

Mitt. bad. Landesver. Naturkunde u. Naturschutz	N.F. 21	3	371 - 404	2014	Freiburg im Breisgau 17. November 2014
--	---------	---	-----------	------	---

# Auswirkungen der Ufermauern am Bodensee-Untersee auf die litorale Fauna und Flora: Ergebnisse szenario-basierter Expertenurteile

VON

WOLFGANG OSTENDORP<sup>1</sup>

unter Mitarbeit von

HARALD BRÜNNER, MICHAEL DIENST, REINER ECKMANN, MANUEL FIEBRICH, WOLFGANG FIEDLER, FRIEDERIKE GABEL, MARKUS GRABHER, KLAUS HECK, MIKE HERRMANN, HARALD JACOBY, JOSEF KIECHLE, GERHARD KNÖTZSCH, INGO KRAMER, ACHIM LEHMANN, WILFRIED LÖDERBUSCH, OLIVER MILER, MATHIS MÜLLER, JOGGI RIEDER, BETTINA SÄTTELE, KARSTEN SCHÄFER, BERTRAND SCHMIDT, GREGOR SCHMITZ, BERND SCHÜRENBERG, STEFAN STOLL, JÜRGEN TRAUTNER, PIA WILHELM UND UWE WINKLER

**Zusammenfassung:** Seeufermauern gelten als Schadstrukturen, die die Zielerreichung der EG-WRRL ("guter ökologischer Zustand") behindern können. Über die konkreten Auswirkungen auf die dort üblicherweise vorkommenden Pflanzen- und Tierarten des Litorals ist jedoch wenig bekannt. In diesem Beitrag werden zwei für den Bodensee-Untersee typische Szenarien (Ufer mit Ufermauer, Mauerfuß oberhalb der Mittelwasserlinie, geringe Vorschüttung; dto., Mauerfuß unterhalb der Mittelwasserlinie, erhebliche Vorschüttungen) mit der Referenzsituation (unverbautes Ufer) verglichen. Die Ergebnisse beruhen auf szenario-basierten, strukturierten Interviews mit 27 Experten. Es wurden 7 Wirkungskomplexe identifiziert, die sich in unterschiedlicher Weise auf die Lebensstadien der wichtigsten aquatischen und amphibischen Pflanzen und Tiere auswirken. Nachteilige Wirkungen der Mauern

---

<sup>1</sup> Priv. Doz. Dr. Wolfgang Ostendorp, Limnologisches Institut der Universität Konstanz, 78457 Konstanz, wolfgang.ostendorp@uni-konstanz.de

durch Habitatvernichtung, monotone Lebensraumstrukturierung, Barrierewirkung, Verstärkung der Wellenwirkung und Turbulenz überwiegen. Nur wenige Arten sind in der Lage, sich den Lebensraum der Ufermauer zu erschließen. Wirksame Mitigationsstrategien erfordern einen verbesserten Kenntnisstand des ufertypischen Arteninventars, der ökologischen Ansprüche wichtiger funktioneller Gruppen sowie ein tiefergehendes Verständnis der durch Uferverbauungen veränderten ökologischen Wirkungswege.

Schlüsselwörter: Wasserrahmenrichtlinie, Hydromorphologie, Seeufer, Uferstruktur, Renaturierung.

### **Effects of bank retaining walls at Lake Constance/Untersee (Germany, Switzerland) on the littoral biota: results of a scenario-based expert judgement**

**Abstract:** Retaining walls on lake banks are suspected to be ecologically adverse structures which may hinder the achievement of the environmental objective of the EC-WFD ("good ecological status"). However, little is known about the specific effects on the littoral biota. Two scenarios that have found to be typical at Lake Constance/Untersee (bank with a retaining wall, base above the mean water level, negligible backfill; ditto, base below the mean water level, substantial backfill) are compared with the base scenario (unfortified bank). The results rest upon scenario-based, structured interviews with 27 experts. Seven factor complexes were brought out which act in different ways on the stages of life of aquatic and amphibious plant and animal species. Harmful effects by habitat destruction, monotonous structured environment, barrier function, wave energy reflection and turbulence predominate. Only very few species have the capacities to colonise the micro-environments of the retaining walls. Effective programs of measures during the implementation of the WFD, and mitigation strategies demand an improved state of knowledge concerning the inventory of species, the habitat needs of the main functional taxa groups, as well as a substantiated understanding of (i) the hydromorphological alterations connected with bank retaining walls, and (ii) the response of the littoral biota.

Keywords: European Water Framework Directive, hydromorphology, lakeshore, littoral structure, lakeshore restoration.

## **1. Einleitung**

Die Ufer vieler mitteleuropäischer Seen sind stark von Uferverbauungen betroffen, so dass die Lebensbedingungen der typischen Pflanzen und Tiere erheblich verändert werden. Auch die Ufer des Bodensee-Untersees sind von einer massiven Verbauung mit bis zu 3,5 m hohen Ufermauern gesäumt (OSTENDORP & OSTENDORP 2014). Die ökologischen Folgen sind jedoch weithin unbekannt.

Durch die Uferverbauungen werden die Ziele der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie (EG-WRRL 2000) in Frage gestellt, die für alle natürlichen Flüsse und Seen der Gemeinschaft einen "guten ökologischen Zustand" fordert, bei dem die Menge und Artenzusammensetzung ausgewählter Organismengruppen zwar anthropogene Belastungen anzeigen können, im Übrigen aber nur geringfügig von den Werten des "sehr guten" naturnahen Zustands (Referenzzustand) abweichen dürfen (RUMM et al. 2006).

Während die Zusammenhänge zwischen der Nährstoffbelastung der Seen und den biotischen Qualitätskomponenten der EG-WRRL – Phytoplankton, Makrophyten, Makrozoobenthos und Fischfauna – in den vergangenen Jahrzehnten intensiv erforscht wurden, stehen entsprechende Untersuchungen zu den Auswirkungen uferstruktureller Belastungen erst am Anfang (zuletzt MILER et al. 2015).

Um hier einen Schritt weiter zu kommen, wurde am Beispiel des hydromorphologischen Belastungsmerkmals "Ufermauer", im konkreten Fall der Ufermauern des Bodensee-Untersees, mit Hilfe von strukturierten Experteninterviews das regional verfügbare Wissen zusammengetragen, das es erlaubt, eine vorläufige Einschätzung der spezifischen Effekte von Ufermauern auf nahezu alle relevanten Organismengruppen vorzunehmen. Gleichzeitig lassen sich damit auch Ansatzpunkte für effiziente Maßnahmenprogramme im Sinne der WRRL-Umsetzung, d. h. Uferrenaturierungen mit gewässer- und naturschutzfachlichem Schwerpunkt finden.

## 2. Methodik

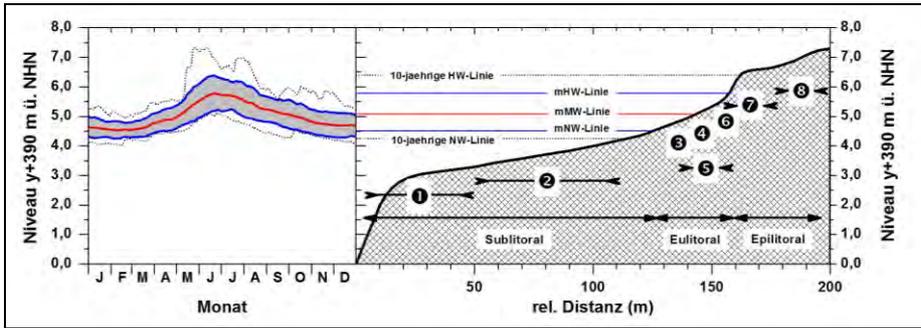
Als Basis für die Darstellung der ökologischen Folgen des Uferverbaus diente eine flächendeckende GIS und Datenbank gestützte Kartierung der Litoralzone des Bodensee-Untersees im Frühjahr 2011 (OSTENDORP & OSTENDORP 2014). Anhand der Ergebnisse und einer umfangreichen Fotodokumentation wurde ein "Durchschnittsufer" mit typischem Substrat und mittleren Relief- und Nutzungsmerkmalen im unverbauten und im verbauten Zustand abstrahiert. Beschreibungen und Typ-Fotos wurden 27 Expertinnen und Experten vorgelegt, die fachlich mindestens eine relevante Organismengruppe vertreten können und die durch ihre Geländekenntnisse am Bodenseeufer ausgewiesen sind. Anschließend wurden strukturierte Interviews geführt, in denen die Experten die nachgewiesenen oder zu vermutenden ökologischen Auswirkungen auf die jeweilige Organismengruppe darlegten (vgl. Anhang I). Ihre Einschätzungen stützten sich vor allem auf ihre freilandökologischen Kenntnisse und Erfahrungen am Bodensee sowie auf die bekannten autökologischen Fähigkeiten der Taxa und ihre Lebensraumanprüche. Daneben wurde auch die einschlägige Fachliteratur vom Bodensee

herangezogen. Die strukturierten Interviews wurden vom Autor in synoptischer Form zusammengestellt und von den Expertinnen und Experten überarbeitet.

