:40-44

Iseli, Ch. 2014. Grundlagen für einen umfassenden Uferschutz an Seen. Ingenieurbiologie 4/2014:32–37

Iseli, Ch. 2009. Ingenieurbiologie an Seen. Ingenieurbiologie 4/2009:70-73

Iseli, Ch., Imhof, T. 1987. Bielersee 1987, Schilfschutz, Erhaltung und Förderung der Naturufer. Schriftenreihe Verein Bielerseeschutz 2

Knutti, A. 2016. Seeufer als Kernelemente der Ökologischen Infrastruktur – die Perspektive von Natur- und Landschaftsschutz sowie der Artenförderung. Ingenieurbiologie 2/2016:9–14

Niederberger, K.; Rey, P.; Schlosser, J.; Reichert, P.; Haertel-Borer, S. (in Vorb.). Methoden zur Untersuchung und Beurteilung stehender Gewässer, Modul: Ökomorphologie der Ufer stehender Gewässer, Stufe: flächendeckend. Bundesamt für Umwelt, Bern.

Niederberger, K., Reichert, P., Helg, U. 2016. Ökomorphologie Seeufer – eine Methode zur Erfassung und Bewertung. Ingenieurbiologie 2/2016:49–53

Niederberger, K., Sturzenegger, M. 2014. Wasserpflanzenerhebungen: Methodik zur Erfassung der Wasserpflanzen- und Seegrundverhältnisse. Aqua & Gas 7/8,2014: 66-77

Schiefer, A. 2016. Untersuchung von Renaturierungskonzepten am Seeufer Gals, Bielersee. Ingenieurbiologie 2/2016:62–69

Schlosser J. A., Haertel-Borer S., Liechti P., Reichert P. 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

Kontaktadresse

Christoph Iseli
Landschaftswerk Biel-Seeland
Aarbergstrasse 91
2502 Biel
ch.iseli@landschaftswerk.ch
www.landschaftswerk.ch /
www.actionpaysage.ch

Seeufer als Kernelemente der Ökologischen Infrastruktur – Die Perspektive von Natur- und Landschaftsschutz sowie der Artenförderung

Andreas Knutti, Stephan Lussi

Zusammenfassung
Die Erhaltung und die Aufwertung der Seeufer tragen zum Aufbau der Ökologischen Infrastruktur in der Schweiz bei. Um der Biodiversität und dem Vernetzungspotential vollständig gerecht zu werden, ist es wichtig, das ganze Spektrum der Uferzonen zu berücksichtigen. Seeufer sind Brennpunkte der menschlichen Nutzung und Übernutzung. Als Reaktion darauf wurden verschiedene Schutzinstrumente eingeführt. Neben Landschaftsschutzgebieten wurden Biotop- und Artenschutzgebiete eingerichtet sowie verschiedene generelle Gesetzesartikel zum Schutz von Fauna und Flora verabschiedet. Erosionsschutz, Pflege- und Aufwertungsmassnahmen haben an Seeufern eine lange Tradition. Erste Revitalisierungsprojekte haben zu diesem Erfahrungsschatz des Seeufermanagements beigetragen. Unter dem Dach eines für jeden Uferabschnitt gut ausgewählten Leitbilds gilt es, dieses Wissen in die neue Revitalisierungspolitik einzubringen.

Keywords
Ökologische Infrastruktur, Uferschutz, Seeauen, Aufwertung, Revitalisierung

Rives de lac comme éléments centraux d'une infrastructure écologique – Perspectives de la protection de la nature et du paysage ainsi que promotion des espèces

Résumé
La conservation et la mise en valeur des rives de lac contribuent à la construction d'une infrastructure écologique en Suisse. Afin de bénéficier pleinement à la biodiversité et au potentiel de mise en réseau, il est important de considérer l'ensemble de l'éventail des zones riveraines. Les rives de lac sont les points centraux de l'activité humaine et de la surexploitation. Diverses mesures de protection ont été mises en place afin d'y remédier. En plus des zones de protection du paysage, des zones de protections des espèces et des biotopes ont été mises en place et diverses réglementations juridiques pour la protection de la faune et de la flore ont été adoptées. La protection contre l'érosion, les mesures d'entretien et de mise en valeur écologique ont une longue tradition au bord des lacs. Les premiers projets de revitalisation ont contribué au développement des expériences de gestion des rives de lac. Ces connaissances sont à intégrer dans la nouvelle politique de revitalisation comme principe directeur pour chaque section de rives.

Mots-clés
Infrastructure écologique, protection du rivage, zone riveraine alluviale, mise en valeur, revitalisation

Rive di lago come elementi centrali di un'infrastruttura ecologica – Prospettive per la protezione della natura e del paesaggio, e per la promozione delle specie

Riassunto
La conservazione e la valorizzazione delle rive di lago contribuiscono alla costruzione di un'infrastruttura ecologica svizzera. Per apportare il massimo beneficio alla biodiversità e al potenziale di una rete di contatti, è importante prendere in considerazione ogni tipo di area ripariale. Le rive di lago rappresentano luoghi centrali dell'attività umana, come dello sovrasfruttamento. Diverse misure di protezione sono state prese per porvi rimedio. Oltre a zone di protezione del paesaggio, sono state create delle aree di protezione delle specie e dei biotopi, e diverse norme giuridiche per la protezione della fauna e della flora sono state adottate. La protezione contro l'erosione e le misure di mantenimento e di valorizzazione ecologica sono di lunga tradizione sulle rive dei laghi. I primi progetti di rivitalizzazione hanno permesso di sviluppare una certa esperienza nella gestione delle rive di lago. Queste conoscenze devono diventare parte integrante di una nuova politica di rivitalizzazione, e fungere da principio guida per ogni sezione di riva.

Parole chiave
Infrastruttura ecologica, protezione delle rive, zona ripariale alluvionale, valorizzazione, rivitalizzazione

1. Einleitung

Das Gewässernetz mit Seen, Fliessgewässern und Feuchtgebieten kann als Rückgrat der Ökologischen Infrastruktur der Schweiz verstanden werden. Die Ökologische Infrastruktur ist das nationale strategische Netzwerk aus natürlichen und naturnahen Lebensräumen und Strukturen und setzt sich aus allen Schutzgebieten sowie aus Vernetzungsgebieten und -elementen zusammen. Die Seen und besonders ihre Uferbereiche haben dabei eine bedeutende Funktion. Der Aufbau einer Ökologischen Infrastruktur ist als nationale Priorität des Bundesrates in der Strategie Biodiversität Schweiz festgehalten. Die zentrale Aufgabe besteht darin, alle charakteristischen und bedeutenden Lebensräume der Schweiz mit genügender Quantität, Qualität und Vernetzung zu sichern. Entsprechend hat auch die Erhaltung und Aufwertung der Seeufer eine hohe Priorität, die durch mehrere Gesetze untermauert wird.

Abbildung 1: Die Zonation am See von Auenwald bis Unterwasservegetation als Ausdruck der hohen Biodiversität vieler Seeufer (Petersinsel, Bielersee; AWA Kanton Bern.
Figure 1: Mise en zone d'une rive de la forêt riveraine à la végétation sous-marine comme caractéristique de la grande biodiversité de nombreuses rives (Île Saint-Pierre, lac de Bienne; OED Canton de Berne).

Abbildung 2: Schloss Erlach vor Petersinsel am Bielersee; Landschaftsschutz hilft, Natur- und Kulturerbe zu erhalten; BLN Nr. 1301 und Moorlandschaft Nr. 275: «Petersinsel» (Stephan Lussi).
Figure 2: Le château d'Erlach devant l'île St-Pierre dans le lac de Bienne; la protection du paysage aide à conserver le patrimoine naturel et culturel; BLN No. 1301 et site marécageux No. 275: «Île St-Pierre» (Stephan Lussi).

Falls Seeufer eine gewisse Naturnähe aufweisen, sind sie wie andere Übergänge (Ökotone) zwischen Wasser und Land besonders vielfältig an unterschiedlichen Habitaten: Die Abfolge (Zonation) geht von urwaldähnlichen Hartholzauenwäldern über Schilfgürtel bis zur Unterwasserwelt der Armleuchteralgen-Rasen in 10 Metern Wassertiefe. Als Lebensräume für spezialisierte Arten ebenso wie für die Vernetzung haben die Seeufer eine enorme Bedeutung. Besonders bedeutende ökologische Schnittstellen sind die Deltas. Im Gewässerraum der Seeufer ist eine integrale Sichtweise wichtig, welche dieses Spektrum von Lebensraumtypen als Ganzes erfasst und aufwertet.

Aus gesellschaftlicher Perspektive sind Seeufer wichtige und markante Landschaftselemente und äusserst attraktive Erholungs- und Wohnorte. Dies schlägt sich beispielsweise in höheren Mietpreisen nieder. Mit dem Druck, der sich auf die Ufer in den vergangenen Jahrzehnten erhöht hat, steigen auch die raumplanerischen Herausforderungen. Ein grosser Teil der Seeufer ist verbaut durch Siedlungen oder Ferienhäuser, andere Ufer sind landseitig bis fast zum Ufer landwirtschaftlich genutzt. Viele Seen und ihre Ufer sind zudem durch Seespiegel-Absenkungen, grosse Korrektionswerke und Abflussregulationen grundlegend verändert worden. Es gibt – mit Ausnahme des Bodensees – kaum mehr grössere unregulierte Seen in der Schweiz.

2. Schutzinstrumente des Bundes (Inventare und wichtige Gesetzesartikel)

Der Schutz der Seeufer wurde in Heimatschutzkreisen bereits vor hundert Jahren diskutiert und gefordert. Die ersten Unterschutzstellungen wurden vor allem auf lokaler und regionaler Ebene umgesetzt. Die Ausscheidung nationaler Schutzgebiete wurde erst mit der Inkraftsetzung des Natur- und Heimatschutzgesetzes Im Jahre 1966 möglich. Seither hat der Bund Teile der Seeufer durch verschiedene Instrumente unter Schutz gestellt. Neben den Landschaftsschutzgebieten wurden vor allem Biotop- und Artenschutzinventare entwickelt und umgesetzt. Weiter regeln verschiedene Gesetzesartikel allfällige Nutzungseingriffe.

2.1 Landschaftsschutzgebiete

Die 162 Objekte des Bundesinventars der Landschaften und Naturdenkmäler von nationaler Bedeutung (BLN) wurden ab 1977 in vier Serien in Kraft gesetzt und umfassen total 7810 km², das sind 19% der Landesfläche. Ein Drittel der BLN-Gebiete (52) hat bezüglich Lage und Zielsetzung einen Bezug zu Seen, davon sind 35 hauptsächlich auf die Seen bezogen, bei 17 Gebieten ist ein Seebezug zwar vorhanden, aber eher zweitrangig. Das BLN ist ein behördenverbindliches Instrument, das vor allem durch den Bund und bei der Erfüllung der Bundesaufgaben auch durch die Kantone angewendet werden muss.

Die 89 Moorlandschaften von besonderer Schönheit und nationaler Bedeutung wurden ab 1996 in Kraft gesetzt. Von ihnen haben zwei Fünftel (37 Objekte) einen Seebezug, d.h. sie liegen an Seen, respektive sie enthalten Seen, die grösser als 0.5 ha sind. Der Moorschutz – und damit der Moorlandschaftsschutz – leitet sich direkt aus der Verfassung ab (sogenannter «Rothenthurm-Artikel») und weist verglichen mit dem BLN-Inventar einen viel verbindlicheren Schutz auf. Eine Moorlandschaft muss vor negativen Veränderungen geschützt werden. Neue Bauten und Anlagen sind in diesen Landschaften stark eingeschränkt.

2.2 Biotope von nationaler Bedeutung

Gegen Ende der Achtziger Jahre bekam der Bund im Zusammenhang mit der «Volksinitiative Rothenthurm zum Schutz der Moore» die Aufgabe, Biotope nationaler Bedeutung zu bezeichnen. An Seen relevant sind die Flachmoore von nationaler Bedeutung (ein Siebtel mit Seebezug), Auengebiete von nationaler Bedeutung (ein Viertel mit Seebezug)

Schutzgebietstyp	Inventar	Gesamtfläche in km²	Prozent der Landesfläche	Anzahl Objekte Total	Prozent Objekte mit Seebezug	Bemerkungen
Landschaftsschutz	Bundesinventar der Landschaften und Naturdenkmäler BLN	7810	19%	162	22%	Behördenverbindliches Instrument, BLN-Verordnung
	Moorlandschaften	874	2.1%	89	42%	Verfassungs-Schutz über Moorschutzartikel
Biotopschutz	Flachmoore	192	0.5%	1171	15%	Verfassungs-Schutz über Moorschutzartikel
	Auen	226	0.5%	283	27%	Auenverordnung
	Amphibienlaichgebiete	139	0.3%	844	26%	Amphibienlaichgebietsverordnung
Artenschutz- und förderung	Wasser- und Zugvogelreservate	23	0.06%	35	83%	WZV-Verordnung

Abbildung 3: Nationale Schutzgebiete, die einen Seebezug haben, mit statistischen Eckdaten.
Figure 3: Réserves naturelles nationales ayant un lien avec un lac, avec données pertinentes.

und Amphibienlaichgebiete von nationaler Bedeutung (ein Viertel mit Seebezug). Abbildung 3 fasst die statistischen Daten dieser Inventare zusammen. Alle nationalen Biotope haben eine starke Schutzwirkung. Die Objekte sollen in ihrer Funktion ungeschmälert erhalten werden. Eine Beeinträchtigung ist nur bei einem überwiegenden Interesse von nationaler Bedeutung zulässig. Flachmoore beziehen sich auf das Offenland (von Natur aus baumfrei wie z.B. bei Schilfflächen oder aufgrund traditioneller landwirtschaftlicher Nutzung), während Auen neben Offenland auch Uferwälder umfassen. Zu beachten ist, dass Überlappungen verschiedener Inventare möglich sind und an Seen häufig vorkommen. Die Vielfalt der Lebensräume spiegelt sich damit auch in der Vielfalt der Schutzkategorien wieder.

In allen nationalen Biotopen haben die Kantone den Auftrag, für die Erhaltung und Aufwertung dieser Gebiete zu sorgen. Bei den Flachmooren, wo nötig aber auch bei den Auen, ist die Ausscheidung von ökologisch ausreichenden Pufferzonen gestützt auf die Inventarverordnung Pflicht. Gemessen am Urzustand stellen die heutigen nationalen Biotope an Seen nur noch Relikte dar. Ihre Erhaltung und Aufwertung ist prioritär und ein wichtiges Element der Biodiversitätsstrategie Schweiz.

Der Aufwertungsbedarf in den Auenobjekten von nationaler Bedeutung an Seen ist hoch, wie gestützt auf die Studie Hanus et al. (2014) und Expertenwissen ermittelt werden konnte (Abb. 4 und 5). Bei den Seeauen hat rund die Hälfte einen hohen Revitalisierungsbedarf. Rund zwei Drittel der Deltas im Aueninventar weisen einen hohen Revitalisierungsbedarf auf.

2.3 Wasser- und Zugvogelreservate (WZVV)

Dieses Inventar beruht auf dem Bundesgesetz über die Jagd und den Schutz wildlebender Säugetiere und Vögel (JSG). Mehr als zwei Drittel der WZVV-Gebiete haben einen Seebezug. Als Artenförderinstrument verfolgt das WZVV in erster Linie das Ziel, die Wasser- und Zugvögel innerhalb des Perimeters vor Störung zu schützen (Schutzzonen). Die Jagd ist verboten und die Tiere dürfen

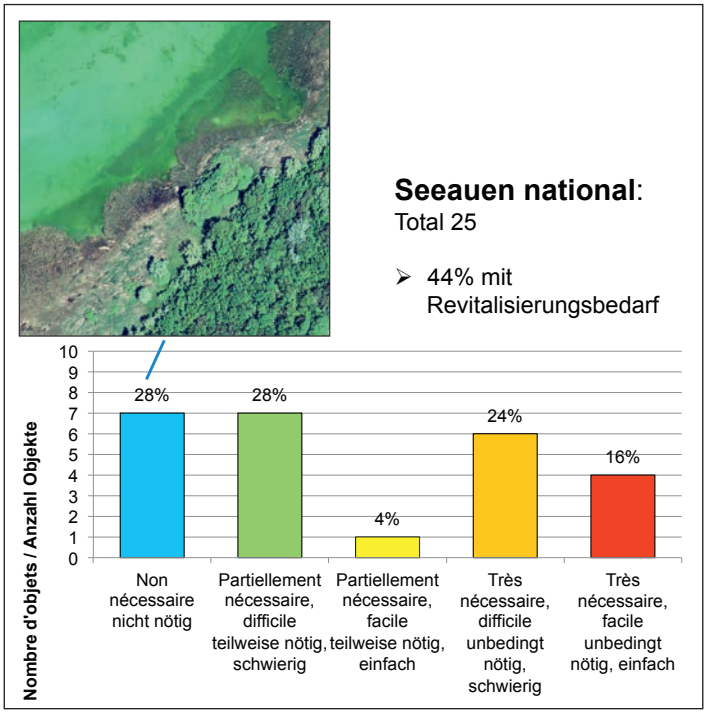

Abbildung 4: Revitalisierungsbedarf Seeaue; Rive Sud du lac de Neuchâtel als Beispiel einer Seeauen ohne Aufwertungsbedarf (Swissimage).
Figure 4: Besoin de revitalisation d'une zone alluviale (lac); Rive Sud du lac de Neuchâtel comme exemple d'une zone alluviale sans besoin de valorisation (Swissimage).

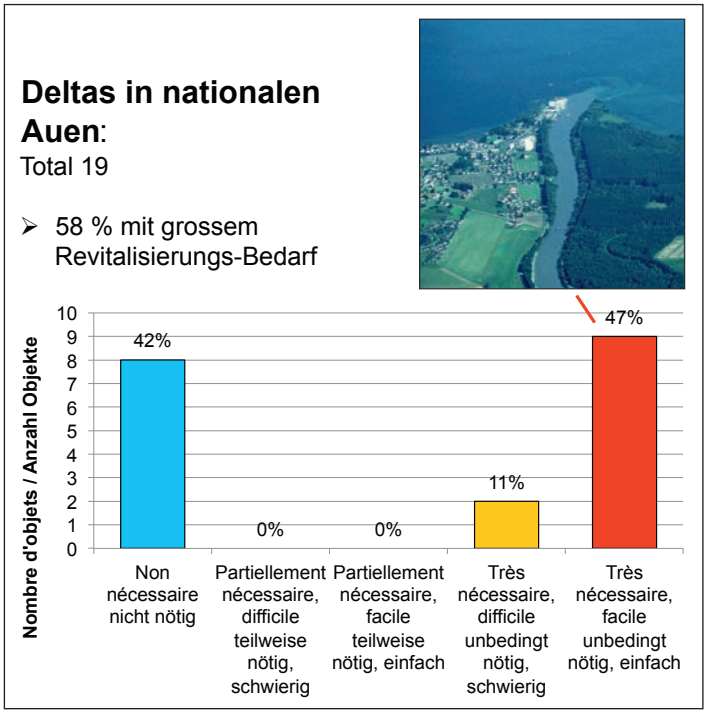

Abbildung 5: Revitalisierungsbedarf Deltas; Grangettes (Lac Léman) als Beispiel eines Deltas mit Aufwertungsbedarf (Ralph Thielen, SCZA).
Figure 5: Besoin de revitalisation d'un delta; Grangettes (Lac Léman) comme exemple d'un delta avec besoin de valorisation (Ralph Thielen, SCZA).

nicht gestört oder vertrieben werden. Entsprechend sind die Regulation weiterer Nutzungen, das Fütterungsverbot, die Besucherlenkung sowie die Information der Nutzerinnen und Nutzer, beispielsweise durch Markierung der Schutzgebiete, wichtige Elemente.

2.4 Bundesgesetz über die Fischerei (BGF)

Die Kantone sorgen gemäss Art. 7 BGF dafür, dass Bachläufe, Uferpartien und Wasservegetationen, die dem Laichen und dem Aufwachsen der Fische dienen, erhalten bleiben. Nach Möglichkeit ergreifen sie Massnahmen zur Verbesserung der Lebensbedingungen der Wassertiere sowie zur lokalen Wiederherstellung zerstörter Lebensräume. Der Schutz bezieht sich sowohl auf die Erhaltung der Lebensräume wie auch der Populationen von Fischen, Krebsen und Fischnährtieren. Zentral ist die Regelung der fischereilichen Nutzung mit Schonmassen und Schonzeiten zur Erhaltung der Populationen. Allfällige Eingriffe in die Gewässer werden mit einer fischereirechtlichen Bewilligung nach Art. 8 BGF gesteuert: Dabei müssen die zuständigen Behörden unter Berücksichtigung der natürlichen Gegebenheiten und allfälliger anderer Interessen alle Massnahmen vorschreiben, die geeignet sind, um günstige Lebensbedingungen für die Wassertiere zu schaffen und die natürliche Fortpflanzung zu ermöglichen. Im Rahmen des Instruments «Fisch-Populationen von nationaler Bedeutung» (z.B. bei der Äsche) können insbesondere Mündungsbereiche einen erhöhten Schutz geniessen.

2.5 Allgemeiner Biotopschutz und Schutz der Ufervegetation nach Natur- und Heimatschutzgesetz (NHG)

Zwei weitere Elemente haben an Ufern auch ausserhalb der Inventare eine direkte Wirkung auf den Schutz bestehender ökologisch wertvoller Ufer. Es handelt sich einerseits um die Eingriffsregelung (Art. 18 1bis und 1ter NHG), welche dazu verpflichtet, Uferbereiche zu schützen, zu schonen, wiederherzustellen oder zumindest einen vollwertigen Ersatz zu leisten. Andererseits geht es um den strengen Schutz der Ufervegetation im NHG. Gemäss Art. 21 NHG ist die Beseitigung von Ufervegetation verboten. Eingriffe brauchen gemäss Art. 22 NHG eine Ausnahmebewilligung und sind nur für Ziele im Einklang mit der Wasserbau- und Gewässerschutzgesetzgebung zulässig.

Der Schutz der Ufervegetation wird oft auch durch die Gerichte gestützt. Ein Beispiel ist das Projekt für den Neubau und die Erweiterung des Segelboothafens Tribschenhorn in der Stadt Luzern (Abb. 6). Unter anderem aufgrund der reichen Bestände an Unterwasservegetation in der Umgebung des Hafens wurde dieses Projekt durch das Bundesgericht zurückgewiesen. Im Frühling 2016 konnte nun eine als zulässig erachtete Sanierung des Hafens abgeschlossen werden, welche auch eine Erweiterung nach innen umfasst.

Wichtig erscheint die Koordination der verschiedenen im Kapitel 2 aufgeführten Schutzbestimmungen mit der Ausscheidung des Gewässerraums nach Gewässerschutzgesetz GSchG, welche bis 2018 auch an Seen durchgeführt werden muss: der Gewässerraum soll in der Regel die am Ufer liegenden Biotopschutzflächen sowie Ufervegetation und ihre jeweiligen Pufferzonen umfassen.

Abbildung 6: Ufervegetation ist geschützt: Bundesgerichtsfall Segelboothafen Tribschenhorn Luzern (Foto 2010, Kanton Luzern, Dienststelle Verkehr und Infrastruktur, vif).
Figure 6: La végétation riveraine est protégée: cas du Tribunal Fédéral relatif au port de voiliers Tribschenhorn à Lucerne (photo 2010, canton Lucerne, département des infrastructures, vif).

3. Unterhalt und frühe Aufwertungen in den Schutzgebieten

Die kommende Ära der Revitalisierungen an Seen kann auf einem reichen Fundament von Aktivitäten, Erfahrungen und pionierhaften Projekten aufbauen. Seit vielen Jahrzehnten werden regelmässige oder punktuelle Unterhaltsmassnahmen durchgeführt, naturnahe Ufer vor Erosion geschützt oder Abschnitte mit Potential revitalisiert respektive spezifisch für die Förderung von ausgewählten Arten aufgewertet.

Erosionsschutz: Aufgrund der grossen Eingriffe in den Wasserhaushalt der Seen und durch direkte menschliche Einflüsse (Wellenschlag, Baggerungen) mussten Ufer vor Erosion geschützt werden, um die bestehenden Werte nicht zu verlieren (vgl. Beispiele im Artikel von Christoph Iseli im vorliegenden Heft).

Pflege und Unterhalt: Ein bedeutender Teil der landseitigen Ufervegetation (Riedflächen) wurde traditionellerweise als Streuwiese genutzt. Diese landwirtschaftliche Nutzung hat oft die Biodiversität erhöht. Wo eine landwirtschaftliche

Abbildung 7: Reussdelta UR: Revitalisierung durch Dammöffnung und Wiederherstellung Flachwasserzonen (Foto 1923 und 2002; Swissair Photo, Baudirektion Kanton Uri).
Figure 7: Delta de la Reuss UR: Revitalisation par ouverture du barrage et restauration des zones de faible profondeur (photo 1923 et 2002, photo Swissair, direction des travaux Canton de Uri).

Nutzung nicht mehr möglich ist, wird sie zum Teil durch Naturschutzequipen übernommen, um die wertvollen Vegetationstypen zu erhalten. Die grössten Riedflächen der Schweiz liegen in der Grande Cariçaie am Neuenburgersee. Zum Teil wird heute die Pflege auch durch geeignete Rinderrassen wie z.B. Hochlandrinder übernommen.
Bei der Planung von Revitalisierungen ist Pflege und Unterhalt der revitalisierten Flächen, soweit sie notwendig und erwünscht sind, als integraler Bestandteil zu berücksichtigen.

Frühe Revitalisierungen: Ein wichtiges Beispiel ist die Wiederherstellung des Reussdeltas im Urnersee. Einerseits wurden die Kiesbaggerungen nachhaltiger geregelt sowie das Delta mit Seitenarmen wieder neu geöffnet. Andererseits wurden zerstörte Flachwasserzonen wiederhergestellt. Die offizielle Eröffnung des Gotthard-Basistunnels in diesem Sommer hat die Insel-Schüttungen mit Material vom Gotthard-Tunnelausbruch wieder in Erinnerung gerufen. Ein anderer Meilenstein nach jahrzehntelangen Anstrengungen war der Entscheid, ein Kieswerk aus dem Mündungsbereich des Ticino zu verlegen, um das Delta als Herzstück der Bolle di Magadino wieder dynamisieren zu können. Mutige Projekte dieser Art liefern wichtige Erfahrungen, auf denen heute aufgebaut werden kann.

Artenförderung: Wo Zielarten durch die «Standardpflege» oder die generelle Aufwertung der Gewässerlebensräume nicht ausreichend erhalten werden können, kommt die spezifische Artenförderung zum Tragen. Ein wichtiges Instrument zur Priorisierung der Massnahmen ist die Liste der national prioritären Arten. Sie dient dazu, die beschränkten Ressourcen auf der oft beschränkten Fläche vor allem zu Gunsten der Arten einzusetzen, für die wir auch aus internationaler Sicht eine Verantwortung haben.
Die häufigsten Massnahmen sind die Schaffung von Amphibienlaichgewässern, von Nistplätzen für Vogelarten, spezifische Massnahmen zur Erhaltung von Pflanzenarten sowie die Schaffung von Strukturen zur Fortpflanzung von bestimmten Fischen. Im Weiteren bieten die künstliche Aufzucht von Fischarten und ihr Besatz in den Seen die

Abbildung 8: Foce del Ticino TI: Revitalisierung durch Entfernung Kieswerk und Dammaufweitung (Bolle di Magadino 1993 und 2010; E. Rezzonico, H. Judd)).
Figure 8: Embouchure du Ticino (TI): revitalisation par élimination de la gravière et élargissement des digues (Bolle di Magadino 1993 et 2010; E. Rezzonico, H. Judd)).

Abbildung 9: Brachsmen als typische Vertreter der Fischfauna an Seeufern. Im Bild auf einer überfluteten Riedwiese aufgenommen (Michel Roggo).
Figure 9: Des brèmes comme représentant typique de la faune piscicole au bord des lacs. Photo prise dans un marais gorgé d'eau (Michel Roggo).

Möglichkeit, Lebensraum-Defizite für einzelne Entwicklungsstadien kurzfristig zu überbrücken.

4. Fazit

- Zur Erhaltung der Biodiversität ist es wichtig, die Seeufer integral, im ganzen Spektrum der Lebensräume von der Hartholzaue bis unter Wasser (Littoral) zu betrachten.
- Im Kontext der Ökologischen Infrastruktur und dem Gewässernetz als deren Grundgerüst sind die Seeufer zentrale Vernetzungselemente. Es lohnt sich, sie bei Projektplanungen über die eigentlichen Uferflächen hinaus in ihrem Kontext zu analysieren und gezielt aufzuwerten.
- Die Hydrologie unserer Seen ist reguliert: es ist wichtig festzuhalten, dass Seespiegelschwankungen eine gewisse Dynamik in einem sonst eher statischen Lebensraum ermöglichen und für viele Lebensräume und Arten von Bedeutung sind.
- Biotope von nationaler Bedeutung und Wasser- und Zugvogelreservate sowie regionale und lokale Schutzgebiete an Seen bilden ein wichtiges Kapital und haben eine grosse Bedeutung als Kerngebiete der Biodiversität.
- Die naturnahen Seeauen und Deltabereiche mit ihrer komplexen Struktur und oft breiten Zonationen sind aus Biodiversitätssicht besonders relevant und verdienen bei Revitalisierungsplanungen spezifische Aufmerksamkeit.
- Dazu ist es zentral, das bestehende Wissen der Fachleute aus verschiedenen Gebieten zur Verfügung zu stellen und den Erfahrungsaustausch zu fördern.
- Es ist notwendig, die Bevölkerung in die Aufwertung der Seeufer einzubeziehen und den geregelten Zugang für naturnahe Seeufer soweit möglich zu gewährleisten.

Was ist der Schlüssel zu erfolgreichen Aufwertungen an Seeufern? Die bestehenden Naturwerte, Aktivitäten und Vernetzungspotentiale sind so in eine Projektplanung zu integrieren, dass Leitbild und Entwicklungsziele geklärt sind und eine optimale Koordination mit der neuen Revitalisierungspolitik resultiert. Und nicht zuletzt ist es entscheidend, die Begeisterung der Menschen für einen sorgfältigen Umgang mit Seeufern zu wecken und zu fördern.

Weiterführende Informationen:

– Faktenblätter Auen: www.bafu.admin.ch / Themen / Auen
– Studie Hanus et al.: Aufwertungsbedarf in den Auen nationaler Bedeutung: www.bafu.admin.ch / Themen / Auen

Kontaktadresse

Andreas Knutti,
Sektionschef Lebensraum Gewässer
058 464 72 83
andreas.knutti@bafu.admin.ch

Stephan Lussi,
Verantwortlicher Aueninventar,
Sektion Lebensraum Gewässer
058 464 49 94
stephan.lussi@bafu.admin.ch
Abteilung Arten, Ökosysteme, Landschaften
Bundesamt für Umwelt
Postfach
3003 Bern

Seeufer und Revitalisierung – neue Chancen und Aufgaben des Gewässerschutzes

Susanne Haertel-Borer, Gregor Thomas

Zusammenfassung
Mit Anpassung des Gewässerschutzgesetzes GSchG im Jahr 2011 wurde die Verpflichtung zur Planung und Durchführung von Revitalisierung von Gewässer, d.h. von Fliessgewässern und Seeufern eingeführt sowie Bundesmittel bereitgestellt. Zeitlich versetzt zu Fliessgewässern, für die bereits umfangreichere Grundlagen vorhanden waren, sollen nun entsprechende Arbeiten an Seen verstärkt werden.
Die Gesamtuferlänge aller stehenden Gewässer >0.5 ha in der Schweiz entspricht rund 3 100 km, wobei etwa die Hälfte auf die 25 grössten Seen entfällt. Die Länge des Fliessgewässernetzes beträgt im Vergleich dazu 65 000 km.
Seitens BAFU sind zur Vollzugsunterstützung der Revitalisierung verschiedene Vollzugshilfen in Vorbereitung. Kurz vor der Publikation steht eine Methode zur Untersuchung und Bewertung der Ökomorphologie von Seeufern. In Erarbeitung ist gegenwärtig eine Vollzugshilfe für die strategische Planung der Revitalisierungen. Die Finanzierung seitens Bund ist im Handbuch für die Programmvereinbarungen im Umweltbereich geregelt.
Insgesamt bietet die Gewässerschutzgesetzgebung ein gutes Instrumentarium und schafft finanzielle Anreize, um die Seeufer wieder zu natürlicheren Lebensräumen, mit standorttypischen Lebensgemeinschaften und zu naturnahen Landschaftselementen zu entwickeln. In den einzelnen Projekten gilt es, Interessenkonflikte zu lösen und Win-Win Situationen zu schaffen.

Keywords
Revitalisierung, Seeufer, Morphologie, Vollzugshilfe

Rives de lacs et revitalisation – nouvelles chances et tâches en lien avec la loi sur la protection des eaux

Résumé
La révision de la loi fédérale sur la protection des eaux en 2011 a introduit l'obligation de planifier et de réaliser la revitalisation des eaux, c'est-à-dire des cours d'eau et des rives lacustres, et de planifier ces travaux. Des fonds de la Confédération ont été réservés pour ces tâches. Les travaux portant sur les cours d'eau ont démarré en premier parce qu'il existait déjà des documents de référence détaillés. Il s'agit maintenant de mettre l'accent sur les lacs.
La longueur des rives de toutes les étendues d'eau > 0.5 ha en Suisse est d'environ 3100 km, dont la moitié borde les 25 plus grands lacs. À titre de comparaison, le réseau des cours d'eau est long de 65 000 km.
L'OFEV soutient la mise en œuvre des revitalisations en préparant plusieurs aides à l'exécution. Ainsi une méthode d'analyse et d'évaluation de l'écomorphologie des rives lacustres sera publiée sous peu, suivie d'une aide à l'exécution sur la planification stratégique des revitalisations. Le financement par la Confédération est réglé dans le Manuel sur les conventions-programmes conclues dans le domaine de l'environnement.
La législation sur la protection des eaux propose de bons outils ainsi que des incitations financières pour que les rives des lacs redeviennent des milieux naturels colonisés par des biocénoses typiques et des éléments naturels du paysage. Pour chaque projet, il s'agit de régler les conflits d'intérêts et de créer des situations gagnant-gagnant.

Mots-clés
Revitalisation, rives lacustres, morphologie, aide à l'exécution

Rive dei laghi e rivitalizzazione – nuove opportunità e compiti in linea con la legge sulla protezione delle acque

Riassunto
Nel 2011, con la modifica della legge sulla protezione delle acque (LPAc), è stato introdotto l'obbligo di pianificare e attuare la rivitalizzazione dei corsi d'acqua e delle rive lacustri e la Confederazione ha stanziato appositi finanziamenti.
Dopo i corsi d'acqua, per i quali erano già disponibili basi esaustive, si intende ora intensificare i relativi lavori lungo i laghi.
La lunghezza complessiva delle rive di tutti gli specchi d'acqua di superficie inferiore >0.5 ha ettari in Svizzera è pari a 3 100 chilometri, di cui circa la metà è da attribuire ai 25 laghi principali. Per raffronto, la rete dei corsi d'acqua è pari a 65 000 chilometri.
L'UFAM, dal canto suo, sta elaborando alcuni aiuti all'esecuzione a sostegno degli interventi di rivitalizzazione. A breve sarà pubblicato un metodo per l'indagine e la valutazione dell'ecomorfologia delle rive lacustri, mentre è in fase di allestimento un aiuto all'esecuzione sulla pianificazione strategica delle rivitalizzazioni. Il finanziamento da parte della Confederazione è disciplinato dal Manuale sugli accordi programmatici nel settore ambientale.
Nel complesso, la legislazione sulla protezione delle acque rappresenta uno strumento efficiente che genera incentivi finanziari per garantire che le rive lacustri ritornino a essere spazi vitali più naturali, con biocenosi caratteristiche del luogo ed elementi paesaggistici prossimi allo stato naturale. Nei singoli progetti occorre risolvere i conflitti di interesse e creare situazioni vantaggio per tutte le parti interessate.

Parole chiave
Rivitalizzazione, riva lacustre, morfologia, aiuto all'esecuzione

1. Ausgangslage

Die Revision der Gewässerschutzgesetzgebung im Jahr 2011 stellt einen Meilenstein im Schweizer Gewässerschutz dar. Es wurden verschiedene Elemente der Renaturierung aufgenommen:

- die Pflicht zur Ausscheidung des Gewässerraums, welcher für die natürlichen Funktionen und den Hochwasserschutz erforderlich ist
- die Pflicht zu strategischer Planung und Umsetzung von Revitalisierungen
- die Reduktion der negativen Auswirkungen der Wasserkraftnutzung in den Bereichen Schwall/Sunk, Geschiebehaushalt und Fischgängigkeit

Die Bestimmungen gelten sowohl für Fliessgewässer als auch für Seen, wobei für Seeufer insbesondere die Revitalisierung und der Gewässerraum von Bedeutung sind und Massnahmen in den Bereichen Geschiebe und Fischgängigkeit die Mündungsbereiche betreffen.

Bei bisherigen Revitalisierungsbemühungen standen oft die Fliessgewässer im Fokus. Für die Erhebung und Bewertung von deren Morphologie liegt bereits seit 1998 eine Methode vor (BUWAL, 1998). Bis heute sind rund 37 000 der 65 000 km (Basis Landeskarte 1:25'000) Fliessgewässer mit der Methode Ökomorphologie erfasst worden (Bamatter et a. 2015). Basierend auf dieser guten Grundlage haben die Kantone bis zum Jahr 2014 strategische Planungen für Revitalisierungen an Fliessgewässern erstellt. Aufwertungsprojekte werden bereits seit geraumer Zeit umgesetzt, mit Einrichtung der PV im Umweltbereich Revitalisierung (BAFU, 2015) stehen seit 2011 vermehrt Bundesmittel zur Verfügung.

Zeitlich um einige Jahre versetzt und von 2018 auf Ende 2022 verlängert, gilt es nun für die Kantone auch die Aufwertung der Seeufer auf ihrem Kantonsgebiet strategisch zu planen und über die nächsten Jahrzehnte vermehrt Seeufer aufzuwerten.

Die Herausforderung zur Umsetzung von Projekten an Fliessgewässern und Seen sind teilweise unterschiedlich. Während an Fliessgewässern Synergien mit dem Hochwasserschutz zu suchen sind und geeignete Abschnitte häufig von Landwirtschaftsland flankiert sind, werden an Seen die Interessen mit der Freizeitnutzung, archäologischen Fundstätten und vielen (kleinen) privaten Grundstücksparzellen abzuwägen sein. Nachfolgend werden zunächst die Anzahl Seen und deren Uferlängen aufzeigt, um so den Umfang der Revitalisierungsaufgabe einzugrenzen. Daneben werden die gesetzlichen Bestimmungen zur Revitalisierung zusammengefasst und dargelegt, welche Instrumente der Vollzugsunterstützung seitens BAFU existieren bzw. in Vorbereitung sind.

2. Anzahl Seen und Länge Seeufer in der Schweiz

In der Schweiz gibt es rund 1 700 Seen bzw. stehende Wasserkörper mit einer Fläche von 0,5 ha oder grösser (BAFU, unveröffentlichte Daten). Aufgrund einer bislang fehlenden Typisierung umfasst der in diesem Artikel verwendete Begriff «See» auch kleinere stehende Gewässer wie z.B. Weiher oder Teiche, die nicht unbedingt alle Eigenschaften eines Sees aufweisen (z.B. stabile Temperaturschichtung, Litoral/Pelagial). Berücksichtigt sind in dieser Anzahl neben den natürlichen auch die künstlichen Seen, wie bspw. die Stauseen zur Wasserkraftnutzung in den Alpen. Von allen Seen sind 83% Kleinseen mit einer Fläche kleiner als 5 ha. Somit beträgt die Anzahl mittelgrosser und grosser Seen knapp 300. Mit über 10 000 ha sind Vierwaldstättersee, Neuenburger See, Bodensee und Genfer See die grössten Seen der Schweiz (Überblick siehe Abbildung 1).

Die Gesamtuferlänge aller Schweizer Seen >0.5 ha entspricht rund 3 100 km (BAFU, unveröffentlichte Daten), wobei etwa die Hälfte auf die 25 grössten Seen entfällt. Verglichen mit den in der Vektor25 Karte verzeichneten 65 000 km Fliessgewässern, entspricht die Uferlänge der Seen somit knapp 5% der Gesamtlänge der Fliessgewässer. Die Kantone mit der grössten Anzahl an Seen sind Zürich, gefolgt von Bern und dem Wallis. Die grössten Summen an Uferlängen weisen die Kantone Bern, Graubünden, Tessin, Wallis und Waadt auf.

3. Revitalisierung von Seeufern in der Gewässerschutzgesetzgebung und entsprechenden Vollzugshilfen des Bundes

3.1 Gesetzliche Grundlagen zur Revitalisierung

Artikel 4m des Gewässerschutzgesetzes (SR 814.20; GSchG) definiert Revitalisierungen als die Wiederherstellung der natürlichen Funktionen eines verbauten, korrigierten, überdeckten oder eingedolten oberirdischen Gewässers mit baulichen Massnahmen. Artikel 38a des GSchG verpflichtet die Kantone zur Revitalisierung ihrer Gewässer unter Berücksichtigung des Nutzens für Natur und Landschaft sowie der wirtschaftlichen Auswirkungen sowie zur Planung. Art. 62b GSchG regelt die finanzielle Unterstützung durch den Bund; sie erfolgt in Form von Abgeltung deren Höhe sich an der Bedeutung und Wirksamkeit von Massnahmen orientiert.

Die verschiedenen Bestimmungen werden in der Gewässerschutzverordnung (SR 814.201; GSchV) konkretisiert. So macht Art. 41d GSchV Angaben zu den Grundlagen der Planung und nennt Priorisierungskriterien; die Art. 54a und b präzisieren zusammen mit den Übergangsbestimmungen zur Änderung vom 4. Mai 2011 die Finanzierung von Planungen und Massnahmen. Zu den in Artikel 41d genannten Grundlagen zählt der ökomorphologische Zustand der Gewässer.

3.2 Methode Ökomorphologie

Für die morphologische Bewertung von Seen lag bislang noch keine standardisierte Methode vor. Für einzelne Seen wurde jedoch bereits in der Vergangenheit Erhebungen nach verschiedenen Methoden durchgeführt. Zum Tragen kamen dabei v.a. die Methoden der IGKB, der Internationale Gewässerschutzkommission für den Bodensee (IGKB, 2009), welche beispielsweise am Bodensee, Vierwaldstättersee und Zugersee angewandt wurde und die Methode Ecotec (Ecotec, 2004), welche am Genfersee zum Einsatz kam. Die

erhobenen Daten für diese Seen zeigen, dass weite Teile der Ufer naturfern sind. Im Rahmen des «Konzeptes für die Untersuchung und Beurteilung der Seen in der Schweiz» (Schlosser et al., 2013) wird zur Zeit eine standardisierte Methode zur Erhebung und Beurteilung der Ökomorphologie der Seeufer erarbeitet, welche kurz vor der Publikation als BAFU Vollzugshilfe steht und mit einer unterstützenden Webseite (www.bafu.admin.ch/seeufer) veröffentlicht wird. Anders als bei der Erhebungsmethode Ökomorphologie Fliessgewässer, basiert die Methode Seen nicht auf einer Bewertung vor Ort, sondern anhand von Luftbildaufnahmen. Während Orthofotos meist in ausreichender Auflösung zur Verfügung stehen, müssen Schrägluftaufnahmen zur besseren Beurteilung der Uferlinie meist noch angefertigt werden. Die Erhebung erfolgt in einem GIS und die Bewertung mit Hilfe einer sogenannten Zielhierarchie. Niederberger et al. (2016) geben in diesem Heft einen Überblick über die Methode.

3.3 Vollzugshilfe strategische Planung Seen

Die Kantone sind aufgefordert bis 2022 ihre strategischen Planungen an stehenden Gewässern zu verabschieden; bereits ein Jahr zuvor ist ein Entwurf dem BAFU zur Stellungnahme zu unterbreiten (Art. 41d GSchV).

Für die Revitalisierungsplanung erarbeitet das BAFU gegenwärtig mit einer breit abgestützten Begleitgruppe mit Vertretern aus privaten Büros und Kantonen eine Vollzugshilfe, die sich an der entsprechenden Vollzugshilfe für Fliessgewässer orientiert, die Seeufer aber differenziert nach Flachwasserzone, Uferlinie und landseitiger Uferzone betrachtet. Ziel der Planung ist es, jene Seeuferabschnitte zu identifizieren, bei denen Revitalisierungsmassnahmen einen hohen Nutzen für Natur und Landschaft im Verhältnis zum voraussichtlichen Aufwand erzielen. Die Arbeiten laufen derzeit noch, weswegen an dieser Stelle kein definitives Vorgehen vorgestellt sondern nur die Stossrichtung aufgezeigt werden kann.

Den Kantonen wird empfohlen, in der Planung möglichst alle Seen >5 ha zu berücksichtigen, welche keine ausgeprägten Pegelschwankungen aufweisen (alpine Speicherseen). Im Aufbau und Ablauf soll die Vollzugshilfe Seen mit der Vollzugshilfe Fliessgewässer vergleichbar sein, also ein 2-stufiges Vorgehen aus vorgeschalteter Geodaten-Analyse und nachgeschalteter Plausibilisierung durch die kantonalen Fachstellen. In der Geodaten-Analyse sollen Ökomorphologiedaten und Anlagen in Ufer- plus der Flachwasserzone zu einem Aufwertungspotenzial verschnitten werden, in einem zweiten Schritt sollen dann inventarisierte Schutzgebiete und weitere Geodaten einfliessen, welche einen Einfluss auf das ökologische Potenzial haben.

Im Anschluss werden die Ergebnisse der GIS Analyse durch die kantonalen Fachstellen plausibilisiert und der Nutzen für die Seeuferabschnitte definiert (subventionsrelevant). Des Weiteren sind mit der Planung zeitliche Prioritäten für Projekte für die kommenden 20 Jahre zu definieren.

Die Vollzugshilfe wird voraussichtlich zu Beginn 2017 verfügbar sein.

3.4 Finanzierung – Programmvereinbarung Revitalisierung

Parallel zur Planung können und sollen bereits Uferrevitalisierungsprojekte umgesetzt werden, welche – ebenso wie die Planung – durch den Bund finanziell im Rahmen der Programmvereinbarung im Umweltbereich «Revitalisierung» (BAFU, 2015) unterstützt werden. Nach Fertigstellung der strategischen Planungen werden die Regelungen zur Subventionierung von Revitalisierungsprojekten an Seen mit dem Handbuch Programmvereinbarungen im Umweltbereich neu geregelt.

4. Fazit und Ausblick

Mit Anpassung des GSchG im Jahr 2011 wurden gute gesetzliche Grundlagen zur Planung und vermehrten Revitalisierung der Seeufer geschaffen sowie Bundesmittel bereitgestellt. Zeitlich versetzt zu Fliessgewässern, für die bereits umfangreichere Grundlagen vorhanden waren, sollen nun entsprechende Arbeiten an Seen verstärkt werden. Seitens BAFU sind zur Vollzugsunterstützung verschieden Vollzugshilfen in Vorbereitung.

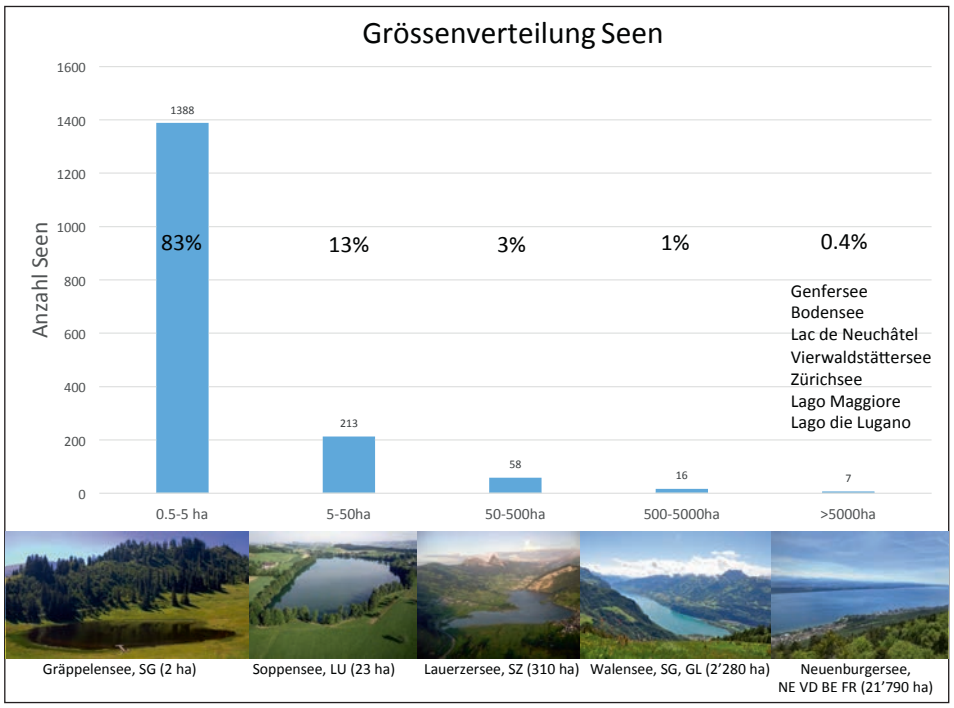

Abbildung 1: Anteilige Grössenverteilung der Schweizer Seen mit Beispielen für die verschiedenen Grössenklassen.

Figure 1: Classification des lacs suisses en fonction de leur superficie, avec un exemple pour chaque catégorie.

Figura 1: Ripartizione percentuale dei laghi svizzeri con esempi per le singole classi di grandezza.

Neben Revitalisierungen sind die Kantone auch entlang von Seen bis 2018 zur Gewässerraumausscheidung verpflichtet. Der Gewässerraum beträgt gemäss Art. 41b GSchV 15 m gemessen ab Uferlinie. Er muss erhöht werden, soweit dies zur Gewährleistung des Hochwasserschutzes, für Revitalisierungen oder aus überwiegenden Interessen von Natur- und Landschaftsschutz erforderlich ist. In diesem Fall kann das Verfahren zur Ermittlung des potentiell natürlichen Uferraums stehender Gewässer, welches im Artikel von Haberthür et al. (2016) vorgestellt wird, Hilfestellung bieten. Im Zusammenhang mit dem Schutz und der Aufwertung von Seeufern darf auch Art. 39 des Gewässerschutzgesetzes GSchG nicht unerwähnt bleiben, welcher seit längerem das Einbringen fester Stoffe im Uferbereich von Seen reglementiert.

Insgesamt bietet die Gewässerschutzgesetzgebung ein gutes Instrumentarium und schafft finanzielle Anreize, um die Seeufer wieder zu natürlicheren Lebensräumen mit standorttypischen Lebensgemeinschaften und naturnahen Landschaftselementen zu entwickeln. Im Vergleich zur Länge des Fliessgewässernetzes ist die Länge der Seeufer deutlich geringer; nicht aber die Herausforderung in den einzelnen Projekten Interessenkonflikten zu lösen und Win-Win Situationen für verschiedene Akteure zu schaffen.

Verdankungen

Die Autoren danken Urs Helg und Elias Hodel, BAFU, für die GIS Analysen zur Ermittlung der Seenkenndaten in Kapitel 2.

Literaturverzeichnis

Bammatter L., Baumgartner M., Greuter L., Haertel-Borer, S., Huber Gysi M., Nitsche M., Thomas G. 2015. Renaturierung der Schweizer Gewässer: Die Sanierungspläne der Kantone ab 2015. Bundesamt für Umwelt, BAFU.

Bundesamt für Umwelt BAFU (Hrsg.) 2015. Handbuch Programmvereinbarungen im Umweltbereich 2016–2019. Mitteilung des BAFU als Vollzugsbehörde an Gesuchsteller. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Vollzug Nr. 1501.

Ecotec 2004. zitiert in: Etat écologique du Petit Lac an 2008. Bericht des SECOE (Département du territoire, Direction générale de l'eau, Sevice de l'ecologie de l'eau, Kt. Genf)

Haberthür, M. Bestimmung des potenziell natürlichen Uferraumes PNU mittels GIS, Ingenieurbiologie, dieser Band.

Hütte M. & Niederhauser P. 1998. Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fliessgewässer in der Schweiz Ökomorphologie, Stufe F (flächendeckend), BUWAL, Bern.

IGKB 2009. Bericht Nr. 55: Limnologische Bewertung der Ufer- und Flachwasserzone des Bodensees, Internationale Kommission zum Schutz des Bodensees.

Niederberger, K., Rey, P., Reichert, P., Helg, U., Schlosser, J., Haertel-Borer, S. & Binderheim E. 2016. Ökomorphologie Seeufer – eine Methode zur Untersuchung und Beurteilung. Ingenieurbiologie, dieser Band.

Schlosser, J. A., Haertel-Borer, S., Liechti, P. & Reichert, P. 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.

Kontaktadresse:

Susanne Haertel-Borer,
Bundesamt für Umwelt, BAFU
Abteilung Wasser
Sektion Revitalisierung und
Gewässerbewirtschaftung
3003 Bern
susanne.haertel-borer@bafu.admin.ch

Potentiel de revitalisation des rives du Lac Ceresio (Lac de Lugano)

Alberto Ezio Conelli, Marco Nembrini, Massimiliano Foglia, Tiziano Putelli, Mauro Veronesi, Sandro Peduzzi

Résumé
Le potentiel de revitalisation des rives du Lac Ceresio (Lac de Lugano) a été évalué à l'aide d'une méthode SIG basée sur l'analyse des déficits écomorphologiques, s'inspirant directement de la procédure développée par l'Office fédéral de l'environnement (OFEV) pour la planification stratégique de la revitalisation des cours d'eau. L'étude, promue par la Commission internationale pour la protection des eaux italo-suisses (CIPAIS), a permis de réunir dans une seule plateforme SIG des données territoriales fragmentées à cause des différentes modalités de gestion des informations entre la Suisse et l'Italie. Les sites de référence, ainsi que les milieux-cible et les espèces-cible ont été définis. Les résultats de l'analyse SIG devront faire l'objet d'un contrôle de vraisemblance lors des prochaines étapes.

Mots-clés
Lac de Lugano, planification, revitalisation, écomorphologie, rives

Revitalisierungspotenzial der Ufer des Luganer Sees

Zusammenfassung
Das Revitalisierungspotenzial der Ufer des Luganer Sees wurde mit Hilfe einer SIG-Methode evaluiert, die auf der Analyse der ökomorphologischen Defizite beruht und sich direkt von der vom Bundesamt für Umwelt (BAFU) entwickelten Prozedur für die strategische Planung der Revitalisierung der Fliessgewässer herleitet. Die von der internationalen Kommission für den Schutz schweizerisch-italienischer Gewässer (CIPAIS) geförderte Studie ermöglichte es, in einer einzigen SIG-Plattform Geländedaten zu vereinigen, die sonst wegen verschiedener Verwaltungsmodalitäten zwischen der Schweiz und Italien getrennt sind.Die Referenzstandorte sowie Ziel-Milieus und Zielarten wurden definiert. Die Ergebnisse der SIG-Analyse müssen in einer der nächsten Etappen Gegenstand einer Plausibilitätsprüfung sein.

Keywords
Luganer See, Planung, Revitalisation, Ökomorphologie, Ufer

Potenziale di rivitalizzazione delle rive del Lago Ceresio (Lago de Lugano)

Riassunto
Il potenziale di rivitalizzazione delle rive del Lago Ceresio (Lago di Lugano) è stato valutato grazie ad un metodo GIS basato sull'analisi dei deficit ecomorfologici ispirato direttamente alla procedura sviluppata dall'Ufficio federale dell'ambiente (UFAM) per la pianificazione strategica della rivitalizzazione dei corsi d'acqua. Lo studio, promosso dalla Commissione internazionale per la protezione delle acque italo-svizzere (CIPAIS), ha permesso di riunire in un'unica piattaforma GIS i dati territoriali frammentati a causa delle differenti modalità di gestione delle informazioni tra Svizzera e Italia. Sono stati definiti inoltre i siti di riferimento, gli ambienti e le specie target. I risultati dell'analisi GIS dovranno essere oggetto di un controllo di plausibilità nelle prossime tappe.

Parole chiave
Lago di Lugano, pianificazione, rivitalizzazione, ecomorfologia, rive lacustri

1. Introduction

Selon les relevés réalisés par la CIPAIS (Dionea SA 2012), les rives du Lac de Lugano présentent des déficits écomorphologiques élevés: environ 65% des rives sont artificielles où fortement modifiées. Sur la base de ces données, ladite Commission a promu la réalisation, entre 2013 et 2015, de cette étude concernant le potentiel de revitalisation des rives du Lac de Lugano (Oikos 2000 Sagl 2016).

2. Matériel et méthodes

Au moment de l'exécution de ce mandat, l'OFEV n'avait pas encore publié de directive concernant les relevés écomorphologiques des rives lacustres ainsi que la méthode standardisée pour l'analyse du potentiel de revitalisation des lacs. Pour identifier les rives ayant un potentiel de valorisation élevé, nous avons donc mis au point une méthode d'évaluation SIG (Figure 1) qui s'inspire directement de la planification stratégique de la revitalisation des cours d'eau (Göggel 2012). Des modifications importantes ont été introduites pour tenir compte des singularités de ce lac, comme par exemple la densité élevée d'installations sises dans la bande riveraine et la pente relativement élevée des rives. Les données concernant la nature et le paysage présentes dans la plateforme SIG (zones de protection, inventaires) sont inégales des deux côtés de la frontière: elles sont donc intégrées dans la procédure pendant l'étape de contrôle de vraisemblance des résultats SIG (Figure 1).

3. Résultats et discussion

Ce travail a permis tout d'abord d'acquérir des données territoriales dispersées et physiquement séparées à cause des différentes modalités de gestion des informations entre la Suisse et l'Italie, ainsi que de les implémenter dans une plateforme SIG avec deux systèmes de coordonnées (WGS84 / CH1903 ; 64 km de rives sont en territoire suisse et 35 km en territoire italien). Les données concernant la flore et la faune (macrophytes, invertebrés aquatiques, poissons, etc.) ont permis d'identifier les sites de référence, ainsi que de définir les milieux-cible et les espèces-cible.
Le seuil de la faisabilité technique par rapport à la pente sous-lacustre a été fixée de façon ambitieuse (Tableau 1, Figure 1): des pentes jusqu'à 25° (env. 47%) ont été considérées comme favorables à des interventions de revitalisation. La méthode essaye donc de ne pas favoriser excessivement les secteurs de plaine,

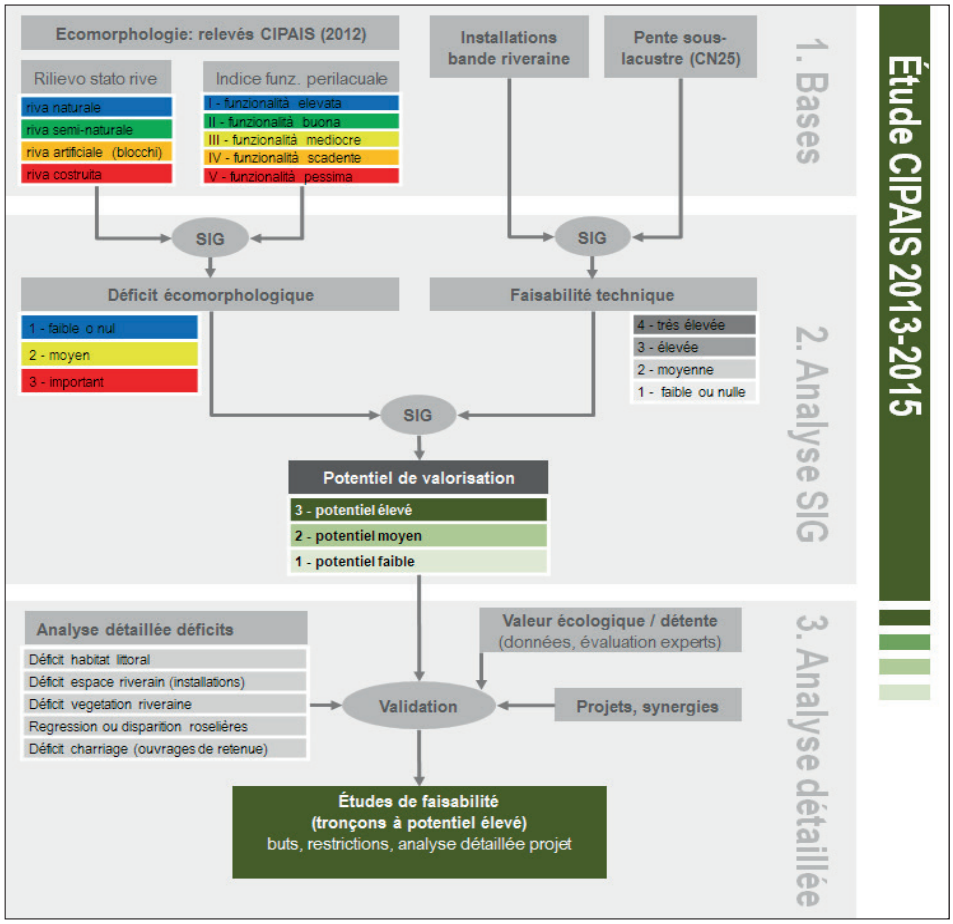

Figure 1: Méthode d'évaluation s'inspirant de la planification stratégique de la revitalisation des cours d'eau (adapté de Göggel 2012).
Abbildung 1: Evaluierungsmethode aus der strategischen Planung der Revitalisierung der Fliessgewässer (übernommen von Göggel 2012).
Figura 1: Metodo di valutazione ispirato alla pianificazione strategica della rivitalizzazione dei corsi d'acqua (adattato da Göggel 2012).

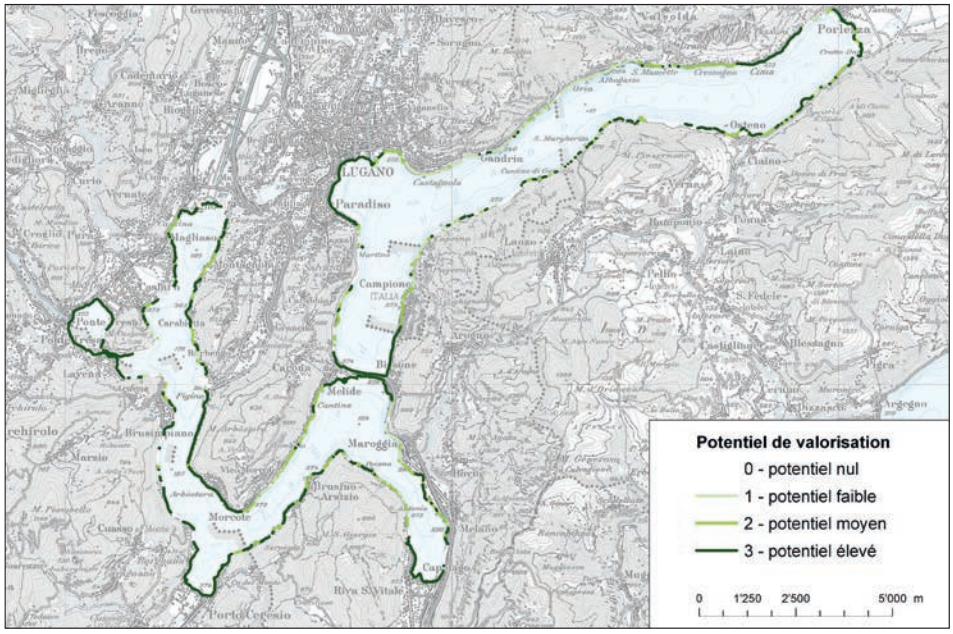

Figure 2: Résultats SIG: potentiel de valorisation. Ces données devront faire l'objet d'un contrôle de vraisemblance (étape 3).
Abbildung 2: SIG-Ergebnisse: Aufwertungspotenzial. Diese Daten müssen Gegenstand einer Plausibilitätsprüfung sein (Etappe 3).
Figura 2: Risultati SIG: potenziale di valorizzazione. Questi dati dovranno essere oggetto di un controllo di plausibilità (tappa 3).

sachant que 2/3 de rives artificielles ou fortement modifiées sont situés sur des versants à pente élevée. Ces versants peuvent devenir des hotspot pour la biodiversité du lac et méritent en principe d'être revitalisés autant que les secteurs de plaine avec vocation palustre. Il faut remarquer que les données concernant la densité d'installations sises dans l'espace réservé aux eaux (bâtiments, voies de communication, stationnements de bateaux, etc.) sont peu informatives: d'une part il y a peu de tronçons qui présentent à la fois un déficit écomorphologique élevé et une bande riveraine faiblement occupée par des installations; d'autre part, des mesures de revitalisation peuvent être préconisées aussi dans les secteurs les plus artificiels grâce à la reconstitution de la rive par remblayage comme dans d'autres cas, p.ex. au Lac de Constance (Rey et al. 2009). L'évaluation du potentiel de valorisation (Figure 2) repose donc essentiellement sur l'analyse croisée des déficit écomorphologiques d'une part, et de la pente sous-lacustre de l'autre (faisabilité technique).

Ce travail a permis de jeter les bases pour la définition du potentiel de revitalisation des rives du Lac de Lugano. Les résultats SIG devront être validés cas par cas lors des prochaines étapes. Parmi les tronçons à potentiel élevé, 7 secteurs ont été choisis et approfondis dans le cadre de cette étude pour tester la plateforme SIG et proposer des mesures concrètes d'intervention. Les différents types d'interventions ainsi que les thèmes de la revitalisation des embouchures et de la détente ont aussi été traités (Figure 3).

4. Remerciements

Experts consultés: Blaise Zaugg, Pascal Stucki, Heinrich Vicentini, Anna Carlevaro, Michele Abderhalden, Luca Paltrinieri, Bruno Polli, Ezio Merlo, Urs Luechinger, Chiara Scandolara, Roberto Lardelli, Paolo della Bruna, Stefano Castelli, Giacomo Ghielmi, Stefano Schiavini.

Bibliographie

Dionea SA, 2012. Rilievo dello stato dell'occupazione, delle condizioni ecologiche e dell'indice di funzionalità perilacuale (IFP). CIPAIS – Commissione Internazionale per la protezione delle acque italo-svizzere. Ecomorfologia delle ac-

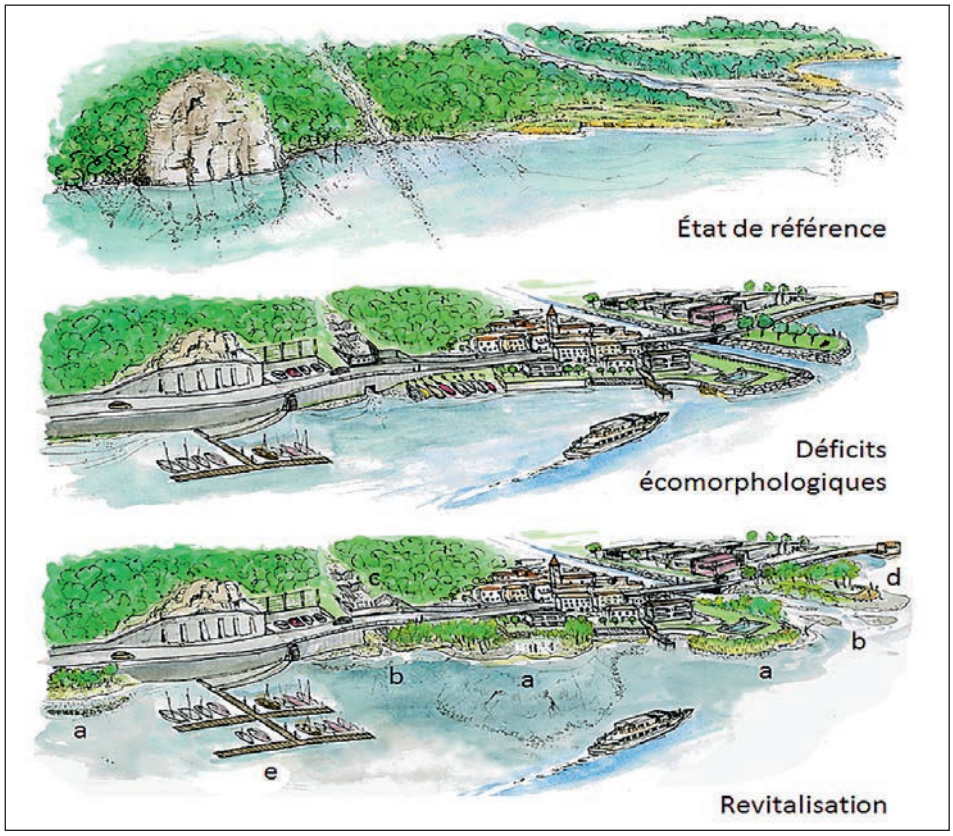

Figure 3: Schéma de synthèse. En haut: état de référence (falaises, versants raides, cours d'eau, processus dynamiques, rivage à pente douce avec vocation palustre); au milieu: déficits écomorphologiques; en bas: principes de revitalisation (a= revitalisation du littoral, b = revitalisation des embouchures et restauration de de la connectivité avec le versant; c = réactivation du transport solide ; d = valorisation des fonctions récréatives ; e = optimisation des stationnements des bateaux).
Abbildung 3: Synthese-Schema. Oben: Ausgangszustand (Klippen, steile Hänge, Fliessgewässer, dynamische Prozesse, Ufer mit sanften Hängen und Neigung zu Versumpfung); Mitte: Ökomorphologische Defizite; Unten: Revitalisierungsgrundsätze (a = Revitalisierung der Uferzone, b = Revitalisierung der Flussmündungen und Wiederherstellung der Verbindungsfähigkeit mit dem Abhang; c = Reaktivierung des Feststofftransports d = Aufwertung der Erholungsfunktion; e = Verbesserung der Schiffanlegestellen).
Figura 3: Schema di sintesi. In alto: stato di riferimento (pareti rocciose, versanti scoscesi, corsi d'acqua, processi dinamici, rive pianeggianti a vocazione palustre); al centro: deficit ecomorfologici; in basso: principi di rivitalizzazione (a = rivitalizzazione del litorale, b = rivitalizzazione delle foci dei corsi d'acqua; c = riattivazione del trasporto solido; d = valorizzazione delle funzioni ricreative; e = riordino degli ormeggi).

Pente sous-lacustre		Faisabilité technique
[°]	[%]	
0 < 20°	0 < 36%	4 - très élevée
20 - 25°	36 - 47%	3 - élevée
26 - 31°	48 - 60%	2 - moyenne
> 31°	> 60%	1 - faible o nulle

Tableau 1: Faisabilité technique en fonction de la pente sous-lacustre.
Tabelle 1: Technische Machbarkeit entsprechend dem Gefälle unter Wasser.
Tabella 1: Fattibilità tecnica in funzione dell'inclinazione del fondale.

que comuni, programma quinquennale 2008-2012, 76 p.

Göggel W., 2012. Revitalisation des cours d'eau. Planification stratégique. Un module de l'aide à l'exécution Renaturation des eaux. Office fédéral de l'environnement, Berne. L'environnement pratique n° 1208, 43 p.

Rey P., Teiber, P. & M. Huber, 2009. Renaturierungsleitfaden Bodenseeufer, IGKB, Internationale Gewässerschutzkommission für den Bodensee. Bregenz, 93 p.

Oikos 2000 Sagl, 2016. Studio di valutazione del potenziale di rivitalizzazione e di pubblica fruizione delle rive del Lago Ceresio. Rapporto definitivo 2013-2015. CIPAIS – Commissione Internazionale per la protezione delle acque italo-svizzere. Ecomorfologia delle acque comuni, programma triennale 2013-2015. 66 p. Dati non pubblicati.

Adresse auteurs

Alberto Ezio Conelli *, Marco Nembrini
Oikos 2000 Consulenza e ingegneria ambientale Sagl
er Puzzetascia 2
CH-6513 Monte Carasso
* Adresse de contact:
info@oikos2000.com

Massimiliano Foglia, Tiziano Putelli, Mauro Veronesi, Sandro Peduzzi
Dipartimento del territorio
Repubblica e Cantone Ticino
Via Franco Zorzi 13
CH-6500 Bellinzona

Revitalisation de la rive sud-ouest du lac de Morat et renaturation de l'embouchure de la Broye

Estelle Lecomte

Résumé
La rive vaudoise du lac de Morat, présente un fort potentiel de renaturation tant par sa situation en zone forestière, son classement en zone OROEM, que par la présence de l'embouchure de la Broye. A terme, ce secteur se développera en un delta terrestre et lacustre de grande valeur alluviale et naturelle. A ce titre deux projets de renaturation ont vu le jour. La revitalisation de 900 mètres de la rive Sud-Ouest et la renaturation de l'embouchure de la Broye.
Le premier s'est réalisé en deux étapes permettant d'observer l'évolution de la revitalisation. Ce projet, dont la mise en œuvre s'est avérée simple et peu coûteuse a consisté au démantèlement d'anciens murs de soutènement en les remplaçant par une rive sinueuse où alternent cordons de végétation, enrochements naturels, plage de sable et roselière. Ces travaux ont permis d'améliorer nettement l'interface terre-lac. Ainsi la nature reprend ses droits et des érosions acceptables sont observées.
La renaturation de l'embouchure de la Broye est un projet d'envergure que le canton de Vaud pilote en collaboration avec la commune de Vully-les-lacs, depuis 2009. Il s'agit de recréer un delta dynamique disparu depuis la correction de l'embouchure de la Broye lors de la deuxième correction des eaux du Jura.
L'objectif environnemental est de créer une diversification des milieux pour que l'embouchure de la Broye redevienne plus attractive pour de nombreux oiseaux migrateurs et pour les espèces végétales et animales inféodées aux zones humides.
La rive Sud-Ouest du lac de Morat est très fréquentée par les touristes en période estivale. C'est la raison pour laquelle, le projet de renaturation de l'embouchure de la Broye comporte un volet relatif à la gestion cohérente du public dans ce futur «hot spot» pour la biodiversité.
Les études étant terminées et le permis de construire en cours d'obtention, les travaux pourront par conséquent débuter durant l'hiver 2017.

Mots-clés
revitalisation, rives, embouchure

Revitalisierung des Südwestufers des Murtensees und Renaturierung der Mündung der Broye

Zusammenfassung
Das Waadtländer Ufer des Murtensees hat ein starkes Renaturierungspotenzial sowohl wegen seiner Lage in einem Waldgebiet, als auch seiner Einstufung als OROEM-Zone und durch die Mündung der Broye. Langfristig wird sich dieser Sektor zu einem Land-See-Delta mit großem naturkundlichem Wert entwickeln. Im Hinblick darauf entstanden zwei Renaturierungsprojekte. Die Revitalisierung von 900 m des Südwestufers und die Renaturierung der Mündung der Broye.
Ersteres wurde in zwei Etappen verwirklicht und ist geeignet, den Fortschritt der Revitalisierung festzustellen. Dieses Projekt, dessen Bewerkstelligung sich als einfach und wenig kostspielig erwies, bestand im Abbau alter Stützmauern und der Gestaltung eines kurvenreichen Ufers, in dem Vegetationsstreifen, natürlicher Blockwurf, Sandstrand und Röhricht einander abwechseln. Diese Arbeiten erlaubten eindeutig die Verbesserung der Land-See-Schnittstelle. So übernimmt die Natur wieder ihr Recht, und akzeptable Erosionen sind zu bemerken. Die Renaturierung der Mündung der Broye ist ein umfangreiches Projekt, das der Kanton Waadt in Zusammenarbeit mit der Gemeinde von Vully-les-Lacs seit 2009 auf Pilotbasis vorantreibt. Es geht darum, das dynamische Delta wieder erstehen zu lassen, das seit der Uferkorrektur der Broye im Zuge der zweiten Gewässerkorrektur des Jura verschwunden war.
Das Umweltschutzziel besteht darin, eine Diversifizierung der Biotope zu schaffen, damit die Broye-Mündung wieder attraktiver wird für zahlreiche Zugvögel und solche Pflanzen- und Tierarten, die an Feuchtgebiete angepasst sind. Im Sommer wird das Südwestufer des Murtensees stark von Touristen frequentiert. Deshalb enthält das Projekt der Renaturierung der Broye-Mündung eine Regelung für stimmiges Veranstaltungsmarketing in diesem zukünftigen «hot spot» der Biodiversität. Da die Untersuchungen abgeschlossen sind und die Baugenehmigung auf dem Wege ist, können die Arbeiten im Laufe des Winters 2017 beginnen.

Keywords
Revitalisierung, Ufer, Mündung

Rivitalizzazione della riva Sud-Ovest del lago di Morat e rinaturazione della foce della Broye

Riassunto
La riva vodese del lago di Morat ha un grande potenziale di rinaturazione grazie alla sua posizione in area forestale, al suo statuto di zona ORUAM e alla presenza della foce della Broye. Col tempo, quest'area diventerà un delta terrestre e lacustre di grande valore alluvionale e naturale. Per questo, due progetti di rinaturazione hanno visto la luce: la rivitalizzazione di 900 metri della riva Sud-Ovest e la rinaturazione della foce della Broye.

Il primo progetto è stato realizzato in due tappe, che hanno permesso di osservare l'evoluzione della rivitalizzazione. Questo progetto, la cui messa in opera si è avverata semplice e poco costosa, è consistito nello smantellamento di vecchi muri di sostegno rimpiazzati da una riva sinuosa alternante fasce di vegetazione, rinfianchi naturali di pietre, una spiaggia di sabbia e canneti. Questi lavori hanno permesso di migliorare nettamente l'interfaccia terra-lago. La natura riprende così i suoi diritti e si osservano erosioni di misure accettabili.

La rinaturazione della foce della Broye è un progetto importante che il Canton Vaud pilota dal 2009 in collaborazione con il comune di Vully-les-lacs. Lo scopo è di ricreare il delta dinamico che scomparve dopo la correzione della foce della Broye al momento della seconda correzione delle acque del Giura.

L'obiettivo ambientale è di diversificare gli ambienti naturali affinché la foce della Broye ridiventi più attrattiva per molti uccelli migratori e per le specie vegetali e animali che vivono nelle zone umide.

La riva Sud-Ovest del lago di Morat è molto frequentata da turisti durante l'estate. Per questo motivo, il progetto di rinaturazione della foce della Broye comprende una sezione riguardante la gestione coerente del pubblico in questo futuro «hot spot» di biodiversità. Gli studi sono stati portati a termine e il permesso di costruzione è in corso di rilascio, i lavori potranno dunque cominciare nell'inverno 2017.

Parole chiave
Rivitalizzazione, rive, foce

Figure 1: Situation du lac de Morat http://www.die3seen.ch/?lang=f.
Abbildung 1: Lage des Murtensees http://www.die3seen.ch/?lang=f.

1. Introduction

Le lac de Morat est le plus petit de la région des trois lacs (Seeland). Il est situé entre le canton de Vaud et le Canton de Fribourg. Son linéaire de rive est de 29 km dont 8,5 km se situent sur la rive vaudoise (sud-ouest).

Ces trois lacs ont subi deux corrections dont la deuxième entre 1962 et 1973, pour permettre dans un premier temps, de lutter contre les inondations et dans un second temps d'augmenter la surface de terres arables dans cette région anciennement marécageuse.

La correction a consisté à créer un réseau hydraulique d'une capacité de stockage remarquable, mais aussi en l'abaissement de la hauteur moyenne des lacs de 2.5 mètres.

La rive vaudoise du lac de Morat se situe dans une zone OROEM et se trouve en zone forestière. En été, une grande concentration d'utilisateurs s'y retrouve pour pratiquer leurs loisirs. Durant cette période, la pression anthropique y est forte. En hiver la rive sud-ouest du lac de Morat offre une halte de prédilection pour les oiseaux d'eau migrateurs.

Trois embouchures sont présentes sur cette rive, l'embouchure de la Broye, l'embouchure du Chandon et l'embouchure de l'Eau Noire, cours d'eau renaturé en 2014.

Dans le cadre de la planification de la revitalisation des rives lacustres, la rive sud-ouest représente le secteur test d'application de la méthodologie retenue par le canton (présentation BEB 2014).

2. Projets

Revitalisation de la rive sud-ouest du Lac de Morat:

Dans les années 60, des chalets construits «les pieds dans l'eau» ont été déplacés, d'une centaine de mètres en retrait dans la zone forestière à la demande des services cantonaux de l'époque, laissant des vestiges de murs de soutènement le long de la rive vaudoise du lac de Morat.

Au gré des années et de l'effet de la houle durant les tempêtes de bise, ces murs se sont affaissés, déchaussés, et parfois démantelés.

Représentant non seulement un danger pour les nombreux utilisateurs du site mais aussi des éléments construits dans un milieu naturel d'importance, la DGE-EAU a procédé au démantèlement

Photos 1, 2, 3: murs de soutènement des chalets de la rive sud-ouest du lac de Morat anciennement au bord de l'eau.
Fotos 1, 2, 3: Stützmauern der Häuser am Südwestufer des Murtensees, die früher am See lagen.

Photo 4: premier train de mesures sur le tronçon test de 300 mètres de linéaire réalisé en 2005, photo prise 7 ans après les travaux.
Foto 4: Erstes Massnahmenpaket von 2005 auf dem 300 Laufmeter Testabschnitt, aufgenommen 7 Jahre nach den Bauarbeiten.

d'une partie de ces ouvrages sur un tronçon test en 2005.
La situation en forêt, la naturalité du site et l'absence de contraintes telles que constructions, exploitation agricole et foncières ont permis une intervention rapide.
L'objectif principal de ce projet test était d'évacuer ces éléments bétonnés sur un linéaire de 300 mètres, pour permettre aux rives de s'éroder naturellement et ainsi recréer une connectivité de l'interface terre-lac.
Les aménagements réalisés étaient les suivants:

- Coupe forestière pour permettre l'accès aux machines de chantier,
- Démantèlement et évacuation des murs en béton,
- Evacuation des remblais à l'arrière des murs en décharge spécialisée (DCMI), en effet la plupart des remblais de l'époque avaient été réalisés avec des matériaux inertes,
- Mise en place de bois morts issus de la coupe dans le lac pour créer un léger effet brise vague et créer des caches pour la faune piscicole,
- Plantation d'essences forestières pour accélérer la reprise végétale et concurrencer les plantes invasives dont plusieurs espèces sont présentes sur le site (la renouée du Japon, le solidage, l'impatiente glanduleuse)

Au vu des résultats très positifs du premier train de mesures réalisé en 2005, à savoir:

- Reconnexion positive de l'interface terre-eau,
- Erosion naturelle par l'effet de la houle avec stabilisation de l'érosion dans le temps,
- Reprise de la végétation riveraine,
- Installation de petites zones de roseaux.

La DGE-EAU décide en 2012, de poursuivre la démolition des anciens murs de soutènement sur les 600 mètres aménagés restants.
Les travaux se sont déroulés en hiver 2012 et des plantations ont été mise en place au printemps. La mise en œuvre était exactement la même qu'en 2005.
Suite aux travaux réalisés en 2012, deux campagnes d'arrachage des plantes invasives, ainsi que l'évacuation des quelques restes de matériaux inertes ont été réalisés par une équipe de civilistes.
Une observation régulière du site permet de suivre l'évolution des rives lacustres vaudoises du lac de Morat et le cas échéant, réaliser quelques rectifications, mais pour le moment le but est de laisser la nature reprendre ses droits.
En conclusion, la revitalisation de la rive sud-ouest du lac de Morat a permis à un site anciennement anthropisé de redevenir naturel. Ces intervention n'ont pas déclenché de réaction du public ni lors de la mise à l'enquête publique, ni après les travaux exécutés.
Renaturation de l'embouchure de la Broye:
Durant la deuxième correction des eaux du Jura, la Broye a été canalisée et son embouchure a été déplacée vers le nord. Depuis cette correction, les sédi-

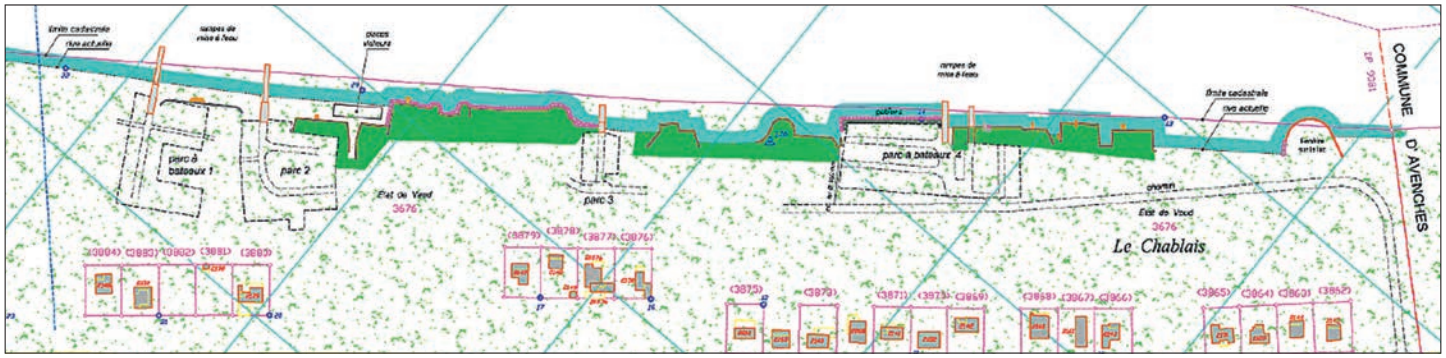

Figure 2: extrais du plan de mise à l'enquête publique concernant le démantèlement sur la commune de Vully-les-Lacs, DGE-EAU 2012
Abbildung 2: Ausschnitt des Plans, der der Öffentlichkeit vorgelegt wurde und den Abbau betrifft, Gemeinde von Vully-les-Lacs, DGE-EAU 2012.

Photo 4, 5, 6: rive sud-ouest du lac de Morat quatre ans après les travaux.
Fotos 4, 5, 6: Südwestufer des Murtensees vier Jahre nach den Arbeiten.

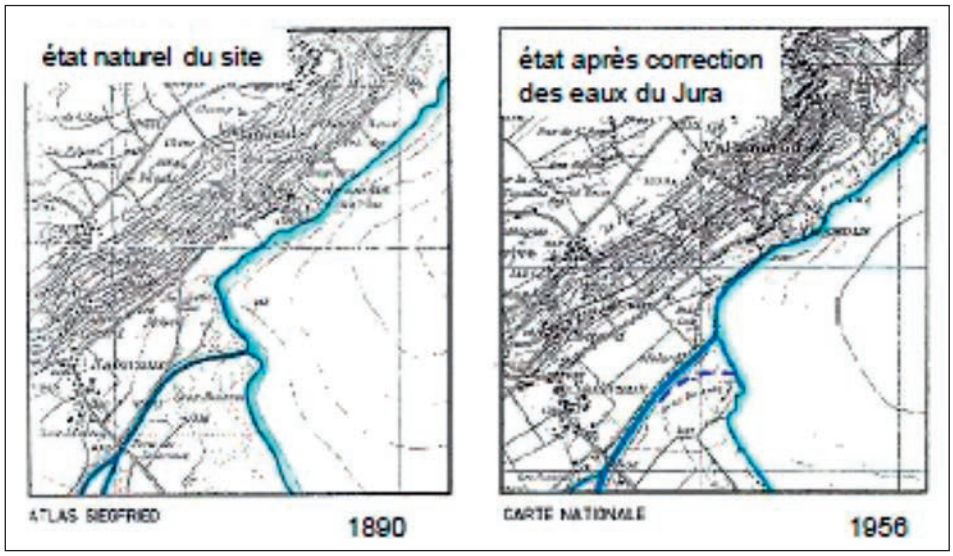

Figure 3: correction historique du tracé de l'embouchure de la Broye en 1956, rapport AVE 2015.
Abbildung 3: historische Korrektur des Mündungsverlaufs der Broye im Jahre 1956, AVE-Bericht 2015.

ments transportés par la Broye se sont déposés d'abord sur la rive gauche de l'embouchure puis, dès les années 1980, de plus en plus en rive droite. Ce phénomène a permis le développement progressif d'une roselière en rive gauche et des hauts fonds en rive droite qui, à moyen terme, se transformeront également en roselière. Les sédiments fins transportés par la Broye se déposent actuellement de manière «guidée» du côté droit de l'embouchure dans le lac, ce qui entraîne:

La formation d'un delta qui se fige rapidement de par la canalisation de la sortie (pieux en rive gauche le long de la roselière)

- Peu ou plus de dynamique alluviale sur le site
- Tarissement des roselières
- Risque sécuritaire potentiel à long terme, de par l'augmentation des lignes d'eau dans la Broye lors de crues extrêmes

Le lit actuel de la Broye est également figé, étant donné que toutes les berges sont stabilisées.

En ce qui concerne le transport sédimentaire, la Broye amène en moyenne environ 20'000 m³ de sables par année. Toutefois, dans le cadre d'une potentielle renaturation majeure en amont, il se pourrait que le potentiel de charriage soit augmenté. Fort de ce constat et du potentiel élevé de renaturation de l'embouchure de la Broye, notamment au vu de sa situation stratégique pour les oiseaux migrateurs, la DGE-EAU lance une étude de faisabilité sur les mécanismes d'ensablement des rives du lac de Morat (Rapport AVE 2009) dans lequel des variantes d'aménagement sont proposée. Le projet se poursuit jusqu'en 2015 où il est mis à l'enquête publique.