### **3. Naturnahes Referenzufer am Bodensee-Untersee**

Die Auswirkungen von Ufermauern werden – der Vorgehensweise der EG-WRRL folgend – vor dem Hintergrund eines unverbauten Ufers mit durchschnittlichen Relief- und Substrateigenschaften (Referenzufer) diskutiert. Das Referenzufer beginnt seewärts mit einer knapp 100 m breiten Brandungsplattform (Lebensräume des Sublitorals), die in eine etwa 50 m breite Flachwasserzone (Lebensräume des Eulitorals) übergeht, die ihrerseits mit einer natürlichen Uferböschung endet (Abb. 1). Landseits folgen Hangfußflächen oder spätglaziale Deltaschüttungen, auf denen die normalerweise nicht mehr überschwemmten, extensiv bewirtschafteten landwirtschaftlichen Nutzflächen liegen (Lebensräume des Epilitorals).

Das Sublitoral, die Zone zwischen etwa 390 m ü. Normalhöhennull (NHN) und der Niedrigwasserlinie (ca. 394 m ü. NHN), umfasst den Haldenkopf (ca. 390 bis 393 m ü. NHN) und den unteren Teil der Brandungsplattform (393 m bis 394 m ü. NHN). Die Eulitoralzone (Wasserwechselzone) erstreckt sich von der Niedrigwasserlinie bis zur Hochwasserlinie bei ca. 396 m ü. NHN. Das Ufer auf Höhe der Mittelwasserlinie wird üblicherweise ab Anfang Mai überflutet und fällt ab Anfang Oktober wieder trocken. Ende Juni, zur Zeit des jährlichen Hochwasserstands ist der Bereich der Mittelwasserlinie etwa 1 m hoch überschwemmt. Im unteren Eulitoral verstärken sich in landwärtiger Richtung die Merkmale, die mit der Häufigkeit und Stärke von Wellenbelastungen zu tun haben. So wird das Substrat gröber, indem das schluffige Feinmaterial und die partikuläre organische Substanz ausgetragen werden. An exponierten Uferstrecken bleibt nur ein Geröllpflaster zurück, das das darunter liegende Substrat vor weiterer Ausspülung schützt. Landseits schließt sich die Uferböschung an, eine ehemals auf natürliche Weise entstandene Kliffkante von etwa 0,5 bis 1,5 m Höhe. Das nur episodisch überschwemmte Epilitoral beginnt an der Oberkante der Uferböschung. Dessen landseitige Erstreckung wird hier auf 50 m Entfernung von der Hochwasserlinie begrenzt. In diesem Streifen befinden sich zumeist landwirtschaftliche Nutzflächen, feuchtes oder frisches Grünland sowie Streuobstwiesen, daneben auch Acker- und Gemüsebauflächen.



**Abb. 1:** Wasserstandsschwankungen (links) und Lebensraumzonen eines durchschnittlichen unverbauten Uferabschnitts (rechts) am Bodensee-Untersee. 1 – hochwüchsige Laichkraut- und Armleuchteralgenbestände, 2 – niedrigwüchsige Armleuchteralgenbestände, 3 – Schlammfluren, 4 – Strandrasen, 5 – Röhrichte, 6 – Flutrasen, 7 – Ufergehölze, 8 – Landwirtschaftsflächen; Quelle der Wasserstandsdaten: Mittelwasserstand, 10-jähriger Schwankungsbereich und Extremwerte, Pegel Berlingen, BAFU, Bern (Bezugszeitraum 1981-2010).

#### 4. Uferverbau am Bodensee-Untersee

Nach den Kartierungsergebnissen von 2011 ist das Untersee-Ufer zu 31,6 % seiner Länge (Bezug: Länge der Hochwasserlinie) von Uferbefestigungen gesäumt (OSTENDORP & OSTENDORP 2014). In der am strengsten geschützten Flachwasserschutzzone I (nur am baden-württembergischen Ufer ausgewiesen, vgl. RVHB 1984) sind 6,6 % der Ufer verbaut, in der weniger streng geschützten Flachwasserschutzzone II bereits 33,4 % und in der verbleibenden allgemeinen Flachwasserzone 54,3 %. Die Naturschutzgebietsflächen in der Uferzone (Kantone Thurgau und Schaffhausen sowie Land Baden-Württemberg) sind zu 3,4 % ihrer Uferlänge verbaut, die Landschaftsschutzgebiete zu 32,7 % und die sonstigen Flächen zu 60,4 %. Von den Verbauungen sind besonders die steilscharigen, leicht zu nutzenden und zu bebauenden Abschnitte in der Nähe der Ortskerne betroffen. In vielen Gemarkungen liegt der Anteil verbauter Uferstrecke bei über 60 %.

78 % der Uferbefestigungen erreichen eine Höhe von bis zu 2,0 m, 22 % sind von 2,0 bis knapp 4,0 m hoch. Von den insgesamt acht Bautypen traten senkrechte Mauern aus Gussbeton oder Blocksteinen mit Spritzbeton-Verkleidung am häufigsten auf; zusammen mit unverkleideten Blocksteinmauern deckten sie etwa 50 % der vorgeschütteten Uferfläche ab.

In den strukturierten Interviews wurde von drei Szenarien ausgegangen:

- Szenario A: (Referenzzustand) Ufer ohne Verbauungen, Aufschüttungen und sonstige strukturelle Veränderungen, aber mit extensiver landwirtschaftlicher Nutzung (Abb. 2),
- Szenario B: Ufer mit Ufermauer, Mauerfuß wenig oberhalb der Mittelwasserlinie, ohne nennenswerte Aufschüttungen und ohne Gebäude oder schwerwiegende strukturelle Veränderungen und ohne intensive (Freizeit-) Nutzungen (Abb. 3),
- Szenario C: Ufer mit Ufermauer, Mauerfuß unterhalb der Mittelwasserlinie, dahinter umfangreiche Ufervorschüttungen, Gebäude und weitere strukturelle Veränderungen und intensive (Freizeit-) Nutzungen (Abb. 4).

Der Vergleich zwischen dem Referenzzustand und dem Szenario B kennzeichnet die zu erwartenden Auswirkungen der Ufermauern selbst, während der Vergleich zwischen Referenzzustand und Szenario C auch die Effekte der Uferaufschüttungen auf die amphibischen und terrestrischen Pflanzen und Tiere einschließt (hierzu vgl. OSTENDORP 2015).



**Abb. 2:** Naturnahes Eulitoral (Szenario A) am Bodensee-Untersee. Links: kiesiges Ufer mit Geröllpflaster, Strandvegetation und einer schüttereren Röhricht- und Seggen-Vegetation auf der Gemarkung Reichenau, Ortsteil Schlafbach, 28.04.2011, Foto: Verf.). Rechts: Schilfgürtel, der fast bis zur Niedrigwasserlinie reicht, im Anschluss daran Weiden-Gebüsche (Gemarkung Markelfingen, 28.04.2011, Foto: Verf.). Die Aufnahmen wurden am Ende der winterlichen Niedrigwasserstandsperiode gemacht, Ende Juni 2011 waren die Standorte etwa 1 bis 1,5 m hoch überschwemmt.



**Abb. 3:** Ufermauern am Bodensee-Untersee – Szenario B. Links: südostexponierte Stützmauer an einem erosionsgefährdeten Uferabschnitt südlich Hornstaad (Gemarkung Horn) mit einer Vorland-Vegetation aus schüttereren Schilf- und Rohrglanzgrasbeständen; deutlich zeichnen sich die vorjährigen Sommerwasserstände ab (30.03.2011, Foto: Verf.). Rechts: nordexponierte Stützmauer in Mammern, Ortsteil Spanäcker (CH, Kanton TG) mit breitem Geröllstrand; infolge der Beschattung durch Bäume ist das Vorland nahezu vegetationsfrei (Foto 25.03.2011, Foto: Verf.).



**Abb. 4:** Ufermauern am Bodensee-Untersee – Szenario C. Links: lang gestreckte, etwa 2,5 m hohe Gussbetonmauer in Berlingen, Ortsteil Wis (CH, Kt. TG) mit sehr schmalen, vegetationsfreien Vorland, ohne nennenswerte Nutzungen (13.03.2011, Foto: Verf.). Rechts: Mauer-, Treppen- und Hafensen-semble in Allensbach, westliche Ortslage mit umfangreichen Hinterfüllungen und intensiver Nutzung im Sommer (28.04.2011, Foto: Verf.). Alle Fotos wurden in der winterlichen Niedrigwasserperiode aufgenommen, die sommerlichen Hochwasserstandsmarken sind an den Mauern deutlich zu erkennen.