Les objectifs de renaturation de l'embouchure de la Broye sont les suivants:

Objectifs écologiques:

- Maintien/création d'un banc de sable permanent en face de l'embouchure de la Broye comme site d'escale pour les limicoles migrateurs et la nidification de la Sterne pierregarin
- Remise en eau de l'ancien bras de la Broye, favorable au Castor, à la nidification du Martin-pêcheur et de la Mésange rémiz
- Création d'un bras mort dans le cours actuel de la Broye, favorable au Grèbe castagneux et aux Ardéidés (hérons) notamment
- Création d'une lagune dans la roselière en voie d'atterrissement en rive gauche de l'embouchure, favorable au Blongios nain, au Butor étoilé et à la Rousserolle turdoïde
- Creuser des dépressions de part et d'autre du tracé du nouveau lit, permettant ainsi de recréer des secteurs d'humidité variable

Objectif hydraulique/morphologiques

- Créer une dynamique alluviale terrestre et lacustre dans le secteur de l'embouchure
- Régler de manière durable l'ensablement au niveau sécuritaire

Enfin les objectifs socio-économiques consiste en la gestion et la réorganisation du public en maintenant des zone de tranquillité pour la faune tout en conservant la fonction socio-économique du site (loisirs, navigation (pivée/publique),…)

La variante ret enue et validée par l'OFEV est la suivante:

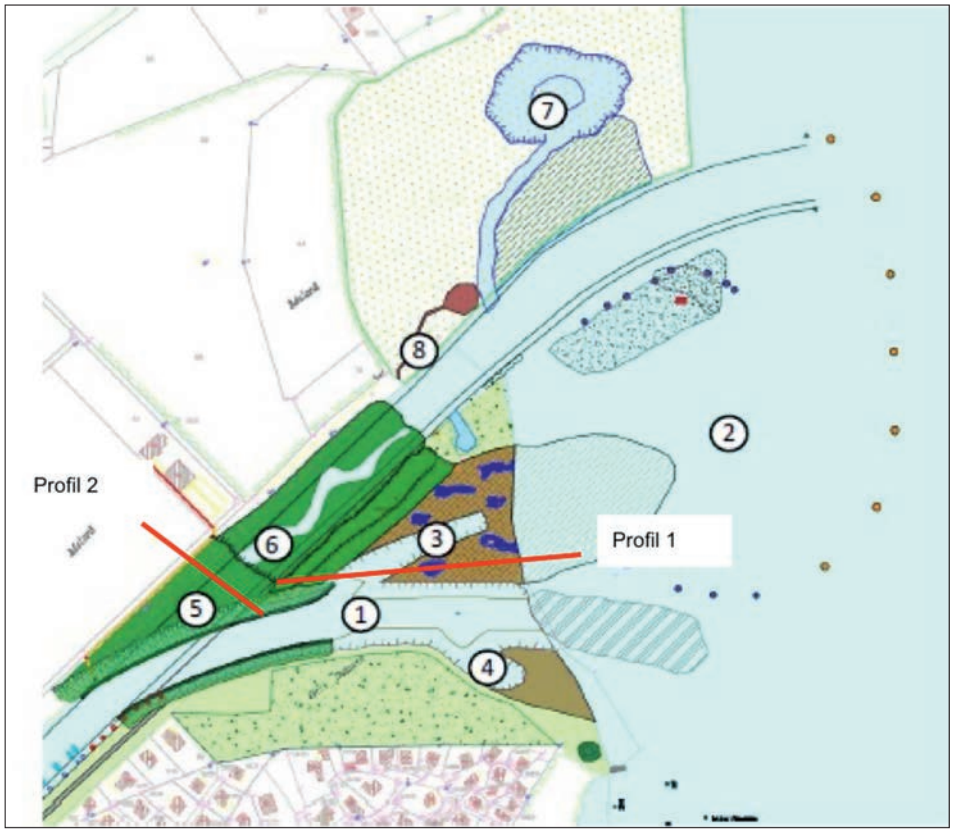

Figure 4: Présentation générale de la renaturation de l'embouchure de la Broye, rapport AVE 2015.
Abbildung 4: Allgemeine Darstellung der Renaturierung der Broye-Mündung, AVE-Bericht 2015.

Cette variante implique de prendre les mesures suivantes (cf. numérotation figure 4)

1. Création d'un nouveau canal
2. Aménagement de la nouvelle zone alluviale lacustre
3. Aménagement de la rive gauche du nouveau canal (zone à dynamique alluviale terrestre)
4. Aménagement de la rive droite du nouveau canal (zone à dynamique alluviale terrestre)
5. Création d'une digue d'obturation du canal actuel, y.c. déviation de la STEP
6. Comblement partiel de l'ancien canal et remodelage de la berge en rive droite
7. Aménagement des roselières actuelles
8. Aménagements socio-économiques divers (sentier pédestre, observation de l'avifaune)

La renaturation de l'embouchure de la Broye a ouvert le dialogue avec l'ensemble des partenaires, des riverains, ONG, commune et des services

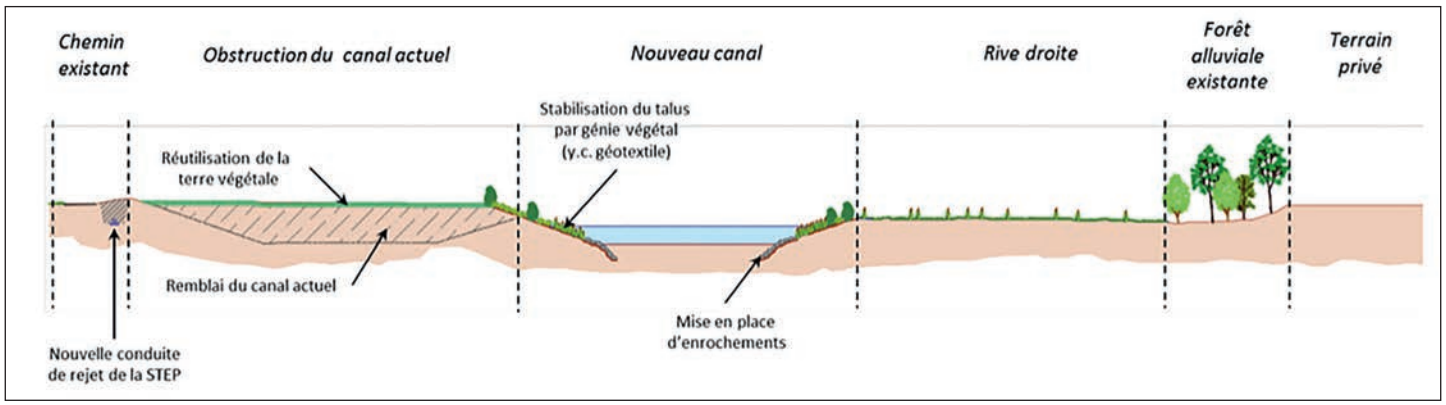

Figure 5: Profil 1 – Création du nouveau canal de la Broye, rapport AVE 2015.
Abbildung 5: Profil 1 – Bau des neuen Broye-Kanals, AVE-Bericht 2015.

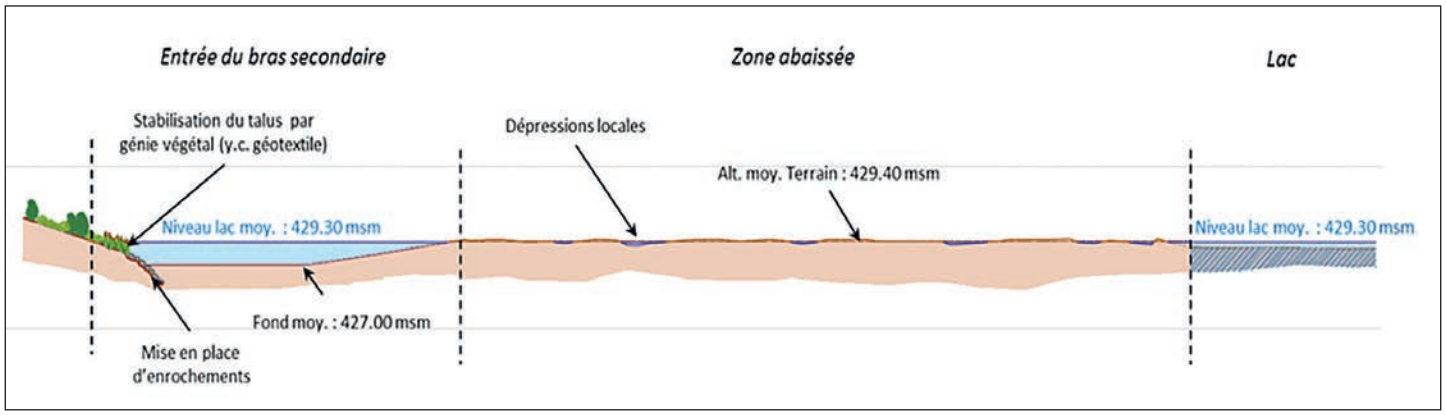

Figure 6: Profil 2 – Delta terrestre.
Abbildung 6: Profil 2 – terrestrisches Delta.

de l'Etat. Les utilisateurs du site ont été également intégrés au projet via des séances publiques. A cette occasion, a été discuté le principe du maintien des droits d'amarrages, mais en dehors de la zone renaturée. L'enquête publique étant terminée et le permis de construire obtenu, les travaux préparatoires sont actuellement en cours et le chantier de l'embouchure débutera en hiver 2017 pour se terminer en automne 2017.

Bibliographie

Lods-Crozet B. et Chevalley P.A 2012, Caractérisation des habitats riverains et littoraux du Lac de Morat
AVE 2015, renaturation de l'embouchure de la Broye, rapport technique
OED Office des eaux et des déchets canton de Berne 2013, Régulation des lacs du pied du Jura, règles de base et mise en pratique
http://www.die3seen.ch

Adresse auteur

Estelle Lecomte
DGE-EAU
Canton de Vaud
rue du Valentin 10
1014 Lausanne

Schilf- und Kliffkantenschutz am Zugersee

Urs Kempf

Keywords
Schilfschutz, Flachwasserschüttung, Kliffkante, Kiesinsel

Protection des roseaux et des bords de falaise sur le lac de Zoug

Mots-clés
Protection des roseaux, remplissage des zones d'eau peu profonde, bord de falaise, île de gravier

Protezione dei canneti e dei bordi di falesia del lago di Zugo

Parole chiave
Protezione dei canneti, riempimento delle aree d'acqua poco profonda, bordo di falesia, isola di ghiaia

Das Nord- und Westufer des Zugersees ist geprägt durch ausgedehnte Riedgebiete mit grossen Schilfflächen auf Seebodenlehm und Seekreide. Im Verlaufe der letzten Jahrzehnte gingen die Wasserschilfflächen markant um mehrere Meter zurück oder verschwanden stellenweise gänzlich. Ursachen dafür waren ursprünglich primär die grosse Nährstoffbelastung und das damit ausgelöste Algenwachstum, heute der Frassdruck durch Graugänse. Deren Bestand nahm innert 20 Jahren von Null auf über 100 Tiere zu.

Die Schilfpflanze bildet ein dichtes Wurzelwerk, die sogenannten Rhizome, über welches sie sich auch vermehrt und ausbreitet. Dieses befestigt den tonigen Grund analog einer Bewehrung. Stirbt die Pflanze, verliert die Verwurzelung ihre Stabilität und der Seegrund beginnt zu erodieren. Da Schilf nur bis in maximale Wassertiefen von ca. 80 cm gedeiht, verkleinert sich sein potenzieller Lebensraum stetig. Dies ist ein irreversibler Prozess, da keine Akkumulation durch Sedimenteintrag/-ablagerung stattfindet.

Am Zugersee besteht zusätzlich das Phänomen der sogenannten Kliff- oder Abbruchkante. Wenige Meter vor der ursprünglichen Schilffront, in einer Wassertiefe bei Mittelwasser von rund 1 m, fällt der Seegrund teilweise senkrecht um 1 bis 1.5 m ab. Die "Deckschicht" wird unterspült, bricht schollenartig ab und rutscht in tiefere Lagen. In dieser "Deckschicht" befinden sich viele prähistorische Siedlungsreste, die dadurch ebenfalls zerstört werden.

Seit bald 20 Jahren setzen wir folgende Massnahmen um:

- Die Schilfbestände werden seeseitig mit einem Drahtgeflechtszaun vor den Graugänsen geschützt. Hat sich das Schilf erholt, wird der Zaun um einige Meter Richtung See verschoben. Querschläge verhindern das Einfliegen der grossen Tiere.
- Die Erosion der Kliffkante wird durch eine davor erstellte "Wand" verhindert. Der Zwischenraum wird mit Kies aus dem Delta der Lorze gefüllt. Verschiedene Wandsysteme wurden dabei getestet:
  – Mit Kies gefüllte Geotextilwalzen wurden aufeinandergelegt und durch Holzpfähle gehalten.
  – Einfache oder doppelte Holzpalisaden mit und ohne Geotextil.
- Flachwasserschüttungen: Erosionsschutz und Uferstabilisierungen ergänzt mit Schilfpflanzungen.
- Bau einer künstlichen Kiesinsel als Ersatz für verloren gegangene Kiesufer und Deltahabitate.

Die 2016 angelaufenen grossen Schutzmassnahmen werden alle mit Holzpalisaden und Geotextil-Vlies (zur Verhinderung des Ausschwemmens von Feinmaterial) ausgeführt. Gleichzeitig werden auch Schilfmatten und Röhrichtwalzen eingelegt.

Siehe dazu auch das Mitteilungsblatt Nr. 1 vom April 2012 des Vereins für Ingenieurbiologie (ISSN 1422-0008)

Abbildung 1: Kliffkante Westufer.
Figure 1: Bord de falaise rive.

Abbildung 2: Schilfschutzzaun.
Figure 2: Clotûre de protection des roseaux.

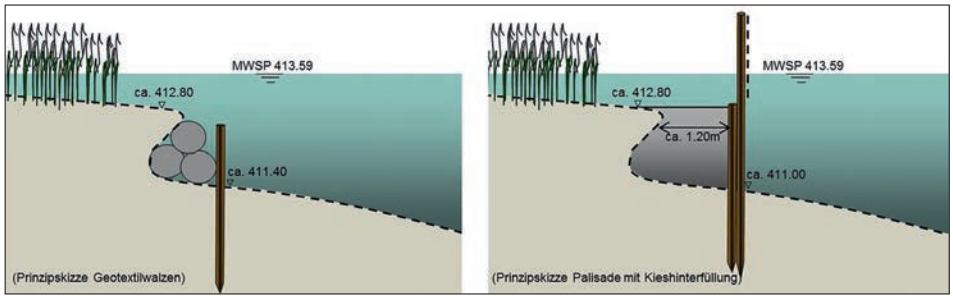

Abbildung 3: Kliffkantenschutz mit a) Geotextilwalzen, b) doppelreihige Holzpalisade, Kieshinterfüllung und Schilfschutzzaun.
Figure 3: Protection des roseaux avec a) rouleaux de géotextiles, b) palissade de deux rangées en bois, remplissage arrière de gravier et clotûre de protection des roseaux.

Abbildung 4: Kiesinsel Delta Alte Lorze.
Figure 4: Île de gravier, delta de l'Alte Lorze.

Kontaktadresse
Urs Kempf
Abteilungsleiter Wasserbau
und baulicher Gewässerschutz
Tiefbauamt Kanton Zug
Aabachstr. 5
6301 Zug
urs.kempf@zg.ch

Lutte contre l'érosion sur la Rive sud du lac de Neuchâtel

Christian Clerc et Michel Baudraz

Résumé
Depuis la 1ère correction des eaux du Jura, la Rive sud du lac de Neuchâtel est exposée à une érosion active. Chaque année, plus d'un hectare de marais et de zones alluviales d'importance nationale disparaissent par l'action des vagues. Si le mécanisme de l'érosion est connu, sa prévention reste techniquement complexe et coûteuse. Cet article dresse le bilan d'un essai de lutte contre l'érosion sur un tronçon pilote de 3 km composé d'ouvrages de natures très différentes. Les suivis techniques, bathymétriques et biologiques réalisés permettent une évaluation comparative de l'efficacité respective des ouvrages testés, de leurs coûts et de leurs incidences sur les milieux benthiques et naturels riverains. Ils mettent également en évidence la nécessité d'une combinaison d'ouvrages pour une lutte efficace contre l'érosion de la rive.

Mots-clés
Aménagements, érosion, lac de Neuchâtel, protection, réserves naturelles

Kampf gegen die Erosion am Südufer des Neuenburger Sees

Zusammenfassung
Seit der ersten Jura-Gewässerkorrektion ist das Südufer des Neuenburgersees einer starken Erosion ausgesetzt. Jährlich geht dort wegen des Wellenschlags eine Hektare Sumpf- und Schwemmland von nationaler Bedeutung verloren. Der Erosionsmechanismus ist zwar hinlänglich bekannt, die Prävention aber ist nach wie vor technisch komplex und kostspielig. Der vorliegende Bericht zieht Bilanz über einen Pilotversuch, die Erosion auf einem Abschnitt von 3 km Länge mit sehr unterschiedlichen baulichen Massnahmen zu bekämpfen. Anhand der in technischer, bathymetrischer und biologischer Hinsicht durchgeführten Erfolgskontrollen lassen sich die Wirksamkeit der jeweiligen Versuchsmassnahmen sowie ihre Kosten und Auswirkungen auf die benthischen und die angrenzenden natürlichen Lebensräume vergleichend beurteilen. Zudem machen sie deutlich, dass die Ufererosion nur durch eine Kombination verschiedener baulicher Massnahmen erfolgreich bekämpft werden kann.

Keywords
Erosion, Gestaltung, Naturreservate, Neuenburger See, Schutz

Lotta contro l'erosione della riva meridionale del lago di Neuchâtel

Riassunto
A seguito della prima correzione delle acque del Giura, la riva meridionale del lago di Neuchâtel è esposta ad erosione. Ogni anno, più di un ettaro di palude e di aree golenali d'importanza nazionale scompaiono sotto l'azione delle onde. Il meccanismo dell'erosione è ben conosciuto, ma la sua prevenzione rimane tecnicamente complessa e costosa. Quest'articolo fa il punto di un tentativo di lotta contro l'erosione su una sezione pilota di 3 km, che presenta strutture di natura molto diversa l'una dall'altra. I monitoraggi tecnici, batimetrici e biologici eseguiti, permettono di fare una valutazione comparativa dell'efficacia delle rispettive strutture, del loro costo e del loro impatto sulle zone ripariali bentoniche e naturali. Mostrano inoltre la necessità di combinare più strutture per una lotta efficace contro l'erosione delle rive.

Parole chiave
Pianificazione, erosione, lago di Neuchâtel, protezione, riserve naturali

1. Introduction

Les zones marécageuses de la rive sud du lac de Neuchâtel forment le plus vaste écosystème riverain de Suisse. Ces zones de hauts-fonds lacustres ont émergé et se sont progressivement végétalisées suite à l'abaissement des eaux des trois lacs subjurassiens (lacs de Neuchâtel, Bienne et Morat) résultant des travaux de régulation de la première correction des eaux du Jura (1ère CEJ, 1862-1893) (Nast 2006). Leur valeur naturelle, reconnue à l'échelle nationale et internationale, a conduit à leur inscription dans plusieurs inventaires fédéraux de sites naturels d'importance nationale au cours des années 1980. Sept réserves naturelles couvrant environ 2'250 hectares composés de hauts fonds lacustres, de marais et de forêts alluviales, ont été délimitées et instituées en 2001 et 2002 par les Etats de Vaud et Fribourg, propriétaires de l'essentiel des surfaces marécageuses de la rive sud du lac de Neuchâtel (Fig.1). Leur gestion est actuellement planifiée par l'Association de la Grande Cariçaie. Selon une étude, commandée en 1987 au Laboratoire de Recherches Hydrauliques, Hydrologiques et Glaciologiques (VAW) de l'Ecole Polytechnique Fédérale de Zürich (ETH), le site est soumis, sur plus d'un quart de sa rive, à une érosion dépassant localement 2 m par année. Ce complexe marécageux pourrait perdre, à l'échelle d'un siècle, d'importantes surfaces de milieux naturels précieux ainsi que des sites archéologiques aujourd'hui classés au patrimoine mondial de l'UNESCO, si aucune mesure constructive de protec-

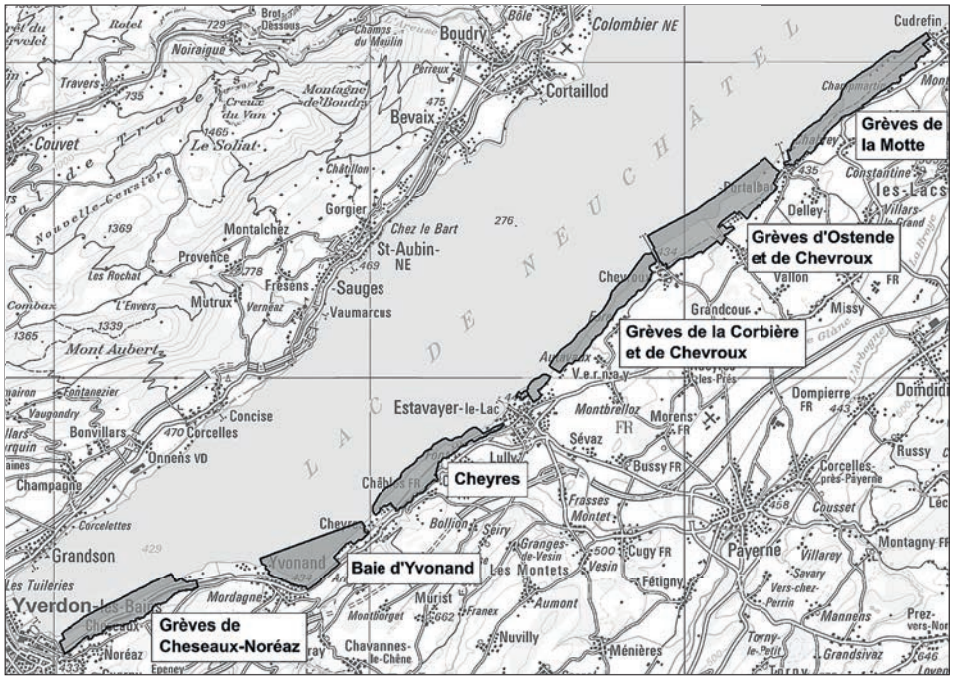

Figure 1: Carte des réserves naturelles de la Rive sud du lac de Neuchâtel. L'ensemble de ces réserves naturelles marécageuses est communément nommé «Grande Cariçaie».
Abbildung 1: Karte der Naturschutzgebiete des südlichen Ufers des Neuenburger Sees. Die Gesamtfläche dieses Feucht-Naturschutzgebiets wird gemeinhin «Grande Cariçaie» genannt.

tion n'était prise. Afin de tester différents types d'ouvrages de protection, de procéder à la mise au point de leurs méthodes constructives et de vérifier leurs coûts effectifs, un tronçon pilote de lutte contre l'érosion de 3 km, situé à proximité du rivage de la commune vaudoise de Cheseaux-Noréaz, a été réalisé entre 1997 et 2003. Cet article rend compte des enjeux, de la réalisation et des résultats de ce projet.

2. L'érosion de la Rive sud du lac de Neuchâtel

Les vents jouent un rôle majeur dans l'érosion de la Rive sud du lac de Neuchâtel (Huber et al. 1990). Parallèle à la chaîne du Jura, cette rive est en effet très exposée à la bise qui souffle du nord-est, au vent qui souffle du sud-ouest et au joran qui souffle du nord, nord-ouest. Les vitesses de ces vents atteignent des pointes supérieures à 100 km/h, en particulier pour la bise. Suivant la longueur du fetch, des vagues d'une hauteur supérieure à 2 m peuvent se former. Les courants lacustres mettent en suspension le sable fin arraché par les vagues aux falaises de molasse et déposés sur les hauts-fonds lacustres au cours des derniers millénaires. Ces hauts-fonds, où la hauteur d'eau ne dépasse pas 2 m, couvrent plus de 33 km² sur la Rive sud du lac de Neuchâtel. Les variations historiques du niveau du lac ont elles aussi joué un rôle important dans le phénomène d'érosion. Au milieu du 19ème siècle le niveau moyen du lac se situait à 432 m, soit environ 3 m plus haut qu'actuellement, et la ligne de rive suivait alors le pied des falaises qui bordent les réserves naturelles. L'érosion s'exerçait sur la molasse, emportant le sable au large. Pour réduire les risques d'inondation, d'importants travaux de régulation du niveau des lacs de Neuchâtel, Bienne et Morat ont été entrepris (1ère correction des eaux du Jura réalisée de 1868 à 1891) qui permirent d'abaisser le niveau des 3 lacs d'environ 2.7 m. Ces travaux modifièrent considérablement la dynamique érosive de la rive sud du lac. Selon Huber et al. (1990), la quantité de sable prélevée à la rive et aux hauts-fonds lacustres par érosion puis transportée vers le large représenterait plusieurs millions de m³ depuis la 1ère correction des eaux du Jura. L'ampleur de l'érosion a été évaluée, pour la période de 1880 à 1979, par comparaison cartographique (Huber et al. 1993). Les résultats de cette analyse ont permis d'estimer la perte globale de marais et de roselières par érosion d'Yverdon-les-Bains au canal de la Broye à un peu

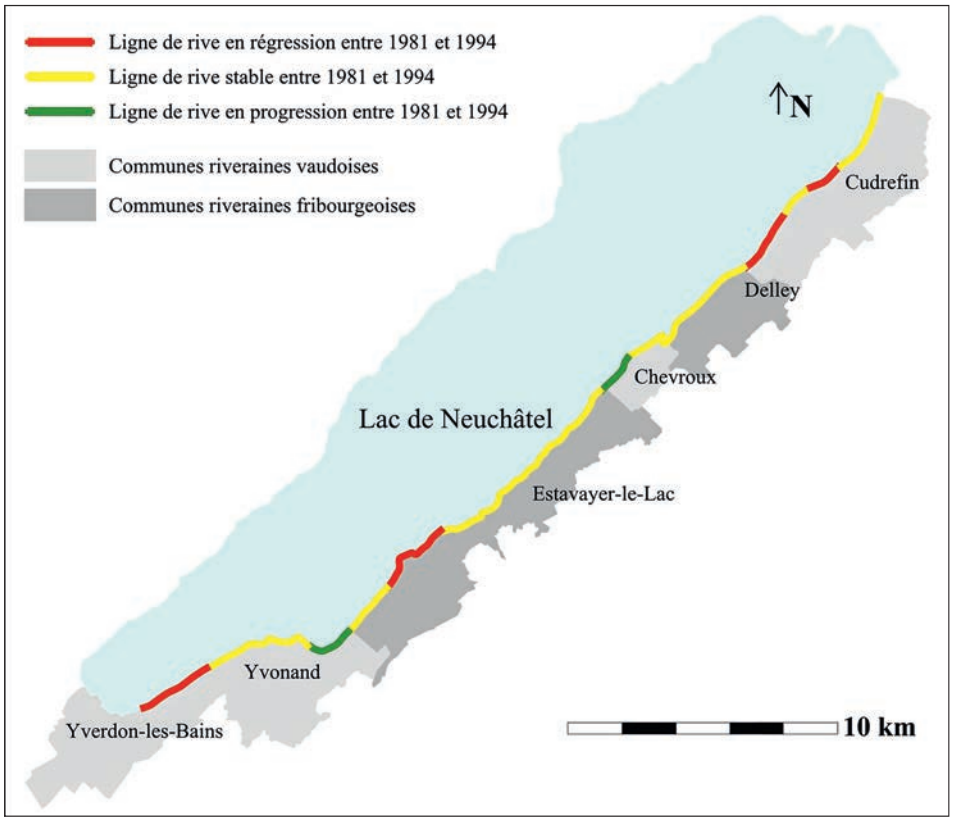

Figure 2: Erosion sur la Rive sud du lac de Neuchâtel.
Abbildung 2: Erosion am Südufer des Neuenburger Sees.

moins de 8 km² en 100 ans, à raison d'une perte annuelle variant entre 0.4 et 3.2 ha pour la période de 1894 à 1979 (Huber et al. 1993). L'analyse comparative de photographies aériennes permet de dire aujourd'hui avec précision quels secteurs de rive s'érodent, se maintiennent ou progressent. Ainsi entre 1981 et 1994, ce sont 11 km de rive qui ont enregistré un recul annuel moyen de la ligne de rive supérieur à 0.5 m/an (Fig. 2).

3. Les premières mesures de lutte contre l'érosion

Avant 1990, seuls des aménagements ponctuels de lutte contre l'érosion avaient été réalisés par des collectivités privées et publiques. Plusieurs mesures douces de génie biologique avaient notamment été testées à la fin des années 1980, dans l'attente des résultats de l'étude commandée au VAW en 1987. Certains de ces essais, réalisés parallèlement à la rive avec des palissades en bois légères se sont révélés peu concluants en termes de solidité et d'efficacité. L'enrochement de la berge donnait de meilleurs résultats mais ne constituait cependant pas une solution à long terme contre l'érosion, en entraînant un affouillement du pied de la rive et le transport de sédiments au large. Le recours à des mesures différentes de lutte contre l'érosion, notamment en plaçant des ouvrages au large, était nécessaire et devait être testé pour la conservation à long terme des écosystèmes riverains naturels.

4. Objectifs du tronçon pilote

Le secteur de rive de la réserve naturelle des Grèves de Cheseaux, présentant le recul de rive le plus important, a été choisi pour l'aménagement d'un tronçon pilote de lutte contre l'érosion. L'objectif principal de ce tronçon pilote était de conserver, voire d'accroître, la valeur naturelle et paysagère de l'écosystème riverain – en freinant le recul de la rive – en créant des conditions favorables au développement de certaines biocénoses animales et végétales particulières (zones d'eaux calmes ou dormantes, vasières, frayères, roselières…) – en offrant des fonctions de sites d'escale ou de nidification pour l'avifaune. Cet objectif devait être atteint – en optimisant les coûts, l'efficacité et la durabilité des ouvrages par la construction d'ouvrages faciles à ériger et à entretenir – en respectant au mieux les échanges lac-beine lacustre-marais et la valeur paysagère du site – en permettant la poursuite des activités de pêche – en conciliant navigation et baignade en fonction des prescriptions légales en vigueur.

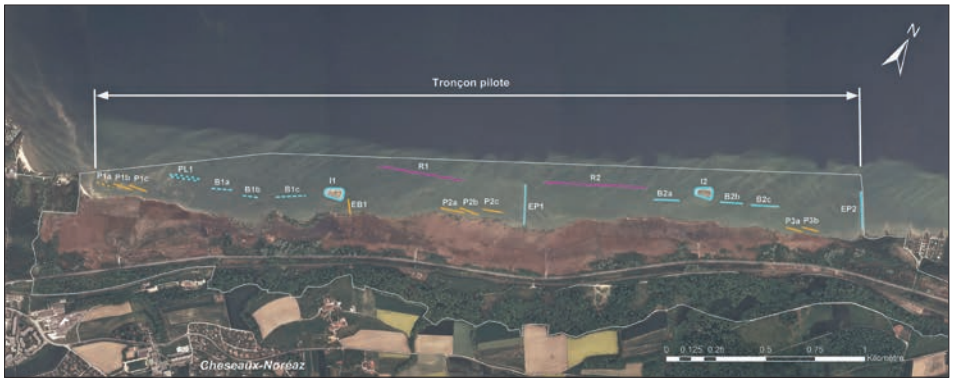

Figure 3: Plan de situation des ouvrages du tronçon pilote de lutte contre l'érosion. En trait gris: périmètre de la réserve naturelle des Grèves de Cheseaux. En bleu: ouvrages en enrochements. En carmin: ouvrages en béton. En jaune: ouvrages en bois. Pour les caractéristiques des ouvrages, se référer au Tableau 2.
Abbildung 3: Lageplan des Pilotabschnitts mit den Arbeiten zur Bekämpfung der Erosion. Grau gestreift: Perimeter des Naturschutzgebiets Grèves de Cheseaux. Blau: Blockwurfarbeiten. Karminrot: Betonarbeiten. Gelb: Holzarbeiten. Für Charakteristika der Massnahmen siehe Tabelle 2.

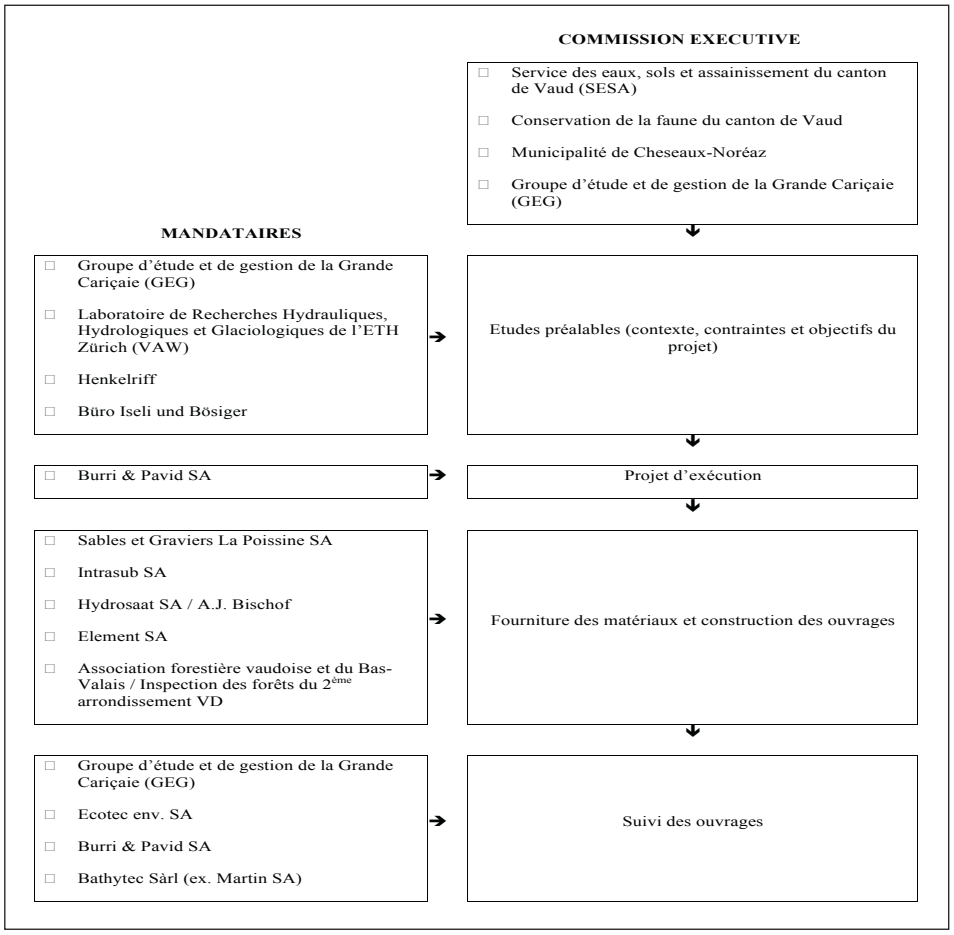

Tableau 1: Organisation de l'Entreprise de Correction Fluviale de la Rive Sud du Lac de Neuchâtel (ECF-RSLN).
Tabelle 1: Organisation des Flusskorrekturgeschäfts des Südufers des Neuenburger Sees (ECF-RSLN).

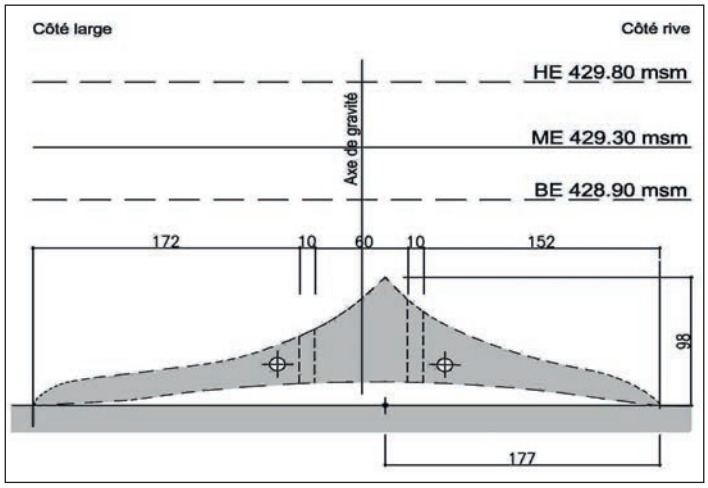

Figure 4: A gauche: plan en coupe d'un récif en béton. A droite: pose des récifs en béton.
Abbildung 4: Links: Schnittzeichnung eines Betonriffs. Rechts: Aufbau der Betonriffs.

Type d'ouvrage	Nom	No	Longueur [m]	Couronnement [msm]
Ouvrages en enrochements	Digue brise-lames	B2a	125	429.40
		B2b	105	429.95
		B2c	130	429.85
	Ile aux oiseaux	I1	130	431.35
		I2	130	431.35
	Epi	EP1	197	430.15/429.55
		EP2	190	430.15/429.55
Ouvrages en béton	Récif artificiel	R1	411	427.93/427.73
		R2	515	428.53/427.98
Ouvrages en bois	Palissade à claire-voie	P2a	101	429.30/430.20
		P2b	96	429.30/430.20
		P2c	97	429.30/430.20
		P3a	81	429.30/430.20
		P3b	81	429.30/430.20
				429.30/430.20
	Epi en pieux jointifs	EB1	72	429.30/430.20
	Palissade en pieux jointifs	Pjb	95	429.30/430.20
		PJc	90	429.30/430.20

Tableau 2: Caractéristiques des ouvrages du tronçon pilote.
Tabelle 2: Charakteristika der Arbeiten im Pilotabschnitt.

5. Réalisation du tronçon pilote

5.1 Organisation des travaux et ouvrages réalisés

Les travaux de protection du tronçon pilote ont été réalisés sous la direction de l'Entreprise de correction fluviale de la Rive sud du lac de Neuchâtel (ECF-RSLN). Constituée par décision du Conseil d'Etat et dirigée par une commission exécutive, une entreprise de correction fluviale permet de conduire un projet d'intérêt public dans le domaine des lacs et cours d'eau, tel que prévu par la loi vaudoise sur la police des eaux (Tab. 1). La Figure 3 localise les différents ouvrages du tronçon pilote. Leurs caractéristiques générales sont présentées dans le Tableau 2. Le choix et la disposition des ouvrages testés visaient à interrompre ou du moins à diminuer fortement le transport du sable dans la zone proche de la rive. A titre d'exemple, les récifs artificiels en béton R1 et R2 (Henkelriff ®), testés en laboratoire, obligent les courants lacustres, après franchissement de leur crête, à déposer les sédiments en suspension. Ils empêchent, après réflexion des courants contre le rivage, la migration des sédiments déposés. L'efficacité de ce mécanisme de piégeage de sédiments est conditionnée par la forme des récifs, leur profondeur d'immersion et la distance qui les sépare de la rive à protéger. Ces paramètres ont été adaptés aux caractéristiques du lac de Neuchâtel par le concepteur des récifs, M. G. Henkel. (Fig. 4a et 4b). Le Tableau 3 présente le calendrier des travaux réalisés.

5.2 Coût et financement

Le coût total des ouvrages et de leur suivi a été initialement estimé à 8.25 millions à la charge des cantons de Vaud (3.3 millions) et Fribourg (0.15 million) et de la Confédération (4.8 millions). Pour des raisons de planification, mais aussi de disponibilité des matériaux de construction, seuls 3 des 4 km de rive initialement prévus ont été protégés. Les coûts effectifs des travaux, y compris les études et les suivis, sont récapitulés dans le Tableau 4. Le coût indicatif par mètre linéaire de rive protégée et par

	1997	1998	1999	2002	2003
Ouvrages en enrochements					
B2a / B2b / B2c					
EP1					
EP2					
I1					
I2					
Ouvrages en béton					
R1 / R2					
Ouvrages en bois					
EB1					
P2a					
P2b					
P2c					
P3a					
P3b					
PJb					
PJc					

Tableau 3: Etapes de réalisation des travaux du tronçon pilote.
Tabelle 3: Etappen der Umsetzung der Arbeiten im Pilotabschnitt.

type d'ouvrage a été de 1'862.– pour les palissades à claire-voie et en pieux jointifs, 1'095.– pour les récifs noyés en béton préfabriqué et 3'445.– pour les ouvrages lourds en enrochements.

6. Les suivis et leurs résultats

Afin d'évaluer la stabilité des ouvrages et leur efficacité relativement aux objectifs poursuivis, plusieurs suivis ont été mis en place dès 1996.

6.1 Suivi mécanique

Les tassements principaux relevés pour les ouvrages en enrochements se sont produits lors de leur mise en place. Des tassements très faibles, de l'ordre du centimètre et dans la fourchette de précision des nivellements, ont été relevés ultérieurement.

6.2 Suivi bathymétrique

Dans la proximité des ouvrages une accumulation de sédiments est constatée au pied de tous les ouvrages, principalement côté rive, et sur la face nord-est, exposée à la bise, des ouvrages en enrochements. Un affouillement est par contre constaté au large des ouvrages. Ce constat peut être étendu à l'ensemble de la beine lacustre comme le montre la Figure 5. Dix ans après l'aménagement des ouvrages, les surfaces comprises entre la rive et les ouvrages, ou à l'abri de la bise du nord-est, présentent une sédimentation dont l'épaisseur peut dépasser 30 cm, alors qu'à l'inverse, les surfaces situées au large des ouvrages, subissent une érosion dont l'épaisseur peut dépasser 30 cm.

6.3 Suivi de la ligne de rive

L'aménagement du tronçon pilote a permis de réduire considérablement, en la divisant par trois, la vitesse de recul de la ligne de rive pour la réserve naturelle des Grèves de Cheseaux (Tab. 5).

6.4 Suivi sédimentologique

Après les travaux d'aménagement des ouvrages, la proportion des particules fines, les teneurs en matière organique et en calcaire ont augmenté à l'abri des ouvrages, particulièrement à l'abri des ouvrages en enrochements.

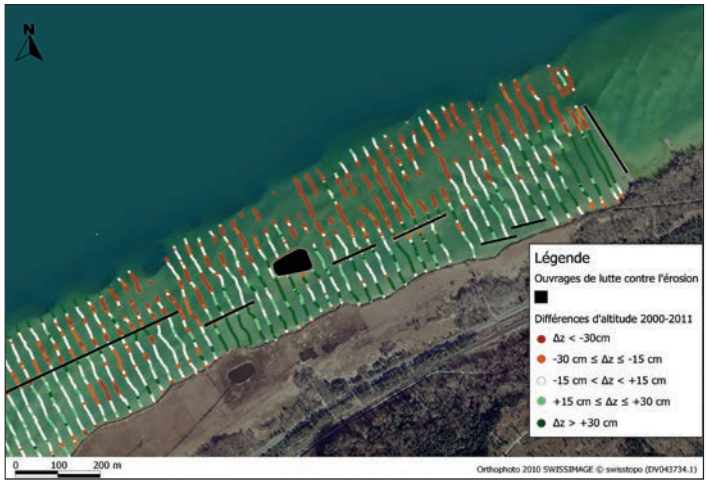

Figure 5: Résultats des comparaisons bathymétriques pour la moitié nord-est du tronçon pilote.
Abbildung 5: Ergebnisse der bathymetrischen Vergleiche für die Nordosthälfte des Pilotabschnitts.

Figure 6: La Sterne pierregarin (Sterna hirundo), un oiseau qui a profité des ouvrages en enrochements pour nidifier épisodiquement.
Abbildung 6: Die Flussseeschwalbe (Sterna hirundo), ein Vogel, der vom Blockwurf profitiert hat, um zeitweise in den Felsen zu nisten.

6.5 Suivis biologiques Avifaune

Les ouvrages émergés servent de site d'escale pour les oiseaux migrateurs. Les ouvrages en enrochements ont permis la nidification, épisodique ou continue, de nombreuses espèces d'oiseaux, dont la Sterne pierregarin *(Sterna hirundo)* (Fig. 6), la Mouette rieuse *(Larus ridibundus)* ou encore le Goéland leucophée *(Larus cachinnans)*. Les pieux des ouvrages en bois servent de sites de repos pour le Grand cormoran *(Phalacrocorax carbo)* et les laridés.

Faune piscicole

Des densités de poissons juvéniles très élevées sont observées à l'abri des ouvrages, particulièrement les ouvrages en enrochements. Des concentrations importantes de Perches *(Perca fluviatilis)*, Gardons et Ablettes ont été épisodiquement observées aux abords des ouvrages en bois.

Végétation

L'aménagement du tronçon pilote a permis le développement d'importants herbiers aquatiques, particulièrement d'herbiers de characées *(Chara* sp.) dont certains couvrent plusieurs hectares. Ces herbiers, qui colonisaient environ 25 hectares avant les travaux, couvraient déjà plus de 70 hectares de hauts fonds lacustres en 2003, au terme des derniers travaux de protection. Les ouvrages en enrochements émergés ont permis l'installation d'une biodiversité végétale importante, presque 200 espèces ayant été relevées en 2003 sur les digues et les iles aux oiseaux. Si le Roseau commun *(Phragmites communis* (Cav.) Steud.), l'Agrostide stolonifère (*Agrostis stolonifera* L.) et l'Alpiste roseau *(Phalaris arundinacea L.)* ont été les espèces banales les plus fréquemment relevées, les ouvrages ont permis l'apparition d'espèces rares et menacées comme le Rumex géant *(Rumex hydrolapathum* Huds.) (Fig. 7), le Cata-

Figure 7: Le Rumex géant *(Rumex hydrolapathum* Huds.), une espèce végétale rare et menacée en Suisse, a colonisé les ouvrages en enrochements, particulièrement les iles aux oiseaux.
Abbildung 7: Der Riesen-Ampfer (Rumex hydrolapathum Huds.), in der Schweiz eine seltene und bedrohte Pflanzenspezies, hat die Felsen, die im Blockwurf aufgebaut wurden, besiedelt, insbesondere die Vogelinseln.