## **5. Auswirkungen der Ufermauern, Auffüllungen und Nutzungen**

### **5.1. Hydromorphologische Veränderungen**

Durch die Ufermauer (Szenarien B, C) kommt es im Vergleich zum Referenzufer (Szenario A) zu Veränderungen, die in den nachfolgenden Kapiteln hinsichtlich der Folgen für die wichtigsten Pflanzen- und Tiergruppen des Untersee-Ufers diskutiert werden. Im Einzelnen lassen sich folgende Wirkungskomplexe (W) unterscheiden:

- (W1) Die Vielfalt von Biotopelementen in der Wasserlinie wird zugunsten einer monotonen Struktur verringert (Szenario B, C).
- (W2) Die Mauern stellen zusätzliche, grundsätzlich besiedelbare Biotope bereit (Szenario B).
- (W3) Im Vorland verstärken sich durch Wellenreflexion Turbulenzen und Strömungen (Szenario B, C).
- (W4) Als Folge der reflektierten Wellenenergie kommt es im Vorland zu einem Feinmaterial-Austrag sowie zu häufigeren Umlagerungen von Feinsedimenten (Szenario B, C).
- (W5) Die Häufigkeit und Mächtigkeit von Wasserpflanzen-Spülsäumen nimmt ab (Szenario C).
- (W6) Die Schilftorf- und Treibholz-Spülsäume nehmen in Szenario B zu, in Szenario C fehlen sie.
- (W7) Die hohe und lange Mauer wirkt als Barriere für einige mobile Tierarten (Szenario B, C).

Die Veränderungen ergeben sich teils aus sachlogischen Gründen aus der Art des Bauwerks (1, 2, 7), in anderen Fällen (3, 4, 5, 6) legen einzelne Beobachtungen am Unterseeufer solche Zusammenhänge nahe. Hinzu kommen weitere Effekte durch die Überschüttung und Überbauung naturnaher Standorte sowie durch landseitige und seeseitige Nutzungen, die an anderer Stelle diskutiert werden (OSTENDORP 2015). In der Tabelle im Anhang II findet sich eine Übersicht der Biotoptypen-Komplexe und der funktionellen Taxa-Gruppen.

### **5.2. Beseitigung von Biotopelementen und Ausbildung einer strukturellen Monotonie**

Durch die Errichtung der Mauer nach dem Szenario B wird die natürlich entstandene Böschungflanke abgedeckt und tritt nicht mehr als besiedelbarer Lebensraum nach außen. Am Böschungsfuß können keine Erosions-, Akkumulations- und Umlagerungsprozesse mehr stattfinden, an der Flanke kommen mikroskalige Hangprozesse (Schichterrosion, Rutschungen) zum

Stillstand. Im Zuge des Mauerbaus wurde das unterspülte Wurzelwerk der Gehölze verfüllt und als Rückzugs- und Lebensraum für Tiere beseitigt. Wurffährdete Bäume werden durch die Mauer gestützt und stabilisiert, so dass sich mittelfristig keine neuen Sturzbäume bilden können. Damit werden – entsprechend den Zielsetzungen einer Mauer als Uferbefestigung – diejenigen uferdynamischen Prozesse weitgehend unterbunden, die episodisch, beispielsweise nach extremen Seestands-, Wind- und Wellenereignissen zu einer begrenzten räumlichen Umstrukturierung der Biotopelemente führen. Die strukturelle Vielfalt wird durch uniforme Strukturen bezüglich Substratoberfläche, ufersenkrechttem Relief und Uferlinienführung ersetzt.

Die Lebensbedingungen der weit seewärts liegenden **Unterwasservegetation** und der **Schlammfluren** werden von der Mauer wahrscheinlich nicht berührt. Auch die ursprünglich schon vorhandenen **Röhrichte** haben sich vor der Mauer teilweise erhalten. Dagegen dürften die Lebensräume für die **Strandrasen-Vegetation** und die **Flutrasen**, die beide im typischen Höhenbereich des Mauerfußes vorkommen, erheblich geschmälert werden. Nur in seltenen Fällen bleiben vor den Mauern **Ufergehölze** erhalten.

Die Laichmöglichkeiten der **Fische**, sowohl der Hartsubstrat- als auch der Krautlaicher, werden im Szenario B wahrscheinlich nicht nennenswert beeinflusst, da kiesige und mit Makrophyten bewachsene Uferstreifen weitgehend erhalten bleiben. Totholz, an das der Barsch (*Perca fluviatilis*) gern seine Laichschnüre anheftet, tritt jedoch nicht mehr auf. Allerdings verhalten sich viele Fischarten, u. a. Barsch und Hecht (*Esox lucius*) opportunistisch und sind nicht obligat an Laichplätze einer eng umrissenen Qualität gebunden, so dass die Auswirkungen etwaiger Veränderungen eher nachrangig sind. Die **Jungfische** finden entlang der strukturell monotonen Ufermauern nur wenige Versteckmöglichkeiten, wie sie am Referenzufer durch Totholz, Schattenwurf der Bäume, Röhrichtvegetation u. a. gegeben sind. Sie dürften daher einer erhöhten Prädation z. B. durch umherziehende Barsche unterliegen. Ähnliches gilt auch für ältere Exemplare von Rotauge, Karpfen sowie von Schleie, eventuell auch von Schmerle (*Barbatula barbatula*) und anderen Kleinfischen. Diese Folgen werden besonders beim Szenario C hervortreten, da hier die verbliebenen Röhrichtbestände vollständig beseitigt wurden. Allerdings können sich auch für den Jäger Nachteile aus der strukturellen Monotonie ergeben. Der Hecht als visueller Lauerjäger erjagt die Beute mit einem blitzartigen Stoss aus einem Unterstand heraus (z. B. Sturzbäume, lockere Röhrichtbestände u. a.). Wenn derartige Strukturen verschwinden, müsste er auf die strukturarmen Armleuchteralgenrasen unterhalb der Niedrigwasserlinie oder auf die strukturelreicheren gemischten Unterwasserpflanzenbestände an der Haldenkante als Jagdrevier ausweichen.

Die Abdeckung der Böschung und des unmittelbaren Vorlands führt zu einem Verschwinden kleinräumiger Habitatunterschiede (Substrattextur, erodierte Wurzelteller und jahreszeitlich wechselnde Feuchtegradienten), wovon bodenlebende Wirbellose betroffen sind, z. B. die Ufer- und Sumpf-Arten der **Laufkäfer**fauna. Bei einem durchgehenden Wechsel von kiesig-sandigen Feinsubstraten zu grobem Kies und Geröll können bis zu 17 Arten verschwinden, die an den erstgenannten Standorten regelmäßig vorkommen (BRÄUNICKE & TRAUTNER 2002).

Die Mauer unterbindet die Entstehung von Sturzbäumen, deren Geäst gern von einigen **Vogelarten** wie Graureiher (*Ardea cinerea*), Kormoran (*Phalacrocorax carbo*), Eisvogel (*Alcedo atthis*) und Flussuferläufer (*Actitis hypoleucos*) als Sitzwarte genutzt wird. Der Uferverbau bedingt auch eine Reduzierung der Deckungsmöglichkeiten und Fluchräume, insbesondere dann, wenn der vorgelagerte Röhrichtgürtel bereits verschwunden ist (Szenario C); hierunter haben u. a. Küken führende Enten und Blässhühner (*Fulica atra*) sowie die Wasserralle (*Rallus aquaticus*) zu leiden.

Der Wasserspitzmaus (*Neomys fodiens*), der Schermaus (*Arvicola terrestris*), dem Bisam (*Ondatra zibethicus*) und dem **Biber** (*Castor fiber*) werden die Möglichkeiten genommen, von der Wasserlinie aus Baue in den weichen Boden zu graben. Wasserspitzmaus und Schermaus halten sich nur zur Nahrungssuche im Wasser auf; sie sind keine ausdauernden Schwimmer und benötigen einen sicheren Zugang zu landfesten Ruheplätzen. Vor den Ufermauern sind diese Möglichkeiten jedoch nur unzureichend gegeben, so dass die Tiere hier einer erhöhten Mortalität unterliegen dürften, sofern sie diese Abschnitte nicht ohnehin schon meiden. Für den Bisam als ausdauerndem Schwimmer sind hingegen auch längere Ufermauern kein Problem. Mauerabschnitte, die die dahinter liegenden Gehölze und krautige Ufervegetation schützen, behindern den Biber bei der Nutzung dieser Nahrungsressourcen: Er kann eine vertikale Distanz von höchstens 0,2 m zwischen Seespiegel und Maueroberkante überwinden. Ansonsten braucht er Ausstiegshilfen (Treppen, Rampen u. a.), die nur punktuell vorhanden sind. In umgekehrter Richtung wird er kaum Schwierigkeiten haben, die Äste über die Mauerkante ins Wasser zu ziehen, um Rinde und Blätter zu fressen bzw. das Material zum Bau zu schleppen.