Nature des prestations	Coûts (Fr.)
Etudes préalables et frais administratifs	775'000.–
☐ Projet général et direction	655'000.–
☐ Frais administratifs et d'emprunt	120'000.–
Fourniture des matériaux et construction des ouvrages	6'265'000.–
☐ Ouvrages en enrochements	4'555'000.–
☐ Ouvrages en béton	690'000.–
☐ Ouvrages en bois	1'020'000.–
Suivis	520'000.–
☐ Mécanique	35'000.–
☐ Bathymétriques	115'000.–
☐ Biologiques	280'000.–
☐ Suivi scientifique et phase suivante	90'000.–
Total	**7'560'000.–**

Tableau 4: Récapitulatif des prestations et des coûts des travaux du tronçon pilote.
Tabelle 4: Überblick über Dienstleitungen und Kosten der Arbeiten des Pilotabschnitts.

Réserve naturelle	Période 1953-1954 à 1979-1981	Période 1979-1981 à 1992-1994	Période 1992-1994 à 2001	Période 2001 à 2010-2011
Grèves de Cheseaux	**-0.79**	**-0.70**	-0.37	**-0.25**
Baie d'Yvonand	0.01	0.04	0.21	0.55
Cheyres	-0.06	-0.40	-0.24	0.43
Grèves de la Corbière	0.55	0.45	0.45	0.58
Grèves d'Ostende	0.07	0.31	0.43	0.52
Grèves de la Motte	-0.09	-0.16	0.00	0.25
Toutes les réserves naturelles	-0.02	-0.05	0.10	0.35

Tableau 5: Vitesse moyenne annuelle [m/an] de recul (valeurs négatives) ou d'avancée (valeurs positives) de la ligne de rive dans les réserves naturelles de la Grande Cariçaie.
Tabelle 5: Durchschnittliche Jahresgeschwindigkeit der Uferlinie im Naturschutzgebiet Grande Cariçaie [m/Jahr] (negative Werte) Rückzugsgeschwindigkeit oder (positive Werte) Vorwärtsgeschwindigkeit.

podium raide *(Catapodium rigidum* (L.) C. E. Hubb.) ou encore l'Héléocharis épingle *(Eleocharis acicularis* (L.) Roem. & Schult.). Ces ouvrages ont cependant aussi été colonisés par des néophytes envahissantes comme le Solidage géant *(Solidago gigantea Aiton)*, le Robinier faux acacia *(Robinia pseudoacacia* L.) et le Buddléia de David *(Buddleja davidii* Franch.).

7. Conclusions

Depuis la construction des ouvrages du tronçon pilote en 1998, la topographie générale de la beine lacustre s'est modifiée. Des zones d'accumulation se sont créées à l'abri des ouvrages en enrochements, un peu moins derrière les récifs artificiels en béton. Un changement d'orientation des dépôts est également constaté: initialement orientés dans l'axe de la bise, les dépôts tendent à devenir parallèles à la rive, signe vraisemblable d'une transition du processus d'érosion vers un système d'accumulation. Les résultats mettent en évidence non seulement le maintien et le développement, mais aussi une diversification des biocénoses initiales et des habitats. Les changements les plus notables s'observent pour les macrophytes et l'avifaune. Les ouvrages accroissent l'attractivité de la réserve pour les oiseaux d'eau en dehors de la période de reproduction. Ils constituent des sites de repos, d'alimentation ou de mue de diverses espèces d'oiseaux d'eau et des rivages (limicoles). Confirmant les hypothèses de Huber et al. (1990), la combinaison d'ouvrages en enrochements, parallèles au large du rivage et perpendiculaires à la rive, avec des ouvrages en bois proches de la rive, offre la meilleure garantie de réussite. Aucun type d'ouvrage, pris individuellement, ne permet d'atteindre l'ensemble des buts recherchés à l'exception peut-être des ouvrages en enrochements, qui sont cependant les plus coûteux du tronçon pilote. Les ouvrages émergés conjuguent le plus efficacement lutte contre l'érosion et conservation des biocénoses. Ils nécessitent cependant des mesures de gestion (entretien, limitation d'accès…) si l'on souhaite conserver d'autres objectifs (biologiques notamment).

Bibliographie

Nast, M. 2006. Terre du lac L'histoire de la correction des eaux du Jura. Verein Schlossmuseum Nidau, Nidau.

Huber, A., Chervet, A., & Raemy, F. 1990. Erosion de la Rive sud du Lac de Neuchâtel. Examen des causes. Laboratoire de recherches hydrauliques, hydrologiques et glaciologiques de l'ETH. Zürich.

Huber, A., Chervet, A., & Raemy, F. 1993. Erosion de la Rive sud du Lac de Neuchâtel. Rapport final. Laboratoire de recherches hydrauliques, hydrologiques et glaciologiques de l'ETH. Zürich.

Matthey, F. et al. 2004. Lutte contre l'érosion sur la Rive sud du lac de Neuchâtel. Bilan de mesures. Tronçon pilote de Cheseaux-Noréaz. Cahier de l'environnement Nr. 372. Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage, Berne.

Adresse auteur

Michel Baudraz et Christian Clerc
Association de la
Grande Caricaie
Chemin de la Caricaie 3
1400 Cheseaux-Noreaz

Réaménagement des lacs d'anciennes gravières de plaine du Rhône

Romaine Perraudin Kalbermatter, Dr Flavio Zanini, Daniel Devanthéry

Mots-clés
lac de gravière; réaménagement; plaine alluviale; écomorphologie; rives et fond lacustres

Neugestaltung der Baggerseen der Rhône-Ebene

Keywords
Baggersee, Neugestaltung, Schwemmebene, Ökomorphologie, Ufer und Seeboden

Ripristino dei laghi di antiche cave di ghiaia della pianura del Rodano

Parole chiave
Lago derivato da vecchia cava di ghiaia; ripristino; pianura alluvionale; ecomorfologia; rive e fondo di lago

1. Situation

Le Rhône a charrié et déposé au fil des siècles jusqu'à plusieurs centaines de mètres d'alluvions dans la plaine valaisanne. A certains emplacements particulièrement propices, dont le nom rappelle parfois l'ancienne morphologie du Rhône (îles, sable, etc.), ces alluvions ont été exploitées par des gravières pour l'approvisionnement local en matériaux de construction. L'extraction des matériaux a eu pour corolaire de mettre à nu les nappes phréatiques et de faire naître une petite vingtaine de lacs, aujourd'hui considérés comme eaux de surface. Cette pratique en vigueur dans les années 1960 à 1990 est actuellement interdite par la LEaux. La question de la remise en état environnementale se pose en lien avec la planification de la revitalisation des plans d'eau à établir d'ici 2022 (Exigene LEaux)

2. Problématique et enjeux

Vu la disparition de la plupart des zones humides de plaine depuis 1850 et va leur potentiel de revitalisation, les lacs de gravière ont un rôle écologique important pour restaurer la biodiversité menacée. De plus, leurs eaux rafraîchissantes au grand air sont très appréciées des baigneurs et le contexte alentours en pelouses ombragées se prête bien aux activités de loisirs et délassement. Mais ces plans d'eau ne sont en l'état pas des milieux aussi diversifiés que des lacs d'origine naturelle, notamment car leurs rives sont très abruptes et les profondeurs d'eau peu variées. Par ailleurs, le creusement dans les aquifères à des profondeurs allant jusqu'à 40 m a supprimé les couches protectrices et modifié la circulation initiale de l'eau dans les nappes stratifiées. Afin de combler ces déficits multiples et d'améliorer la qualité des rives comme le demande la LEaux de 1991-2011, le remblayage partiel des plans d'eau avec des matériaux de qualité est la première étape de tout projet (propreté, granulométrie, stratification, couche protectrice). A cela s'ajoute bien entendu une réflexion globale au niveau de l'aménagement du territoire et des usages à orienter pour gérer la cohabitation entre milieux naturels et activités humaines. Dans ce sens, le projet de 3e correction du Rhône représente une opportunité temporelle et technique unique d'améliorer la valeur des lacs de nappe avec des garanties sur la qualité des matériaux et la mise en œuvre. Les objectifs légaux et sociétaux sont d'améliorer: la protection des eaux souterraines, l'écomorphologie des rives et fond lacustres, l'attractivité paysagère des plans d'eau, la sécurité des baigneurs et les autres activités socio-économiques présentes.

3. Projets planifiés et/ou en cours de réalisation:

3.1 Ancienne gravière de Pramont – Aménagements nature (zone de protection)

La Commune de Sierre, par le Bureau Drosera SA, Impact SA et Charly Berthod, a projeté la remise en état du site d'extraction par le biais d'un projet régional de compensation. Un plan d'aménagement détaillé (PAD) avec rapport d'impact a été élaboré pour légitimer les démarches spatiales et environnementales. Le projet est notam-

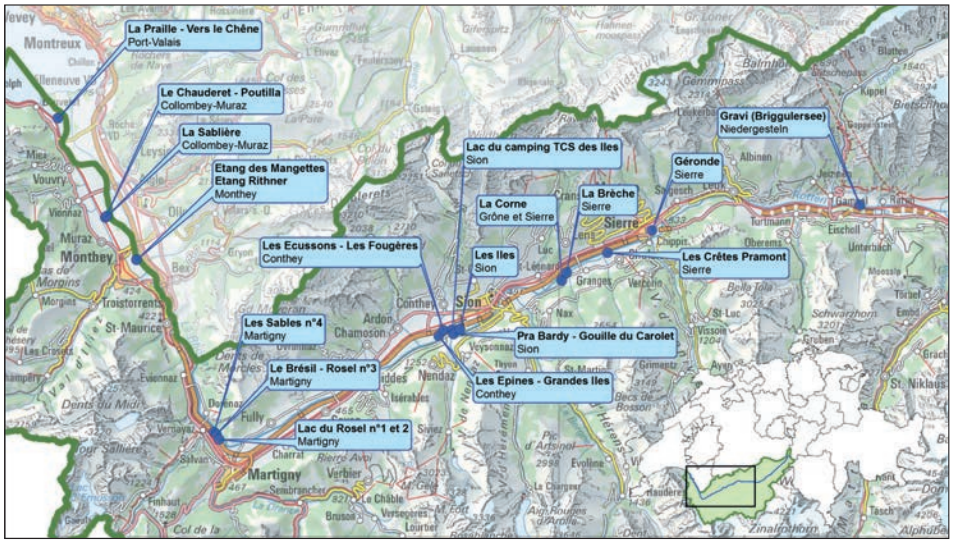

Figure 1: Carte des 17 plans d'eau considérés dans la plaine du Rhône.
Abbildung 1: Karte der 17 berücksichtigten Wasserflächen in der Rhône-Ebene.

Figure 2: Aménagements nature à Pramont – Renaturation des rives et création de milieux annexes (source: Drosera SA).
Abbildung 2: Natürliche Neugestaltung in Pramont – Renaturierung der Ufer und Schaffung von Nebenlebensräumen (Quelle: Drosera SA).

ment en synergie avec le Réseau écologique cantonal (REC). Une bathymétrie permet d'effectuer le suivi du remblayage (32'000 m³ au total, à raisonde 10'000 m³ max/an). La préservation des espèces déjà présentes sur le site (notamment les écrevisses à pattes blanches), le contrôle qualité des matériaux et le suivi de la nappe sont des exigences impératives à cette réalisation.

3.2 Lacs de Chauderet et Sablière – Aménagements nature, paysage et détente

La Commune de Collombey-Muraz, par les bureaux Drosera SA, Transportplan SA, FX-Marquis Sàrl et Priod-Dayer Sàrl, a projeté la mise en conformité et valorisation globale du site ainsi que le développement du centre équestre. Une modification du plan de zone (PAZ) fut nécessaire, puis l'élaboration d'un plan d'aménagement détaillé (PAD) avec rapport d'impact sur l'environnement, et finalement certains éléments nécessiteront des autorisations de construire. Le projet est notamment coordonné et en synergie avec le REC. Les défis du projet sont liés au remblayage (matériaux, stratification sous-lacustre et stabilisation des berges, contrôle qualité), à la conciliation spatiale des intérêts et usages (profondeur des eaux et pêche, extension du manège, etc.), y.c. négociation avec les associations de protection de la nature.

3.3 Potentiel en cours d'étude: gestion des matériaux R3 et renaturation des lacs de nappe

La 3e correction du Rhône génèrera d'importants excédents de matériaux compte tenu de l'élargissement et de l'approfondissement du fleuve. Diverses pistes sont investiguées tout d'abord pour réduire ces excédents (réutilisation des matériaux dans le cadr du projet, mise en œuvre échelonnée qui compte sur l'érosion par le fleuve en phase de chantier). Plusieurs solutions sont étudiées pour ?????? le solde des matériauxexcédentaires, comme la valorisation (vente sur le marché), la construction de digues intégrées (talus extérieur aménagé pour permettre une agriculture de production) et le réaménagement des anciens lacs de gravière. Le potentiel de stockage et de revitalisation de ces plans d'eau est très élevé, leur profondeur est parfois proche de 40 m et les surfaces de rives où peuvent se développer des milieux naturels très importants. Une petite vingtaine de lacs sont évalués à l'heure actuelle. Des démarches sont entreprises avec les collectivités concernées pour définir tout d'abord les vocations futures de ces plans d'eau, parfois sous forme d'un PAD, de même que des démarches techniques pour réunir les

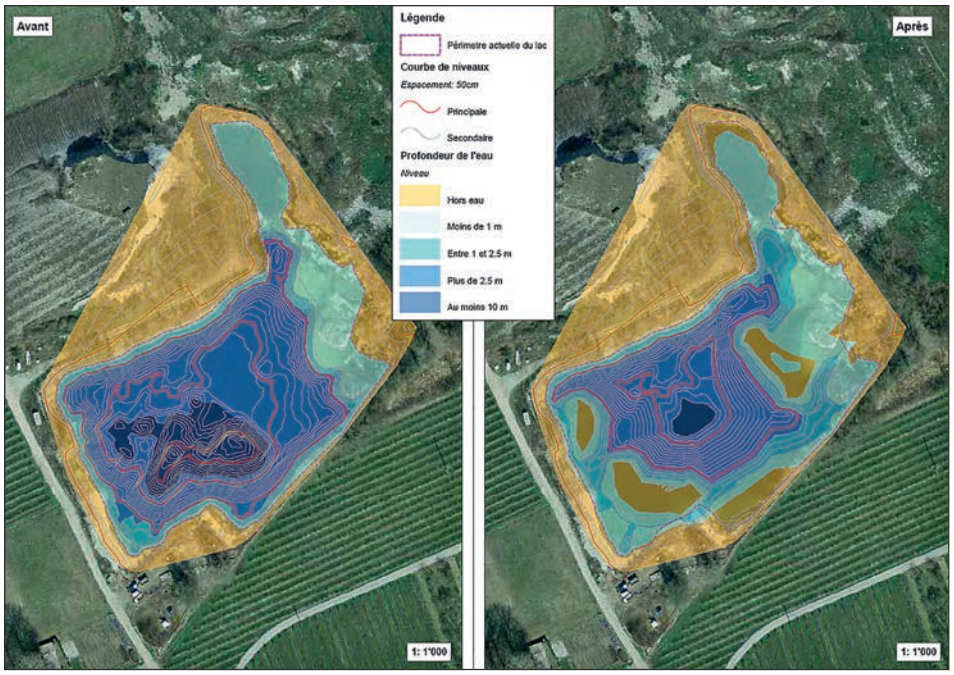

Figure 3: Aménagements nature à Pramont – Suivi bathymétrique (source: Drosera SA).
Abbildung 3: Natürliche Neugestaltung in Pramont – fortlaufend bathymetrisch (Quelle: Drosera SA).

connaissances scientifiques nécessaires soit pour le projet d'aménagement soit pour les évaluations des impacts des projets d'aménagement. Certes, les contraintes quant à la qualité des matériaux en termes de granulométrie et physico-chimiques pour garantir l'écoulement et la qualité des eaux souterraines sont élevées. La naise en œuvre technique et financière doit encore être analysée. Le projet R3, de par sa taille et son organisation, offre les conditions-cadres pour garantir la maîtrise tant de la qualité que de la mise en place des matériaux.

4. Conclusions

La faisabilité technique du réaménagement des lacs de nappe, dans le cadre juridique et l'egal actuel, est démontrée par les planifications et projets réalisés (Pramont, Chauderet-Sablière). Le prijet R3 représente également une opportunité unique pour combler efficacement les nombreux déficits des lacs de nappe. Par ce biais, une parlie de la planification cantonale de revitalisation des plans d'eau peut être réalisé de manière anticipée et intégrée, facilitant ainsi sa mise en œuvre.

Auteurs

Romaine Perraudin Kalbermatter, hydrobiologiste de formation (Diplôme de biologie de l'Université de Genève en 1984). Ayant pratiqué pendant une 20aine d'années en indépendante dans le cadre de la protection et l'aménagement des cours d'eau. Depuis 2002, biologiste à la 3e correction du Rhône pour le Canton du Valais.
Dr Flavio Zanini, Biologiste – Master EPFL en Ingénierie et Management de l'Environnement en 2002, directeur et propriétaire du bureau Dosera Ecologie Appliquée SA et correspondant du KARCH pour le Valais romand. Actif dans le domaine de la planification territoriale, les études d'impact sur l'environnement, la protection des sols, l'expertise nature-paysage et la revitalisation des cours d'eau.
Daniel Devanthéry, Ingénieur EPFZ en génie rural, durant 6 ans à l'OFEV pour l'assainissement des impacts de l'hydroélectricité sur les eaux. Depuis 2009 au SRTCE pour la protection contre les crues en Valais central, chargé des planifications cantonales de renaturation des eaux et du suivi des revitalisations pour l'ensemble du canton. Accompagnateur en montagne diplômé (Ecole de St Jean), avec brevet fédéral, organise des randonnées thématiques.

Adresses des auteurs:

Romaine Perraudin Kalbermatter
et Daniel Devanthéry
Service des routes, transports et cours d'eau (SRTCE) du canton du Valais
Rue des Creusets 5, 1950 Sion
romaine.perraudin@admin.vs.ch,
daniel.devanthery@admin.vs.ch

Flavio Zanini
Bureau DROSERA SA,
Ecologie appliquée
Chemin de la Poudrière 36,
1950 Sion
flavio.zanini@drosera-vs.ch

HyMoBioStrategie

Strandgut. Alles gut. Interdisziplinäres Projekt für intakte Seeufer

Hilmar Hofmann

Zusammenfassung
In den vergangenen Jahrzehnten konnte in zahlreichen Alpenseen eine zunehmende Erosion der Sedimente der Flachwasserzone beobachtet werden. Im Bodensee sind durch diesen Prozess archäologische Unterwasserdenkmäler, die zum UNESCO-Welterbe zählen, bedroht. Die Erosion der Sedimente ist vermutlich auf hydromorphologisch wirksame Eingriffe des Menschen zurückzuführen. Seen werden in unterschiedlicher und vielfältiger Weise genutzt. Hafenanlagen und Uferverbauungen sind die offensichtlichsten Eingriffe des Menschen in die Uferzone von Seen. Aber auch der Wassersport und die Schifffahrt beeinflussen Wellen, Strömungen und damit den Feststoffhaushalt (Erosion/Akkumulation), die Unterwasserfauna und die Unterwasservegetation.
Bislang sind die Auswirkungen der durch den Menschen verursachten – anthropogenen – Veränderungen in der Uferzone von Seen nicht hinreichend verstanden. Dies betrifft im Speziellen die komplexen Prozesszusammenhänge und deren Wechselwirkungen. Das BMBF-ReWaM[1] Verbundprojekt: HyMoBioStrategie basiert auf einem interdisziplinären Ansatz, der Wissenschaftler aus unterschiedlichen Fachrichtungen mit den Nutzern und Anwendern aus den verschiedenen Bundesländern der Bundesrepublik Deutschland und dem Kanton Thurgau, Bodenseegemeinden und Wasserbehörden vernetzt, um gemeinsam Wege zu intakten Seeufern zu erarbeiten. Schwerpunkt des Verbundprojekts HyMoBioStrategie ist es, Lösungsvorschläge und Handlungsempfehlungen für eine nachhaltige Ufergestaltung unter Berücksichtigung der vorhandenen Nutzungsansprüche und Nachhaltigkeitskonflikte zu entwickeln.

Keywords
Seeufer, Hydromorphologie, Sedimente, Makrophyten- Makrozoobenthos-Biozönosen, UNESCO-Welterbe

Nom du projet: Strandgut. Alles gut. Projet interdisciplinaire pour des rives intactes

Résumé
Au cours des dernières décennies, on pouvait observer, dans beaucoup de lacs alpins, une érosion croissante des sédiments des zones de bas-fond. Dans le lac de Constance, ce processus menace les monuments archéologiques sous-marins appartenant au patrimoine mondial de l'UNESCO. L'érosion des sédiments est probablement due aux interventions humaines agissant sur l'hydromorphologie. Les lacs sont utilisés de manière différente et diverse. Les installations portuaires et les aménagements des berges représentent les interventions les plus évidentes de l'homme dans les zones riveraines des lacs. Mais les sports nautiques et la navigation influencent également les vagues et les courants et ainsi, le régime sédimentaire (érosion, accumulation), la faune sous-marine et la végétation sous-marine.
Jusqu'à présent, les effets des changements causés par l'homme dans la zone riveraine des lacs – anthropogènes – ne sont pas encore suffisamment compris. Cela concerne notamment les interdépendances complexes entre ces processus et leurs interactions. Le projet commun HyMOBioStratégie du Ministère Fédéral de l'Education et de la Recherche (BMBF[1]) est basé sur une approche interdisciplinaire qui met en réseau les utilisateurs des différents Länder et du canton de Thurgovie, les communes du lac de Constance et les autorités en charge des eaux afin d'élaborer ensemble des solutions qui mènent à des rives intactes. Proposer des solutions pour l'aménagement durable, développer des recommandations pour agir tout en considérant les droits d'utilisation existants et les conflits de durabilité, voilà le point central du projet commun HyMoBioStratégie.

Mots-clés
Rive du lac, hydromorphologie, sédiment, macrophytes-macrozoobenthos-biocénose, patrimoine mondial UNESCO

Nome del progetto: Strandgut. Alles gut. Progetto interdisciplinare per rive intatte

Riassunto
Nel corso degli ultimi decenni si è potuto osservare, in molti laghi alpini, un aumento dell'erosione dei sedimenti nelle zone di bassofondo. Nel lago di Costanza, questo processo minaccia i monumenti archeologici sommersi appartenenti al patrimonio mondiale dell'UNESCO. L'erosione dei sedimenti è probabilmente dovuta a interventi umani che agiscono sull'idromorfologia. I laghi sono utilizzati in modi diversi e svariati. Gli impianti portuali e i lavori di protezione delle rive rappresentano gli interventi umani più evidenti sulle rive dei laghi. Gli sport acquatici e la

[1] BMBF… Bundesministerium für Bildung und Forschung (BRD), ReWaM…Fördermaßnahme – «Regionales Wasserressourcen-Management für den nachhaltigen Gewässerschutz in Deutschland»

[1] *BMBF… Ministère fédéral de l'éducation et de recherche (Allemagne), Programme ReWaM … mesure d'encouragement – «Gestion régionale des ressources en eau pour la protection durable de l'eau en Allemagne»*

navigazione influenzano le onde e le correnti e, di conseguenza, il processo di sedimentazione (erosione, accumulazione), la fauna e la flora sottomarine. Fino ad oggi, gli effetti dei cambiamenti causati dall'uomo sulle rive dei laghi non sono ancora sufficientemente capiti. Ciò concerne le complesse interdipendenze tra questi processi e le loro interazioni. Il progetto comune HyMOBioStrategia del Ministero Federale dell'Educazione e della Ricerca (BMBF[1]) si basa su un approccio interdisciplinare che mette in relazione gli utenti dei diversi Länder e del Canton Turgovia, i comuni sul lago di Costanza e le autorità incaricate delle acque, affinché si sviluppino insieme soluzioni per rive intatte. Lo scopo del progetto comune HyMOBioStrategia è di proporre soluzioni per una gestione sostenibile ed elaborare raccomandazioni per agire tenendo conto dei diritti di utilizzo esistenti e dei conflitti di sostenibilità.

Parole chiave
Riva di lago, idromorfologia, sedimento, macrofiti-macrozoobenthos-biocenosi , patrimonio mondiale dell'UNESCO.

1. Hintergrund

Die Ufer zahlreicher Seen unterliegen erheblichen strukturellen Beeinträchtigungen. Uferverbauungen (z. B. Ufermauern, Hafenanlagen) und Seenutzungen (z. B. Schifffahrt) führen zu Veränderungen der Hydrodynamik in der Flachwasserzone, die sich auf den Feststofftransport, die Feststoffbilanz (Erosion/Akkumulation), die Unterwasservegetation (Makrophyten) und bodenlebende Tiere (Makrozoobenthos) der Flachwasserzone auswirken können. Die Renaturierung verbauter Uferabschnitte ist deswegen ein wichtiges Anliegen der zuständigen Behörden (IGKB 2009).

Die Beurteilung des ökologischen Zustands von Seen nach der Wasserrahmenrichtlinie der Europäischen Gemeinschaft (EG-WRRL) beinhaltet die Erfassung der Makrophyten und des Makrozoobenthos sowie unter bestimmten Voraussetzungen die der hydromorphologischen Qualitätskomponenten (v. a. der Uferstruktur). Die Auswirkung von baulichen Eingriffen in die Uferzone können damit einen direkten Einfluss auf die Maßsysteme (Metrics) haben, anhand derer der ökologische Zustand eines Gewässers beurteilt wird. Falls Uferverbauungen z. B. zu Veränderungen der Dichte und Artenzusammensetzung der Makrophyten führen, hätte dies Auswirkungen auf die durchgeführten Erfassungs- und Probennahmetechniken für Makrophyten und die Zustandsbewertungsverfahren nach der EG-WRRL (DIN EN 15460; Schaumburg et al. 2006; van de Weyer 2006). Über die Prozesszusammenhänge zwischen Uferverbauungen und den hydrodynamischen Bedingungen auf der einen, und der biozönotischen Struktur in der Uferzone auf der anderen Seite, ist wenig bekannt. Aus diesem Grund besteht bei den zuständigen Behörden ein großes Interesse darüber, welche Mitigationsstrategien zur Verbesserung des ökologischen Zustands (z. B. Rückbau von Uferverbauungen, Uferrenaturierungen) zu verfolgen sind, um die verschiedenen Nutzungsansprüche in der Uferzone von Seen mit den Schutz- und Erhaltungszielen der Richtlinie: Flora, Fauna, Habitate (FFH-RL) und den Umweltzielen der EG-WRRL in Einklang zu bringen.

In den letzten Jahrzehnten wurde in vielen Alpenseen eine zunehmende Erosion der Litoral-Sedimente beobachtet, die z. B. wie im Falle des Bodensees zur Zerstörung von archäologischen Unterwasserdenkmälern (Pfahlbausiedlungen) führte (Abb.1; Brem et al. 2013). Als Ursache werden hydromorphologisch wirksame Eingriffe des Menschen, u. a. Uferverbauungen und die Schiff-

Abbildung 1: Durch Erosion freigelegte Kulturschichten des UNESCO-Welterbes in Sipplingen (Foto: Landesamt für Denkmalpflege Baden-Württemberg).
Figure 1: Couche archéologique du patrimoine mondial UNESCO dégagée par érosion à Sipplingen (photo: Landesamt für Denkmalpflege Baden-Württemberg).

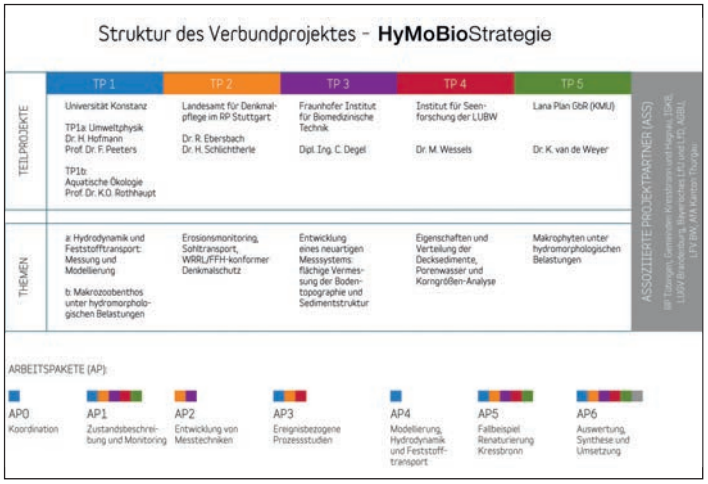

Abbildung 2: Struktur und inhaltliche Verknüpfung der Partner des Verbundprojektes HyMoBioStrategie.
Figure 2: Structure et liens des partenaires du projet commun HyMoBioStratégie.

[1] *Ministero federale dell'Istruzione e della Ricerca (BMBF), Programma ReWaM … misura di incrementazione – «Gestione regionale delle risorse idriche per la protezione sostenibile delle acque in Germania»*

Abbildung 3: Untersuchungsgebiete in HyMoBioStrategie (naturnahes Ufer: Referenz-Kirchberg, verbautes Ufer mit Ufermauern/Hafen und Unterwasserdenkmälern des UNESCO-Welterbes: Unteruhldingen, verbautes Ufer mit geplanter Renaturierung: Fallbeispiel Kressbronn, rezent renaturiertes Ufer: Hagnau, vor längerer Zeit renaturiertes Ufer: Langenargen, vor längerer Zeit renaturiertes Ufer mit Unterwasserdenkmälern des UNESCO-Welterbes: Sipplingen).
Figure 3: Régions étudiées dans HyMoBioStratégie (rive quasi-naturelle: réference-Kirchberg, rive aménagée, murée, avec un port et des monuments sous-marins du patrimoine mondial UNESCO: Unteruhldingen, rive aménagée – renaturation prévue: exemple Kressbronn, rive récemment renaturée: Hagnau, rive renaturée il y a quelque temps: Langenargen, rive renaturée il y a bien longtemps contenant des monuments sous-marins du patrimoine mondial UNESCO: Sipplingen).

Abbildung 4: Einsatz von Gerölltracern zum Monitoring des bodennahen Sedimenttransports. (Foto: LimnoAnalytics).
Figure 4: Utilisation de «Gerölltracern» pour le monitoring des transports sédimentaire près du sol (photo: LimnoAnalytics).

fahrt gesehen. Insgesamt 11 der über 90 Unterwasserdenkmäler im Bodensee stehen seit 2011 auf der Liste des UNESCO-Welterbes «Prähistorische Pfahlbauten rund um die Alpen». Diese Fundstätten umfassen einzigartige Archive der frühen Siedlungs- und Landschaftsgeschichte. Mit der Eintragung in die UNESCO Welterbe-Liste hat man sich verpflichtet, diese Unterwasserdenkmäler langfristig zu erhalten. Wasserbauliche Maßnahmen zum Schutz der Unterwasserdenkmäler müssen den Zielen der EG-WRRL sowie gegebenenfalls den Zielen der FFH-RL (NATURA 2000) genügen. Allerdings ist bislang nicht eindeutig geklärt, wie sich diese Baumaßnahmen langfristig auf den Feststofftransport und die Unterwasserflora und -fauna auswirken und wie gegebenenfalls die Schutzmaßnahmen in ökologischer und ökonomischer Hinsicht optimiert werden können. Damit bestehen in zwei wichtigen Handlungsfeldern der zuständigen öffentlichen Verwaltungen Unsicherheiten, wie eine nachhaltige Entwicklung des Bodenseeufers unter Berücksichtigung (i) kommunaler Infrastrukturvorhaben, (ii) der Anforderungen der EG-WRRL und (iii) des Schutzes der UNESCO-Welterbestätten und anderer Unterwasserdenkmäler gewährleistet werden kann.

Die Überwachung der Denkmalflächen und die Erfassung von Erosionsvorgängen in der Uferzone wurden bisher als punktuelle Vermessungsarbeiten durch Forschungstaucher durchgeführt. Mess-Systeme, die eine einfachere und kostengünstigere flächige Vermessung der Uferzone ermöglichen, sind bislang nicht verfügbar. Im Allgemeinen gibt es kaum Studien zum Feststofftransport und zur Erosion in der Flachwasserzone von Seen, da die Antriebskräfte und die resultierenden Stofffrachten im Vergleich zu marinen Systemen (Küstengebiete der Meere) klein und zeitlich sehr heterogen sind, sodass die Anforderungen an die Methoden zur detaillierten Erfassung von Wellenfeld, Sediment- und Sohltransport in Seen ausgesprochen hoch sind. Darüber hinaus müssen solche anspruchsvollen Messungen mit detaillierten Messungen der Makrophyten- und Makrozoobenthosgemeinschaft und -verteilung kombiniert und in mehreren Abschnitten der Flachwasserzone eines Sees durchgeführt werden, um die Auswirkung der spezifischen Uferverbauung (z. B. Ufermauer, Hafen) auf Hydrodynamik, Feststofftransport und die Flachwasser-Biozönose analysieren zu können. Diese anspruchsvollen Untersuchungen können nur von einem Team von Experten durchgeführt werden, das über die nötige Expertise (Prozessverständnis, Messmethoden) auf den unterschiedlichen Arbeitsgebieten verfügt.

2. Ziele

HyMoBioStrategie will wissenschaftliche Grundlagen zu Prozessen und deren Wechselwirkungen in der Flachwasserzone von Seen erweitern, um die vielschichtigen anthropogenen und hydromorphologischen Belastungen der Flachwasserzone zu bewerten und zu minimieren. Lösungsvorschläge und Strategien zur Verbesserung des ökologischen Zustands der Ufer und Flachwasserzonen in Seen sollen entwickelt und Empfehlungen zum nachhaltigen Management ausgesprochen werden.

Im Fokus stehen:

- Beiträge zum nachhaltigen Management von Flachwasserzonen in Seen
- Verbesserung der Beurteilungsverfahren des ökologischen Zustands von Seen gemäß der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie (EG-WRRL) anhand biotischer Indikatoren für die Uferzone

– Bereitstellung eines Mess-Systems zur flächigen Vermessung der Bodentopographie und Sedimentstruktur
– Methoden zur Charakterisierung und Quantifizierung des Feststofftransportes in der Flachwasserzone von Seen
– Monitoring großflächiger Sedimentumlagerungen im Bereich von Unterwasserdenkmälern
– Effiziente und umweltverträgliche Sicherung von Unterwasserdenkmälern des UNESCO-Welterbes «Prähistorische Pfahlbauten um die Alpen»

3. Konzept

HyMoBioStrategie basiert auf einem interdisziplinären Ansatz, der Wissenschaftler aus unterschiedlichen Fachrichtungen mit den Nutzern und Anwendern aus den verschiedenen Bundesländern der Bundesrepublik Deutschland und dem Kanton Thurgau, Bodenseegemeinden und Wasserbehörden vernetzt (Abb. 2), um gemeinsam Wege zu intakten Seeufern zu erarbeiten.

Das Forschungsprogramm kombiniert unterschiedlichste Methoden, um die Auswirkungen von Uferverbauungen und Renaturierungsmaßnahmen auf Hydrodynamik, Morphodynamik und Biozönosen im Vergleich zu naturbelassenen Referenzflächen analysieren zu können. Die Forschungsarbeiten werden am nördlichen Ufer des Bodensee-Obersees an sechs unterschiedlich strukturierten Uferabschnitten durchgeführt (Abb. 3). Neben einem naturnahen Ufer (Referenz-Kirchberg) werden verbaute (Unteruhldingen, Fallbeispiel Kressbronn), rezent renaturierte (Hagnau) und bereits vor 14 bzw. 20 Jahren renaturierte (Langenargen, Sipplingen) Uferabschnitte mit und ohne UNESCO-Unterwasserdenkmälern untersucht. Der Uferabschnitt des Untersuchungsgebietes «Fallbeispiel Kressbronn» wird während der Projektlaufzeit im Winter 2017/2018 renaturiert. Die Untersuchungen am Fallbeispiel Kressbronn vor und nach der Renaturierung und der Vergleich mit den anderen Untersuchungsgebieten mit unterschiedlich lang zurückliegenden Renaturierungsmassnahmen (Hagnau, Langenargen, Sipplingen) liefern in einem «space for time» – Ansatz Informationen über die langfristigen Effekte von Uferrenaturierungen. Die parallel laufenden Untersuchungen am naturnahen Ufer (Referenz-Kirchberg) ermöglichen es, auch die Auswirkungen singulärer Extremereignisse oder von Wasserspiegelschwankungen (1.5–2 m im Jahresverlauf) vergleichend zu betrachten und entsprechend zu bewerten.

Die Grundlage für diese Untersuchungen bilden intensive Messkampagnen, die durch numerische Experimente mit Modellen ergänzt werden. Dabei kommen neue Techniken zur Messung des partikulären Suspensions- und Sohltransports, des Erosions- bzw. Akkumulationsverhaltens der Decksedimente sowie akustische Verfahren zur hochauflösenden flächendeckenden Vermessung der Seebodentopographie und Sedimentstratigrafie und zur 3D-Modellierung der Hydro- und Morphodynamik zum Einsatz. Diese werden mit Untersuchungen zur Struktur und Dynamik der Unterwasserfauna und -vegetation kombiniert.

Zum einen wird eine Zustandsbeschreibung aller Untersuchungsgebiete durchgeführt, die zum anderen durch ereignisbezogene Prozessstudien in drei der Untersuchungsgebiete ergänzt werden. In den Prozessstudien werden mit Hilfe konventioneller und neuentwickelter Messtechniken (z. B. künstliche Sediment- und Gerölltracer, Abb. 4) die Auswirkungen von unterschiedlichen Windfeldern auf Wellenfeld, Strömungen, Feststofftransport und Makrozoobenthos-Besiedlung an unterschiedlichen Standorten mit unterschiedlicher Verbauung, Hintergrund-Biozönose und Wassertiefe untersucht. Diese Studien unterstützen außerdem ein prozessbasiertes Verständnis von Resuspension, Erosion und Partikeltransport und von der Wiederbesiedlung durch Makrozoobenthos in unterschiedlichen Uferzonen.

Flächig aufgelöste Information zu den Eigenschaften und Veränderungen der Sedimentauflagemächtigkeit und der Sedimentstruktur in den Untersuchungsgebieten werden mit Hilfe des autonom operierenden Messfahrzeugs «HydroCrawler» erfasst (Abb. 5). Der HydroCrawler liefert nicht nur einzigartige Daten über die Sedimentstruktur und die detaillierte Bodentopographie in den Uferzonen der Untersuchungsgebiete, sondern auch über Sedimentumlagerungen im Nahbereich der Verbauungen. Dadurch kann der Einfluss von

Abbildung 5: Hochaufgelöste, flächige Vermessung der Sedimentauflagemächtigkeit und Sedimentstruktur mit dem autonom operierenden Messfahrzeug «HydroCrawler» (Darstellung: Fraunhofer Institut für Biomedizinische Technik).

Figure 5: Mesure superficielle haute résolution de l'épaisseur du revêtement et de la structure des sédiments à l'aide du véhicule autonome de mesure «HydroCrawler» (présentation: Fraunhofer Institut für Biomedizinische Technik).

Uferverbauungen und deren Veränderung auf die Umlagerung der Decksedimente (Sedimentnettotransport) qualitativ nachgewiesen und quantitativ erfasst werden.
Mit Hilfe numerischer Modelle werden die Hydrodynamik und der Feststofftransport in der Flachwasserzone simuliert und die Auswirkungen von Veränderungen in der Uferstruktur (Vorschüttungen vor Ufermauern im Zuge einer Renaturierungsmaßnahme oder Kies-/Geröllschüttungen zum Schutz archäologischer Unterwasserdenkmäler) auf die hydromorphologischen Bedingungen prognostiziert. Am Fallbeispiel Kressbronn werden die Auswirkungen durch die dort während des Projekts vorgenommene Renaturierungsmaßnahme auf Hydro-, Morphodynamik und Biozönose experimentell erfasst und mit numerischen Modellen simuliert.
Die Kombination dieser unterschiedlichen Methoden und Forschungsarbeiten liefert die wissenschaftliche Grundlage zur Analyse und Beschreibung der Auswirkungen von Uferverbauungen und Renaturierungsmaßnahmen auf die Hydrodynamik, den Feststofftransport und die Biozönosen. Daraus lassen sich verallgemeinerbare Handlungsempfehlungen und Mitigationsstrategien für eine ökologisch optimierte Renaturierung von Uferverbauungen und Erosionssicherungsmaßnahmen zum Schutz von Unterwasserdenkmälern ableiten.

Die zu erwartenden Ergebnisse von HyMoBioStrategie sind von erheblicher Bedeutung für die Bewertung von hydromorphologischen Veränderungen an Seeufern im Sinne der EG-WRRL sowie für die Entwicklung künftiger uferbezogener Maßnahmenprogramme an vor allem großen Seen.

4. Verdankung

HyMoBioStrategie… «Auswirkungen hydromorphologischer Veränderungen von Seeufern (Bodensee) auf den Feststoffhaushalt, submerse Makrophyten und Makrozoobenthos-Biozönosen mit dem Ziel der Optimierung von Mitigationsstrategien» …wird im Rahmen der BMBF-Fördermaßnahme «Regionales Wasserressourcen-Management für den nachhaltigen Gewässerschutz in Deutschland (ReWaM)» gefördert, die zum Förderschwerpunkt «Nachhaltiges Wassermanagement» (NaWaM) als Teil von «Forschung für nachhaltige Entwicklungen» (FONA) gehört. An dem interdisziplinären Verbundprojekt sind neben den beiden Arbeitsgruppen Umweltphysik und Aquatische Ökologie der Universität Konstanz weitere Partner beteiligt: Das Landesamt für Denkmalpflege Baden-Württemberg, das Fraunhofer Institut für Biomedizinische Technik, die Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg und das Analyse- und Planungsbüro Lana Plan GbR sowie assoziierte Partner wie das Regierungspräsidium Tübingen, die Bodenseegemeinden Kressbronn und Hagnau, die Internationale Gewässerschutzkommission für den Bodensee, das Landesamt für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz Brandenburg, das Bayerische Landesamt für Umwelt, das Bayerische Landesamt für Denkmalpflege, die Arbeitsgruppe Bodenseeufer, der Landesfischereiverband Baden-Württemberg und der Kanton Thurgau.

5. Literaturverzeichnis

Brem, H.-J., B. Eberschweiler, G. Graber, H. Schlichterle, and H. G. Schröder. 2013. Erosion und Denkmalschutz am Bodensee und Zürichsee.

IGKB. 2009. Renaturierungsleitfaden Bodenseeufer, p. 93. In P. Rey, P. Teiber and M. Hube [eds.].

Schaumburg, J., C. Schranz, D. Stelzer, and G. Hofmann. 2006. Handlungsanweisung für die ökologische Bewertung von Seen zur Umsetzung der EU-Wasserrahmenrichtlinie: Makrophyten und Phytobenthos. Bayrisches Landesamt für Umwelt.

van de Weyer, K. 2006. Klassifikation und Bewertung der Makrophytenvegetation der großen Seen in Nordrhein-Westfalen gemäß EU-Wasser-Rahmen-Richtlinie, p. 108. LUA Merkblätter 52, http://www.lua.nrw.de/veroeffentlichungen/merkbl/merk52/merk52.pdf.