### 5.3. Mauern als zusätzliche Biotope

Durch den Bau einer Blockstein-Ufermauer, wie sie ursprünglich für das Szenario B typisch war, kommt ein zusätzliches Biotopoelement hinzu, das unter bestimmten Bedingungen von angepassten Arten genutzt werden kann.

Günstig wirkt sich aus, wenn die Blocksteine einige Jahrzehnte alt sind und verwitterte Oberflächen, herausgebrochene Ver fugungen und Mauerstücke aufweisen (vgl. MEYS 2010).

Im Bereich weit oberhalb der Mittelwasserlinie können sich terrestrische **Flechten, Moose, Farne** und **Blütenpflanzen** ansiedeln, die auch sonst den Bewuchs von vernachlässigten Trockenmauern ausmachen. Mit zunehmender Bewuchsdichte und Anreicherung von organischem Material können wahrscheinlich auch zahlreiche terrestrische Wirbellosen-Arten diese Standorte nutzen.

Submers und im Wasserwechselbereich der Mauern kommen einige hydrophile **Moosarten** vor (AHRENS 1992, BERGAMINI et al. 2009), die in Ermangelung natürlicher Sandsteinfelsen auf derartige Standorte angewiesen sind. Fast ausschließlich auf künstliche Substrate angewiesen ist das seltene Eingerollte Ufermoos (*Hyophila involuta*), das am Überlingersee- und östlichen Oberseeufer vorkommt, am Untersee aber bisher vergeblich gesucht wurde.

Welche **Makrozoobenthos**-Arten sich auf Sandsteinmauern ansiedeln können, und welche Besiedlungsunterschiede im Vergleich zu natürlichen Sandsteinfelsen bestehen, ist nicht bekannt. Nach bisherigen Beobachtungen ist die Besiedlungsdichte sehr gering, was nicht nur an der hydromechanischen Belastung durch Wellen, sondern auch daran liegt, dass die Oberflächen nur für einige Monate vom Seespiegel erreicht werden, im Winterhalbjahr aber trockenfallen und ausfrieren.

Vernachlässigte und beschädigte Blocksteinmauern können, sofern sie Spalten und Hohlräume von einigen Zentimetern Breite aufweisen, als Rückzugs- und als Dauerlebensraum für **Spitzmäuse** sowie für die Rötelmaus (*Myodes glareolus*), die Gelbhalsmaus (*Apodemus flavicollis*) und die Waldmaus (*Apodemus sylvaticus*) dienen und Tagquartiere für die **Wasserschleiermaus** (*Myotis daubentonii*) und die Raufledermaus (*Pipistrellus nathusii*) bereitstellen. Bei hinreichender Rauigkeit können junge Zauneidechsen (*Lacerta agilis*) und Langschwanzmäuse (*UFam Murinae*) auch an einer senkrechten Mauer hochklettern. Reptilien nutzen exponierte Mauerkanten besonders am Morgen gern als Sonnplätze zum Aufwärmen.

Inzwischen sind viele ehemalige Blocksteinmauern mit Spritzbeton saniert worden (Szenario C). Der Beton fließt in die Spalten und Höhlungen der Hinterfüllungen und schließt mit einer gleichförmigen und besiedlungsfeindlichen Oberfläche ab, die die Anheftung oder Bewurzelung unterbindet und keinerlei Versteckmöglichkeiten für Wirbellose bietet (Abb. 5). So ist es

nicht verwunderlich, dass intakte Ufermauern des Unterseeufers weder von Tier- noch von Blütenpflanzenarten als Substrat genutzt werden. Stichproben zur **Laufkäferfauna** an Ufermauern lieferten keine Hinweise darauf, dass Laufkäfer dort eine erfolgreiche Individualentwicklung durchlaufen (BRÄUNICKE & TRAUTNER 2002). Wenn jedoch ein Spaltensystem vorliegt, ist dies für bestimmte häufige Arten wie den Ufer-Enghalsläufer (*Paranichus albipes*) zumindest nicht ausgeschlossen.



**Abb. 5:** Lebensräume an Ufermauern. Links: auf der gesamten Frontfläche verputzte und mehrfach ausgebesserte Blocksteinmauer, mit entsprechend dürftigen Ansiedlungsmöglichkeiten für Pflanzen und Tiere (Insel Reichenau, Maurershorn, 06.04.2011, Foto: Verf.). Rechts: Blocksteinmauer mit überhängenden Laubbäumen (Konstanz, Südufer der Insel Mainau, 16.08.2013, Foto: Verf.).

Dennoch können Ufermauern interessante Lebensbedingungen schaffen, beispielsweise wenn die Hinterfüllungen mit Bäumen bepflanzt werden, die den Wasserkörper vor der Mauer beschatten (Abb. 5). Einige **Fische** (z. B. Ukelei, *Alburnus alburnus*, Hasel, *Leuciscus leuciscus*) meiden am Morgen den Schatten, während Barsche und andere Fischarten v. a. am Nachmittag solche Bereiche gerne aufsuchen. Freistehende Maueroberkanten werden gern vom Eisvogel als Sitzwarte genutzt. Bei sommerlich hohen Wasserständen, die bis kurz unter die Maueroberkante reichen, halten sich dort auch Enten, Lachmöwen (*Chroicocephalus ridibundus*) und Blässhühner auf.

#### **5.4. Verstärkung von Turbulenzen und Strömungen**

Sobald die Mauern zwischen Mai und September vom Seespiegel erreicht werden, kann es infolge Wellenreflexion (partielle Clapotis) zu einer Verstärkung der Wasserturbulenzen und Uferlängsströmungen vor der Mauer kommen. Die auftreffende Wellenenergie stammt in erster Linie von wind-

generierten Wellen, zu einem lokal unterschiedlichen Anteil aber auch von Freizeitbooten und von der Fahrgastschiffahrt (vgl. HOFMANN et al. 2013). Die über dem Mittelwasserspiegel gründenden Mauern (Szenario B) werden üblicherweise nur im windarmen Sommerhalbjahr von den Wellen erreicht, die unter dem Mittelwasserspiegel stehenden Mauern (Szenario C) dagegen auch im windreichen Herbst und im Frühjahr. Wie breit der betroffene Uferstreifen vor der Mauer ist, wie häufig Wellenreflexionsereignisse mit nennenswerten Scherkräften an der Gewässersohle auftreten und inwiefern diese eine ökologische Relevanz besitzen, ist bisher nicht untersucht.

Etwaig verstärkte Wasserbewegungen dürften die **Unterwasserpflanzen** des Sublitorals nicht mehr erreichen. Schlammbanken könnten sich jedoch unter dem Welleneinfluss verlagern und mit ihnen die Standorte der **Schlammflur-Vegetation**. Die dort auftretenden Arten kommen damit zurecht, denn sie besitzen ein hohes Reproduktions- und Ausbreitungspotenzial. Stärkere Strömungen könnten überdies die Diasporen-Ausbreitung fördern. Unmittelbar vor der Mauer werden die **Schilfröhrichte** durch die Scheuerwirkung von grobem Treibgut und Schilfstreu beeinträchtigt (Szenario B), das sich vor der Mauer sammelt und während der gesamten Überschwemmungsphase mit dem Wellengang bewegt wird. Dagegen würde das Treibgut am naturnahen Standort nach und nach durch den Schilfbestand hindurch wandern und am Böschungsfuß zur Ruhe kommen. Die **Strandvegetation** und die **Flutrasen** können auf verschiedene Weise betroffen sein: Einerseits verringern erhöhte Turbulenzen und Strömungen die Anlandung von Diasporen und die Keimlingsetablierung von nitrophytischen Konkurrenzpflanzen. Andererseits könnte die Ausdehnung widerstandsfähigerer klonal wachsender Flutrasen-Arten (z. B. Weißes Straußgras, *Agrostis stolonifera*) gegenüber anderen Hemikryptophyten und Geophyten gefördert werden.

Auch für die **Makrozoobenthos**-Organismen des unmittelbaren Vorlandes bedeutet die reflektierte Wellenenergie einen zusätzlichen Stress, der rheophile Taxa gegenüber psammophilen und phytophilien Taxa noch stärker begünstigt, als dies an naturnahen Geröll-Ufern ohnehin der Fall ist. Wahrscheinlich passt sich die Zusammensetzung der Makrozoobenthos-Biozönose jährlich neu an die jeweiligen Verhältnisse in der unteren Eulitoralzone an, denn die Besiedlung neuer Substrate bzw. der Artenwechsel auf älteren Oberflächen geht innerhalb weniger Wochen vonstatten.

Ein besonderes Problem stellen gepulst auftretende Belastungen durch den Wellengang von Linienschiffen und größeren Freizeitbooten dar. So wird die Schnecke *Radix balthica* in ihrem Wachstum durch Wellen beeinträchtigt, während die Abundanz der Tiere zumindest durch geringe Wellenwirkungen nicht beeinflusst wird (SCHEIFHACKEN 2006). Dagegen geht die Abundanz

der Larven der Eintagsfliegen *Cloëon dipterum* und *Caenis horaria*, beide am Untersee weit verbreitet, schon bei geringem Wellenschlag stark zurück (GABEL et al. unveröffentlicht, Untersuchungen an der Havel). Auch der Fluss-Flohkrebs (*Gammarus roeseli*) unterliegt dann einer stärkeren Verdriftung (GABEL et al 2008, 2012), sein Wachstum und seine Fitness werden reduziert und die Mortalitätsrate gesteigert (GABEL et al. 2011a), indem sich das Risiko, von Fischen gefressen zu werden, erhöht (GABEL et al. 2011b). Im Zusammenhang mit dem Rückgang der Individuendichte von *G. roeseli* könnte die Ausbreitung des neozoischen Großen Höckerflohkrebses (*Dikero gammarus villosus*) erleichtert werden, da dieser weniger stark von Schiffswellen beeinflusst wird. So zeigte *D. villosus* keine Einbußen im Wachstum oder der Fitness aufgrund von Wellenexposition (GABEL et al. 2011a); die Abundanzen waren nicht reduziert, sondern erhöhten sich im Gegenteil mit zunehmender Schiffswellenexposition (Untersuchungen an der Havel, GABEL et al. unveröffentlicht).

Wahrscheinlich sind die Larven der am Unterseeufer nachgewiesenen **Libellenarten** von solchen Standorten ausgeschlossen und auf die strömungsberuhigten Bereiche in Röhrichtbeständen oder auf die im tieferen Litoral gelegenen Unterwasserrasen angewiesen. Bootsbedingt verstärkte Wellen erhöhen bei Libellenarten, die überwiegend im Mai bis Juli direkt an der Uferlinie von Kies- und Steinufeln oder schütter bewachsenen Uferpartien schlüpfen (Kleine Zangenlibelle, *Onychogomphus forcipatus*, Gemeine Keiljungfer, *Gomphus vulgatissimus*) die Gefahr, dass die empfindlichen, weichen Flügeln durch Wasserbenetzung und Wasserdruck deformiert werden und ein Teil der Schlupfpopulation flugunfähig bleibt und Prädatoren zum Opfer fällt. An der Jagst wurde nachgewiesen, dass von Freizeitbooten verursachte Wellen neben Flügeldeformationen insbesondere dazu führen, dass sich die frisch geschlüpften Tiere nach Wasserbenetzung schütteln und dann die Lichtreflexe der Flügel von beutesuchenden Singvögeln (Stelzen und Sperlinge) wahrgenommen werden. Als Folgeeffekt wurden zahlreiche Tiere während der Emergenz gefressen (SCHMIDT 1995). Möglicherweise ist dies auch ein Grund dafür, dass selbst in gut geeigneten Lebensräumen mit offenen, steinigen bis sandigen Ufern der Insel Mainau, des Seerheins bzw. des Rheins bei Stein a. Rh. bisher nur wenige Funde von Flusslibellen gelungen sind.

Mit zunehmenden Wasserturbulenzen vor einer Ufermauer wächst die Gefahr, dass die **Gelege von Fischen** in Gebiete mit ungünstigen Aufwuchsbedingungen verdriftet werden und dadurch eine erhöhte Mortalität auftritt (RUPP 1965). Das Gefährdungspotenzial kann allerdings durch die aktive Wahl geeigneter Laichplätze herabgesetzt werden. So legen Barsch-Rogner ihre Laichschnüre an geschützten Uferabschnitten bevorzugt in etwa 2 m

Wassertiefe ab, an wellenexponierten Ufern dagegen in 5 m Tiefe (PROBST et al. 2009). Andererseits können sich die erhöhten Turbulenzen vor einer Mauer positiv auf die Gelege der Kieslaicher auswirken: STOLL et al. (2010) konnten zeigen, dass die Eier des Brachsen (*Abramis brama*) an optimalen Substraten, d. h. Kiese und Gerölle, die noch nicht von einem nennenswerten Biofilm bzw. Algenbewuchs überzogen sind, eine höhere Überlebenswahrscheinlichkeit aufweisen, wenn sie nicht Stillwasserbedingungen, sondern einer moderaten Wellenbewegung ausgesetzt sind.

**Fischlarven** werden aufgrund ihrer begrenzten Schwimmgeschwindigkeit relativ zur Strömungsgeschwindigkeit in möglicherweise weniger geeignete Habitate verdriftet (KUCERA-HIRZINGER et al. 2009). Allerdings können bereits einwöchige Fischlarven die Strömungsmuster beim Wellendurchgang „erkennen“ und durch ihr Verhalten der Belastung ausweichen, indem sie tiefere Wasserschichten aufsuchen (STOLL & BEECK 2012, an Maifisch-Larven, *Alosa alosa*). Erhöhte Wasserturbulenzen und Strömungen wirken sich auch auf das Wachstum der **Jungfische** aus; allerdings sind die Zusammenhänge komplex und für verschiedene Arten durchaus unterschiedlich:

- Wellen und Turbulenzen können namentlich bei Jungfischen zu einer erhöhten Schwimmaktivität führen, die wiederum die Energiebilanz belastet, mit dem Ergebnis einer verringerten Wachstumsrate (STOLL et al. 2008). Betroffen sind hochrückige Fische (z. B. Brachsen), während Fische mit spindelförmiger Körperform (z. B. Hasel) durch mässige Turbulenzen sogar im Wachstum gefördert werden können (STOLL & FISCHER 2011).
- Wellen und Turbulenzen wirken sich nach Art einer Optimumkurve auf die Nahrungsaufnahme der planktivoren Jungfische aus (ROTHSCHILD & OSBORN 1988, MACKENZIE et al. 1994) aus, indem die Kontaktrate zwischen Fisch und Zooplankter erhöht wird, die Trefferquote der Fische beim Schnappen nach der Beute aber sinkt.
- Benthivore Fische, z. B. juvenile Barsche und Hasel können von erhöhten Turbulenzen profitieren, indem beim Wellendurchgang Makrozoobenthos-Organismen aufgewirbelt und im Wasserkörper suspendiert werden und damit für die Fische eine leichtere Beute sind, ohne dass diese einen höheren Aufwand für Schwimmaktivitäten treiben müssen (GABEL et al. 2008, 2011b, STOLL et al. 2010). Allerdings macht es einen Unterschied, ob die Wellen gepulst am Ufer eintreffen, wie etwa bei der Vorbeifahrt von Linienschiffen, oder – bei entsprechenden Wetterlagen – als Windwellen für einen längeren Zeitraum auf das Ufer treffen. GABEL et al. (2011b) zeigten, dass der für Fische günstige Effekt durch den Wechsel von Turbulenz- und ruhigen Zwischenphasen ausgelöst wird, da aufgewirbelte Makro-

zoobenthos-Organismen nach einem Wellenpuls einige Zeit brauchen, um sich wieder am Boden zu verstecken. Diese ruhigen Zwischenphasen werden dann von den Fischen genutzt, da sie dann, im Gegensatz zu den Turbulenzphasen, gezielter zuschnappen können.

Die Lebensmöglichkeiten von Laich, Kaulquappen oder Adulten des vergleichsweise robusten Seefrosches (*Rana ridibunda*) als Vertreter des **Grümfroschkomplexes**<sup>2</sup> sind vor Mauern wahrscheinlich bereits dann eingeschränkt, wenn sich noch ein schütterer Schilfbestand hat erhalten können (Szenario B). Es ist damit zu rechnen, dass die Tiere einem erhöhten Stress ausgesetzt und bei der Nahrungsaufnahme behindert sind, so dass die Population vom Standort abwandern wird. **Ringelnattern** (*Natrix natrix*), die auf der Suche nach Beute vor die Mauern geraten sind, dürften mit den zusätzlichen Wasserturbulenzen zurechtkommen. Allerdings ist auch hier zu erwarten, dass sie das Mauervorland während der Überschwemmungszeit von vornherein meiden werden. Bei der **Wasserspitzmaus** (*Neomys fodiens*) und der **Scherm Maus** (*Arvicola terrestris*) könnten die Wasserbewegungen rasch zu einer Erschöpfung der Schwimmkräfte führen, wenn – wie es vor Mauern typischerweise der Fall ist – keine landfesten Ruheplätze zur Verfügung stehen. Für den **Bisam** und den **Biber** sind die Turbulenzen wahrscheinlich ohne Bedeutung; die Tiere sind geschickte und ausdauernde Schwimmer und können auch längere verbaute Strecken überwinden. Wenn es vor einer Mauer zu einer bedeutenden Wellenreflexion kommt, kann der vielleicht nur noch schütterere Röhrichtbestand vom **Blässhuhn** und vom **Haubentaucher** (*Podiceps cristatus*) nicht mehr als Nistplatz genutzt werden.