Kontaktadresse

Dr. Hilmar Hofmann
Universität Konstanz,
Limnologisches Institut,
Arbeitsgruppe Umweltphysik
Mainaustr. 252
78464 Konstanz
Tel.: +49 (0)7531 88 3232
Fax.: +49 (0)7531 88 3533
E-Mail:
hilmar.hofmann@uni-konstanz.de

Weitere Informationen unter:
www. hymobiostrategie.de

Seeufer aus dem Blickwinkel der Archäologie

Marianne Ramstein

Zusammenfassung
Seit dem mittleren 19. Jahrhundert stehen die «Pfahlbauten» an unseren Seeufern im Fokus der archäologischen Forschung. Die Siedlungen der Stein- und Bronzezeit entstanden von 4000 bis 800 vor Christus. Im dauerfeuchten Milieu blieben organische Materialien wie Holz, Knochen, Geweih und Textilien erhalten. Pfähle von Hauskonstruktionen lassen Siedlungspläne erkennen, konservierte Samen und Früchte erlauben einen Einblick in die Ernährungsgewohnheiten der damaligen Menschen.
Ihre überragende Bedeutung als Zeitzeugen führte 2011 zum Schutz von 111 Pfahlbaufundstellen in sechs Ländern durch die UNESCO. Die beteiligten Länder sind nun aufgefordert, dieses Welterbe vor der Zerstörung zu bewahren.
Die Seeufer stehen aber im Zentrum verschiedenster Interessen, sei es als bevorzugte Wohnlage, Naherholungs- oder Naturschutzgebiet. Das unsichtbare archäologische Kulturerbe im Uferbereich ist vielerorts von der Zerstörung bedroht, zum Beispiel durch Wellenerosion, verursacht durch Wind oder Schifffahrt, durch Bauprojekte, aber auch durch ankernde Schiffe oder gründelnde Schwäne.
Inzwischen wurden verschiedene Schutzmassnahmen getestet, etwa die Überdeckung des Seegrunds mit Geotextil und einer Kiesschüttung oder Uferaufschüttungen bis über die seeseitigen Fundstellengrenzen hinaus. Allerdings gibt es kein Patentrezept für den Schutz jeder Fundstelle. Nachhaltige, an die lokalen Besonderheiten angepasste Lösungen lassen sich nur in enger, konstruktiver Zusammenarbeit zwischen den zuständigen Fachstellen für Archäologie und Naturschutz sowie den betroffenen Ufernutzern finden.

Keywords
Archäologie, Pfahlbauten, Erosion, Schutz, UNESCO-Welterbe

Rive lacustre du point de vue archéologique

Résumé
Depuis le milieu du 19e siècle, les habitats «palafittiques» édifiés sur les rives de nos lacs focalisent l'attention de la recherche archéologique. Ces vestiges d'occupations du Néolithique et de l'Âge du Bronze datent de 4000 à 800 av. J.-C. Dans un milieu humide en permanence, des matériaux comme le bois, les ossements, les bois de cervidés et les textiles sont restés préservés. Les pieux de construction permettent de reconnaître les plans des villages, les semences de plantes et de fruits donnent un aperçu des usages alimentaires de ces Hommes d'autrefois.
Leur valeur exceptionnelle comme témoins du passé a conduit en 2011 l'Unesco à reconnaître digne de protection 111 sites palafittiques, répartis dans six pays. Les Etats concernés s'engagent à préserver de la destruction ce patrimoine de l'humanité.
Les rives lacustres figurent toutefois au centre d'intérêts les plus divers, tels un espace de résidence privilégié, de loisir ou de protection de la nature. Ce patrimoine culturel invisible, localisé sur la bande littorale, est à maints endroits menacé de destruction, par exemple en raison de l'érosion des vagues, provoquée par le vent ou la navigation, des projets de construction, mais aussi à cause des embarcations à l'ancre ou du barbotage des cygnes.
Diverses mesures de protection ont d'ici là été testées, comme la couverture des gisements au fond du lac par du géotextile, puis par un épandage de graviers, ou par un remblayage allant de la rive jusqu'au-delà des limites des vestiges archéologiques immergés. À vrai dire, il n'existe pas de remède miracle adapté à chaque site. Des solutions durables, conformes aux particularités locales, ne peuvent exister qu'en collaboration étroite et constructive entre les services archéologiques et de protection de la nature, ainsi que les usagers des rives concernées.

Mots-clés
archéologie, palafittes, érosion, protection, patrimoine mondial UNESCO

La riva di lago dal punto di vista archeologico

Riassunto
Dalla metà del 19esimo secolo, le aree»palafittiche» sulle rive dei nostri laghi sono al centro dell'attenzione della ricerca archeologica. Questi resti di occupazione neolitica e dell'età del bronzo datano tra il 4000 e l'800 a.C..
In un ambiente permanentemente umido, materiali come legno, osso, corno di cervidi e prodotti tessili sono rimasti conservati. I pali di fondazione delle costruzioni permettono di riconoscere i piani dei villaggi, mentre i semi di piante e frutta ci danno un'idea degli usi alimentari di questi uomini di un tempo.
Il loro valore inestimabile di testimoni del passato ha portato 111 aree palafittiche, distribuite in sei nazioni diverse, a essere iscritte sulla lista dell'UNESCO nel 2011. Gli Stati in questione s'impegnano a proteggere dalla distruzione questo patrimonio dell'umanità.

Parole chiave
Archeologia, palafitte, erosione, protezione, patrimonio mondiale dell'UNESCO

1. Die Entdeckung der Pfahlbauten

Im Uferbereich aus dem Seegrund ragende Pfähle wurden bereits zu Beginn des 19. Jahrhunderts erstmals kartographisch festgehalten. Inspiriert von ethno-

Abbildung 1: Funde aus organischem Material aus Ufersiedlungen des Bielersees: Holztasse, Hechelkamm, Kelle, Messer, Geweberolle und Fadenspule.
Figure 1: Objets en matériaux organiques découverts sur les sites lacustres du lac de Bienne: tasse en bois, peigne à lin, spatule, couteau, rouleau d'étoffe et bobine de fil.

Abbildung 2: Taucher mit freigespültem bearbeitetem Konstruktionsholz aus der Bronzezeit in Mörigen.
Figure 2: Plongeur avec bois de construction travaillé de l'âge du bronze, trouvé à Mörigen.

graphischen Berichten aus Südostasien interpretierte der Zürcher Altertumsforscher Ferdinand Keller im Jahr 1854 diese Pfähle in den Schweizer Seen als Reste längst vergangener Siedlungen. In der Folge brach in der Schweiz ein richtiggehendes «Pfahlbaufieber» aus. Als die erste Juragewässerkorrektion ab 1868 zu einer massiven Seespiegelsenkung in der Dreiseenregion führte, wurden die urgeschichtlichen Siedlungen regelrecht ausgebeutet und das Fundgut in alle Welt verkauft. Die Berner Regierung sah sich deshalb in Jahr 1873 gezwungen, ein Verbot «wider das Wegnehmen und Beschädigen alterthümlicher Fundsachen im Seeland» zu erlassen. Dies war die erste Verordnung zum archäologischen Denkmalschutz in der Schweiz. Ein Gesetz genügt nicht, um die Zerstörung der Fundstellen zu verhindern. Neben mehr oder weniger systematischen Ausgrabungen und Plünderungen führten in den folgenden Jahren zahlreiche andere Faktoren zum allmählichen Verschwinden vieler Ufersiedlungen. Dazu gehören etwa die zunehmende Bautätigkeit, die Erosion durch Wellengang oder die intensive Nutzung der Uferzonen durch Mensch und Tier.

2. Archive der Menschheitsgeschichte

Seit den ersten Grabungen in Seeufersiedlungen und Mooren im späten 19. und im 20. Jahrhundert ist klar, dass die prähistorischen Pfahlbauten einen unermesslichen Reichtum an Zeugen des stein- und bronzezeitlichen Lebens in unserer Gegend liefern. Im dauerfeuchten Milieu, unter ständigem Luftabschluss, konnten sich organische Materialien über Jahrtausende erhalten, die anderswo längst zerfallen und für immer verloren sind. So kennen wir aus den Pfahlbausiedlungen nicht nur Werkzeuge und Geräte aus Holz, Tierknochen und Hirschgeweih, sondern auch Gefässe aus Holz, Rinde und Bast (Abb. 1). Zum Teil sind sogar fragile Gegenstände wie Korbgeflechte, Fischernetze und Gewebe aus Pflanzenfasern noch vorhanden. Boote aus ausgehöhlten Baumstämmen, sogenannte Einbäume, und hölzerne Räder zeugen

Abbildung 3: Bei Starkwindereignissen werden die Fundschichten im Uferbereich der Fundstelle Rütte bei Sutz ausgespült.
Figure 3: En cas de tempête, les couches archéologiques et les rives du site de Sutz, Rütte, sont graduellement érodées.

Abbildung 4: Freigespülter Pfahl vor einer Uferverbauung bei Mörigen. Die dazugehörigen Fundschichten sind bereits abgetragen.
Figure 4: Pieu avec traces d'érosion devant un brise-lames à Mörigen. Les couches archéologiques sont déjà anéanties.

von Aktivitäten wie Fischfang, Handel und Transport.
Mithilfe der Dendrochronologie lassen sich die verwendeten Hölzer oft jahrgenau datieren, so dass sich in den Dörfern und Häusern Bau-, Erweiterungs- und Reparaturphasen unterscheiden lassen. Zudem erlauben die im Seegrund konservierten Bauhölzer die Rekonstruktion von Siedlungsplänen und gewähren einen einmaligen Einblick in die Holzbautechnik der letzten vier vorchristlichen Jahrtausende (Abb. 2).
Die Untersuchung von Speiseresten in Kochtöpfen, Schlachtspuren an Tierknochen, im Sediment eingelagerten Samen und Früchten oder Kot ermöglicht den Fachleuten Aussagen zur Umwelt, der Ernährung und zu Krankheiten. Wir wissen inzwischen sehr viel über die Menschen, die in der Zeit von 4300 bis 800 v. Christus in unserer Gegend vorwiegend von Ackerbau und Viehzucht, aber auch von Fischfang und Jagd lebten.

3. UNESCO-Welterbe: eine Anerkennung und eine Pflicht

Wegen ihrer überragenden Bedeutung als Zeugen vergangener Epochen wurden 111 Pfahlbaufundstellen in Deutschland, Frankreich, Italien, Österreich, Slowenien und der Schweiz im Jahr 2011 unter den Schutz der UNESCO gestellt. Sie bilden seither einen Teil des Welterbes. Die ausgewählten Fundstellen liegen an zahlreichen grösseren und kleineren Seen sowie an Mooren rings um den Alpenbogen. Während manche im Feuchtbodenmilieu von verlandeten, ehemaligen Wasserflächen anzutreffen sind, finden sich andere im Bereich der Seeufer oder in der Flachwasserzone einer ehemaligen Strandplatte. Allen Fundstellen ist gemeinsam, dass sie für Besucher grösstenteils unsichtbar sind.
Die sechs beteiligten Länder übernahmen bei der Unterschutzstellung durch die UNESCO die Pflicht, dieses unersetzliche Kulturgut vor der Zerstörung zu schützen und für künftige Generationen zu bewahren. Diese Aufgabe ist nicht immer einfach. Das unsichtbare Kulturerbe in der Flachwasserzone und im Uferbereich ist vielerorts von der unmittelbaren Zerstörung bedroht.

4. Faktoren der Bedrohung

Viele Feuchtgebiete werden seit dem 19. Jahrhundert im Interesse landwirtschaftlicher Nutzung drainiert. Mit Seespiegelsenkungen wurde Kulturland gewonnen, was bereits früh zur Austrocknung und damit Zerstörung vieler bis anhin durch die Wasserüberdeckung geschützter Fundstellen führte.
Heute stehen insbesondere die Seeufer im Zentrum verschiedenster Interessen, sei es als bevorzugte Wohnlage, Naherholungs- oder Naturschutzgebiete. Fundstellen müssen Bauprojekten, Ausbaggerungen für Häfen oder Schifffahrtsrinnen weichen. Aber auch die Errichtung von festen Uferverbauungen im Rahmen von Sanierungen, Neubauten oder Hochwasserschutzmassnahmen stellt für die archäologischen Reste ein Problem dar. Das gleiche gilt für die Entfernung von bestehenden Uferbefestigungen, etwa im Rahmen von Renaturierungsprojekten. Schäden in Fundstellen entstehen auch durch ankernde Schiffe oder am Seegrund schleifende Bojenketten. Kleinere Zerstörungen werden durch Badende, Schatzsucher, gründelnde Schwäne oder höhlengrabende Krebse verursacht.
Ein Hauptfaktor der Bedrohung von Seeufersiedlungen ist die durch Wellengang verursachte Seegrund- und Ufererosion (Abb. 3). Dabei können je nach Lage der Fundstelle Schifffahrtswellen oder vom Wind aufgeworfene Wellen das vorrangige Problem darstellen. Wellengang führt zu Sedimentverlagerungen im Flachwasserbereich. Dabei werden Fundstellen freigespült, Schichten mit gut erhaltenem archäologischem Material abgetragen und organische Fundobjekte aufgerieben. Im Vorfeld von fest verbauten Ufern entstehen durch reflektierte Wellen Auskolkungen, welche rasch zur kompletten Zerstörung der am Seegrund

Abbildung 5: Taucher beim Ausbringen einer Geotextilmatte über der bedrohten Fundschicht der UNESCO-Fundstelle Sutz, Rütte.
Figure 5: Plongeur en train de positionner un géotextile pour couvrir la couche menacé par l'érosion du site UNESCO de Sutz, Rütte.

Abbildung 6: Im Flachwasser vor der erosionsgefährdeten Landspitze in Sutz, Rütte, sind die Pfähle eines jungsteinzeitlichen Hauses zu erkennen. Die Schichten dazu setzen sich unter dem Uferwald fort. Der Schutz solcher Fundstellen ist besonders aufwendig.
Figure 6: Les pieux d'une maison néolithique sont visibles dans les eaux peu profondes devant la pointe de terre menace par l'érosion de Sutz, Rütte. Les couches archéologiques se poursuivent sous la forêt littorale. La protection de ce type de site est exigeante.

erhaltenen archäologischen Reste führen (Abb. 4). Naturbelassene Ufer weichen an wellenexponierten Stellen rasch zurück und die vom darüber liegenden Erdreich geschützten Fundstellen geraten in den Erosions- und damit Zerstörungsbereich.
Während eine Fundstelle vor der Zerstörung im Rahmen eines Bauprojektes meist gezielt untersucht und dokumentiert werden kann, stellt der Schutz der durch allmähliche Erosion bedrohten Siedlungen die zuständigen Behörden vor grosse Herausforderungen. Inzwischen sind verschiedene Lösungsansätze bekannt und Methoden getestet worden. Allerdings gibt es kein Patentrezept, das sich in jeder Fundstelle anwenden lässt.

5. Miteinander zu einem nachhaltigen Schutz

Die Faktoren, die zur Zerstörung einer Fundstelle führen, können kleinräumig sehr unterschiedlich sein. Während reflektierte Wellen an einer Lage zu einer raschen Erosion führen, ist ihr Effekt an einer anderen Stelle vernachlässigbar. Während Schilfbewuchs die Erosion von in grosser Tiefe erhaltenen Schichten erfolgreich dämmen kann, können oberflächlich erhaltene Schichten und Hölzer von Schilfwurzeln zerfressen werden.
Um nachhaltige und an die jeweiligen lokalen Besonderheiten angepasste Lösungen zum Schutz der Seeuferfundstellen zu finden, ist deshalb eine sorgfältige vorgängige Abklärung der Einflussfaktoren und der aufeinandertreffenden Bedürfnisse unerlässlich.
Die Problematik der Erosion ist den zuständigen Archäologen seit den 1970er-Jahren bekannt. 1994 fand der erste internationale Kongress zum Thema Archäologie und Erosion statt. Seither treffen sich Fachleute aus den Bereichen der Archäologie, der Limnologie, des Wasserbaus, Natur- und Uferschutzes regelmässig zum Austausch. Verschiedene Lösungen zur Eindämmung der Erosion wurden dabei in der Theorie entwickelt und in der Praxis umgesetzt.
In den 1980er-Jahren wurde am Bodensee eine Schutzmethode für Fundstellen in der Flachwasserzone entwickelt, die sich inzwischen an zahlreichen Seen bewährte. Der Seegrund wird mit Geotextil abgedeckt und mit standortgerechtem Material überschüttet, zum Beispiel mit Kies (Abb. 5). Die Korngrösse ist dabei so zu wählen, dass möglichst keine Wellenverfrachtung des Deckmaterials erfolgt. Während an exponierten Stellen eine flächige Überdeckung sinnvoll erscheint, lassen sich an ruhigeren Stellen mit wabenartigen Schüttungsmustern durchaus gute Erfolge erzielen. Fundstellen im Uferbereich lassen sich schützen, indem eine Uferaufschüttung bis über die seeseitige Fundstellengrenze hinaus erfolgt. Dies bedingt aber einen seewärtigen Abschluss, der der Erosion widersteht, und wurde in der Vergangenheit oft mit einer Uferverbauung kombiniert.
Am schwierigsten gestaltet sich der Schutz, wenn die Exposition zu gross für eine einfache Kiesschüttung ist und sowohl Schichten im Uferbereich wie auch am Seegrund betroffen sind (Abb. 6). Grossangelegte, feste bauliche Massnahmen im See können hier helfen, stellen aber einen massiven und sichtbaren Eingriff ins Ökosystem dar.
Seeufer gehören heute wie vor 6000 Jahren zu den beliebtesten Aktivitätszonen und Lebensräumen. Sie stehen deshalb unter zunehmendem Nutzungsdruck. Das Bedürfnis, archäologische Fundstellen zu schützen, konkurrenziert sich nicht nur mit den Interessen der Ufernutzer, sondern oft auch mit denjenigen des Naturschutzes.
Die Erfahrungen der letzten Jahre zeigen, dass sich durchaus zufriedenstellende Lösungen für alle Beteiligten finden lassen. Dies ist in einer engen und kreativ-konstruktiven Diskussion zwischen den zuständigen Fachstellen für die Archäologie und den Naturschutz sowie den betroffenen Ufernutzern möglich. Nur wo dies gelingt, können die letzten erhaltenen Reste der Pfahlbausiedlungen vor ihrer schleichenden, aber endgültigen Zerstörung gerettet werden.

Literatur

Archéologie et Érosion 1996. Ramseyer D. & Roulière-Lambert M.-J. (ed.): Archéologie et Érosion. Mesures de protection pour la sauvegarde des sites lacustres et palustres. Actes de la Rencontre Internationale de Marigny/Lac de Chalain, 29-30 septembre 1994. Lons-le Saunier.

Archéologie et érosion 2 2006. Ramseyer D. & Roulière-Lambert M.-J. (ed.): Archéologie et érosion 2. Zones humides en péril. Actes de la deuxième Rencontre Internationale Neuchâtel, 23-25 septembre 2004. Archéologie et érosion 2. Lons-le-Saunier.

Archéologie et érosion 3 2015. Brem H. et al. (ed.): Archéologie et érosion 3.Monitoring et mesures de protection pour la sauvegarde des palafittes préhistoriques autour des Alpes. Actes de la troisième Rencontre Internationale Arenenberg et Hemmenhofen, 8-10 octobre 2014. Lons-Le-Saunier 2015.

Erosion und Denkmalschutz 2013. Brem H. et al. (Hrsg.): Erosion und Denkmalschutz am Bodensee und Zürichsee. Ein internationales Projekt im Rahmen des Interreg IV-Programms «Alpenrhein-Bodensee-Hochrhein» zur Entwicklung von Handlungsoptionen zum Schutz des Kulturgutes unter Wasser. Vorarlberg Museum Schriften 1. Bregenz 2013.

Kontaktadresse

Marianne Ramstein
Bereichsleitung Siedlungs- und Unterwasserarchäologie
Erziehungsdirektion des Kantons Bern
Amt für Kultur / Archäologischer Dienst
Brünnenstrasse 66, Postfach, 3001 Bern
Telefon +41 31 633 98 48
marianne.ramstein@erz.be.ch
www.be.ch/archaeologie

Ökomorphologie Seeufer – eine Methode zur Erfassung und Bewertung

K. Niederberger [1], P. Rey [2], P. Reichert [3], U. Helg [4], J. Schlosser [5], S. Haertel-Borer [4], E. Binderheim [6]
1 AquaPlus, 2 HYDRA, 3 EAWAG, 4 BAFU, 5 vormals EAWAG, 6 Sponsolim

Zusammenfassung
Mit der Anpassung des Gewässerschutzgesetzes aus dem Jahr 2011 besteht für die Kantone die Verpflichtung zur Revitalisierungen der Gewässer, so auch der Seeufer. Für die Planung werden Grundlagen benötigt, insbesondere Angaben über den ökomorphologischen Zustand des Ufers. Hierfür wird zur Zeit eine Methode entwickelt.
Die Erfassung der Ufermorphologie erfolgt GIS-gestützt auf der Grundlage von Orthofotos und Schrägluftbildern. Ausgehend von einer festgesetzten Uferlinie werden die Betrachtungsräume «Flachwasserzone», «Uferlinie» und «Uferzone» (mit einem 15 m breiten Uferstreifen und einem anschliessenden 35 m breitem Hinterlandstreifen) unterschieden, in denen insgesamt zwölf Attribute mit jeweils einem breiten Set von potenziellen Ausprägungen erhoben werden. Die Zustandsbewertung basiert auf einer sogenannten Zielhierarchie. Dabei wird das Oberziel einer «naturnahen Ökomorphologie des Seeufers» hierarchisch auf Unterziele heruntergebrochen. Die eigentliche Zustandsbeurteilung ergibt sich mittels sogenannten Wertfunktionen, welche jedem Ziel einen Erreichungsgrad zwischen 0 und 1 zuordnen. Für die detailliertesten Unterziele entspricht die Bewertung direkt den verschiedenen Ausprägungen der zugehörigen Attribute. Die Bewertungen auf den höheren Niveaus kommen durch sukzessive Aggregation zu Stande. Die Methode ist für alle stehenden Gewässer anwendbar und stellt damit eine ideale Grundlage für die strategische Revitalisierungsplanung dar.

Keywords
Seeufer, Ökomorphologie, Methode, Bewertung, Revitalisierungsplanung

Ecomorphologie des rives lacustres – méthode de saisie et évaluation

Résumé
L'obligation de revitaliser les eaux, y compris les rives lacustres, qui incombe aux cantons a été introduite dans la loi fédérale sur la protection des eaux en 2011. Des données sur l'état écomorphologique des rives sont nécessaires pour la planification. Une méthode est développée pour recenser ces informations.
La morphologie des rives est relevée à l'aide du SIG, sur la base d'orthophotos et d'images aériennes prises de biais. À partir d'une ligne de rive déterminée, trois compartiments d'étude sont définis: «beine lacustre», «ligne de rive» et «zone riveraine» (bord de rive de 15 m de large suivi d'une bande de terrain de 35 m de large); pour chaque compartiment, douze attributs sont recensés avec leurs caractéristiques potentielles. L'évaluation de l'état repose sur une hiérarchie d'objectifs. L'objectif principal, à savoir une «écomorphologie des rives proche de l'état naturel», est subdivisé en sous-objectifs. L'évaluation de l'état résulte de fonctions de valeur qui attribuent à chaque objectif un degré de réalisation de 0 à 1. Pour les sous-objectifs les plus détaillés, l'évaluation correspond directement aux différentes caractéristiques des attributs. L'évaluation des niveaux supérieurs est obtenue par agrégation successive des niveaux inférieurs. La méthode est applicable à toutes les étendues d'eau et constitue de ce fait une base idéale pour la planification stratégique des revitalisations.

Mots-clés
Rives lacustres, écomorphologie, méthode, évaluation, planification des revitalisations

Rive dei laghi e rivitalizzazione – nuove opportunità e compiti in linea con la legge sulla protezione delle acque

Riassunto
A seguito della modifica, nel 2011, della legge sulla protezione delle acque, i Cantoni sono obbligati a rivitalizzare le acque e quindi anche le rive lacustri. Per la pianificazione occorrono dati di base, in particolare indicazioni sullo stato ecomorfologico delle rive. A tal fine, si sta attualmente elaborando un metodo.
Il rilevamento della morfologia ripuale avviene su base GIS attraverso ortofoto e fotografie aeree oblique. Partendo da una linea ripuale fissa si distinguono le prospettive «zona d'acqua stagnante», «linea ripuale» e «zona ripuale» (con una striscia di 15 m di larghezza sulla riva e una striscia di 35 m di larghezza nell'entroterra), in cui sono in complesso rilevati dodici attributi con un'ampio spettro di peculiarità potenziali. La valutazione dello stato si fonda su una cosiddetta gerarchia di obiettivi. L'obiettivo principale di un'«ecomorfologia prossima allo stato naturale della riva lacustre» è suddivisa in obiettivi secondari. La valutazione vera e propria dello stato avviene applicando cosiddette funzioni di valore che attribuiscono a ogni obiettivo un grado di raggiungimento da 0 a 1. Per gli obiettivi secondari più dettagliati la valutazione corrisponde direttamente agli attributi appartenenti alle diverse peculiarità. Le valutazioni a livello superiore si formano mediante aggregazioni successive. Il metodo è applicabile a tutti gli specchi d'acqua e rappresenta quindi una base ideale per la pianificazione strategica delle rivitalizzazioni.

Parole chiave
Riva lacustre, ecomorfologia, metodo, valutazione, pianificazione della rivitalizzazione

1. Einleitung

Mit der Anpassung des Gewässerschutzgesetzes aus dem Jahr 2011 besteht für die Kantone eine Verpflichtung zur Durchführung von Gewässerrevitalisierungen, also zur Wiederherstellung der natürlichen Funktionen von Fliessgewässern und Seeufern. Diese haben unter Berücksichtigung des Nutzens für die Natur und die Landschaft sowie der wirtschaftlichen Auswirkungen zu erfolgen. Sie müssen strategisch geplant werden, wofür Kenntnisse, insbesondere zum ökomorphologischen Zustand benötigt werden. Die im Folgenden vorgestellte Methode «Ökomorphologie Seeufer» stellt – analog zur «Ökomorphologie Fliessgewässer» (Hütte & Niederhauser 1998) – ein standardisiertes Vorgehen zur Untersuchung, Bewertung und übersichtsmässigen Darstellung des ökomorphologischen Zustandes der Seeufer in der Schweiz dar und kann als Grundlage für die strategische Revitalisierungsplanung stehender Gewässer herangezogen werden.

2. Methode

Bei der Erfassung und Bewertung der ökomorphologischen Gegebenheiten an stehenden Gewässern handelt es sich um die erste Methode, die im Rahmen des Konzepts für die Untersuchung und Beurteilung der Seen in der Schweiz entwickelt wird. Sie basiert auf umfassenden Recherchen und Evaluationen bestehender Uferbeurteilungsmethoden im In- und Ausland (Teiber et al. 2013). Dabei wurden auch die jeweils verschiedenen untersuchten Attribute, ihre Aussagekraft, sowie der zeitliche und logistische Aufwand für ihre Erfassung ermittelt.

Im Rahmen der anschliessenden Methodenentwicklung wurden in enger Zusammenarbeit mit einer Begleitgruppe, bestehend aus Vertretern des Bundes, der Eawag, der Kantone und von Organisationen die relevanten Attribute, deren Bewertung sowie die Aggregation zu Unter- und Gesamtbewertungen mit Hilfe einer Zielhierarchie ausgearbeitet. Die Praxistauglichkeit der Methode wurde 2015 am Bielersee erfolgreich getestet.

Im Unterschied zu den meisten bestehenden Ansätzen, welche auf Feldbegehungen basieren, erfolgt die vorliegende ökomorphologische Zustandserfassung anhand von Luftbildauswertungen und ist bei allen natürlichen und künstlichen Seen flächendeckend anwendbar. Dazu werden hochaufgelöste Orthofotos und Schrägluftbilder herangezogen (Abb. 1). Ausgehend von einer digitalisierten Uferlinie erfolgt eine Unterteilung in einzelne Betrachtungsräume bzw. Uferkompartimente (Abb. 1) und deren separate Erfassung des ökomorphologischen Zustandes im Hinblick auf eine später erfolgende Revitalisierungsplanung.

3. Erhebung

Für die Charakterisierung der Kompartimente Flachwasserzone, Uferlinie und Uferzone stehen insgesamt 12 Bewertungsattribute mit jeweils einem breiten Set von distinkten Ausprägungen zur Verfügung (Abb. 2 und 3). Es erfolgt damit eine lückenlose «Beschreibung» der morphologischen Gegebenheiten bzw. der Art, «Stärke» sowie Ausdehnung der vorliegenden Nutzungen, Anlagen und Verbauungen in detaillierter Form. Weitere Attribute beschreiben das Gewässer selbst oder beinhalten Zusatzinformationen. Die Attributausprägungen werden in ihrer «Realform» erhoben,

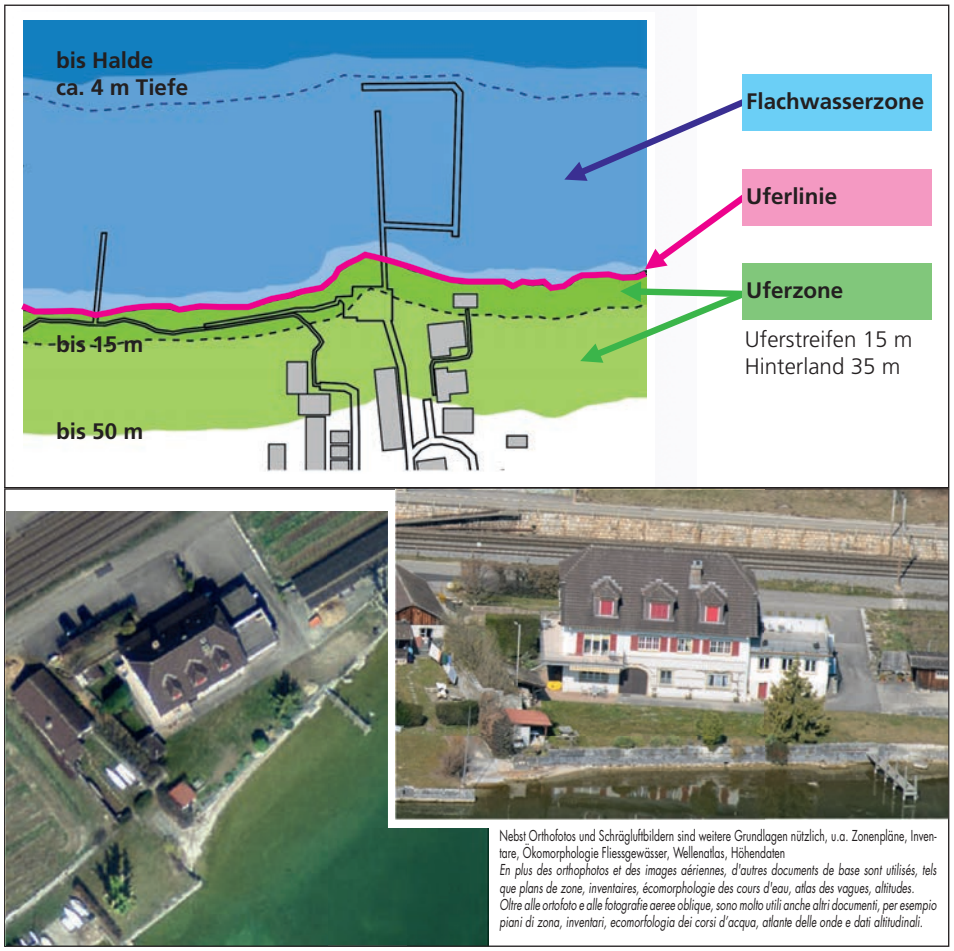

Abbildung 1: oben: Zur Erhebung und späteren Bewertung der ökologisch relevanten Strukturen werden drei Haupt-Uferkompartimente unterschieden: Flachwasserzone / Uferlinie / Uferzone (bestehend aus Uferstreifen und Hinterlandstreifen). unten Die Erfassung der Attributausprägungen erfolgt auf der Basis von hochaufgelösten Orthofotos und eigens für jedes Gewässer erstellten Schrägluftbildern.

Figure 1: En haut: Pour le relevé et l'évaluation ultérieure des structures pertinentes du point de vue écologique, trois compartiments principaux sont définis: beine lacustre, ligne de rive et zone riveraine (constituée du bord de rive et d'une bande de terrain supplémentaire). En bas: Le relevé des caractéristiques des attributs se fait à l'aide d'orthophotos à haute résolution et d'images aériennes, prises en biais, pour chaque étendue d'eau.

Fiura 1: in alto: Per il rilevamento e la valutazione successiva delle strutture rilevanti dal punto di vista ecologico si distinguono tre principali compartimenti ripuali: zona d'acqua stagnante / linea ripuale / zona ripuale (costituita da strisce di rive ed entroterra). in basso: Il rilevamento delle peculiarità attributo avviene in base a ortofoto e fotografie aeree oblique ad alta risoluzione allestite appositamente per ogni corso o specchio d'acqua.

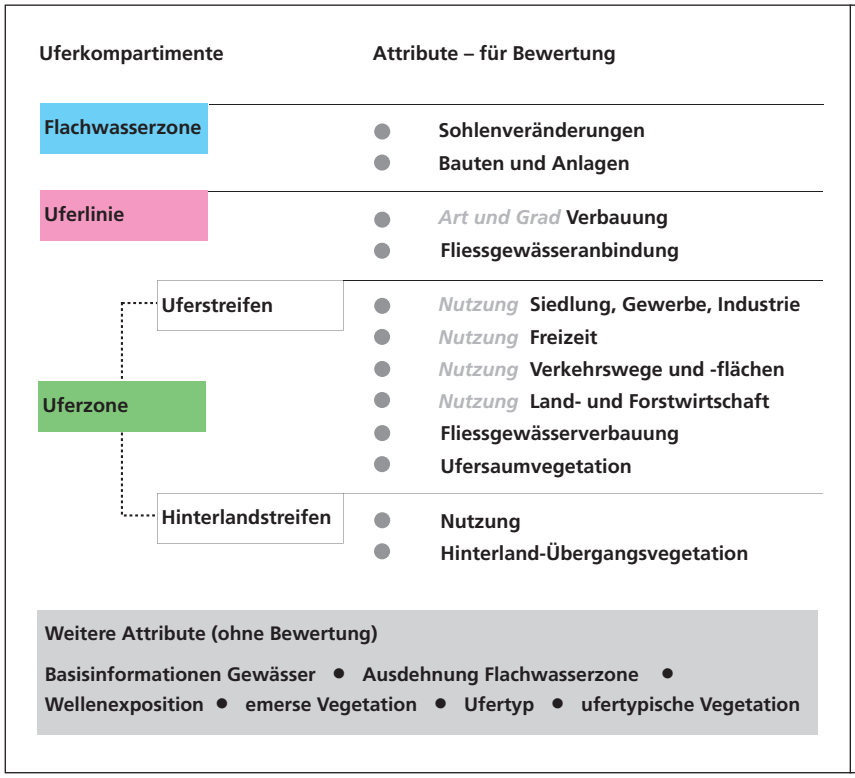

Abbildung 2: Liste der 12 Bewertungsattribute und ihre Zuordnung zu den einzelnen Betrachtungsräumen. Jedes dieser Attribute wird mit einer möglichst vollständigen Palette von Ausprägungen erfasst. Weitere Attribute liefern ergänzende Informationen, fliessen jedoch nicht in die Bewertung ein.
Figure 2: Liste des 12 attributs servant à l'évaluation et classification dans les différents compartiments à analyser. Chaque attribut est relevé de façon aussi complète que possible sur la base de la liste des caractéristiques. D'autres attributs fournissent des informations complémentaires, mais ne sont pas intégrés dans l'évaluation.
Figura 2: Elenco dei 12 attributi di valutazione e relativa attribuzione alle singole prospettive. Ciascun attributo viene rilevato con un numero il più completo possibile di peculiarità. Altri attributi forniscono informazioni complementari, ma non sono considerati nella valutazione.

Attribut: Verbauung der Uferlinie
Attributausprägungen

Attribut	Code	Attributausprägung	Bewertung	Anmerkung
B01	Verbauung der Uferlinie			
	B01.01	keine Uferverbauungen	1	
	B01.02	Geringfügige Uferverbauungen (geringe Spuren)	0.75	kein Hartverbau > 2 m Uferlänge
	B01.0201	Geringe Spuren / Einzelelemente von Verbau (z.B. Pfostenwege)	0.75	
	B01.0202	Lebendverbau in Form und Material standorttypisch	0.75	im Zweifelsfall Lebendverbau standortfremd (beeinträchtigt)
	B01.0203	Geringfügige Uferverbauungen: Weitere	0.75	
	B01.03	Kleinere Uferverbauungen (deutliche Spuren)	0.5	kein Hartverbau > 2 m Uferlänge inkl. Uferanschluss von Seeanlagen
	B01.0301	Ausgepräge Spuren / Einzelelemente Verbau / Zufahrt Slipanlage / Elemente von Seeanlagen wie Stegpfosten, Stegverankerung etc.	0.5	
	B01.0302	Lebendverbau in Form und Material standortfremd	0.5	im Zweifelsfall Lebendverbau standortfremd (beeinträchtigt)
	B01.0303	Kleinere Uferverbauungen: Weitere	0.5	
	B01.0304	Ufermauer mit Vorschüttung oder vorgelagerten, naturnahen Uferstrukturen	0.5	
	B01.04	Hartverbau durchlässig	0.25	inkl. Uferanschluss von Seeanlagen
	B01.0401	Hartverbau durchlässig: Blockwurf	0.25	unverfugt
	B01.0402	Hartverbau durchlässig: Drahtschotterkörbe	0.25	
	B01.0403	Hartverbau durchlässig: lückige Palisaden (inkl. Holz)	0.25	
	B01.0404	Hartverbau durchlässig: Ufermauer unverfugt	0.25	
	B01.0405	Hartverbau durchlässig: Weitere	0.25	
	B01.05	Hartverbau undurchlässig	0	inkl. Uferanschluss von Seeanlagen
	B01.0501	Hartverbau undurchlässig: gemauerte, geteerte Uferböschung inkl. Treppen, Rampen usw.	0	
	B01.0502	Hartverbau undurchlässig: Ufermauer inkl. integrierte Ufertreppen, Rampen usw.	0	
	B01.0503	Hartverbau undurchlässig: Gebäudesockel / -fundament	0	
	B01.0504	Hartverbau undurchlässig: Spundwand	0	
	B01.0505	Hartverbau undurchlässig: dichte Palisade / Holzwand	0	
	B01.0506	Hartverbau undurchlässig: versiegelte Uferflächen	0	
	B01.0507	Hartverbau undurchlässig: Blocksatz oder verfugter Blockwurf	0	z.B. Ufermauer mit Blockwurf davor
	B01.0508	Hartverbau undurchlässig: Weitere	0	
	B01.06	Regenwasserentlastung	0	ggf. aus Entwässerungsplan

Abbildung 3: Beispiel der Liste von Ausprägungen für das Attribut «Verbauung der Uferlinie». Jede Ausprägung ist mit einer 5-stufigen Skala der Bewertung des zugehörigen Unterziels bezüglich Naturnähe verknüpft.
Figure 3: Exemple de liste de caractéristiques pour l'attribut «Aménagement de la ligne de rive». Chaque caractéristique, reliée à un sous-objectif donné, permet d'évaluer la naturalité à l'aide d'une échelle de valeur comptant 5 échelons.
Figura 3: Esempio di elenco delle peculiarità dell'attributo «arginatura della linea ripuale». Ogni peculiarità è collegata a una scala di valutazione a 5 livelli dei relativi obiettivi secondari per quanto attiene alla prossimità allo stato naturale.

d.h. es findet keine Durchschnittsbildung für Uferabschnitte von definierter Länge und auch keine Umwandlung des Zustandes in eine Bewertung statt. Dies hat den Vorteil, dass keine Hintergrundinformationen verloren gehen, welche oftmals bei der Revitalisierungsplanung von grosser Bedeutung sind.
Für die Erhebung wird der Einsatz eines geographischen Informationssystems (GIS) empfohlen. Die verschiedenen erforderlichen Datengrundlagen können in einem GIS übersichtlich gegliedert zusammengetragen werden. Mittels einfacher GIS-Operationen sind die einzelnen Betrachtungsräume land- und seeseitig der Uferlinie konstruierbar. Dank Georeferenzierung können Ausdehnungen der Objekte und Phänomene, sowie deren Zugehörigkeit zu den einzelnen Kompartimenten schnell ermittelt werden. Mithilfe linearer Referenzierung ist es einfach möglich, für jedes Attribut (als Layer) entsprechend den realen Gegebenheiten neue Abschnitte zu definieren und jeweils auf die digitale Uferlinie zu projizieren.

4. Bewertung

Die Basis der ökomorphologischen Zustandsbewertung bildet ein Referenzzustand, welcher wie folgt definiert ist: *«Zustand der heutigen Seeufer, der sich unter den heutigen landschaftlichen Bedingungen einstellen würde, wenn sämtliche menschlichen Nutzungen am Ufer aufgegeben würden und alle Anlagen beseitigt wären, welche naturnahe ökologische Prozesse und Lebensräume beeinträchtigen»* (nach Pfaundler et al. 2011).
Die Bewertung basiert auf einer Zielhierarchie, bei welcher das Oberziel einer «naturnahen Ökomorphologie des Seeufers» hierarchisch auf detailliertere Unterziele heruntergebrochen wird (Abb. 4). Die eigentliche Zustandsbewertung erfolgt mittels sogenannten Wertfunktionen, welche jedem Ziel einen Wert zwischen 0 und 1 zuordnen. Der Wert entspricht dem Zielerreichungsgrad bzw. ist ein Mass dafür, inwieweit das Ziel erreicht ist. Für die detailliertesten Unterziele wird diese Bewertung direkt den verschiedenen Ausprägungen der zugehörigen Attribute zugeordnet. Die Bewertungen auf den höheren Niveaus ergeben sich durch sukzessive Aggregation der Zielhierarchieebenen. Die für jedes Uferkompartiment mittels Wertfunktionen berechneten Zielerreichungsgrade werden einer von fünf Qualitätsklassen von natürlich/naturnah bis künstlich zugeordnet. Die Seeuferabschnitte können auf Übersichtskarten entsprechend ihrer Quali-

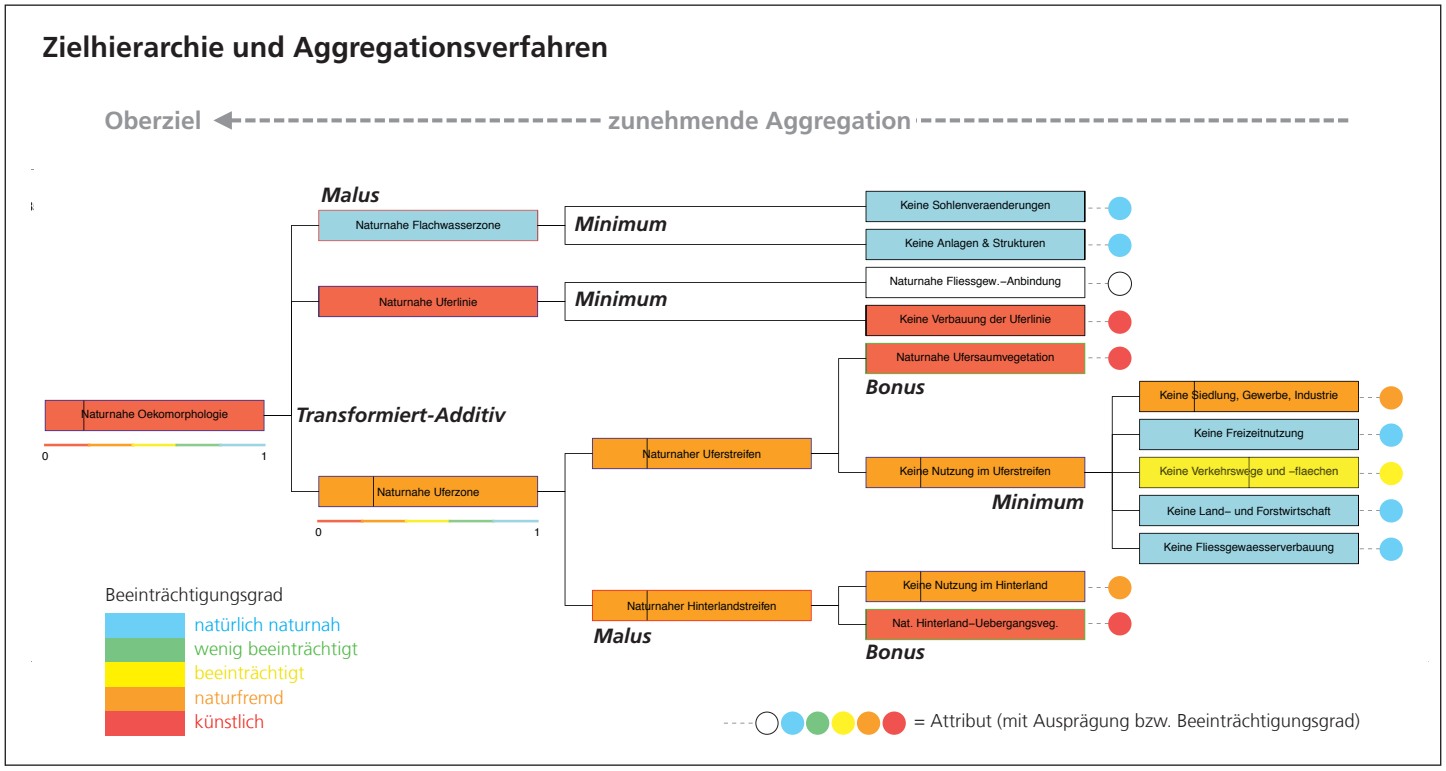

Abbildung 4: Darstellung des Verfahrens zur Bewertung eines Uferabschnittes hinsichtlich Erfüllungsgrad des Oberziels «Naturnahe Ökomorphologie». Ausgangspunkt ist die Erfassung der Attributausprägungen (ganz rechts). In verschiedenen Aggregationsschritten erfolgt eine Beurteilung der einzelnen Kompartimente bis hin zur Gesamtbewertung (ganz links). Es kommen folgende Aggregationsfunktionen zur Anwendung: Minimum (= schlechtester Wert geht in die nächsthöhere Zielebene ein), Bonus (= begrenzte Aufwertung), Malus (= begrenzte Abwertung) und Transformiert-Additiv (= differenzierte Durchschnittsbildung).