### 5.5. Substratänderungen: Feinmaterial-Austrag, Umlagerung

Gewisse Sedimentumlagerungen und die Korngrößenabhängige Sortierung der Feststoffe in einem land-/seewärtigen Gradienten von Wellen- und Strömungskräften sind ein Bestandteil der natürlichen Dynamik des Bodenseeuferes. Dadurch entsteht ein räumlicher und zeitlicher Wechsel von Nischen, die im Bereich stabiler Vegetationsbestände wie Röhrichte oder Ufergehölze nicht vorkommen. Davon profitieren einige reproduktionsstarke Pflanzenarten (vgl. OSTENDORP & DIENST 2009), aber auch Tierarten, die sich aktiv (z.

---

<sup>2</sup> Mit dem Grümfroschkomplex werden die Arten Seefrosch (*Rana ridibunda*) und Kleiner Wasserfrosch (*R. lessonae*) sowie deren Hybridform, der Teichfrosch (*R. exculenta*) zusammengefasst. Letzterer hat die höchste ökologische Plastizität und bildet in den meisten Grümfroschvorkommen Mischpopulationen mit einer der beiden Elternarten. Eine sichere Unterscheidung anhand morphologischer Merkmale ist oft nicht möglich. Daher sind die Verbreitung und die Häufigkeit der einzelnen Formen am Bodensee bisher nur unzureichend bekannt.

B. Laufkäfer) oder passiv (z. B. Spinnen) ausbreiten und in der Lage sind, zumindest vorübergehend entsprechende Standorte zu besiedeln.

Die vor den Mauern konzentrierte hydrodynamische Energie (vgl. Kap. 5.4) könnte die Feststoffdynamik im unmittelbaren Vorland verstärken (Szenarien B, C). Es kommt zu einer stärkeren Mobilisierung und Verdriftung von Feinmaterial und damit zu einer oberflächennahen Anreicherung von Grobsanden, Kiesen und Geröllen einschließlich des vor Ufermauern reichlich vertretenen Bauschutts (Abb. 6). Das Feinmaterial wird schließlich im Strömungsschatten hinter Ufervorsprüngen bzw. in Buchten zur Ablagerung kommen oder in Richtung Halde transportiert. Mit der mineralischen Komponente wird auch organischer Grobdetritus einschließlich der Diasporen von Sumpf- und Wasserpflanzen transportiert.

Allerdings kann nicht davon ausgegangen werden, dass Ufermauern in jedem Fall erosive Verhältnisse am Mauerfuß, im Vorland oder an anderen Uferabschnitten erzeugen. Eine Analyse zahlreicher Fallstudien an Meeresküsten durch KRAUS (1988) und KRAUS & MCDUGAL (1996) ergab, dass in etwa der Hälfte der Fälle eine bedeutsame Erosion auftritt, in den anderen Fällen dagegen nicht. Am Bodensee-Untersee sind nur wenige Mauersockel unterspült, so dass hier von mittelfristig stabilen Verhältnissen auszugehen ist.

Von der Umlagerung des nährstoffreichen Feinmaterials kann vorübergehend die **Unterwasservegetation** profitieren, wenn es wie zu erwarten in den sublitoralen Pflanzenbeständen sedimentiert wird. Die eulitorale **Makrozoobenthos**-Biozönose, die bekanntermaßen sensitiv auf Substrattextur-Unterschiede reagiert, wird sich entsprechend umschichten, wobei Arten gefördert werden, die den groben Porenraum nutzen können, ohne durch die gelegentlichen Umlagerungen und durch Einsedimentation gravierende Nachteile zu erleiden. So ist vorstellbar, dass der relativ kleine heimische Fluss-Flohkrebs (*Gammarus roeseli*) durch den größeren neozoischen Höckerflohkrebs (*Dikerogammarus villosus*) verdrängt wird (REY et al. 2005).

Die kiesigen und geröllreichen Oberflächensedimente fallen als Nahrungshabitat für bestimmte **Fische** aus, die im Substrat nach Nahrung wühlen (z. B. Karpfen, *Cyprinus carpio* und Schleie, *Tinca tinca*). Andererseits könnten Kieslaicher (z. B. Schmerle) von einer Kornvergrößerung profitieren, da geeignete Laichhabitate dann in größerer Fläche zur Verfügung stehen und im Vergleich zum naturnahen Ufer früher überschwemmt werden.

Auch die Lebensbedingungen für die Pflanzenarten der **Schlammfluren**, die auf feinkörnige, nährstoffreiche Sedimente angewiesen sind, werden sich verändern. Vor den Mauern werden sie tendenziell zurückgehen, dafür aber

Gelegenheit haben, die neu gebildete Schlammflächen hinter Ufervorsprüngen neu zu besiedeln, denn zusammen mit dem Feinmaterial werden auch die reichlich produzierten Samen, z. B. des Quellgrases (*Catabrosa aquatica*) und des Gift-Hahnenfußes (*Ranunculus sceleratus*) transportiert.



**Abb. 6:** Erosion am Bodenseeufer. Links: natürlich entstandenes Geröllpflaster, die kleinen dunkelgrauen Flecken sind Kolonien von Dreikantmuscheln (Konstanz, Südufer der Insel Mainau, 16.08.2013, Foto: Verf.). Rechts: Mauersockel mit leichter Unterspülung des mit Beton vergossenen Bauschutts, im Vordergrund Reste von Ziegelschutt, der als Hinterfüllung gedient hat (Berlingen, Kt. TG, 13.03.2011, Foto: Verf.).

Die **Schilfröhrichte** werden bereits an natürlichen, exponierten Uferabschnitten mit der Tatsache konfrontiert, dass sich das Feinmaterial aus dem See nicht dauerhaft ablagern kann, sondern ausgewaschen wird, woraufhin nur der nährstoffarme Geschiebeuntergrund mit einem Geröllpflaster zurückbleibt. Unter solchen Bedingungen ist die Vitalität des Schilfs (Halmhöhe, Halmdichte) herabgesetzt. Etwas Ähnliches könnte mittelfristig vor sich gehen, wenn dieser Vorgang künstlich – durch den Bau einer Ufermauer – eingeleitet oder verstärkt wird (Szenario B).

Für die konkurrenzschwachen **Strandrasen**-Arten könnten sich im Szenario B Vorteile ergeben: Ihnen bliebe eine Verschlammung ebenso erspart wie der Eintrag von Diasporen eutraphenter Konkurrenzpflanzen. Jedoch können zu starke Materialbewegungen, die Umlagerung von Bermen und die Bildung von Strandwällen, wie sie am östlichen Obersee beobachtet wurden, zu einer Überschüttung und Vernichtung der betroffenen Teilpopulationen führen. Die **Flutrasen**, die von dem Ausläufer treibenden Weißen Straußgras dominiert werden, besiedeln ebenfalls die durch erosive Verhältnisse und Geröllpflaster gekennzeichneten Standorte. Auf eine Nährstoffversorgung

aus dem Substrat sind sie weniger angewiesen als die Röhrichte, denn sie werden gern vom Höckerschwan (*Cygnus olor*) und von Entenvögeln als Ruheplatz und Nahrungsraum angenommen, die mit ihrem Kot für einen Nährstoffeintrag sorgen.

Bei einer deutlichen Vergrößerung der Oberflächensubstrate ist mit einem Artenwechsel innerhalb der **Laufkäfer**-Biozönose sowie mit einer Verringerung der Artenvielfalt zu rechnen (BRÄUNICKE & TRAUTNER 2002, W. LÖDERBUSCH in OSTENDORP et al. 2010). Von der Umlagerung des Feinmaterials, die zu einer Verschlammung von ursprünglich sandig-kiesigen Flächen führt, können die Laufkäfer in der Regel nicht profitieren, denn ihnen und vielen ihrer Beutetiere fehlt dort der Poren- und Spaltenraum als Versteckmöglichkeit. Andererseits könnten einige Arten (z. B. *Nebria picicornis*, *Bembidion decorum*, *B. punctatulum*) gefördert werden, die an vegetationsarme Standorte mit Substratumlagerungen angepasst sind und die an stabilen, mit dichter Röhrichtvegetation besiedelten Ufern nicht vorkommen.

**Vögel**, die bei zurückgehendem Wasserstand auf den Uferflächen nach Nahrung suchen, sind ebenfalls betroffen: Die Bekassine (*Gallinago gallinago*) ist aufgrund ihres weichen Schnabels auf Weichsubstrate spezialisiert; für sie fallen die kiesigen Geröllflächen als Nahrungsraum aus. Der Flussuferläufer (*Actitis hypoleucos*) mit seinem deutlich kürzeren, spitzen Schnabel ist hingegen gewohnt, auch zwischen Steinen zu suchen.