Figure 4: Présentation de la procédure d'évaluation d'un tronçon de rive déterminant le degré de réalisation de l'objectif principal «Écomorphologie proche de l'état naturel». Point de départ: relevé des caractéristiques des attributs (tout à droite). Suit l'agrégation par étapes de l'évaluation des différents compartiments jusqu'à l'évaluation finale (tout à gauche). Les fonctions d'agrégation suivantes sont appliquées: minimum (= la valeur la plus basse est reprise dans le niveau supérieur), bonus (= évaluation revue à la hausse), malus (= évaluation revue à la baisse) et addition-transformation (= moyenne différenciée).

Figura 4: Rappresentazione della procedura di valutazione di un tratto di riva per quanto attiene al grado di adempimento dell'obiettivo principale «ecomorfologia prossima allo stato naturale». Il punto di partenza è il rilevamento delle peculiarità attributo (estrema destra). La valutazione dei singoli compartimenti fino alla valutazione globale avviene in più fasi di aggregazione (estrema sinistra). Sono applicate le seguenti funzioni aggregative: minimo (= il valore peggiore viene trasposto nel livello di obiettivo immediatamente superiore), bonus (= valorizzazione limitata), malus (= devalorizzazione limitata) e additivo trasformato (= formazione media differenziata).

tätsklasse (in den Farben blau, grün, gelb, orange und rot) dargestellt werden.

Es besteht die Möglichkeit, die Zielerreichungsgrade der einzelnen Uferkompartimente je nach Fragestellung auch einzeln zu betrachten oder aggregiert und zu einer Gesamtbewertung des Seeufers zusammenzufassen. Die Visualisierung und auch die Erstellung von Karten erfolgt direkt aus dem GIS (Abb. 5). Die Bewertungen wurden am Bielersee als Testobjekt anhand einer Vielzahl von Realsituationen «justiert» und plausibilisiert. Die Vergleichbarkeit mit Ergebnissen nach der IGKB Methode (IGKB 2009) wurde an Beispielen von Bodensee und Vierwaldstättersee überprüft.

5. Fazit

Die vorliegende Methode ermöglicht eine differenzierte und robuste Erfassung des ökomorphologischen Zustandes der Uferzone stehender Gewässer. Sie basiert auf der Auswertung von Luftbildern kann damit ohne Feldbegehung effizient durchgeführt werden.

Die Methode ist mit bestehenden Seeuferbewertungen kompatibel, führt zu vergleichbaren Resultaten und erlaubt folglich eine gesamtschweizerische Auswertung der Seeuferbewertungen. Eine Neuerhebung der Seeufer im Zuge einer periodischen Aktualisierung kann damit unabhängig der früheren Vorgehensweise mit der neuen Methode «Ökomorphologie Seeufer» erfolgen. Sie stellt damit eine ideale Grundlage für die strategische Revitalisierungsplanung stehender Gewässer dar.

6. Ausblick / Hilfsmittel

Bis Ende 2016 werden folgende Hilfsmittel durch das BAFU bereitgestellt:

- Ausführliches Methodenhandbuch zur «Ökomorphologie Seeufer» (zweite Jahreshälfte 2016, unter www.modul-stufen-konzept.ch)
- GIS Tool für die Umsetzung der Methode (bis Ende Oktober 2016, unter www.bafu.admin.ch/seeufer sowie www.modul-stufen-konzept.ch)

Eine Kurzbeschreibung der vorliegenden Methode wird 2017 in einer Fachzeitschrift publiziert.

Im Januar 2017 findet zusätzlich ein PEAK-Kurs zur Methode «Ökomorpho-

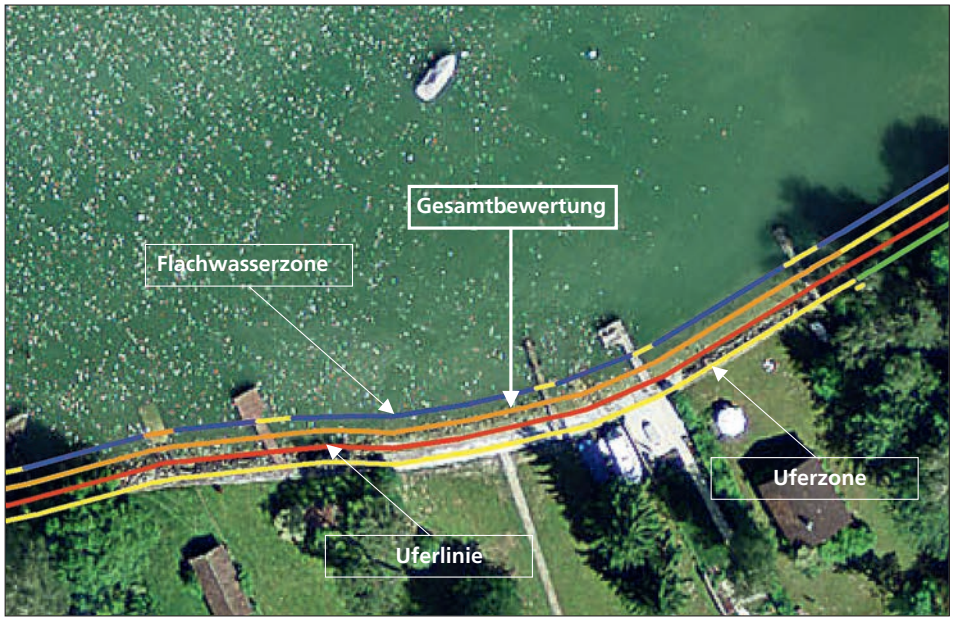

Abbildung 5: Kartografische Darstellung der Bewertung eines Uferabschnittes am «Testobjekt» Bielersee. Die Bewertung der einzelnen Uferkompartimente sowie die Gesamtbewertung können direkt aus dem GIS als Linienobjekte generiert und dargestellt werden. Es ist auch möglich, jedes einzelne Attribut sowie alle Aggregationsstufen gem. Abbildung 4 in dieser Form anzuzeigen.
Figure 5: Présentation cartographique de l'évaluation d'un tronçon de rive de «l'objet test» Lac de Bienne. L'évaluation des différents compartiments ainsi que l'évaluation finale peuvent être générées et présentées directement dans le SIG sous forme de ligne. Il est également possible de présenter sous cette forme chaque attribut pris individuellement ainsi que toutes les étapes d'agrégation conformément à la fig. 4.
Figura 5: Rappresentazione cartografica della valutazione di un tratto di riva del «campione» lago di Bienne. La valutazione dei singoli compartimenti ripuali e la valutazione globale possono essere generate e rappresentate direttamente da GIS sotto forma di oggetti lineari. Inoltre è possibile anche illustrare in questa forma anche tutti i singoli attributi e tutti livelli di aggregazione (cfr. fig. 4).

logie Seeufer» an der Eawag in Dübendorf statt.

Literatur

Hütte M. & Niederhauser P. (1998): Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fliessgewässer in der Schweiz Ökomorphologie, Stufe F (flächendeckend), BUWAL, Bern.

IGKB (2009.): Limnologische Bewertung der Ufer- und Flachwasserzone des Bodensees, Internationale Kommission zum Schutz des Bodensees. Bericht Nr. 55.

Schlosser J. A., Haertel-Borer S., Liechti P., Reichert P. (2013): Konzept für die Untersuchung und Beurteilung der Seen in der Schweiz. Anleitung zur Entwicklung und Anwendung von Beurteilungsmethoden. BUWAL, Bern. Umwelt-Wissen Nr. 1326.

Teiber P., Niederberger K., Rey P. (2013): Methoden der Seeuferbeurteilung und –aufwertung. Vorstudie. BUWAL, Bern. (nicht publiziert)

Kontaktadresse

Klemens Niederberger
AquaPlus
Peter Rey
HYDRA
– c/o AquaPlus
Gotthardstrasse 30
CH-6300 Zug,
admin@aquaplus.ch
www.aquaplus.ch

Susanne Haertel-Borer
Bundesamt für Umwelt (BAFU)
Abteilung Wasser
CH-3003 Bern
susanne.haertel-borer@bafu.admin.ch
www.umwelt-schweiz.ch

Bestimmung des potenziell natürlichen Uferraumes PNU mittels GIS

Markus Haberthür, Urs Helg

Zusammenfassung
Uferräume stehender Gewässer sind vielfältigen Interessen unterworfen und entsprechend Kristallisationspunkt von häufigen Nutzungskonflikten. Gleichzeitig üben Uferräume wichtige ökologische Dienstleistungen aus. Die Frage nach der landseitigen Abgrenzung des Uferraumes vom übrigen terrestrischen Gebiet spielt dabei eine zentrale Rolle. Eine Studie im Auftrag des BAFU liefert eine ökologisch begründete Definition und landseitige Grenze des Uferraumes, die sich aus dem hydrologischen Wirkungsbereich eines stehenden Gewässers ableiten. Die daraus bestimmten Flächen und Grenzen entsprechen dem potenziell natürlichen Uferraum PNU. Dieser kann als Ausgangspunkt bei Prozessen zur Konfliktlösung oder bei rechtlich-planerischen Entscheidungen dienen. Der PNU lässt sich anhand in der Schweiz flächendeckend verfügbarer Daten auch in stark genutzten Ufergebieten bestimmen. Gezeigt werden GIS-basierte Verfahren zur Anwendung der PNU-Formel sowie die Behandlung von Spezialfällen (fehlende Pegeldaten, sehr flache Ufer). An zwei Beispielen wird der PNU von natürlichen, stehenden Gewässern von mindestens 0.5 ha in grösseren Gebieten (Kanton Bern, gesamte Schweiz) bestimmt und der deckungsgleiche Raum mit verschiedenen Kategorien von Schutzgebieten verglichen. Die Grenzen der Methode und die Berücksichtigung zusätzlich vorhandener Daten sowie der sensitivste Parameter der entwickelten Anwendungsformel werden diskutiert.

Keywords
Uferraum, Abgrenzung, Kriterien, Wasserpegel, Bodenfeuchtigkeit

Détermination de l'espace riverain naturel potentiel (ERPN) en utilisant le SIG

Résumé
Les espaces réservés aux étendues d'eau sont soumis à des intérêts variés et constituent le point de cristallisation de fréquents conflits d'utilisation. En même temps, les espaces riverains remplissent d'importants services écologiques. La question de la délimitation terrestre de la zone riveraine vis-à-vis du reste de la zone sur terre joue un rôle central. Une étude commandée par l'OFEV fournit une définition et une frontière terrestre de la zone riveraine basée sur la zone d'impact hydrologique des étendues d'eau. Les surfaces et les limites spécifiques qui en résultent constituent l'espace riverain naturel potentiel (ERPN). Celui-ci peut servir de point de départ pour les processus de résolution des conflits ou lors de décisions juridiques ou de planification. L'ERPN peut être déterminé au moyen des données disponibles recouvrant toute la Suisse ainsi que dans les zones riveraines fortement utilisées. Une méthode basée sur le GIS pour l'application d'une formule ERPN et le traitement des cas particuliers (données de niveau manquantes, rive très plate) est présentée. A l'aide de deux exemples, l'ERPN est déterminé pour une étendue d'eau naturelle d'au moins 0,5 ha sur une grande surface (canton de Berne, toute la Suisse) et comparé à un espace de même taille avec différentes catégories de zones protégées. Les limites de la méthode et la prise en compte des données supplémentaires disponibles ainsi que le paramètre le plus sensible de la formule d'application développée sont discutés.

Mots-clés
Zone riveraine, délimitation, niveau d'eau, humidité du sol

Determinazione dello spazio ripariale naturale potenziale (SRNP) con l'aiuto del GIS

Riassunto
Gli spazi riservati ai corpi idrici sono soggetti a vari interessi e costituiscono il motivo di frequenti conflitti d'uso. Allo stesso tempo, le aree ripariali svolgono importanti servizi ecologici. La questione di delimitare l'area ripariale in contrapposizione con il resto del terreno ha un ruolo centrale. Uno studio commissionato dall'UFAM dà una definizione e stabilisce una frontiera terrestre dell'area ripariale, basandosi sulla zona d'impatto del corpo idrico. Le superfici e i limiti specifici che ne risultano, costituiscono lo spazio ripariale naturale potenziale (SRNP). Quest'ultimo può servire come punto di partenza durante la risoluzione di conflitti o in caso di decisioni giuridiche o di pianificazione. L'SRNP si determina con l'aiuto dei dati disponibili in tutta la Svizzera e nelle aree ripariali molto usate. Nello studio è presentato un metodo basato sul GIS per l'applicazione di una formula SRNP e il trattamento di casi particolari (per esempio: dati di livello mancanti o riva molto piatta). Con l'aiuto di due esempi, l'SRNP è calcolato per un corpo idrico di almeno 0,5 ettari su di una vasta superficie (Canton Berna, l'intera Svizzera) ed è paragonato ad una superficie della stessa dimensione con diversi tipi di aree protette. Ne segue una discussione sui limiti inerenti al metodo, sull'inclusione di dati supplementari disponibili e sul parametro più sensibile della formula sviluppata.

Parole chiave
Zona ripariale, delimitazione, livello d'acqua, umidità del suolo

1. Einleitung

Die Ufer von Gewässern erfüllen in unserer Kulturlandschaft wichtige Funktionen. Sie dienen der Erhaltung der Biodiversität indem sie artenreiche Hotspots bilden und diese miteinander vernetzen. Weiter ermöglichen Ufer bei ausreichendem Raum einen wirkungsvollen Hochwasserrückhalt und sind Pufferraum gegen diffuse Stoffeinträge.

Wasser ist eine Grundvoraussetzung für die Existenz unterschiedlicher Lebensformen. Ein treibender Faktor der Artenvielfalt ist unter andern, dass Organismen im Laufe der Zeit sehr unterschiedliche Strategien und Formen entwickelten, um Wasser unter verschiedenen Verfügbarkeitsbedingungen nutzen zu können. Vor allem standortfeste Organismen wie Pflanzen haben je nach Art enge Vorkommensbereiche innerhalb des Gradienten zwischen «sehr nass» und «sehr trocken». Folglich ist im Ökoton «Ufer» ein grosser Artenreichtum vorhanden. Gemäss der Wirkungskontrolle Moorschutz halten sich etwa die Hälfte der ca. 2700 heimischen Pflanzenarten und der gleiche Anteil der heimischen Moosarten in Moor- und Feuchtbiotopen auf, die häufig im Umfeld oder angrenzend zu stehenden Gewässern vorkommen. Rund 600 Tier- und Pflanzenarten sind auf Feuchtgebiete angewiesen. Die meisten davon gehören zu den National Prioritären Arten und sind in den Roten Listen vertreten. Rechnet man dem Feuchtegradienten folgend die trockeneren Randbereiche dazu, sind diese Anteile noch grösser. Biodiversität, die Vielfalt an Lebensräumen, Arten und Genen, ist die wichtigste natürliche Ressource. Sie garantiert Stabilität für viele Ökosystemleistungen wie die Produktion von Nahrung, Werkstoffen, Arzneimitteln, sauberem Wasser, Bestäubung, etc. und trägt so wesentlich zur Wohlfahrt bei. Darüber hinaus ist die Biodiversität ein riesiges Innovationslabor das laufend neue Formen, Stoffe, Umwandlungsprozesse generiert. Viele medizinische und technologische Innovationen wären ohne die Vorbilder und Baupläne der Natur nicht denkbar gewesen. Die Erhaltung der Ressource Biodiversität muss daher ein vordingliches Ziel der Politik sein.

Kleine Populationen in isolierten Gebieten neigen zur genetischen Degeneration. Deshalb ist es vor allem in unserer Kulturlandschaft entscheidend, dass die heute zerstückelten Hotspots der Biodiversität miteinander vernetzt sind und die Populationen in einem genetischen Austausch stehen.

Neben dem naturnah bewirtschafteten Wald sind Gewässer das wichtigste Vernetzungselement im Siedlungs- und Landwirtschaftsgebiet. Mit den Uferräumen wird die Vernetzungsfunktion der Gewässer wesentlich gestärkt. Stehende Gewässer werden meistens von Fliessgewässern durchflossen. Dabei ist für die Vernetzung entscheidend, dass ihre Uferbereiche migrierenden Arten ausreichenden Raum mit Sichtschutz, Nahrungsangebot, Ruhezonen und Hindernisfreiheit bieten. Auch nicht durchflossene Stillgewässer übernehmen solche Funktionen als sogenannte Trittsteine. Vor allem Kleintiere deren Aktionsradius über ihren Lebensraum hinaus beschränkt ist, nutzen solche «Trittsteine» für ihre Wanderung und Verbreitung.

Stehende Gewässer mit dynamischen Pegeln sind temporäre Wasserspeicher. Aus dem Gesetz der Massenerhaltung folgt, dass ein See mit steigendem Pegel dem Fliesskontinuum eines durchfliessenden Flusses temporär Wasser entzieht und dieses verzögert abgibt. Dadurch werden in den See einlaufende Hochwasserspitzen gebrochen, zeitlich verzögert und in abgeschwächter Form ins darunterliegende Flusssystem weitergegeben. Je höher der Pegel eines Sees steigen kann, desto grösser ist seine Rückhaltekapazität und desto breiter muss der Uferraum sein. Die Pegel der meisten grösseren Seen der Schweiz sind reguliert. Einerseits um den See bei vorausgesagten Starkniederschlägen durch Pegelabsenkungen verstärkt für den Hochwasserrückhalt zu nutzen, andererseits um die Siedlungsgebiete und Infrastrukturanlagen im nahen Uferbereich vor Überflutungen schützen zu können. Beispielsweise resultiert bei Pegeldifferenzen von P_1-P_m für die 29 grössten Seen der Schweiz ein Rückhaltevolumen von insgesamt 2.6 Milliarden m^3. Dies entspricht rund 4% des gesamtschweizerischen Jahresniederschlags. Auch kleinere stehende Gewässer können lokal die Hochwasserspitzen von Bächen reduzieren, wenn ihnen ausreichend Uferraum zur temporären Überflutung zugestanden wird. Solche Massnahmen sind meistens billiger als die Sicherung durch Hochwasserschutzbauten, die zudem immer wieder unterhalten werden müssen.

Anders als die Fliessgewässer sind stehende Gewässer Nährstoff- und Schadstoffsenken. Zufliessende mineralische Nährstoffe, insbesondere der limitierende Phosphor, und akkumulierende Schadstoffe werden in der pelagischen Biomasse eingelagert und sinken mit ihr ins Sediment. Quellen erhöhter diffuser Stoffeinträge sind oft nutzungsbedingte Anwendungen im unmittelbaren Umfeld der stehenden Gewässer. Dabei werden überschüssige Nährstoffe je nach Witterung über den Oberflächenfluss, Bodenwasserfluss oder Grundwasserzustrom in das stehende Gewässer eingetragen. Die durchflossene Bodenschicht wirkt als Fliter. Pflanzen nehmen die Nährstoffe aus der Bodenlösung auf, Mikroorganismen und Pilze im Boden bauen Schadstoffe ab. Je länger die Filterstrecke ist, desto weniger Nähr- und Schadstoffe gelangen diffus ins Gewässer und desto weniger reichern sie sich dort an. Die Breite des Uferraumes ist daher ein entscheidender Faktor für die Menge an diffus eingetragenen Stoffen.

Um die wichtigen Funktionen der Gewässer- und Uferräume besser zu schützen fordert Artikel 36a des schweizerischen Gewässerschutzgesetzes (GSchG; SR 814.20) einen angemessenen Gewässerraum. Artikel 41b der Gewässerschutzverordnung (GSchV; SR 814.201) präzisiert den minimalen Gewässerraum für stehende Gewässer und die Bedingungen bei denen dieser erhöht werden muss. Eine solche Erhöhung führt in vielen Fällen zu Konflikten mit gegensätzlichen Nutzungsinteressen. Die Diskussionen beginnen dabei bereits bei der Frage, wo das Ufer beginnt und wo es aufhört. Um in dieser Frage eine klare und transparente Diskussionsgrundlage zu liefern, hat das Bundesamt für Umwelt eine Studie in Auftrag gegeben, die zumindest für schweizerische Verhält-

nisse eine ökologisch begründete, landseitige Abgrenzung der Ufer stehender Gewässer aufzeigt. Die in der Studie entwickelte Methode beruht auf einem Wirkungsmodell, welches die landseitige Abgrenzung des Einflusses der Pegeldynamik eines stehenden Gewässers auf bodenbiologische Prozesse und die Vegetation erlaubt. Das Verfahren liefert eine landseitige Grenze des potenziell natürlichen Uferraumes (PNU) eines stehenden Gewässers.
Der folgende Beitrag erläutert die praktische Anwendung des Verfahrens mit geografischen Informationssystemen (GIS) und geht auf Sonderfälle bei der Anwendung ein.

2. Methoden

Ziel der oben erwähnten Studie war, die Faktoren des natürlichen Uferbildungsprozesses zu identifizieren und eine allgemein gültige Formel abzuleiten, aus welcher der potenziell natürliche Uferraum (PNU) bestimmt werden kann. Als Ergebnis einer vorausgehenden Literaturrecherche wurden die Uferneigung, die Pegeldynamik, die Wasserleitfähigkeit des Bodens sowie die Tiefe des Wurzelraumes der Feuchte zeigenden Vegetation als Schlüsselfaktoren der Uferbildung identifiziert. Für die Studie wurden schweizweit 68 Uferabschnitte mit natürlichen oder naturnahen Uferzonen an 55 Gewässern ausgewählt, welche bezüglich Grösse, biogeografischer Region, Geländeneigung und Wasserspiegelschwankungen eine grosse Variationsbreite aufweisen. An diesen Gewässern wurde in verschiedenen Schritten die Ausdehnung der natürlichen Ufervegetation kartiert. Datengrundlage hierfür bildeten Ortho-Luftbilder der Swisstopo. Ergänzend wurden vorhandene Vegetationskarten und Grundwasserkarten beigezogen. Die erhobenen Daten verfizierte man stichprobenmässig und bei Unsicherheiten in der Luftbildinterpretation im Feld anhand von Zeigerpflanzen und Bodenparametern. Für die Auswertung der flächig erhobenen Uferzonen wurden anschliessend mittels GIS in regelmässigen Abständen orthogonal zur Uferlinie Transsekte gelegt. Anhand des digitalen Höhenmodells swissALTI3D konnte die Länge wie auch die durchschnittliche Neigung des Ufers bestimmt werden. Nach einer weiteren Plausibilitätsprüfung der Daten wurden 2'699 Transsektdatensätze von 53 Gewässern für die Auswertung verwendet. Die erhobenen Parameter Seegrösse, Transsektlänge, Höhendifferenz der Transsektenden, Vegetationsdecke (Feld, Wald) und Wasserspiegelschwankung wurden auf bestehende Zusammenhänge untersucht. Ein hoch signifikanter Zusammenhang besteht zwischen Ufersteigung und Uferbreite. Daraus konnte geschlossen werden, dass ein oder mehrere Faktoren, deren Wirkung in der Höhe eng begrenzt ist (z.B. Pegelschwankung, Tiefe des Wurzelraums), bei der natürlichen Uferbildung eine Rolle spielen. Es zeigte sich, dass die landseitigen Enden der Transsekte bei Waldvegetation rund 0.4 m höher liegen als bei Wiesenvegetation. Zwischen drei gewässerspezifisch untersuchten Parametern der Pegelschwankung ($P_1 - P_m$; $P_{HHW} - P_m$; $P_3 - P_m$) und der seespezifischen, mittleren Höhendifferenz der Transsekte besteht zwar kein signifikanter Zusammenhang, jedoch schneiden alle drei Regressionsgeraden die Ordinatenachse (Nullwert der Pegelschwankung) bei einer mittleren Transsekthöhe von rund 1.5 m. Aus diesen Erkenntnissen wurde ein generelles Wirkungsmodell zur Bestimmung des potentiell natürlichen Uferraums abgeleitet, das einen mathematischen Zusammenhang zwischen Ufersteigung und Uferbreite sowie einer spezifischen Wirkungshöhe ΔH des Seepegels beschreibt. Die Wirkungshöhe wird einerseits durch den Teil des Uferbereichs bestimmt, der vom Pegelschwankungsbereich ΔP überstrichen wird und andererseits durch den anschliessenden Uferbereich, dessen Wurzelraum vom landseitig korrespondierenden Bodenwasserspiegel noch hydrologisch beeinflusst wird. Die Prüfung des Modells und die Eichung der Wirkungshöhe erfolgten an 15 Gewässern, von denen gesicherte Pegeldaten zur Verfügung standen. Die Studie liefert als Endprodukt eine allgemeine Formel, mit welcher bei bekanntem ΔH und den Wiesen- und Waldflächen die potenziell natürliche Uferbreite im digitalen Höhenmodell bestimmt werden kann.

2.1 Erforderliche Software und Datengrundlagen

Die Ermittlung des PNU kann mit jeder handelsüblichen oder Open Source GIS-Software durchgeführt werden, sofern diese über Rasteranalyse-Werkzeuge verfügt. Nachfolgend werden die erforderlichen Datengrundlagen kurz beschrieben.

2.1.1 Höhenmodell

Es sollte ein Höhenmodell mit möglichst hoher vertikaler Auflösung und Präzision verwendet werden. Für die Pilotstudien wurde das 'swissALTI3D' eingesetzt, ein digitales Höhenmodell, welches die Oberfläche der Schweiz ohne Bewuchs und Bebauung darstellt. Dieses wird in Form eines Rasters mit einer Auflösung von 2 m vertrieben. Die Genauigkeit wird mit ± 0.5 m 1α (unterhalb 2000m) beziffert. Datenherkunft: swisstopo.

2.1.2 Geodaten zur Bodenbedeckung

Für die Ermittlung des PNU sind im Minimum die Seeflächen bzw. deren Perimeter und die Waldflächen erforderlich. Für weitergehende Analysen des PNU sind ausserdem Geodaten zu Bodenbedeckung und -nutzung sowie Schutzgebiete hilfreich. Für die Pilotstudien kam das Produkt VECTOR25 der swisstopo zum Einsatz. VECTOR 25 ist das digitale Landschaftsmodell der Schweiz, welches inhaltlich und geometrisch auf den Landeskartenblättern 1:25'000 basiert. VECTOR25 besteht aus den neun thematischen Ebenen: Strassennetz, Übriger Verkehr, Primärflächen, Hecken und Bäume, Einzelobjekte, Eisenbahnnetz, Gewässernetz, Gebäude, Anlagen. Datenherkunft: swisstopo.

2.1.3 Bildmaterial

Zur Plausibilisierung der ermittelten PNU können nebst Spezialkarten auch Bilddaten herangezogen werden. In der Studie wurde das Produkt SWISS-IMAGE der swisstopo eingesetzt. SWISS-IMAGE ist ein Mosaik von Luftbildaufnahmen mit einer Bodenauflösung von 0.25 m, 0.5 m und 2.25 m (je nach Region). Die Standardabweichung für die Lagegenauigkeit beträgt ± 0.25 m für 0.25 m Bodenauflösung. In unebe-

nem Gelände kann die Lagegenauigkeit bis zu ± 3-5 m betragen. Die Luftbilder erlauben in vielen Fällen eine zusätzliche Kontrolle des errechneten PNU. Datenherkunft: swisstopo.

2.1.4 Pegelstandsdaten

Pegelstände werden durch verschiedene Monitoringnetze des BAFU, einzelner Kantone oder von Wasserkraftwerken nach standardisierten Verfahren erhoben. Dabei werden die Pegelstände mit hoher zeitlicher Auflösung registriert und in standardisierten Jahrestabellen dargestellt. Die Pegelstände werden auch statistisch zu langfristigen Eckwerten (Dauerkurven, Hochwasserstatistik) ausgewertet. Die verwendeten Pegelstandstatistiken stammen aus dem Basismessnetz der Abteilung Hydrologie des Bundesamts für Umwelt. Dieses Messnetz umfasst heute rund 260 Messstationen an Oberflächengewässern. Neben dem Wasserstand an Seen wird bei Flüssen an 200 Stellen der Abfluss bestimmt. Die systematische Registrierung der Grundparameter Wasserstand und Abfluss geht bis in die Mitte des 19. Jahrhunderts zurück. So sind für zahlreiche Gewässer langjährige Messreihen verfügbar, die sich über mehrere Jahrzehnte erstrecken. Datenherkunft: Bundesamt für Umwelt, Abteilung Hydrologie. Link: http://www.hydrodaten.admin.ch/lhg/az/tabellen/P-Bulletin.htm

2.2 Ermittlung des PNU

Die Studie entwickelte ein einfaches Wirkungsmodell zur Berechnung der Breite des potenziell natürlichen Uferraumes. Die Formel lautet:

$$\text{Uferbreite} = \frac{\Delta H}{\text{Steigung in \% [= tan } (\alpha)]}$$

Dabei sind ΔH die hydrologische Wirkungshöhe in [m] und α die mittlere Steigung des Ufers in [Grad]. Für ΔH liefert die Studie eine allgemeine Formel:

$\Delta H = (P_1 - P_m) + \Delta W_F$ oder
$\Delta H = (P_1 - P_m) + \Delta W_W$

P_1 ist der Pegelstand des Gewässers, der jährlich an einem Tag erreicht oder überschritten wird, Pm der mittlere Jahrespegel, ΔW_F die wirksame Wurzeltiefe für Wiesenvegetation und ΔW_W die wirksame Wurzeltiefe für Waldvegetation. Nach durchlaufen eines Eichungsprozesses anhand der Datensätze von 15 Seen mit bekannter Pegelstatistik resultierte eine spezifische Formel für ΔH.

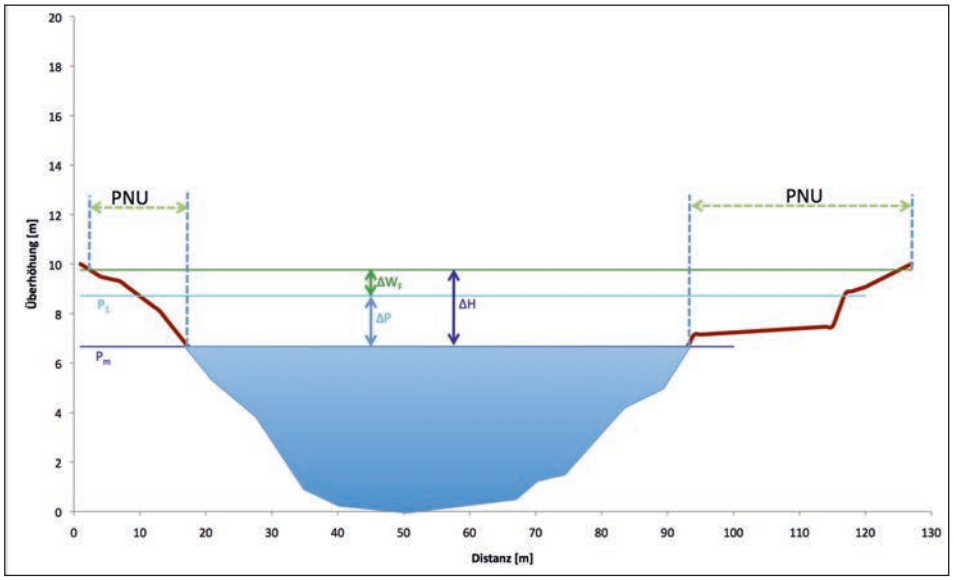

Abbildung 1: Schematische Darstellung der einzelnen Elemente, die zur Bestimmung des potenziell natürlichen Uferraumes PNU führen.
Figure 1: Représentation schématique des différents éléments pour la détermination de l'espace riverain naturel potentiel (ERPN).

$\Delta H = (P_1 - P_m) + 1.05$ oder
$\Delta H = (P_1 - P_m) + 1.26$

Zur Bestimmung des PNU im GIS wird im digitalen Höhenmodell eine Ebene definiert die um ΔH m über dem mittleren Pegel (P_m) des stehenden Gewässers liegt. Die Schnittlinie der Ebene mit der vom Terrainmodell definierten Oberfläche ergibt die landseitige Grenze des PNU (siehe Abbildung 1).
Nach dem Zusammenstellen der gewünschten Ausschnitte eines Höhenmodells (z.B. swissALTI3D) und eines Landschaftsmodells (z.B. VECTOR25) im GIS sind konkret folgende weitere Verfahrensschritte auszuführen:
1. Zunächst sind alle Rasterzellen des Höhenmodells unterhalb von Waldflächen um 0.21 m abzusenken. Damit wird die grössere wirksame Wurzelraumtiefe bei von Wald bestockten Flächen kompensiert und eine Gewichtung von Feld- und Waldanteil, wie dies in der Studie beschrieben ist, erübrigt sich.
2. Bestimmung der hydrologischen Wirkungshöhe ΔH nach der Formel $\Delta H = (P_1 - P_m) + 1.05$ [m]. Die Pegelhöhen P_1 und P_m sind bei grossen Seen jährlich in einer aktualisierten Statistik verfügbar. Weitere Angaben für kleinere Seen sind eventuell bei kantonalen Stellen oder bei Kraftwerkgesellschaften erhältlich.
3. Selektion der Rasterzellen die im vorbereiteten Höhenmodell im Höhenintervall $\Delta P = P_1 - P_m$ liegen. Die so ausgewählten Bereiche ergeben bereits den definitiven PNU überall dort, wo die Ufertopographie steiler als zwei Promille ist (siehe Abbildung 2). Bei sehr flacher Topgraphie wird der PNU mit diesem Intervall zu gross (flacher Schnitt) und muss mit einem zusätzlichen Verfahrensschritt (siehe Schritt 4) eingegrenzt werden.
4. Selektion der Rasterzellen, die im Höhenintervall zwischen P_1 und P_m liegen und diese Selektion an der landseitigen Grenze noch um 300 m erweitern (puffern). Mit diesem pragmatischen Ansatz wird der PNU bei sehr flacher Topographie von < 2 ‰ Steigung ermittelt. Die Erweiterung berücksichtigt die maximale laterale Ausdehnung der Seepegelschwankungen. Diese breiten sich nicht unbeschränkt schnell aus und erreichen durch die zeitliche Beschränkung der Hochwasser eine maximale Grenze. Ausufernde PNU's durch sehr flache Schnitte werden so auf ein realistisches Mass reduziert (siehe Kapitel

«Begrenzung des PNU bei sehr flachen Ufern»).

5. Die zwei Selektionen der Rasterzellen in Polygone umwandeln und ein Polygon auf das andere zuschneiden («clippen»). Von den beiden in Schritte 3 und 4 ermittelten PNU's wird damit jeweils diejenige Aussengrenze weiter verwendet, die näher an der Uferlinie des stehenden Gewässers liegt (siehe Abbildung 3).

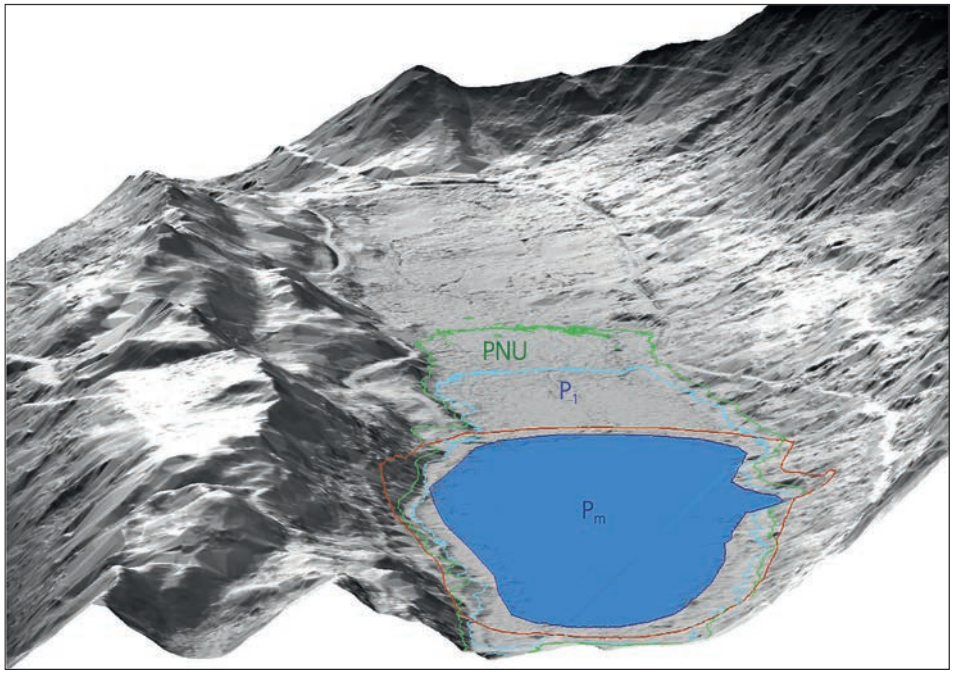

Abbildung 2: Darstellung der Schnittlinien der um ΔP und ΔH über dem mittleren Pegel Pm liegenden Ebenen mit dem digitalen Terrainmodell. Das Beispiel zeigt den Egelsee AG.
Figure 2: Représentation des intersections des niveaux restants entre ΔP et ΔH au-dessus du niveau moyen Pm avec le modèle numérique de terrain. L'exemple montre l'Egelsee AG.

Mit diesem Verfahren erhält man mit den zumindest in der Schweiz flächendeckend verfügbaren Daten eine robuste Schätzung des hydrologischen Einflussbereiches stehender Gewässer. Gleichzeitig liefert es die Fläche des sich einstellenden Uferraumes, wenn sämtliche menschlichen Nutzungen im Uferbereich aufgegeben würden und alle Anlagen beseitigt wären, welche naturnahe ökologische Prozesse und Lebensräume beeinträchtigen.

Natürlich sollten in besonders konfliktträchtigen Fällen oder bei grösseren Gebieten die mittels GIS ermittelten Grenzen durch vorhandene Spezialkarten (Vegetations-, Grundwasser-, Bodenkarten) und durch Feldaufnahmen (pflanzensoziologische Analysen, Bodenmerkmale) verfiziert und angepasst werden. Die Erfahrung aus der Studie für die Methodenentwicklung hat gezeigt, dass Feldbegehungen zur Verifizierung der Abgrenzungen in jedem Falle hilfreich sind. Sie beseitigen bestehende Zweifel der GIS-basierten Abgrenzung und helfen bei der zusätzlichen Konsultation von Luftbildern unklare Merkmale auf dem Luftbild richtig einschätzen zu können. Sofern sie in digitaler Form vorhanden sind, sollte in solchen Fällen auch von vorhandenen Spezialkarten Gebrauch gemacht werden.

2.3 Begrenzung bei sehr flachen Ufern

Das Verfahren beruht auf der Annahme, dass die laterale Ausbreitung des Wasserpegels im Boden schneller erfolgt als die vertikalen Pegelschwankungen und diese somit sofort seitlich weitergegeben werden. Diese Annahme ist allerdings nur begrenzt gültig. Bei sehr flachen Ufern mit Steigungen von weniger als zwei Promille ist die laterale Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Wasserpegels in der Regel zu gering, um die Pegelschwankungen niveaugleich weitergeben zu können. Pegelhöchststände, die selten länger als zwei Tage dauern, werden daher in flachem Gelände nicht mehr niveaugleich seitlich weitergegeben. Um diesem Verhalten gerecht zu werden wurde ein Begrenzungsverfahren eingeführt, welches den potenziell natürlichen Uferraum, ausgehend von der Wasserlinie bei Pegel P_1 auf eine Breite von 300 m begrenzt. Die Distanz von 300 m wurde aus Literaturdaten über den lateralen Wasserfluss in der Bodenschicht und der Annahme eines jährlichen Pegelhöchststandes von zwei Tagen abgeleitet. Die laterale Ausbreitungsgeschwindigkeit des Bodenwassers ist abhängig vom Bodentyp und insbesondere von der Porosität der Bodenschicht. Bestimmend dabei ist der Anteil der Grobporen (Wurmgänge, Spalten etc.). Die in der Literatur publizierten Ausbreitungsgeschwindigkeiten (n=12) streuten zwischen 7 und 1555 m/d Als pragmatischer Wert wurde 150 m/d (Median) genommen. Bei der Annahme von zwei Tagen Pegelhöchststand gilt bei Ufersteigungen < 2 ‰ für den PNU:

$$\text{Uferbreite [m]} = P_1 - P_m + 300$$

Zur Ermittlung des PNU bei Steigungen < 2 ‰ im GIS werden alle Rasterzellen im Intervall $P_1 - P_m$ ausgewählt und zusätzlich alle weiteren, die in einem landseitig um 300 m erweiterten Streifen liegen. Die Auswahl wird anschliessend in ein Polygon umgewandelt (siehe Schritt 4).

2.4 Vorgehen bei fehlenden Pegeldaten

Von den im Produkt VECTOR25, Ebene Gewässernetz erfassten rund 11'000 stehenden Gewässern haben unterhalb von Sömmerungsgebieten nur 753 Objekte eine Grösse von ≥ 0.5 Hektaren. Bei diesen betreibt der Bund an den 28 grössten Gewässern statistisch verlässliche Pegelaufzeichnungen. Weitere Pegelmessstellen werden durch die Kantone (z.B. Kanton Zürich 4 weitere Kleinseen) und die Kraftwerke betrieben. Bei allen übrigen Gewässern existieren kaum Pegeldaten.

Um bei fehlenden Pegeldaten trotzdem eine Schätzung des PNU durchführen

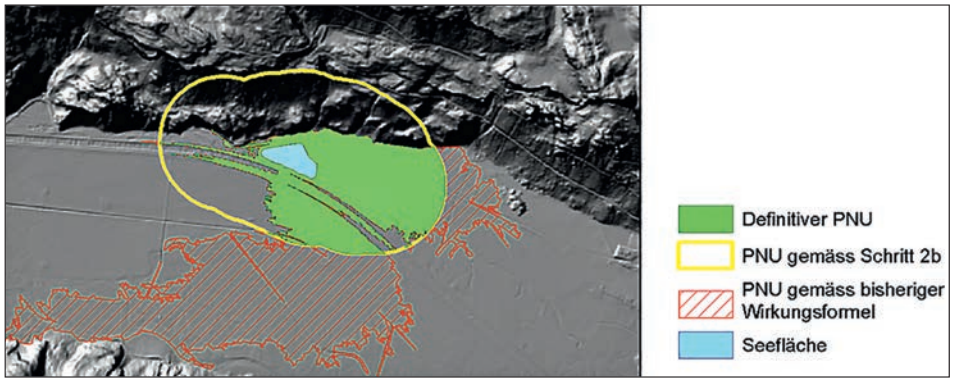

Abbildung 3: Darstellung der Verfahrensschritte zur Bestimmung des PNU an einem Gewässer mit sehr flachen (< 2 Promille) Uferbereichen unter Anwendung der Formel zur Begrenzung der lateralen Ausbreitung.
Figure 3: Représentation des étapes du processus de détermination d'un ERPN sur un cours d'eau avec une zone riveraine très plate (<2 pour mille) en appliquant la formule pour limiter la propagation latérale

zu können, wurde bei Kleinseen für $\Delta P = P_1 - P_m$ ein Wert von 0.5 m festgelegt. Dieser Wert resultiert aus einer statistischen Auswertung von Pegeldaten von 20 Kleinseen, hauptsächlich im Kanton Zürich und Kanton Bern. Die fehlende Pegelhöhe P_m kann behelfsweise GIS-technisch aus dem Höhenmodell ermittelt werden, zum Beispiel indem man entlang der Uferlinie des Gewässers die Höhenwerte extrahiert und unter Weglassung der Aussreisser den Median als Pegelhöhe bestimmt. Tests an 30 Seen mit langen hydrometrischen Messreihen haben gezeigt, dass selbst auf der Basis der kartographisch überarbeiteten, vereinfachten Darstellung der Uferlinie aus VECTOR25 und dem Höhenmodell swissAlti3D eine hinreichend genaue Annäherung an den mittleren Pegel Pm berechnet werden kann. Im Test wurden die z-Werte aller Rasterzellen, welche die Uferlinie berühren aus dem Höhenmodell ausgelesen. Davon wurden die 10% höchsten und die 10% niedrigsten Werte als untypisch verworfen. Aus der Restmenge bildete man das arithmetische Mittel. Grosse Abweichungen zum jeweils bekannten P_m traten nur bei den Gewässern auf, bei denen die kartographische Uferlinie massiv von der Realität abwich oder bei sehr steilen Ufern, wo die kartografische Uferlinie manchmal leicht in den Hang versetzt verläuft.

Nicht untersucht wurde, ob stattdessen direkt der Median der z-Werte innerhalb der «Wasserfläche» im Höhenmodell als Schätzwert für P_m verwendet werden kann. Allerdings wäre in diesem Falle zu berücksichtigen, dass die im Modell festgelegte Höhe dem Momentanpegel zum Zeitpunkt der Laser-Puls Messungen entspricht. Meteorologische Aufzeichnungen vom Messtag könnten Hinweise geben, ob man von niedrigem-, mittlerem- oder hohem Pegelstand ausgehen kann.

3. Ergebnisse

Die im Methodenteil beschriebenen Verfahren wurden testhalber an gesamtschweizerisch verfügbaren Datensätzen und anhand von Datensätzen des Kantons Bern angewendet. Für beide Gebiete wurde der PNU aller stehenden Gewässer bestimmt, für die gemäss Artikel 41b ein Gewässerraum ausgeschieden werden muss. In der gesamtschweizerischen Berechnung war die laterale Beschränkung der Ausbreitung noch nicht implementiert, da diese erst für die Berechnung des PNU im Kanton Bern zur Verfügung stand.

3.1 Berechneter PNU für die naturnahen, stehenden Gewässer ≥ 0.5 ha des Kantons Bern

Der PNU der naturnahen, stehenden Gewässer mit Flächen ≥ 0.5 ha im Kanton Bern beträgt 44.8 km². Davon liegen 39.3 km² (88%) in verschiedenen Kategorien von bestehenden Schutzgebieten. Im Vergleich dazu nimmt der minimal erforderliche Gewässerraum (15 m Uferabstand) 10.1 km² ein, wobei von diesem 85% in Schutzgebieten liegen (siehe Tabelle 1). Nimmt man als Kernkriterien für ein naturnahes Seeufers die Freihaltung von Bauten und ein Verbot des Einsatzes von Dünger und Pflanzenschutzmitteln (extensive Bewirtschaftung) so würden höchstens 50% der Schutzgebiete im Kanton Bern beide Kriterien erfüllen.

Flächeneinheit	Fläche bei konstantem Gewässerraum 15 m		Fläche des PNU nach Wirkungsmodell	
	[km²]	[%]	[km²]	[%]
Totale Fläche PNU BE	10.06	100.0%	44.78	100.00%
in Schutzgebieten	8.54	84.9%	39.28	87.7%
ausserhalb Schutzgebieten	1.51	15.01%	5.5	12.3%
Flächenverteilung der Schutzgebiete im PNU				
national	*2.53*	*25.15%*	*9.77*	*21.82%*
Auengebiete von nationaler Bedeutung	1.55	15.41%	6.59	14.72%
Flachmoore von nationaler Bedeutung	0.78	7.75%	2.24	5.00%
Flachmoore von regionaler Bedeutung	0.12	1.19%	0.23	0.51%
Grundwasserschutzareale	0.00	0.00%	0.02	0.04%
Grundwasserschutzzonen	0.05	0.50%	0.60	1.34%
Hochmoore	0.03	0.30%	0.09	0.20%
kantonal	*6.03*	*59.94%*	*29.52*	*65.92%*
Feuchtgebiete	0.49	4.87%	2.41	5.38%
Gefahrenkarte (rote Zone)	1.14	11.33%	7.35	16.41%
Naturschutzgebiete kantonal	1.54	15.31%	8.79	19.63%
Uferschutzzone kantonal	2.86	28.43%	10.97	24.50%

Tabelle 1: Fläche des PNU bei naturnahen, stehenden Gewässern ≥0.5 ha im Kanton Bern verglichen mit der Fläche bei konstantem, minimal erforderlichem Gewässerraum und aufgeschlüsselt nach verschiedenen Schutzstatus.
Tableau 1: Surface d'un ERPN dans des eaux dormantes quasi-naturelles ≥ 0,5 ha dans le canton de Berne par rapport à la surface avec un espace minimum constant réservé aux eaux, classée par différents statuts de protection.

Flächeneinheit	Fläche bei konstantem Gewässerraum 15 m		Fläche[1] des PNU nach Wirkungsmodell	
	[km²]	[%]	[km²]	[%]
Totale Fläche PNU CH	31.25	100.0%	142.07	100.00%
in Schutzgebieten	6.15	19.7%	96.27	67.76%
ausserhalb Schutzgebieten	25.10	80.3%	45.80	32.24%
Flächenverteilung der Schutzgebiete im PNU				
national				
Auengebiete von nationaler Bedeutung	2.64	8.4%	22.36	15.74%
Flachmoore von nationaler Bedeutung	2.43	7.8%	16.68	11.74%
Flachmoore von regionaler Bedeutung	0.57	1.8%	1.48	1.04%
Grundwasserschutzareale	0.04	0.1%	1.04	0.73%
Grundwasserschutzzonen	0.20	0.6%	1.36	0.96%
Hochmoore	0.27	0.9%	1.48	1.04%
kantonal (geschätzt, Anteil Kt. BE auf CH umgelegt)			51.88	36.52%
1) mit Korrekturfaktor des Kt. Bern für Begrenzung der lateralen Ausbreitung				

Tabelle 2: Geschätzte Fläche des PNU bei naturnahen, stehenden Gewässern ≥ 0.5 ha in der Schweiz verglichen mit der Fläche bei konstantem, minimal erforderlichem Uferraum und aufgeschlüsselt nach verschiedenen Schutzstatus. Der Anteil der kantonal geschützten Fläche wurde aus dem entsprechenden Anteil im Kanton Bern auf die gesamte Schweiz extrapoliert. Ebenso wurde ein Korrekturfaktor zur Berücksichtigung einer begrenzten lateralen Ausbreitung aus den Verhältnissen im Kanton Bern abgeleitet.
Tableau 2: Surface estimée d'un ERPN dans des eaux dormantes quasi-naturelles ≥ 0,5 ha en Suisse par rapport à la surface avec un espace minimum constant réservé aux eaux. Classée par différents statuts de protection. La proportion des zones cantonales protégées a été extrapolée à l'ensemble de la Suisse à partir de la proportion correspondante dans le canton de Berne. En outre, un facteur de correction pour une propagation latérale limitée a été dérivé sur la bases des proportions dans le canton de Berne.

3.2 Geschätzter PNU für die naturnahen, stehenden Gewässer ≥ 0.5 ha in der Schweiz

Bei der Ermittlung der schweizerischen PNU-Fläche auf dem GIS wurde noch ohne laterale Begrenzung verfahren. Die Gesamtfläche der Gewässerauswahl beläuft sich dabei auf 188 km². Korrigiert man diese Fläche um den Flächenanteil, der die laterale Begrenzung bei der Berechnung des PNU im Kanton Bern beisteuert (der PNU des Kantons Bern wurde ohne und mit lateraler Begrenzung berechnet), so erhält man eine gesamtschweizerische PNU-Fläche von 142 km². Davon liegen rund 44 km² in nationalen Schutzgebieten. Die restlichen 98 km² teilen sich in Flächen ausserhalb von Schutzgebieten und Flächen in kantonalen Schutzzonen auf. Legt man den Anteil der Letzteren im Kanton Bern auf die gesamte Schweiz um so liegen schätzungsweise 96 km² der PNU-Fläche in Schutzgebieten. Die Fläche des PNU im Gewässerraum stehender Gewässer in der Schweiz beträgt bei konstant 15 m Uferabstand (Minimum) 31 km².

4. Diskussion

Das hier vorgestellte Verfahren definiert als Ufer diejenige Fläche, die von der mittleren Wasserlinie ausgehend landseitig im hydrologischen Wirkungsbereich des stehenden Gewässers liegt. Als Wirkungsindikatoren sind dabei die vom Gewässer landseitig induzierte Wasserdynamik und deren biologische und pedologische Auswirkungen. Damit sind allein ökologische Kriterien massgebend. Bei der Methodenentwicklung nicht berücksichtigt sind Bodenfaktoren, welche die hydraulische Leitfähigkeit und den kapillaren Wasseraufstieg stark beeinflussen und von den in der PNU-Studie ermittelten statistischen Durchschnittswerten lokal erheblich abweichen können. Weitere uferspezifische Einflüsse können durch klimatische (Wärmeausgleich) und andere Faktoren (z.B. hohe Wellenbildung, Spritzwasserspray, fortschreitende Erosion) entstehen. Inwieweit solche Einflüsse wichtig sind, hängt von den spezifischen Zielen der Uferabgrenzung und von sich darstellenden Nutzungskonflikten ab.
Sind neben den für die Anwendung der Methode erforderlichen Daten (digitales Höhenmodell, Pegelzeitreihen, Feld-/Waldbedeckung) weitere spezifische Informationen vorhanden, sollte Ihnen bei der Abgrenzung der Vorrang gegeben werden. Zu erwähnen sind diesbezüglich Vegetationskarten, Bodenkarten, Grundwasserkarten, ufernahe Aufzeichnungen des Grundwasserpegels, lokale Kenntnisse der Pegeldynamik. Auch können Luftbilder zusätzliche Informationen für die Uferabgrenzung liefern.
Einzelne Tests an Gewässern mit flachen Uferbereichen haben gezeigt, dass die Grösse der mit der Methode bestimmten Uferfläche sehr sensitiv auf Änderungen des ΔP-Wertes reagiert. Abweichungen des ΔP von 10 cm können schnell Änderungen um zweistellige Prozentwerte der so definierten Uferfläche zur Folge haben. Deshalb wird in Fällen, wo präzise Pegeldaten fehlen, diese aber von grosser Relevanz wären, ein Pegelmonitoring von ein bis zwei Jahren empfohlen. Ein solches liefert zumindest eine Zeitreihe der saisonalen Pegeldynamik, aus welcher, gekoppelt mit lokalen langjährigen Niederschlagsaufzeichnungen oder vorhandenen Abflussmessungen an Zu- und/oder Abflüssen, ein vom Fixwert 0.5 m abweichendes ΔP abgeleitet werden kann.
Abgesehen von den diskutierten Einschränkungen liefert die PNU-Methode eine nachvollziehbare und transparente Richtgrösse für den natürlichen Uferraum. Sie kann als eine Grundlage herangezogen werden, wenn aus Gründen des Natur- und Landschaftsschutzes, im Rahmen von Revitalisierungen oder des Hochwasserschutzes der Gewässerraum erhöht werden muss oder allgemeine raumplanerische Entscheide im Seeuferbereich anstehen.

Literatur

Haberthür M.; Gmünder M.; Müller V. (2015). Verfahren zur Ermittlung des potenziell natürlichen Uferraums stehender Gewässer. Datenerhebung, statistische Auswertung, Modellbildung. Expertenbericht im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt, Bern, 69 S.

Helg U.; (2012). GIS-gestützte Ermittlung des natürlichen, potenziellen Uferraums stehender Gewässer. Pilotstudie präsentiert am Workshop Gewässerraum stehende Gewässer am 21.08.2012 Bundesamt für Umwelt BAFU, 3003 Bern; 20 S.

Helg U.; GIS-gestützte Ermittlung des natürlichen, potenziellen Uferraums stehender Gewässer. Ergänzungen und Optimierungen (unveröffentlicht), Bundesamt für Umwelt BAFU, 3003 Bern; 11 S.

Linder, E.; (2013): Gewässerraum stehende Gewässer Vollzug im Kanton Bern. Präsentation am Workshop Gewässerraum stehende Gewässer am 21.08.2012.

Kontaktadresse
Markus Haberthür
Ambio GmbH
Wildbachstrasse 46
8008 Zürich
Tel: 044 383 70 71
Fax: 044 383 49 05
ambio@bluewin.ch

Urs Helg
Bundesamt für Umwelt, BAFU
3003 Bern

Nr.1

Hydrosaat
St. Ursen
Tel. 026 322 45 25
www.hydrosaat.ch

- **Ansaat**
  von Strassen- und Bahnböschungen, Felspartien, Skipisten, Kies- und Schotterhalden und nichthumusierten Flächen
- **Dachbegrünungen**
  mit Xeroflor®-Sedummatten für Dächer, Böschungen, Garten- und Rasenabschlüsse, Verkehrsinseln, Trottoirs
- **Ecotex®-Erosionsschutz**
  mit Geotextilien, natürlich und biologisch abbaubar
- **Ingenieurbiologische Bauweisen**
  Stützkonstruktionen zur Stabilisierung von Uferzonen und Böschungen

Untersuchung von Renaturierungskonzepten am Seeufer Gals, Bielersee

Anne Schiefer, Christoph Iseli, Azin Amini, Giovanni De Cesare

Zusammenfassung

Das Thema der Masterarbeit war eine Analyse des ökologischen Aufwertungspotentials am Seeufer Gals (Bielersee, Schweiz), welche mithilfe einer hydrodynamisch-numerischen Modellierung mit der Software MIKE 21 und Bestimmung von Makrophyten vorgenommen wurde. Unter der Annahme von zwei unterschiedlich starken Windszenarien wurden die windinduzierten signifikanten Wellenhöhen und die welleninduzierten Strömungen für verschiedene Varianten simuliert. Die Ergebnisse der Modellierungen zeigten, ob die in den Varianten geplanten Massnahmen eine Reduzierung der Wellenhöhen und der Strömungen verursachen. Das Hauptziel war, Bedingungen zu schaffen, welche den Habitatsansprüchen von Makrophyten zusagen und somit eine Neuansiedlung von Makrophytenarten an dem Seeufer Gals möglich machen und gleichzeitig die Wellenbelastung auf das Ufer zu verringern, um eine fortschreitende Erosion zu vermeiden. Mithilfe einiger Massnahmen konnten erfolgsversprechende Ergebnisse erzielt werden, die zu einer Verbesserung der aktuellen Situation führen würden. Es wurde ebenfalls gezeigt, dass Makrophyten für die Beurteilung eine bedeutende Rolle spielen, doch eine Bewertung nur anhand von ihnen sehr schwierig ist, da sie nicht nur auf Wellen- und Strömungsbedingungen, sondern auf weitere Faktoren und zudem extrem schnell auf deren Veränderungen reagieren. Die Studie wurde im Rahmen einer Masterarbeit an der TU Dresden im Landschaftswerk Biel-Seeland durchgeführt.

Keywords

Seeuferrenaturierung, MIKE 21, Wellen- und Strömungsmodellierung, Makrophyten, Ökologische Aufwertung, Habitate

Recherche sur des concepts de renaturation à la rive de Gals, lac de Bienne

Résumé

Le sujet du travail de master est l'analyse du potentiel de revalorisation écologique à la rive de Gals (lac de Bienne, Suisse), effectuée à l'aide d'une modélisation hydrodynamique-numérique avec le logiciel MIKE 21 et avec la détermination des macrophytes. Dans l'hypothèse de deux scénarios éoliens de force différente, on a simulé des houles significatives induites par le vent et les courants induits par les houles pour des variantes différentes. Les résultats des modélisations montraient si les mesures envisagées dans les variantes pouvaient causer une réduction de la hauteur des vagues et des courants. Le but principal était de créer des conditions satisfaisant les besoins d'habitat des macrophytes, rendant ainsi possible la réinstallation d'espèces de macrophytes dans la rive de Gals et, en même temps, de réduire la pression due au battement des vagues sur la rive afin d'éviter une érosion progressive. A l'aide de quelques mesures, on a pu obtenir des résultats prometteurs pouvant mener à une amélioration de la situation actuelle. On a également montré que les macrophytes jouent un rôle important pour l'évaluation, mais qu'une estimation basée uniquement ces derniers est très difficile, car ils ne réagissent non seulement aux conditions de vagues et d'écoulement mais aussi à des facteurs supplémentaires dont la modification entraîne une réaction d'autant plus rapide. La recherche a été effectuée dans le cadre d'un travail de master de l'Université technique de Dresden dans la région de Bienne-Seeland.

Mots-clés

Renaturation de rives, MIKE 21, modélisation de vagues et d'écoulement, macrophytes, valorisation écologique, habitats

Ricerca su dei concetti di rinaturazione della riva di Gals, sul lago di Bienne

Riassunto

Il soggetto di questo lavoro di master è l'analisi del potenziale di rivalorizzazione ecologica della riva di Gals (lago di Bienne, Svizzera), eseguita con l'aiuto di modelli idrodinamico-numerici del software MIKE21 e con la determinazione dei macrofiti. Ipotizzando due scenari con venti d'intensità differenti, sono state simulate delle rispettive onde e correnti, secondo diverse varianti. I risultati dei modelli mostravano se le protezioni previste nei vari casi erano in misura di ridurre l'altezza delle onde e l'intensità delle correnti. L'obiettivo principale era quello di creare le condizioni necessarie all'habitat dei macrofiti, rendendo così possibile il loro ritorno lungo la riva di Gals e, allo stesso tempo, attenuare l'azione delle onde sulla riva, evitando una graduale erosione. Prendendo qualche provvedimento, si sono ottenuti risultati promettenti che potrebbero portare a un miglioramento della situazione attuale. È stato anche mostrato come i macrofiti abbiano un ruolo importante per la valutazione, ma che una stima basata unicamente su di essi è molto difficile, poiché non reagiscono solamente alle onde e alle correnti, ma anche ad altri fattori la cui modificazione comporta una reazione molto rapida. La ricerca è stata condotta nell'ambito di un lavoro di Master dell'Università tecnica di Dresden, nella regione di Bienna-Seeland.

Parole chiave

Rinaturazione delle rive, MIKE 21, modelli di onde e di corrente, macrofiti, valorizzazione ecologica, habitat

1. Einleitung

Seen und ihre Ufer spielen eine sehr wichtige Rolle für Flora und Fauna, aber auch für den Menschen. Allerdings ist ein typisch natürlicher See mit seinen Schilf- und Binsenbeständen, seinen Flachufern und seinen Schwimmblattzonen in der heutigen Zeit nur noch selten anzutreffen. Der anthropogene Einfluss auf die Seen und seine Ufer nimmt immer weiter zu und durch die Einleitung von schädlichen Nährstoffen wurden und werden Seen dauerhaft geschädigt. Hinzu kommt, dass eine harte Verbauung der Ufer die natürlichen hydrodynamischen Prozesse stark einschränkt. All diese Einwirkungen führen zu einer Verschlechterung der Zustände. Dies hat zur Folge, dass die Artenvielfalt der Flora und Fauna zurückgeht, was wiederum weitere Auswirkungen mit sich zieht. Durch den Rückgang der Makrophyten- und Schilfbestände verliert die Sohle der Ufer an Stabilität, weshalb die Erosionsbelastung infolge von Wellenschlag zunimmt. Die Folge der harten Uferverbauung hat wiederum Auswirkungen auf die Lebensbedingungen der Makrophyten- und Schilfbestände, welche zu hohe Wellenbelastungen nicht vertragen und ganz verschwinden.

Dank der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie in Deutschland und dem Gewässerschutzgesetz in der Schweiz sind erste Schritte eingeleitet worden, um eine Verbesserung der Ist-Zustände von Oberflächengewässern zu erreichen. Ein Ziel der gesetzlichen Festlegungen ist es, naturnahe Fliessgewässer und Seeufer zu erhalten, wiederherzustellen und somit die Ökosystemleistung über längere Zeit zu optimieren. Ein umfassender Schutz und die Aufwertung von Seen und Ufer setzen Kenntnisse über deren Zustand voraus. Allerdings herrschen diesbezüglich noch große Unsicherheiten und Unwissen. Anhand von verschiedenen Methoden können die biologischen, chemischen und physikalischen Zustände erfasst und beurteilt werden, jedoch befinden sich viele Methoden noch in der Entwicklungsphase.

2. Fragestellung

Am Bielersee befindet sich ein Uferabschnitt zwischen der Mündung der Zihl und dem Strandbad Erlach, welcher ein großes ökologisches Aufwertungspotential besitzt. Das zu untersuchende Gebiet liegt zum Grossteil im Eigentum des Kantons Bern und im kantonalen Naturschutzgebiet ‚Seeufer Gals'. Das Ziel der Masterarbeit bestand darin, eine fundierte Aussage über verschiedene Konzepte für die ökologisch ausgerichtete wasserbauliche Umgestaltung des Seeufers Gals zu treffen. Mithilfe einer numerischen Untersuchung wurden qualitative Aussagen über mögliche Renaturierungskonzepte erarbeitet. Im Anschluss daran wurde die potentiell ökologische Wirksamkeit der Konzepte anhand bereits existierenden Expertenwissens über die Habitatsansprüche von Makrophyten und die Wirksamkeit der Massnahmen anhand der Ökomorphologie untersucht. Mit Hilfe des Landschaftswerks Biel-Seeland erfolgte zunächst die Erhebung des Ist-Zustandes im Untersuchungsgebiet anhand von verfügbaren (Luftbildern, Substraterhebung, Kenntnis über vorliegende Vegetation) und selbsterhobenen Daten (grobe Vermessung und Makrophytenaufnahme). Diese Daten stellten die Grundlage für die Erstellung eines zweidimensionalen hydrodynamisch-numerischen Modells mit der Software MIKE 21 dar. Die Modellerstellung erfolgte in Zusammenarbeit mit dem Laboratoire de constructions hydrauliques (LCH) der École polytechnique fédérale de Lausanne (EPFL). Anhand der Ergebnisse der Modellierung und der Resultate der Literaturrecherche wurden daraus Renaturierungsmassnahmen für das Seeufer definiert.

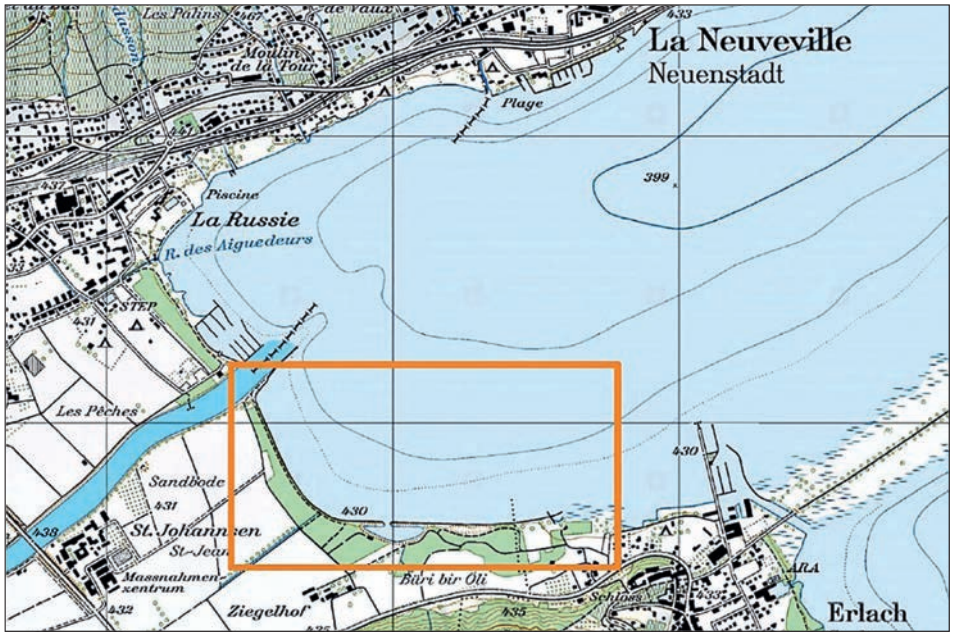

Abbildung 1: Untersuchungsgebiet Gals zwischen Zihlkanal und Strandbad Erlach (Iseli, 2015).
Figure 1: Région analysée de Gals entre le canal de la Thielle et la piscine à Erlach (Iseli, 2015).

3. Projektspezifische Grundlagen und Analysen

Die Uferzone weist die höchste Biodiversität auf und sie dient zudem als Pufferzone, da das Gewässer landseits vor schädlichen Stoffeinträgen geschützt wird (Zerbe und Wiegleb, 2009). Der Nutzungsdruck auf die Seen und ihre Ufer nimmt immer weiter zu, unter anderem durch den Tourismus, aber auch wegen anthropogenen Baumassnahmen. Dabei handelt es sich grösstenteils um Baumassnahmen zum Schutz vor einer fortschreitenden Erosion. Unter anderem durch Auffüllungen und Uferbefestigungen wurden die Uferlinien stark morphologisch verändert, weshalb von einem naturnahen Zustand an den Seeufern nicht mehr ausgegangen werden kann. Laut der gesetzlichen Regelungen in Deutschland und der Schweiz resultiert daraus eine Missachtung der Gewässerschutzziele (Ostendorp, 2014).

Der gesetzlich festgelegte Gewässerschutz geht von einer Verbesserung des ökologischen Zustandes aus, weshalb dringend Massnahmen getroffen wer-

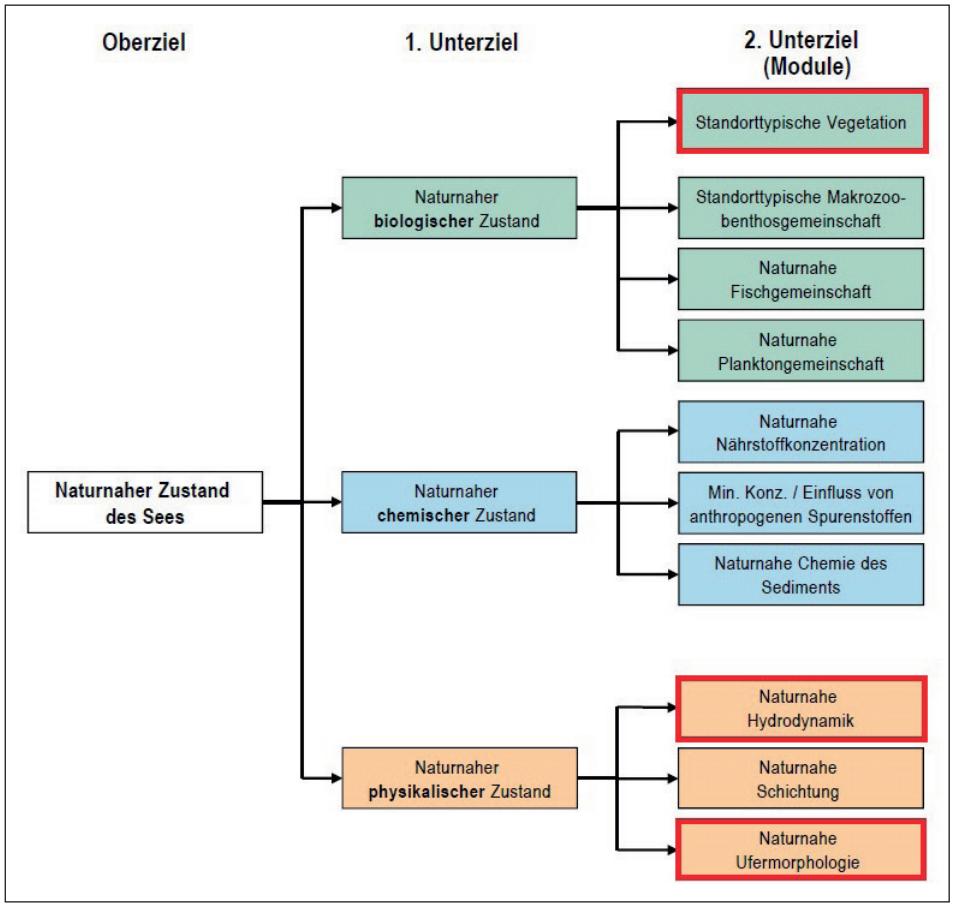

Abbildung 2: Wichtige Unterziele des Modul-Stufen-Konzeptes (Schlosser et al, 2013).
Figure 2: Sous-objectifs importants du concept modulaire gradué (Schlosser et al, 2013).

den müssen, um diesen zu verbessern. Wie bei der Fliessgewässerrenaturierung handelt es sich bei den Seeufern um eine leitbildorientierte Rückführung eines bereits beschädigten Abschnitts in einen naturnahen Zustand.

Modul-Stufen-Konzept

Damit die Renaturierung von Seeufern ebenfalls so erfolgreich wird wie bei den Fliessgewässern, wurde das Modul-Stufen-Konzept auf die Seen adaptiert. Dies ermöglicht eine systematische Erfassung der Grundlagen und damit eine Vergleichbarkeit unter den Seen. Mit Hilfe dieses Ansatzes können für einen umfassenden Seeuferschutz verschiedene Strategien und Massnahmenkonzepte formuliert werden. Der Anspruch der Seeuferrenaturierung liegt in der ökologischen Aufwertung, wobei zunächst die ökologischen Ziele genauer definiert werden müssen. Eine Abarbeitung der einzelnen Module ist sehr sinnvoll, um abschätzen zu können, wo Wissenslücken bestehen. Bei den ausgewählten Untersuchungspunkten handelt es sich um wichtige Unterziele des Modul-Stufen-Konzeptes, wie es auch in Abbildung 2 dargestellt ist.

Makrophyten

Das Modul «Standorttypische Vegetation» beinhaltet neben der typischen Ufersaumvegetation ebenfalls Makrophyten. Die Unterwasservegetation der Flachwasserzone stellt einen sehr wichtigen Indikator dar. Anhand deren Kenntnisse lassen sich Rückschlüsse auf den chemischen Zustand des Gewässers, die Stabilität der Sedimente (Erosion und Brandung), den Zustand der aquatischen Lebensräume und den Einfluss von Wasserbewegungen schliessen (Niederberger et al., 2013). Aufgrund ihrer schnellen Reaktion auf biologische, chemische oder physikalische Veränderungen im Wasser sind sie sehr gut für eine Charakterisierung von Uferabschnitten geeignet. Diese Tatsache war ein entscheidender Grund, warum für die ökologische Abschätzung die Bestimmung von Makrophyten hinzugezogen wurde.

Das Ziel der Untersuchung war, eine Aussage treffen zu können, welche Makrophytenarten sich in dem Untersuchungsgebiet befinden, welche Information über den Zustand des Gewässers sich daraus ableiten lässt, welche Arten zu einer Verbesserung beitragen würden und wie deren Artenvielfalt gesteigert werden kann.

Die Probenahme der Makrophyten fand im August 2015 statt und wurde seeseitig mit Hilfe eines Bootes durchgeführt. Eine ausführliche Bestimmung der Makrophyten erfolgte in Zusammenarbeit mit dem Gewässer- und Bodenschutzlabor des Amtes für Wasser und Abfall (AWA) des Kantons Bern. Mit Hilfe einer bereits 1995 durchgeführten Kartierung der Makrophyten von Dr. Katrin Guthruf konnte ein Vergleich der Bestände vorgenommen werden (Guthruf, 1995). Anhand der Probenahme konnte eine Vielzahl an Makrophytenarten aufgezeigt werden, welche typisch für den Bielersee und für den Untersuchungsabschnitt Gals sind. Insgesamt zeigte sich, dass jede der gefundenen Arten eher ruhige bis sehr ruhige Wasserzonen bevorzugt, welche in Gals nur an einer Stelle zu finden sind. Zu hohe Wellenbewegungen führen bei den Organismen der Litoralzone zu Stress. Um diese Problematik zu ändern wurde anhand des vorliegenden Wissens ein Konzept entwickelt, um die Habitatsansprüche für Makrophyten zu verbessern und somit das Seeufer Gals ökologisch aufzuwerten. Dabei wurden verschiedene Varianten entwickelt, welche zu einer Beruhigung der derzeit vorliegenden Wasserbewegungen beitragen sollen.

Hydrodynamik

Auf Seeufer wirken neben den anthropogenen Einflüssen auch noch grosse Belastungen durch Oberflächenwellen, welche durch Wind oder durch Schiffverkehr entstehen können. In der Masterarbeit wurden ausschliesslich nur die windinduzierten Wellen (Amini et al, 2016 sowie Amini und Heller, 2016) genauer betrachtet, da die Ermittlung der Schiffswellen mit sehr viel Aufwand verbunden ist, wie Untersuchungen am

Bodensee aufzeigen (Hofmann, 2008). Wellen zählen zu den wichtigsten hydrodynamischen Prozessen an einem Seeufer, denn an der Litoralzone entlädt die Welle ihre ganze Energie und formt dabei das Ufer. Dadurch erfolgen Prozesse wie Erosion, Resuspension und Sedimentablagerungen sowie Freisetzung von Porenwasserinhaltsstoffen. Hinzu kommen Einwirkungen auf die Artenzusammensetzung von Zoobenthos, Fischen und Makrophyten. Ebenfalls führen Wellen zu einer Beeinflussung der Biomasseproduktion und deren Verteilung.
Eine zu stark voranschreitende Erosion ist an vielen Stellen nicht erwünscht, weshalb Ufermauern oder Blockwürfe zum Schutz vor Erosion angebracht werden. Allerdings führen diese Baumassnahmen zu einer absoluten Strukturarmut am Ufer, da unter anderem kein Schilf vom Land aus mehr in das Wasser hineinwachsen kann. Auch führen harte Verbauungen aufgrund der Reflexion der Wellenenergie zu einer Abtiefung des Seegrundes. Die Energie der Welle wird aufgrund des nicht erfüllten Brecherkriterium nicht gebrochen und trifft mit der gesamten Kraft auf das Bauwerk und wird reflektiert, wodurch sich die Wellenhöhen verdoppeln können und sich die Erosionsleistung entsprechend erhöht (Huber, 2014).

Ufermorphologie

Neben der Modellierung der windinduzierten Wellen und der welleninduzierten Strömung wurde ein weiterer wichtiger Aspekt in der Bearbeitung der Masterarbeit betrachtet, welcher im Modul-Stufen-Konzept eine grosse Rolle spielt: die Beurteilung der Ufermorphologie.
Das Bundesamt für Umwelt (BAFU) hat 2013 damit begonnen, eine geeignete Methodik zur ökomorphologischen Zustandserhebung und zur Beurteilung der Ufermorphologie von Seeufern zu entwickeln (Niederberger et al., in Bearbeitung). Mit Hilfe der Methode können auch Vorher-Nachher-Erhebungen getroffen werden, was eine Erfassung des Ist-Zustandes und eine Festlegung des Referenz- resp. Zielzustandes voraussetzt. Da sich die Methode noch in der Entwicklungsphase befindet, wurde sie in vereinfachter Form in der Masterarbeit verwendet. Anhand der Veränderung der Attributsausprägungen vom Ausgangs- und Zielzustand wurde überprüft, ob die vorgeschlagenen Massnahmen überhaupt das Ziel einer Verbesserung des ökologischen Zustandes bewirken.

4. Aufwertungskonzept und Massnahmen

Für das Untersuchungsgebiet Gals wurden verschiedene Konzepte ausgearbeitet, um eine ökologische Aufwertung des Seeufers zu erzielen. Dazu zählten unter anderem der Bau von Wellenbrechern oder Riffen, mit dem Ziel, wellenberuhigte Bereiche und damit die Ausbreitung von Makrophyten zu erreichen. Es wurde festgelegt, dass sich Wellenbrecher im östlichen und Riffe im westlichen Uferbereich befinden sollen. Insgesamt unterschieden sich die Baumassnahmen nur in ihrer Ausrichtung, Länge und Bauweise. So handelt es sich bei den Wellenbrechern um drei verschiedene Anordnungen, einen durchgängigen, zwei kleine und die dritte Variante beinhaltet drei kleine Wellenbrecher, welche in östlicher Richtung zueinander versetzt stehen. Die Riffe unterscheiden sich in ihrer Kronenbreite und Höhe. Damit konnte abgeschätzt werden, welche Ausrichtung den grösstmöglichen Erfolg bewirkte. Eine weitere Massnahme war der Bau einer Lagune, welche anhand der im Projektgebiet vorhandenen Bucht untersucht werden konnte. In der Abbildung 3 sind der vorhandene Ist-Zustand und der zu erreichende Ziel-Zustand dargestellt.

Modellierung und Überprüfung der Massnahmen mit MIKE 21

Um die Wirkung der Baumassnahmen untersuchen zu können, wurden die einzelnen Bauelemente in die Software MIKE 21 eingefügt und daran die windinduzierten Wellen und die welleninduzierte Strömung simuliert. MIKE 21 wurde vom Danish Hydraulic Institute (DHI) entwickelt und gilt als Hauptreferenz für numerische Simulationen, da wichtige natürliche Phänomene, welche in beiden horizontalen Richtungen ablaufen, untersucht werden können. Für eine Simulation werden unter anderem Informationen über die Uferlinie, Wassertiefe, Bathymetrie, Überstreichlänge (Fetch), Windgeschwindigkeit und Windrichtung benötigt.

Abbildung 3: Bestehender Ist-Zustand (links) und der zu erreichende Ziel-Zustand (rechts) (Iseli, 2015).
Figure 3: État actuel existant (gauche) et état-cible à atteindre (droite) (Iseli, 2015).

Abbildung 4: Luftbild des Seeufer Gals mit den ausgewählten Untersuchungsabschnitte (Maurer, 2015.
Figure 4: Vue aérienne de la rive de Gals avec les tronçons d'étude choisis (Maurer, 2015).

Die Simulation der Varianten erfolgte unter der Annahme zwei verschiedener Windszenarien. Dabei umfasst eine der Varianten den Ist-Zustand des Untersuchungsgebiets, um einen besseren Vergleich ziehen zu können. Die Wahl der Windszenarien erfolgte anhand der gegebenen Informationen über die Windgeschwindigkeit, Dauer und Überstreichlänge (Fetch). Dieser liegt beim Bielersee entsprechend seiner Länge bei maximal 15 km. Der zu untersuchende Uferabschnitt Gals liegt im Südwesten des Bielersees und unterliegt vor allem dem Einfluss der Bise, welche aus nordöstlicher Richtung weht, weshalb die vollständige Länge des Sees ausgenutzt werden musste, um plausible Ergebnisse zu erhalten. Anhand des IDF-Diagramms, welches die statistischen Werte von Windintensität (I) und -dauer (D) für verschiedene Wiederkehrfrequenzen (F) aufzeigt, wurden die Windgeschwindigkeit und die Winddauer für die Wiederkehrperioden 2,33 Jahre und 20 Jahre ermittelt. Die Daten aus dem IDF-Diagramm wurden 2001 im Zusammenhang mit dem Projekt EROSEE erarbeitet, indem Wind- und Wellendaten gemessen und anschliessend mit langjährigen Winddaten von Messstationen korreliert wurden (Schleiss et al., 2006). Für das Wiederkehrintervall von 2,33 Jahren wurde bei einer Winddauer von zwei Stunden die Windgeschwindigkeit 10.5 m/s und für 20 Jahre bei einer ebenfalls zwei Stunden anhaltenden Winddauer 13 m/s angenommen. Mit diesen Werten konnte gemäss Fetchdiagramm erwartet werden, dass es bei den zu errechneten signifikanten Wellenhöhen um die maximalen, durch den Fetch begrenzten Werte handelt (Schiefer, 2016).

Die oben festgelegten Parameter wurden in MIKE 21 eingearbeitet und im Anschluss erfolgten die Simulation der windinduzierten signifikanten Wellenhöhe und die welleninduzierte Strömung. In der Abbildung 4 sind die beiden Abschnitte markiert, welche für die Modellierung in MIKE 21 und weiteren Überlegungen zur Erstellung eines Konzeptes verwendet wurden.

5. Ergebnisse

Insgesamt hat die Simulation der verschiedenen Varianten für zwei Windszenarien in MIKE 21 deutlich gezeigt, dass die geplanten Maßnahmen am Untersuchungsgebiet Gals die signifikante Wellenhöhe und die welleninduzierte Strömung verringern können. Einzig bei einer Variante mit den drei einzelnen, senkrecht zum Ufer gebauten Wellenbrechern kommt es zu einer Verschlechterung der Ausgangssituation für beide Windereignisse. Es kann davon ausgegangen werden, dass bei einer veränderten Anordnung das Ergebnis wesentlich besser ausfällt. Eine Darstellung der Ergebnisse ist in Abbildung 5 zu finden. Durch die beiden kleinen Wellenbrecher wurde die signifikante Wellenhöhe deutlich verringert und der sich hinter den Bauelementen befindliche Schilfbestand (siehe Abbildung 4) kann vor zu hohen Wellen geschützt werden. Dadurch können die Bedingungen verbessert werden, sodass sich der Bestand wieder ausbreitet. Eine weitere Überlegung war, dass durch die Bauweise der zwei getrennten Wellenbrecher mitgetragenes Material hinter die Bauwerke gelangt und angesichts der verringerten Strömung und der damit einhergehenden geringen Geschwindigkeit abgelagert werden kann. Somit kann Verlandung gefördert werden. Mit Hilfe der drei einzelnen Wellenbrecher wurden auch gute Ergebnisse zur Verringerung der Wellenhöhe erzielt. Im Vergleich zu den zwei einzelnen Wellenbrechern wurden die Wellen zum Ufer hin allerdings höher. Diese Tatsache lässt sich mit der Ausrichtung der Wellenbrecher begründen, weshalb davon ausgegan-

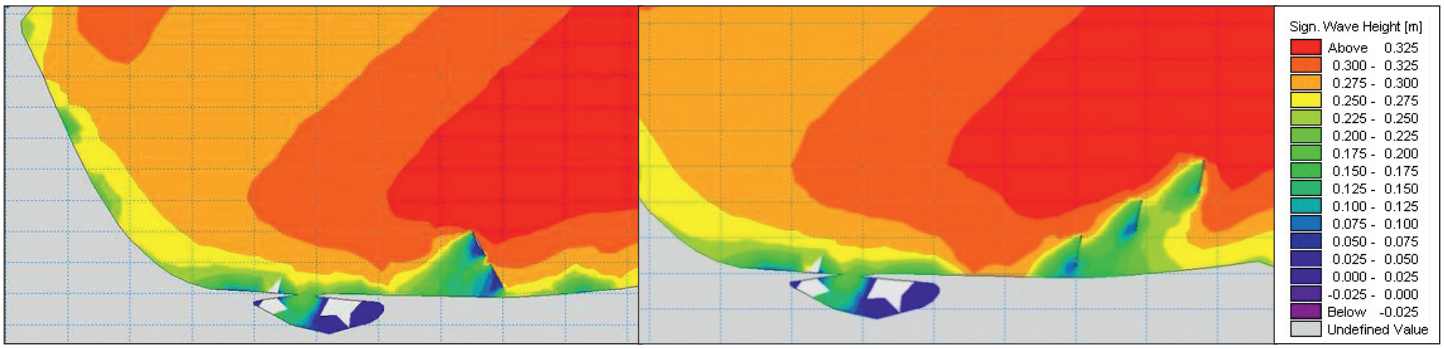

Abbildung 5: Ergebnisse der signifikanten Wellenhöhen bei unterschiedlichen baulichen Ausrichtungen: zwei einzelne (oben) und drei einzelne, senkrecht zum Ufer (unten) gebaute Wellenbrecher sowie bei der bestehenden Lagune (Schiefer, 2016).
Figure 5: Résultats des hauteurs de vagues significatives selon différentes orientations d'aménagement: deux amortisseurs de vague individuels (en haut) et trois amortisseurs de vague individuels, érigés perpendiculairement à la rive (en bas) et à la lagune existante (Schiefer, 2016).

gen werden kann, dass die Belastung auf den bestehenden Schilfbestand zunimmt und eine Verkleinerung des Bestandes die Folge sein könnte. Eventuell kann eine veränderte Anordnung der Wellenbrecherelemente zu einer Verbesserung des Resultates führen (Schiefer, 2016).

Die im westlichen Uferabschnitt modellierten Riffe tragen im Vergleich zu den Wellenbrechern nicht zu einer grossen Verringerung der Wellenhöhe bei, jedoch vergrössern sie den Bereich mit kleineren Wellenhöhen. Es kann deshalb angenommen werden, dass in diesem Uferabschnitt die Ausbildung eines Flachufers gefördert wird, da Erosion an der Uferlinie weiterhin vonstattengehen kann. Der Bau von Riffen ist durchaus angebracht, da diese zu keiner Störung des Landschaftsbildes beitragen, wie es zum Beispiel bei Wellenbrechern der Fall wäre. Allerdings sind weitere Untersuchungen ratsam und förderlich, um neben der idealen Ausrichtung auch die optimale Höhe, Breite und Länge von Riffen ermitteln zu können.

Die simulierten Wellenhöhen und Strömungen konnten einen guten Einblick darüber geben, welche Einflüsse auf das Seeufer Gals wirken. Es ist wichtig zu erwähnen, dass es sich bei der durchgeführten Simulation nur um windinduzierte Wellen handelt. Die durch den Schiffsverkehr entstehenden Wellen spielen ebenfalls eine entscheidende Rolle bei der Wellenbelastung auf die Seeufer. Dieser Aspekt konnte in der Masterarbeit allerdings nicht mit berücksichtigt werden, da die dafür notwendige Erfassung der Schiffswellen am Bielersee nicht durchgeführt wurde. Die am Bodensee vorgenommene Studie ergab wichtige Informationen und sollte bei weiteren numerischen Simulationen der Wellenhöhen unbedingt mit einbezogen werden (Hofmann et al., 2008). Durch die Reduzierung der signifikanten Wellenhöhe und der Strömung verbessern sich die Ansiedlungschancen von Makrophyten, da sie, bis auf wenige Arten, nur geringe Toleranzen gegenüber Wasserbewegungen aufweisen. Eine Abschätzung, ob Makrophyten sich wieder ansiedeln können, hängt nicht nur von den Wellen- und Strömungsbedingungen ab, sondern von vielen weiteren Faktoren, wie zum Beispiel pH-Wert, Licht, chemische Zusammensetzung und Sediment. All diese Faktoren wurden in der Masterarbeit nicht weiter betrachtet, deshalb kann nicht abschliessend beurteilt werden, ob die verringerten Wind- und Strömungsbedingungen ausreichen, um eine Wiederansiedlung von Makrophyten zu gewährleisten. Aus diesem Grund ist es sehr wichtig, dass weitere Untersuchungen über Makrophytenarten und deren Habitatsansprüche stattfinden. So liessen sich die Baumassnahmen noch besser auf die zu fördernden Arten ausrichten und damit eine Verbesserung des Ist-Zustandes zielgerichteter planen (Schiefer, 2016).