### 5.6. Häufigkeit von Wasserpflanzen-Spülsäumen

Im Herbst und Frühwinter werden – bei entsprechendem Wellengang – Wasserpflanzen losgerissen, die schließlich mit zurückgehendem Wasserstand im Eulitoral stranden. Möglicherweise verringern die hydrodynamischen Bedingungen, die bei Starkwindereignissen vor den Mauern herrschen, die Wahrscheinlichkeit, dass zerfallende Armlauchteralgen-Reste u. ä. vor den Mauern zur Ablagerung kommen (Szenario C).

Spülsäume aus Unterwasserpflanzen stellen für viele **Vögel** eine bedeutende Nahrungsquelle dar (Abb. 7). Mit abnehmender Häufigkeit und Mächtigkeit der Spülsäume gehen diese Nutzungsmöglichkeiten zurück.

Für den Biber, aber auch für die Schermaus, den Bisam und die Wasserspitzmaus und andere **Kleinsäuger** spielt das Vorhandensein oder Fehlen von Spülsäumen keine Rolle, da sich die Tiere kaum sehr weit auf das deckungslose Ufer hinaus wagen. Für die **Fledermäuse** dürften Spülsäume eine gewisse Bedeutung besitzen, sofern die Emergenz und der Flug der sich daraus entwickelnden Insekten in der Dämmerung oder nachts stattfinden,

was zumindest bei einigen Zuckmücken-Arten (z. B. *Chironomus plumosus*-Gruppe), Eintagsfliegen- und Köcherfliegen-Taxa der Fall ist.

### 5.7. Häufigkeit von Schilfstreu- und Treibholz-Spülsäumen

Die Spülsäume aus Schilfstreu, Treibholz und Kulturabfällen lagern sich häufig in dem schmalen Streifen zwischen der Mauer und der landseitigen Grenze des Schilfbestands ab (Szenario B). Dort bleiben sie gefangen und werden nicht mehr abtransportiert (Abb. 7). Im Laufe der Jahre kann ein dichter Teppich entstehen, der den Austrieb von Schilfhalmern unterbindet und gleichzeitig die Entwicklung einer nitrophytischen Sumpfpflanzenvegetation ermöglicht. Damit verbessern sich die Lebensbedingungen für die **Grünfrösche**. Eventuell kann auch die Ringelnatter nach Rückgang des Hochwassers solche Standorte zur Eiablage und als mögliche Sonn- und Versteckplätze nutzen. Inwieweit Kleinsäuger und Raubsäuger, z. B. der Iltis (*Mustela putorius*) gezielt solche Bereiche zur Nahrungssuche aufsuchen, ist ungewiss und dürfte von den lokalen Bedingungen abhängen.

Sind keine Schilfröhrichte mehr vor der Mauer erhalten (Szenario C), ist zu erwarten, dass das Treibgut der Mauer entlang transportiert wird, bis es im Strömungsschatten eines Ufervorsprungs oder eines Hafens anlandet. Zumindest lokal ist damit auch die Bedeutung der Schilfstreu-Spülsäume als Nahrungsreservoir für **Vögel** und **Fledermäuse** geringer.



**Abb. 7:** Spülsäume am Unterseeufer. Links: ein Tüpfelsumpfhuhn (*Porzana porzana*) sucht im feuchten Armleuchteralgen-Spülsaum vor Triboltingen (CH, Kt. Thurgau) nach Nahrung (30.09.2009, Foto: M. GRANITZA). Rechts: Schilftorfanschwemmungen in einer Röhrichtblänke vor Oberzell, Insel Reichenau (03.04.1979, Foto: Verf.).

### 5.8. Barrierewirkung, Mobilitätshindernis

Die senkrechten, meist ein bis zwei Meter hohen Ufermauern stellen für viele Organismen Mobilitätshindernisse dar. Dabei sind grundsätzlich zwei Aspekte zu unterscheiden: (i) der tages- oder jahreszeitliche Wechsel bestimmter Tierarten zwischen dem (semi-)aquatischen und einem terrestrischen Lebens- oder Nahrungsraum, bei dem vor allem die Höhe der Mauer eine Rolle spielt, und (ii) die Ausbreitungswanderungen von Pflanzen und Tieren, soweit sie in der Eulitoralzone stattfinden; in diesem Fall ist die Uferlängsausdehnung der Mauer die wichtigste Komponente.

Für die Samen und vegetativen Vermehrungsorgane der **Schlammflur-** und **Flutrasen-Arten** sowie der **Röhrichte** stellt die Mauer kein Wanderungshindernis dar. Dies dürfte auch für einige Arten der **Strandrasen**, z. B. den Ufer-Hahnenfuss (*Ranunculus reptans*) und den Strandling (*Littorella uniflora*) gelten, vielleicht auch für das Bodensee-Vergissmeinnicht (*Myosotis rehsteineri*) und die Strandschmiele (*Deschampsia littoralis*). Erhebungen in der Bregenzer Bucht (Bodensee-Obersee) haben gezeigt, dass zwischen den mutmaßlichen Elternbeständen (Bodensee-Vergissmeinnicht am Mehrerauer Ufer) und den Tochterbeständen (Lochauer Strandbad) mehrere Kilometer liegen können, die überwiegend von Mauern gesäumt sind (M. GRABHER, unpubl.).

Die Ortsbewegungen der im Litoral lebenden **Fische** werden durch eine Mauer nicht beeinträchtigt, da alle Altersklassen auch in die Sublitoralzone ausweichen können. Möglicherweise muss dabei mit einer erhöhten Mortalität der Jungfische gerechnet werden (vgl. Kapitel 5.2). Der genetische Austausch zwischen den sehr ortstreuen Populationen der Schmerle<sup>3</sup> dürfte eher durch ausgedehnte Schlammufer und Röhrichte eingeschränkt werden als durch Ufermauern, in deren Vorländern tendenziell optimale Substrate zu finden sind (vgl. Kapitel 5.5).

Für die Imagines vieler **Laufkäferarten** des Bodenseeuferes stellen Mauern in beiden Richtungen kein vollständig unüberwindbares Wanderungs- oder Ausbreitungshindernis dar, zumal ein großer Teil der spezifischen Ufer-Arten flugfähig ist. Im Frühjahr können die noch nicht wasserbedeckten Vorland-Habitats schnell von den vagilen Tieren besiedelt werden. Beim Anstieg des Wasserspiegels bis zum Mauerfuß können die Individuen sowohl abfliegen als auch an vertikalen Strukturen hochklettern oder sich auf schwimmendes Treibgut retten (BRÄUNICKE & TRAUTNER 2002). Etliche

---

<sup>3</sup> Die Groppe, die in dieser Hinsicht eine ähnliche Lebensweise besitzt, kommt heute nur im Obersee vor.

dieser Arten suchen nach dem Rückzug des sommerlichen Hochwassers gezielt trocken fallende Uferabschnitte auf, um sich dort zu reproduzieren. Somit vermindert die phänologische Einnischung die Beeinträchtigung ihres Reproduktionszyklus<sup>4</sup> aufgrund der Existenz von Ufermauern. Als kritisch ist die Situation jedoch für viele Arten einzustufen, deren Larvalentwicklung in die Zeit der sommerlichen Hochwasserstände fällt oder die ein zweijähriges Larvalstadium aufweisen (z. B. *Nebria livida*) und die eine Überflutung nicht überleben können. An Stellen, an denen Ufermauern eine landseitige Ausweichbewegung der mobilitätsschwachen Entwicklungsstadien unterbinden, muss von einem quantitativen Verlust ausgegangen werden.

Für **Libellen**, die im letzten Larvalstadium in Richtung Land wandern, um dort an vertikalen Strukturen (normalerweise Schilfstängel, Holzpfähle, Äste) hochzukriechen, an denen die Umwandlung und der Schlupf der Imago stattfindet, sind senkrechte Ufermauern denkbar ungeeignet. Zwar zeigen Beobachtungen, dass die Larven bestimmter Arten mitunter auch im Bereich von Brücken oder Stegen und an geschützt liegenden Blocksteinen emporklettern können (z. B. DUFOUR 2009), an senkrechten Blocksteinmauern (Szenario B) oder Betonmauern (Szenario C) wurden bislang nur selten Exuvien beobachtet<sup>4</sup>. In der unmittelbaren Nähe der Maueroberfläche treten wahrscheinlich starke Strömungen auf, die eine erfolgreiche Fortbewegung der Libellenlarven unterbinden und stattdessen Mortalitätsverluste fördern. Bei langen Uferabschnitten muss man also davon ausgehen, dass sich nur ein sehr geringer Teil der Larvalpopulation zur flugfähigen Imago entwickeln kann.