Überprüfung der erzielten ökomorphologischen Aufwertung

Die Beurteilung der Ökomorphologie von Ist- und Ziel-Zustand mithilfe der Methode des BAFU und die nachfolgen-

Abbildung 6: Einteilung der Uferabschnitte zur Bewertung des ökomorphologischen Zustandes: westliches Ufer (links) und östliches Ufer (rechts) (Schiefer, 2016).
Figure 6: Division des tronçons de rive pour l'évaluation de l'état écomorphologique: rive ouest (gauche) et rive est (droite) (Schiefer, 2016).

den Vergleiche zeigten deutlich, dass die Umsetzung der vorgeschlagenen Massnahmen zu einer Verbesserung des ökomorphologischen Zustandes in den Uferabschnitten führen kann. Bei den untersuchten Abschnitten handelt es sich um die beiden bereits simulierten Abschnitte in MIKE 21 (siehe auch Abbildung 6). Zunächst wurde für beide Bereiche der Ist-Zustand ermittelt, um im Anschluss daran einen Vergleich ziehen zu können.

Die ökomorphologische Beurteilung des Ziel-Zustandes wurde unter der Annahme durchgeführt, dass alle Massnahmen ausgeführt wurden, die den naturnahsten Zustand der beiden Abschnitte bewirken würde. Die möglichen Schritte, um diesen Zustand umzusetzen sind in der Masterarbeit weitestgehend erläutert. Dazu gehören unter anderem die Entfernung der Uferverbauung und der Kiesschüttung, das Ansiedeln von standorttypischer Vegetation und die Errichtung einer Lagune um die Schwimmblattzone zu fördern. Die Installation der Wellenbrecher und Riffe wurde ebenfalls mit betrachtet. Im Ist-Zustand wird der östliche Uferabschnitt beeinträchtigt und der östliche als naturfremd beurteilt. Mit dem Umsetzen der Massnahmen können beide Abschnitte in einen wenig beeinträchtigten Zustand verbessert werden.

Diese Erkenntnis ist wichtig für das weitere Vorgehen in dem Projekt und bestätigt ausserdem, dass Renaturierungsmassnahmen an Seeufern durchaus erfolgsversprechend sind und eine Verbesserung der aktuellen Zustände bewirken können. Zwar handelt es sich bei den Massnahmen teilweise ebenfalls um Eingriffe, unter anderem in die Flachwasserzone, jedoch sind diese nicht so schwerwiegend, wie zum Beispiel eine harte Uferverbauung oder eine Kiesschüttung. Die negative Bewertung wird zudem durch die positiven Auswirkungen der Massnahmen mehr als kompensiert.

6. Fazit

Die in der Masterarbeit untersuchte Problematik stellte ein sehr komplexes und weitreichendes Thema der Seeuferrenaturierung dar. Aufgrund von extremen Belastungen der Seeufer ist eine dringende Verbesserung der derzeitigen Zustände sehr wichtig. Besonders die durch den Menschen errichteten Uferverbauungen oder Hafenanlagen, aber auch der steigende Nutzungs- und Erholungsdruck und das Einleiten von Nährstoffen zählen zu den schwerwiegenden Verschlechterungsfaktoren auf Seeufer. Die Folgen sind unter anderem, dass die Wellenbelastung auf die Ufer zu- und die Widerstandskraft der Ufer selbst abnimmt, wodurch der Abtrag von Ufermaterial gesteigert wird.

Bereits mit kleinen Eingriffen kann eine ökologische Aufwertung eines Seeufers erfolgen. Die Handlungsmöglichkeiten am Seeufer Gals sind sehr vielfältig und bieten ein großes Potential zur ökologischen Aufwertung. Mithilfe eines systematischen Vorgehens nach dem Modul-Stufen-Konzept können die Defizite an Seeufern erkannt, strukturiert und mit angepassten ingenieurbiologischen Massnahmen verbessert werden. Durch eine Erfassung der vorhandenen Ist-Zustände und der numerischen Modellierung von Wellen- und Strömungsbelastung können Massnahmen gezielt geplant werden. Ausserdem kann eine Überprüfung stattfinden, ob die vorgeschlagenen Sanierungsmassnahmen zu einer Verbesserung führen. Ebenso ist das Bewerten der vorhandenen Makrophytenarten förderlich, da diese geeignete Indikatoren zur Ableitung der vorherrschenden chemischen Verhältnisse und der Sedimente bezüglich der Erosion und Brandung sind.

Für die Zukunft sollten die vorliegenden Methoden weiterhin verbessert und angepasst werden, um die Wissenslücken im Bereich Seeuferrenaturierung zu schliessen. Die Grundlagen sind vorhanden und müssen nun noch weiter ausgebaut werden. Die Masterarbeit hat gezeigt, dass mit Hilfe einer numerischen Modellierung die Problematik der Wellen- und Strömungsbelastung erfasst werden kann. Dabei muss darauf geachtet werden, dass eine aktuelle Bathymetrie verwendet wird, welche die Flachwasserzone mit beinhaltet. Ausserdem sollten die vorhandenen Verhältnisse von Windgeschwindigkeit, -dauer und Wiederkehrperiode (IDF-Diagramme) mit weiteren Wellenmessungen plausibilisiert werden. Des Weiteren müssen die Schiffswellen mit berücksichtigt werden, da sie ebenfalls eine hohe regelmässige Belastung der Ufer bewirken.

Auch müssen Makrophyten erfasst und während der Planung der jeweiligen Sanierungsmassnahme berücksichtigt werden. Eine Analyse des ökologischen Zustandes und eine anschliessende Umsetzung von angepassten Massnahmen anhand von Makrophyten allein sind jedoch kaum zielführend. In Kombination mit anderen biologischen Faktoren, wie beispielsweise anhand von Makrozoobenthos oder Fischen, wäre eine Untersuchung weitaus effektiver.

Europaweit besteht dringender Handlungsbedarf an vielen Seen und Ufern und die ersten Ansätze wurden bereits entwickelt und müssen nun weiter verbessert werden. Es lässt sich abschliessend sagen, dass eine Renaturierung von Seeufern zwar sehr komplex und vielschichtig, jedoch auch erfolgsversprechend ist. Mithilfe der bereits entwickelten Methoden kann ein sehr guter Leitfaden für die Seeuferrenaturierung entstehen. Eine numerische Simulation und eine Makrophytenaufnahme nehmen dabei einen wichtigen Platz ein, ergeben aber erst mit allen anderen zu betrachtenden Faktoren ein Gesamtergebnis, welches schlüssig und aussagekräftig ist. Das grosse Umdenken und Handeln hin zu einer leitbildorientierten Revitalisierungsplanung hat bei den Fliessgewässern bereits begonnen und ist dort schon weit fortgeschritten. Es wäre sehr erfreulich, wenn dieser Funke auch auf die Seeuferrenaturierung überspringen und das Verständnis und die Handlungsbereitschaft hier ebenfalls zu einer Erfolgsgeschichte führen würde.

7. Danksagung

Die Masterarbeit wurde unterstützt vom Landschaftswerk Biel-Seeland, vom Laboratoire de constructions hydrauliques (LCH) der École polytechnique fédérale de Lausanne (EPFL) und von Prof. Dr.-Ing. Jürgen Stamm und M.Sc. Hydro-Science and Engineering Roberto Tatis Muvdi vom Institut für Wasserbau und Technische Hydromechanik der TU Dresden.

Literatur

Amini, A., Dhont, B. and Heller, P. (2016): Wave atlas for Swiss lakes: modeling design waves in mountainous lakes. Journal of Applied Water Engineering and Research DOI: 10.1080/23249676.2016.1171733

Amini, A and Heller, P. (2016): Assessment of wave risk for Swiss lakes: Numerical simulation of waves of different return periods. Proc. of INTERPRAEVENT 2016, Hazard and risk assessment, Lucerne

Guthruf, K. (1995): Makrophyten des Bielersees 1995; Gewässer- und Bodenschutzlabor des Kantons Bern

Hofmann, H.; Lorke, A.; Peeters, F. (2008): The relative importance of wind and ship waves in the littoral zone of a large lake. In: Limnol. Oceangr. 53 (1), S. 368–380. DOI: 10.4319/lo.2008.53.1.0368

Huber, A. (2014): Wellendynamik und Seeuferrevitalisierung. Ingenieurbiologie 2014/4, S. 4-14

Iseli, C. (2015): Grundlagen für einen umfassenden Uferschutz an Seen. In: Ingenieurbiologie 2014/4, S. 32–37

Niederberger, K., Rey, P., Schlosser, J., Reichert, P., Haertel-Borer, S. (in Vorb.): Methoden zur Untersuchung und Beurteilung stehender Gewässer, Modul: Ökomorphologie der Ufer stehender Gewässer, Stufe: flächendeckend. Bundesamt für Umwelt, Bern

Ostendorp, W. (2014): Seeuferrenaturierung. In: Michael Hupfer und Christian E. W. Steinberg (Hg.): Handbuch angewandte Limnologie. Grundlagen, Gewässerbelastung, Restaurierung, aquatische Ökotoxikologie, Bewertung, Gewässerschutz. Weinheim: Wiley-VCH, S. 1–66

Schiefer, A. (2016): Analyse des ökologischen Aufwertungspotentials am Seeufer Gals (Bielersee, Schweiz): Hydrodynamische Modellierung und Makrophyten. Masterarbeit. TU Dresden, Dresden. Institut für Wasserbau und Technische Hydromechanik

Schleiss, A.; Boillat, J.; Sayah, S.; Schmocker, P.; Müller, B. (2006): Basic Principles and Methods of Field Measurements, Analysis of Wind, Wave, Bathymetrie and Sediment Data. Teil 2

Schlosser J.A., Haertel-Borer S., Liechti P., Reichert P. (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

Zerbe, S.; Wiegleb, G. (2009): Renaturierung von Ökosystemen in Mitteleuropa. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag

Kontaktadressen

Anne Schiefer, M.Sc. Wasserwirtschaft
Landschaftswerk Biel-Seeland
Aarbergstrasse 91
2502 Biel
A.Schiefer@landschaftswerk.ch

Christoph Iseli, Dipl. Forsting. ETH
Landschaftswerk Biel-Seeland
Aarbergstrasse 91
2502 Biel
ch.iseli@landschaftswerk.ch

Dr. Azin Amini, MSc Bauing.
Univ. Teheran
EPFL ENAC IIC LCH
GC A3 515 (Bâtiment GC)
Station 18
1015 Lausanne
azin.amini@epfl.ch

Dr. Giovanni De Cesare,
Dipl. Bauing. EPF sowie
Verein für Ingenieurbiologie (Präsident)
EPFL ENAC IIC LCH
GC A3 495 (Bâtiment GC)
Station 18
1015 Lausanne
giovanni.decesare@epfl.ch

Erholung am Seeufer

Michael Fuchs, Prof. Thomas Oesch

Zusammenfassung
Angesichts der wachsenden Bevölkerung und der zunehmenden Freizeit nehmen die Ansprüche an die Seeufer stetig zu. Waren die Ufer früher kaum zugänglich, so sind sie heute vielfach erschlossen, überschüttet und intensiv genutzt. Die Seeregulierungen ermöglichten Landgewinn, beschleunigten aber die Erosion in der Flachwasserzone und sind eine der Ursachen für den Rückgang der wertvollen Schilfbestände.
Heute spitzen sich die Nutzungs- und Interessenkonflikte zwischen dem Erholungsbedürfnis der Öffentlichkeit, den Ansprüchen der Seeanstösser sowie der Erfordernis der Ökologie am Seeufer zu. Diese gegensätzlichen Ansprüche spiegeln sich in der Gesetzgebung wieder, indem z.B. das Raumplanungsgesetz RPG den öffentlichen Zugang zum Seeufer im Grundsatz einfordert, das Natur- und Heimatschutzgesetz NHG hingegen die Uferbereiche und ihre Vegetation unter besonderen Schutz stellt. Die Flachwasserzone erhält einen besonderen Schutz, weil Überschüttungen und Abgrabungen kaum mehr bewilligt werden.
In den vergangenen Jahren wurden Revitalisierungen durchgeführt, die mehrheitlich auf den direkten Zusammenhängen zwischen Ufererosion und Wellenreflexion aufbauten. Typische Massnahmen waren Vorschüttungen an senkrecht verbauten Ufern. Häufig vernachlässigt wurden aber der Bezug zur Nutzung im Umfeld sowie die Vernetzung des seeseitigen mit dem landseitigen Lebensraum.
Die Behörden sorgen heute für die Umsetzung der Gesetze, indem sie zusammenhängende Seeuferplanungen in kantonale und kommunale Richtpläne integrieren. Es werden Vorranggebiete festgesetzt, in denen bestimmte Nutzungen und Intensitäten vorgesehen sind. Solche Planungen lassen sich auf öffentlichem Grund schrittweise umsetzen, weniger rasch gehen die Verfahren auf Pacht- und Konzessionsland mit langjährigen Verträgen voran. Die Erkenntnis ist gereift, dass eine Seeuferaufwertung im besiedelten Umfeld immer auch eine Erholungsplanung mit Besucherlenkung beinhaltet.
Im Bereich der privaten Liegenschaften ist die Rechtslage noch komplexer. So kennen die Behörden noch kaum Rezepte, wie der Gewässerraum im Privatbereich umgesetzt werden kann. Deshalb werden hierzu Skizzen und Ideen präsentiert, welche im Rahmen eines Landschaftsentwicklungskonzepts mit den Eigentümern auf freiwilliger Basis erarbeitet wurden. Die Umsetzung geschieht aber nur zögerlich.

Keywords
Erholung, Seeuferplanung, Landschaftsentwicklungskonzept, Besucherlenkung

Récréation au bord du lac

Résumé
Compte tenu de la croissance de la population croissante et de l'augmentation du temps libre, les exigences aux rives des lacs s'élèvent constamment. Tandis que les rives n'étaient jadis guère accessibles, elles sont aujourd'hui exploitées de manière multiple, recouvertes et utilisées intensément. Les régulations des bordures de lac ont permis de gagner du terrain, mais aussi d'accélérer l'érosion dans les zones de faible profondeur et sont devenues une des causes pour le déclin des précieuses roselières.
De nos jours, les conflits d'exploitation et d'intérêts entre le besoin de récréation du public, les droits des riverains ainsi que l'impératif écologique des rives se multiplient. Ces exigences contradictoires se reflètent dans la législation, par ex. la Loi sur l'aménagement du territoire exige en principe un accès public à la rive alors que la Loi sur la protection de la nature et du paysage en revanche protège spécialement les zones riveraines et leur végétation. Les zones de faible profondeur sont particulièrement protégées au sens que les remblais et les déblais ne sont guère plus autorisés.
Ces dernières années, des revitalisations ont été effectuées majoritairement fondées sur les liens directs entre érosion des rives et réflexion des ondes. Des mesures typiques étaient des remblais aménagés perpendiculairement aux rives. Or, le rapport à l'exploitation dans l'environnement et la connexion des habitats marins et terrestres ont souvent été négligés.
Aujourd'hui, les autorités veillent à la mise en œuvre des lois en intégrant les planifications cohérentes des rives dans les plans directeurs cantonaux et communaux. Des zones prioritaires sont déterminées dans lesquelles certaines utilisations et intensités sont prévues. De tels projets se réalisent pas à pas sur le terrain public, tandis que les procédures sur les terrains et les zones de concession avancent moins vite. On est parvenu à la conclusion qu'une valorisation des rives dans un environnement peuplé implique toujours la planification de zones de détente avec orientation des visiteurs.
Dans le domaine des propriétés privées, la situation juridique est encore plus complexe. Ainsi, les autorités n'ont guère de solutions sur la mise en œuvre de l'espace réservé aux eaux dans un domaine privé. C'est la raison pour laquelle des esquisses et des idées sont présentées, élaborées dans le cadre d'un concept de développement du paysage à titre volontaire avec les propriétaires. Mais la mise en oeuvre se fait de manière hésitante

Mots-clés
Récréation, plan directeur des rives du lac, concept de développement paysager, orientation des visiteurs

Attività ricreative sulle rive di lago

Riassunto

Davanti alla crescita della popolazione e dell'aumento del tempo libero, le rive di lago fanno fronte a esigenze sempre più grandi. Se in passato le rive non erano accessibili, oggi sono al contrario sfruttate in tanti modi, ricoperte e usate intensamente. I regolamenti sulle rive di lago hanno permesso di guadagnare terreno, ma anche di accelerare l'erosione nelle zone poco profonde, e sono diventate una delle cause della diminuzione dei preziosi canneti.

Al giorno d'oggi, i conflitti di sfruttamento e di interesse sono in aumento: tra il bisogno di attività ricreative della popolazione, i diritti delle persone residenti in prossimità e l'imperativo ecologico delle rive. Queste esigenze contraddittorie si riflettono nella legislazione, per esempio: la Legge sulla pianificazione del territorio richiede in linea di principio un accesso pubblico alla riva, mentre la Legge sulla protezione della natura e del paesaggio vuole proteggere in modo speciale le rive e la loro vegetazione. Le aree poco profonde sono particolarmente protette, in quanto i terrapieni (per aggiunta o rimozione di terra) non sono più autorizzati.

Parole chiave

Attività ricreative, piano direttore delle rive di lago, concetto di sviluppo paesaggistico, orientamento dei visitatori

1. Ausgangslage

Die Seeufer spiegeln die rasante Entwicklung der Schweiz in den letzten Jahrzehnten wieder. Angesichts des starken Bevölkerungswachstums und dem Ausbau der Infrastruktur gerieten die Seeufer zunehmend unter Druck. Besonders urbane und periurbane Regionen verzeichnen einen enormen Rückgang an öffentlich zugänglichen, naturnahen Ufern (KLEINER 2014).
Die Vernetzung der Seeuferabschnitte untereinander, aber auch jene mit dem Hinterland ist massiv eingeschränkt, was mit dem Bau von Siedlungen, standortfremden Nutzungen wie Gewerbe oder Sportanlagen, Seestrassen und Bahnlinien unmittelbar entlang dem Seeufer zusammenhängt. Hier leiden nicht nur die ökologische Vernetzung, sondern auch die wichtigen Zugänge und Wegeverbindungen von Erholungssuchenden bleiben unbefriedigend.
Heute sind z.B. nur rund 50% des Ufers am Zürichsee in öffentlicher Hand (Abb. 1). Zur Landgewinnung wurden oft die Ufer aufgeschüttet und dann hart verbaut (Abb. 2).

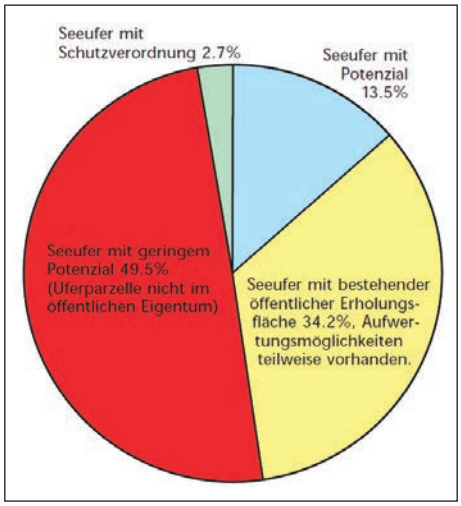

Abbildung 1: Potenzial zur Schaffung öffentlicher Erholungsflächen (ZSL, Vision Zürichsee 2050).
Figure 1: Potentiel de création d'aires de repos publics (ZSL, Vision Lac de Zurich 2050).

Demnach konzentriert sich das Potenzial für die Erholung auf den Bereich öffentlicher Flächen, vor allem jene ohne weitere Infrastruktur. Doch die Bereiche mit grosszügigen Aufwertungsmöglichkeiten sind sehr beschränkt.

2. Gesetzeslage

Für die Erholungsplanung wesentlich ist Art. 3 RPG, der die kantonale Raumplanung auffordert, dass Seeufer freizuhalten und den öffentlichen Zugang u.a. zu Erholungszwecken zu erleichtern. Dazu wird in den Kantonen meist die Seeuferplanung als Bestandteil des Richtplans festgesetzt. Eine Seeuferplanung ist letztlich eine raumwirksame Aufgabe, die auf alle Interessen und Gesetze abgestimmt werden muss (Art. 2 RPG).

Das neue Gewässerschutzgesetz GSchG verpflichtet die Kantone, an den Gewässern die ökologischen Funktionen schrittweise wiederherzustellen und einen Gewässerraum zu erlassen gemäss Art. 36a Abs.1.
Das GSchG besagt aber auch, dass die Gewässer der Erholung dienen sollen. Die Gewässerschutzverordnung GSchV verfeinert diese Aussage, indem nach Art. 41 nur standortgebundene, im öffentlichen Interesse liegende Anlagen wie Fuss- und Wanderwege neu erstellt werden dürfen. Bisher wird dieser Artikel streng ausgelegt. Nur in dicht bebauten Gebieten (z.B. in Städten und Zentren) werden neue Bauten und Anlagen im Gewässerraum bewilligt, wenn sie zonenkonform sind. In den übrigen Bereichen sind nur schmale, unbefestigte Pfade zugelassen. Neue, befestigte Zugänge zum Wasser und komfortable Uferanlagen, auch für gehbehinderte Menschen, sind dort kaum bewilligungsfähig. Dies schränkt den Gestaltungsspielraum für Ufergestaltung massgeblich ein. Es wird sich zeigen, ob hier auch das Prinzip von Ausgleich und Ersatz angewendet werden kann.

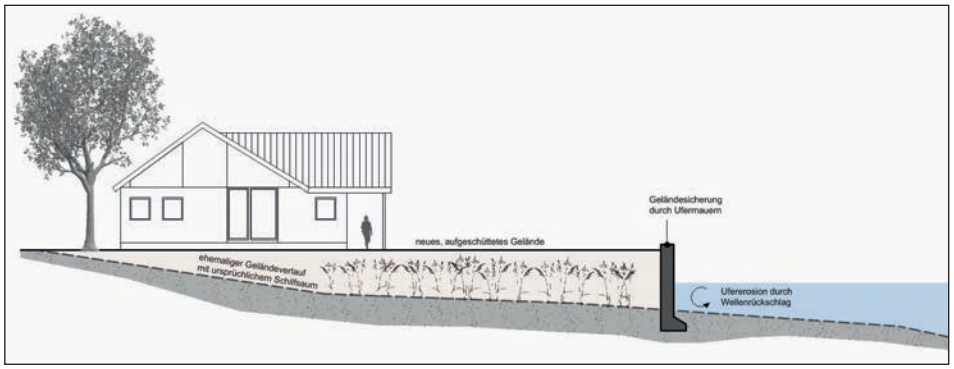

Abbildung 2: Landgewinnung durch Aufschüttungen und Uferverbau (ZSL, Vision Zürichsee 2050).
Figure 2: Gain de terre par remblai et aménagement lourd des rives (ZSL, Vision Lac de Zurich 2050).

Es gelten die Festsetzungen des Natur- und Heimatschutzgesetzes NHG Art. 18 Abs. 1 wonach die Ufervegetation geschützt ist und bei Verlust wiederherzustellen oder zu ersetzen ist.
Das GSchG legt auch fest, dass Schüttungen im Wasser im Prinzip nur noch zulässig sind, wenn eine Aufwertung der Flachwasserzone nachgewiesen werden kann, gemäss Art. 39 Abs. 2b. Dieser Nachweis ist meist sehr anspruchsvoll.

3. Defizite früherer Seeuferplanungen

Bis weit in die 90er Jahre wurden Seeufer kaum integral beplant, sondern die ökomorphologische Aufwertung entlang der Uferlinie stand im Vordergrund. Eine häufige Massnahme war die Kiesvorschüttung entlang von Ufermauern, die besonders an Bodensee über grosse Strecken durchgeführt wurde. Damit kann die Ufergestalt zwar verbessert werden, aber es wurden gleichzeitig vielerorts neue Zugänge zum See ermöglicht. Zusehends wurden so Uferabschnitte einem zu hohen Erholungsdruck ausgesetzt, so dass die ökologischen Vorteile durch Störungen und Flächenbelegungen zunichte gemacht wurden.
Ebenfalls wurde die Vernetzung der revitalisierten Ufer untereinander wie auch mit verwandten Lebensräumen im Hinterland kaum beachtet. Die Besucherinfrastruktur war oft zu wenig auf die zeitweise überbordenden Erholungsansprüche abgestimmt (vgl. OSTENDORP 2009).
Ein weiteres Thema ist die Verlegung von nicht standortgebundenen Nutzungen vom Seeufer weg (z.B. Industrie- und Gewerbeanlagen, Sportanlagen wie Tennisplätze, konventionelle Spielplätze). Hierfür ist in jedem Fall eine raumplanerische Gesamtbetrachtung nötig (KLEINER 2014).

4. Seeuferplanung auf kantonaler Ebene

Der kantonale Richtplan 1987 des Kantons St. Gallen beauftragte die beteiligten Behörden, einen Gesamtplan Seeufer zu erarbeiten, welcher Kanton und Gemeinden als Leitlinie ihrer raumwirksamen Vorhaben dienen soll. Die bereits 1997 vorliegende Seeuferplanung wurde dann auch Bestandteil des kantonalen Richtplanes 2003. Wesentliches Instrument der Planung ist das Ausscheiden von Vorrangfunktionen mit differenzierten Zielsetzungen (siehe Abb. 3). Anmerkung: diese Festsetzungen betreffen seit Inkrafttreten des neuen GSchG vorrangig die Bereiche ausserhalb des Gewässerraumes. Die strengen Bestimmungen im Gewässerraum kommen seit 2011 neu hinzu.

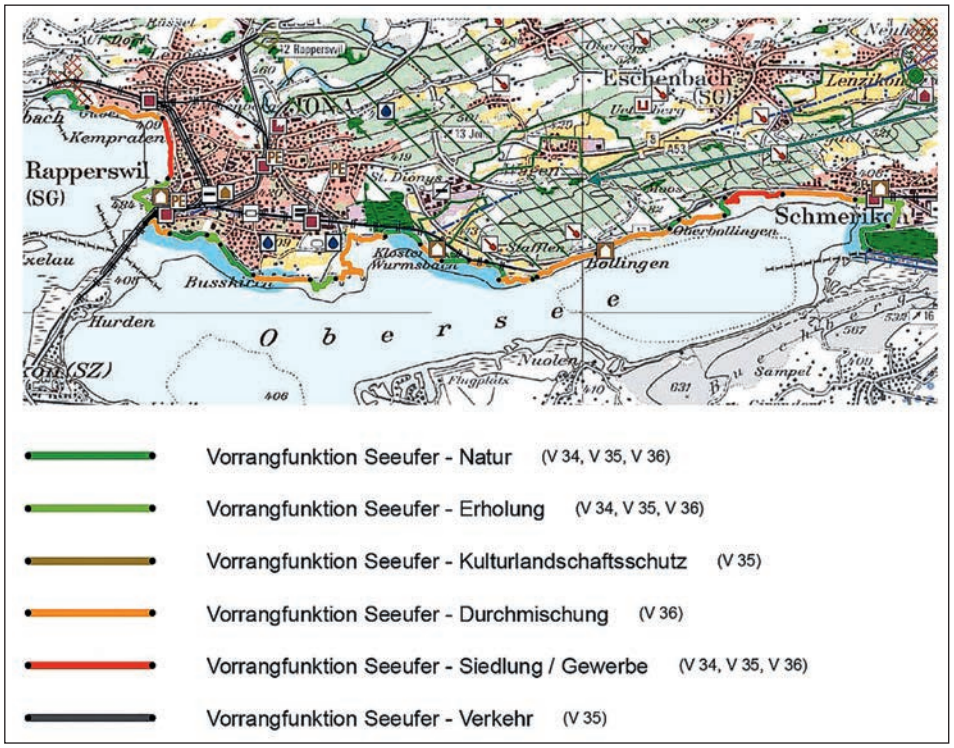

Abbildung 3: Vorrangfunktionen der einzelnen Seeuferabschnitte. Ausschnitt Kantonaler Richtplan SG (2015.
Figure 3: Fonction prioritaire des différents tronçons de rives. Extrait plan directeur cantonal SG (2015).

So gelten für die Erholungslandschaft am oberen Zürichsee folgende Festsetzungen:

- Konzentration der intensiven Erholungsnutzung und Ergänzung des Angebotes für extensive Erholung.
- Im Uferbereich sind nur solche Erholungsanlagen zugelassen, die auf einen Standort am Wasser angewiesen sind. Dabei ist der naturnahe Zustand des Ufers zu erhalten oder nach Möglichkeit wiederherzustellen.
- Begrenzung der Zahl der Bootsliegeplätze. Mit der Zusammenfassung von Bojenfeldern und Einzelbootsplätzen in Hafenanlagen wird die Zahl der Bootsliegeplätze nicht vermehrt, sondern lediglich räumlich umverteilt.
- Nur seegebundenes Gewerbe ist zuzulassen.
- Im Seeuferbereich können keine neuen Bauzonen ausgeschieden werden.

5. Seeuferplanung auf Gemeindeebene (Bsp. Freienbach Kanton Schwyz)

Die übergeordneten Festsetzungen aus den kantonalen Richtplänen und weiterer raumwirksame Beschlüsse werden auf Gemeindeebene verfeinert.
Hierfür gibt es mehrere verbindliche und weniger verbindliche Planungsinstrumente wie Gestaltungs- und Überbauungspläne. Diese sind vermehrt auf die vorhandenen Inventare wie z.B. die Ökomorphologische Kartierung der Seeufer abzustimmen.
Die Seeuferplanung kann idealerweise in ein Landschaftsentwicklungskonzept integriert werden, welches zum Ziel hat, die öffentlichen Freiräume sowohl ökologisch aufzuwerten als auch für die Bevölkerung zugänglich und erlebbar zu machen.
Im Rahmen des Landschaftsentwicklungskonzeptes LEK Höfe SZ wurden auf Basis des ökomorphologischen Zustandes der Seeufer und der Verfügbarkeit

Abbildung 4: Abgleich der Potenzialflächen für Seeuferaufwertungen im LEK (LEK Höfe, 2015) mit der ökomorphologischen Kartierung (Linie im See, ZSL 2003).
Figure 4: Comparaison des surfaces potentielles pour la valorisation des rives de lac dans le concept de développement paysager (LEK Höfe, 2015) avec la cartographie écomorphologique (ligne dans le lac, ZSL 2003).

sogenannte Potenzialflächen für Aufwertungen am Seeufer ausgeschieden.
In der Fortsetzung wurden bis auf Stufe Konzept Ideen und Vorschläge erarbeitet. Als Beispiel ist der in der Erholungs- und Freihaltezone gelegene Seeanstoss «Pfarrmatte» (siehe Abb.4, Abschnitt mit 1. Priorität). Die Pfarrmatte gehört einer Stiftung der Pfarrgemeinde, ist also nur als halböffentlich einzustufen.
Im Planungsgebiet Pfarrmatte (Abb. 5) fallen intakte Uferbereiche mit bestehendem Röhricht und Kleinstrukturen unter den Vorrang Natur. Die Vorrangfläche Erholung befinden sich mehrheitlich hinter einem lichten bis lückigen Schilfbestand, mit einzelnen Zugängen zum Wasser sowie bestehenden Sichtachsen. Ein eigentlicher Badebetrieb soll auf Wunsch von Grundeigentümer und Gemeinde nicht entstehen.
Eine geschickte Wegeführung und Besucherlenkung unterteilt die Flächen in Bereiche mit Widmung «Natur» und «Erholung».

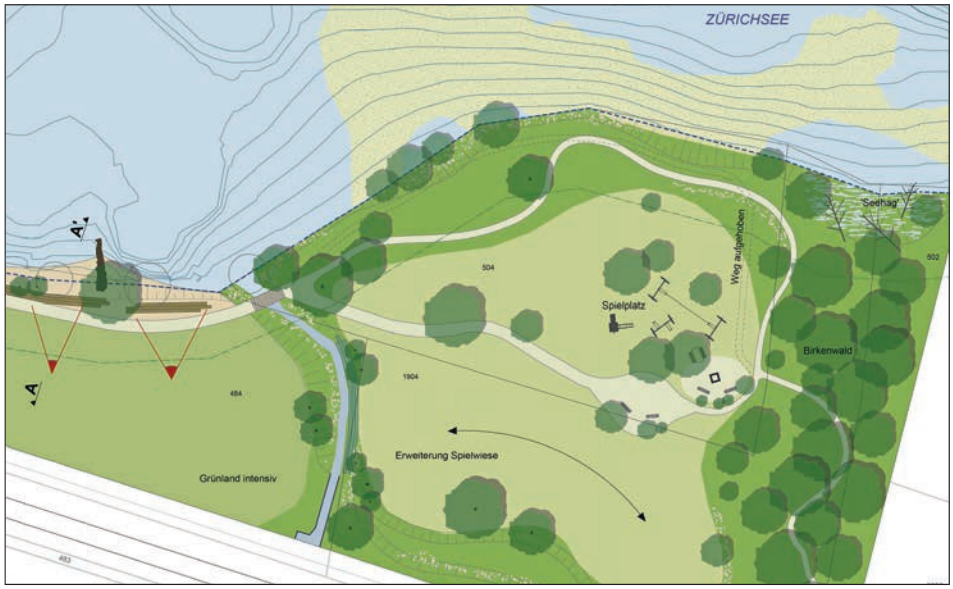

Abbildung 5: Konzeptplan «Pfarrmatte» (LEK Höfe 2014. HSR ILF).
Figure 5: Plan du concept «Pfarrmatte» (LEK Höfe 2014. HSR ILF).

Diese Unterlagen wurden der Gemeinde Freienbach übergeben, welche derzeit die Umsetzung aktiv angeht und ein Ausführungsprojekt ausarbeiten lässt.

6. Uferentwicklung auf Privatgrund

Während öffentliche Seeufer durch Raumplanungsinstrumente gesichert und aufgewertet werden können, sieht die Lage im privaten Bereich anders aus. Da meist Bestandesgarantie vorherrscht, auch für Anlagen im Gewässerraum, erscheint eine Extensivierung und Umgestaltung der ersten 15 m ab Uferlinie als ein sehr ambitioniertes Ziel. Viele Eigentümer befürchten in der Nutzung massgeblich eingeschränkt zu werden.
Hier nochmals das Beispiel des LEK Höfe: als Pilotprojekt wurden alle Privatanstösser angeschrieben und eine Beratung für deren Seeanstoss angeboten. Das Ziel war, den Eigentümern mit einfachen Skizzen zur Pflege und Gestaltung ihres Gewässerraumes den möglichen, ökologischen Mehrwert aufzuzeigen. Die Rücklaufquote lag bei 20 Prozent, immerhin (Abb. 7).
Fazit: Die ökologischen und gestalterischen Anliegen der Planer wurden erstaunlich positiv aufgenommen. Viele Anstösser waren sich der negativen Veränderungen entlang der Seeufer in den letzten Jahren sehr wohl bewusst, waren also bereit, einen Schritt vorwärts zu machen.
Seeseitig ist die Umsetzung der Ideen durchwegs komplizierter. Hier braucht es vertiefte Abklärungen und ausgereifte Wasserbau-Projekte. Zudem sollten in der Regel grössere Uferabschnitte zusammengefasst werden, denn nur so sind Revitalisierungen z.B. mit dem Umbau von Ufermauern bewilligungsfähig, nur so ist der Nachweis einer Aufwertung des Flachwassers möglich.

7. Ausblick

Insgesamt lässt sich feststellen, dass im Bereich öffentlicher Seeufer ausreichend Gesetzesgrundlagen und Planungsinstrumente vorhanden sind, um eine zeitgemässe Seeuferplanung zu ermöglichen. Wichtig erscheint, dass eine gesamtheitliche, disziplinübergreifende und nachhaltige Betrachtung vorgenom-

Abbildung 6: Wollerau, neues Seeufer. Welche Verbesserungen bringt der Gewässerraum an den Seen, was verhindert er? (wandersite.ch).
Figure 6: Wollerau, nouvelle rive. Quelles améliorations l'espace réservé aux eaux apporte-t-il, à quoi faut-il renoncer? (wandersite.ch).

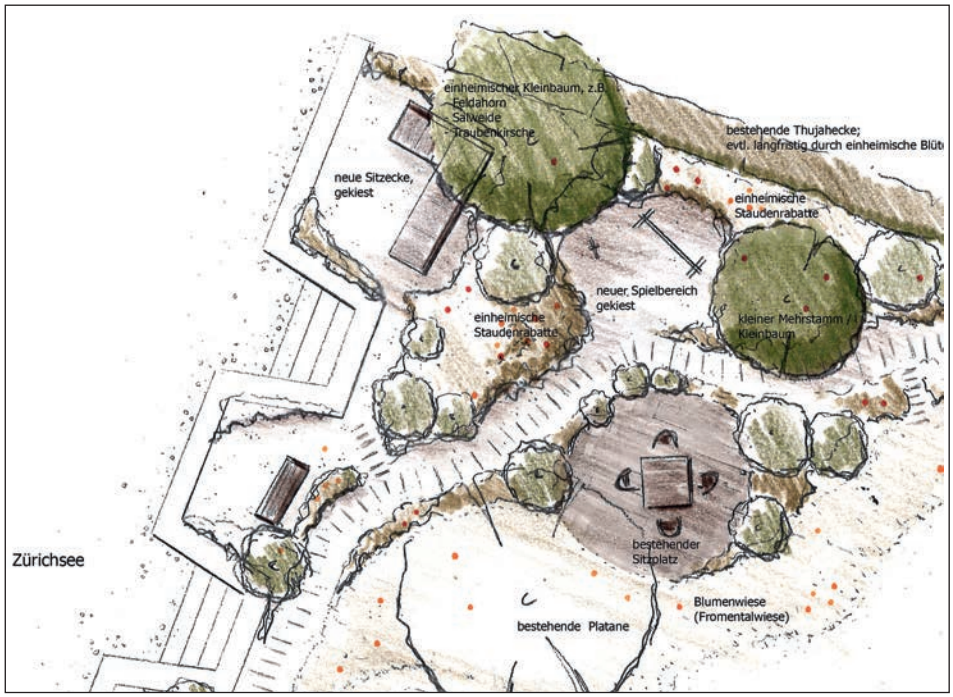

Abbildung 7: Ideenskizze für einen naturnah gestalteten Gewässerraum mit hoher Aufenthaltsqualität (LEK Höfe 2016).
Figure 7: Esquisse d'idées pour un cours d'eau aménagé proche de son état naturel avec haute qualité de séjour (LEK Höfe 2016).

men wird. Seeuferplanung brauchen zudem viel Zeit und Geduld.
Auf dem privatem Grund ist zu wünschen, dass in den Gemeinden der Gestaltungsspielraum mit hochwertigen Überbauungs- und Gestaltungsplänen ausgeschöpft wird. Eine Optimierung der Ausnützung soll zwingend an echte, ökologische und erholungsbezogene Aufwertungen geknüpft werden. Hierfür müssen fachkundige, kreative Planer zu Rate gezogen werden.

Quellen

BAUDIREKTION KANTON ZÜRICH (2013): Zürichsee 2050. Leitbild und Handlungsansätze für die langfristige Entwicklung des Zürichsees.

BEZIRK HÖFE (2008 – laufend): Landschaftsentwicklungskonzept LEK Höfe, Konzept Seeufer HSR ILF 2014.

KLEINER J., ULRICH A., ET AL. in ZÜRICHSEE LANDSCHAFTSSCHUTZ (2014): Erholungslandschaft Zürichsee.

OSTENDORP W. (2009): Seeuferrenaturierung. Foschungsbericht. Uni Konstanz.

ZÜRICHSEE LANDSCHAFTSSCHUTZ ZSL (2003): «Zürisee – Uferleben – Leben am Ufer». Grundlagen, Folgerungen und Massnahmen zur nachhaltigen Aufwertung.

Kontaktadresse:

Michael Fuchs
Oberseestrasse 10
8640 Rapperswil
michael.fuchs@hsr.ch
Tel: +41 055 222 47 92

Prof. Thomas Oesch
Oberseestrasse 10
8640 Rapperswil
thomas.oesch@hsr.ch
+41 055 222 45 54

Q-Faschine
Renaturieren mit Schweizer Holz.

Q-Fascine
Renaturer avec du bois suisse.

Q-Fascine
Rinaturazione con legno svizzero.

produziert von | produit par | prodotto da:

Lindner Suisse GmbH | Bleikenstrasse 98 | CH-9630 Wattwil
Phone +41 (0) 71 987 61 51 | Fax +41 (0) 71 987 61 59
holzwolle@lindner.ch | www.lindner.ch

INHALT/CONTENU

Editorial 2

Fachbeiträge

Vom Uferschutz zur Uferrevitalisierung 4

Seeufer als Kernelemente der Ökologischen Infrastruktur – Die Perspektive von Natur- und Landschaftsschutz sowie der Artenförderung 9

Seeufer und Revitalisierung – neue Chancen und Aufgaben des Gewässerschutzes 15

Potentiel de revitalisation des rives du Lac Ceresio (Lac de Lugano) 19

Revitalisation de la rive sud-ouest du lac de Morat et renaturation de l'embouchure de la Broye 22

Schilf- und Kliffkantenschutz am Zugersee 28

Lutte contre l'érosion sur la Rive sud du lac de Neuchâtel 30

Réaménagement des lacs d'anciennes gravières de plaine du Rhône 37

Strandgut. Alles gut. Interdisziplinäres Projekt für intakte Seeufer 40

Seeufer aus dem Blickwinkel der Archäologie 45

Ökomorphologie Seeufer – eine Methode zur Erfassung und Bewertung 49

Bestimmung des potenziell natürlichen Uferraumes PNU mittels GIS 54

Untersuchung von Renaturierungskonzepten am Seeufer Gals, Bielersee 62

Erholung am Seeufer 70

INGENIEURBIOLOGIE
GÉNIE BIOLOGIQUE
INGEGNERIA NATURALISTICA
INSCHENIERA BIOLOGICA

Verein für Ingenieurbiologie
Association pour le génie biologique

Verein für Ingenieurbiologie
c/o HSR Hochschule für Technik Rapperswil
ILF-Institut für Landschaft und Freiraum
Oberseestrasse 10, CH-8640 Rapperswil
Tel.: +41 (0)55 222 47 90
E-Mail: sekretariat@ingenieurbiologie.ch

E F I B

Europäische Föderation für Ingenieurbiologie
Federazione Europea per l'Ingegneria Naturalistica
European Federation for Soil Bioengineering
Fédération Européenne pour le Génie Biologique
Federación Europea de Ingenieria del Paisaje

Dipl.-Ing. Rolf Studer
Verein für Ingenieurbiologie in der Schweiz
Route du Coteau 63, CH-1752 Villars-sur-Glâne
Tel.: +41 26 401 02 45
Mail: rolfaugust.studer@gmail.com
http://www.ingenieurbiologie.ch

Inserate

Inseratentarif für Mitteilungsblatt / Tarif d'insertion dans le bulletin

Der vorliegende Tarif ist gültig für eine Ausgabennummer.
Le présent tarif comprend l'insertion pour une parution.

1 Seite	Fr. 750.–	2/3 Seite	Fr. 550.–	1/2 Seite	Fr. 400.–
1/3 Seite	Fr. 300.–	1/4 Seite	Fr. 250.–	1/8 Seite	Fr. 150.–
Separate Werbebeilage beim Versand:		1 A4-Seite	Fr. 1000.–		
		jede weitere A4-Seite	Fr. 300.–		

Inseratenannahme: Roland Scheibli, Baudirektion Kanton Zürich, ALN, Abteilung Landwirtschaft, Walcheplatz 2, Postfach, 8090 Zürich, Tel.: +41 43 259 27 64, Fax: +41 43 259 51 48, E-Mail: roland.scheibli@bd.zh.ch

Link auf der Internetseite des Vereins / Liaison internet sur la page web de l'association: Fr. 750.– pro Jahr / par an
Oder bei Inseraten im Mitteilungsblatt im Wert von mindestens Fr. 750.– pro Jahr
Contre publication d'encarts publicitaires dans le journal Génie Biologique pour Fr. 750.– par an au moins

Kommende Hefte / Carnets à venir

Heft:	Redaktionsschluss:	Thema:	erscheint:	Redaktion:
Nr. 4/2016	6. November 2016	Unterhalt kleiner Fliessgewässer	Dezember 2016	Röbi Bänziger

Fachbeiträge sind gemäss den redaktionellen Richtlinien zu verfassen und bis zum Redaktionsschluss an Roland Scheibli, Baudirektion Kanton Zürich, Amt für Landschaft und Natur, Walcheplatz 2, Postfach, 8090 Zürich, Tel.: + 41 43 259 27 64, E-Mail: roland.scheibli@bd.zh.ch einzureichen