Während der **Seefrosch**<sup>5</sup> recht ortstreu ist, und das ganze Jahr über in den Laichhabitaten verbringt, führen Teile der **Teichfrosch** (*Rana esculenta*)-Populationen Wanderungen zwischen den Laichhabitaten, die sich auch am Seeufer befindet können, und den Überwinterungshabitaten durch. Wenn dabei Tiere auf die Ufermauer treffen, werden sie nicht in der Lage sein, die Mauer zu überwinden. Vielmehr werden sie der Mauer entlang wandern und dabei nach einem Ausstieg suchen. Tagsüber sind die Tiere vor allem beim Szenario C ohne Deckung, so dass sie einer erhöhten Prädation durch Iltis, Graureiher (*Ardea cinerea*) oder Hecht und Barsch ausgesetzt sind, je nachdem, ob die Wanderung auf dem landfesten oder dem überschwemmten Vorland stattfindet.

---

<sup>4</sup> Am Hochrhein-Ufer wurden mehrfach Exuvien der Kleinen Zangenlibelle, *Onychogomphus forcipatus* an Ufermauern beobachtet, am Seerhein gelang am 06.07.2010 der Fund von drei Exuvien der Gelben Keiljungfer, *Gomphus simillimus*, davon eine an der Ufermauer von Schloss Gottlieben (U. Pfändler, in litt.).

<sup>5</sup> vgl. Fußnote 2.

Die **Ringelnatter** ist nicht auf amphibische Jagdhabitats angewiesen; vermutlich wird sie das Vorland vor den Mauern meiden, insbesondere dann, wenn dort die Röhrichtvegetation bereits weitgehend beseitigt worden ist (Szenario C). Wenn dennoch Tiere vor eine lang gestreckte Mauer geraten sind, wird es ihnen kaum gelingen, die Mauer zu überwinden, um in ihre terrestrischen Lebensräume zurückzugelangen.

Den **Wasservögeln** (z. B. Wasserralle, *Rallus aquaticus*, Küken von Blässhuhn, Tauchern und Enten) werden durch die Mauern Fluchtwege verstellt, was sich insbesondere dann gravierend auswirken kann, wenn der ehemals geschlossene Röhrichtgürtel als Rückzugsraum weitgehend verschwunden ist (Szenario C). Ansonsten stellt die Mauer weder in uferquerrer Richtung noch in Längsrichtung eine Barriere für sie dar.

Unter den amphibisch lebenden **Säugetieren** zeigt der Biber ein raumgreifendes Nahrungssuch- und Wanderverhalten, wobei die Tiere auch Hindernisse überwinden oder umgehen. Freistehende, niedrige Mauern mit einer Krone bis etwa 0,2 m über dem Wasserspiegel kann der Biber noch erklettern. Höhere Mauern stellen ein uferqueres Wanderungshindernis dar, das er jedoch umgehen kann, wenn er abschnittsweise Treppen, Bootsrampen o. ä. vorfindet. Ob er diese Ausstiege nutzt, dürfte wesentlich davon abhängen, ob er im unmittelbaren Hinterland, d. h. bis maximal 10 m Entfernung von der Wasserlinie Nahrungsquellen (z. B. Sumpfvegetation, Weidengehölze) vorfindet. So gesehen trennen die Ufermauern den Biber von seinen Nahrungsressourcen. In Uferlängsrichtung stellen dagegen auch längere Ufermauern kein signifikantes Wanderungs- oder Ausbreitungshindernis für erwachsene Biber dar, die bereits bei ihrer nächtlichen Futtersuche oftmals 1 km und mehr schwimmend zurücklegen. Für Jungtiere könnten sehr lange verbaute Uferstrecken allerdings zum Problem werden, wenn sie unterwegs keine wellen- und strömungsgeschützten Ruheplätze finden; in solchen Fällen ist dann mit einer erhöhten Mortalität zu rechnen. Der **Bisam** ist weniger wanderungsaktiv; er hält sich innerhalb seiner Reviere von etwa 0,1 bis 1 Hektar Größe auf, die in der Nähe seines Baus liegen. Die Abwanderung der Jungtiere im Frühjahr und Herbst erfolgt teils an Land, teils im Wasser, wobei langgestreckte Ufermauern ohne Ruheplätze problematisch sind. Für die wenig ausdauernden Schwimmer mit kleinem Aktionsradius wie **Wasserspitzmaus** und **Scherm Maus** stellt die Ufermauer jedoch sowohl in uferquerrer Richtung als auch in Uferlängsrichtung ein entscheidendes Wanderungshindernis dar, das von ihnen nicht überwunden werden kann.

Terrestrische **Kleinsäuger**-Arten, Spitzmäuse, Wühlmäuse und Langschwanzmäuse, können grundsätzlich während der überschwemmungsfreien Zeit das Vorland vor Ufermauern besiedeln und als Nahrungsraum nutzen.

Wenn solche Uferabschnitte durch steigende Wasserstände eingeschlossen werden, können die Tiere jedoch nicht mehr rechtzeitig ins Hinterland ausweichen. Sie werden sich vielmehr orientierungslos auf immer engerem Raum vor der Mauer zusammendrängen, so dass – mit Ausnahme der Wanderratte – ihre Schwimmkräfte schließlich nicht mehr ausreichen, um entlang der Mauer einen Ausstieg zu suchen und zu finden. Die Betonmauer selbst ist für sie nahezu unüberwindlich. Die Mortalität innerhalb einer solchen eingeschlossenen Population dürfte erheblich sein. Auch von der Landseite her übt die Mauer eine erhebliche Barrierewirkung aus: Es besteht die Gefahr, dass die Tiere über die Mauerkante fallen und nicht mehr zurückkommen.

## 6. Diskussion

Seeufermauern können sich, wie diese Zusammenstellung gezeigt hat, auf zahlreiche Organismengruppen mit jeweils andersartigen Lebensraumansprüchen auswirken. Darunter befinden sich nicht nur die obligat aquatische Gruppen, die in der EG-WRRL (Anhang V, Ziff. 1.1.2) als biotische Qualitätskomponenten dienen, sondern auch amphibisch lebende und terrestrische Pflanzen und Tiere. Entsprechend komplex ist das Wirkungsggefüge, das sich je nach Taxa-Gruppe und Entwicklungsstadium anders darstellen kann. Vor diesem Hintergrund ist es nicht verwunderlich, dass nur für wenige Gruppen konkrete Forschungsergebnisse vorliegen, die sich unmittelbar auf das vorliegende Problem übertragen lassen.

Um zu einer umfassenderen Einschätzung zu kommen, wurde in diesem Beitrag der methodische Weg des szenario-basierten Expertenurteils beschrieben (vgl. FARRINGTON-DARBY & WILSON 2006). Expertenurteile gelten im Vergleich zu experimentell erzeugten oder statistisch gesicherten Aussagen aus Freilanderhebungen als Aussagen minderer Qualität. Ohne dem widersprechen zu wollen, muss betont werden, dass Expertenurteile wahrscheinlich eine höhere Verallgemeinerbarkeit innerhalb des Szenariorahmens aufweisen als Experimente, die häufig nur mit einem sehr eng begrenzten Satz an Randbedingungen durchgeführt werden. Im Vergleich zu Freilanderhebungen, die oft sehr arbeits-, zeit- und kostenintensiv sind, und die ebenfalls nur an einem begrenzten Ausschnitt der „ökologischen Wirklichkeit“ durchgeführt werden können, besitzen sie den Vorteil, dass sie schneller und effizienter zu entscheidungsrelevanten Resultaten führen. Das Werkzeug des Expertenurteils ist darauf ausgerichtet, eine große Menge zerstreuten Detailwissens zu strukturieren, um gültige Prognosen zu generieren, denen freilich nur eine begrenzte Eintrittswahrscheinlichkeit zukommt. Es ist

anzunehmen, dass die Gewissheit der Aussagen mit der Menge an verarbeitetem Detailwissen, der Realitätsnähe der Szenarien und der Zahl der befragten Experten zunimmt. Dem wurde in dieser Studie weitgehend Rechnung getragen.

Die Analyse der ökologischen Auswirkungen von Ufermauern beginnt mit einem Katalog der mutmaßlichen hydromorphologischen Auswirkungen der Szenarien B und C vor dem Hintergrund des unverbauten Referenzufers (Szenario A). Die insgesamt sieben Wirkungskomplexe hängen mit den naturräumlichen Voraussetzungen ("Durchschnittsufer"), der Art des Uferbauwerks und den am Untersee typischen Nutzungen zusammen.

Für viele funktionelle Pflanzen- und Tiergruppen sind die Auswirkungen der beiden Szenarien negativ, andere wiederum reagieren neutral. Nur wenige Arten sind in der Lage, sich den neu geschaffenen Lebensraum der Ufermauer zu erschließen, und dies auch nur dann, wenn eine Blocksteinmauer mit einer relativ ungleichmäßigen Oberfläche nicht ausgefugt oder schadhaft ist (Szenario B). Die heute vorherrschenden Ufermauern aus Gießbeton oder die sanierten Blocksteinmauern mit einem Spritzbeton-Überzug (Szenario C) sind ausgesprochen besiedlungsfeindlich, so dass sich bestenfalls einige ubiquitäre Flechten- und Moosarten ansiedeln können.

Die negativen Wirkungen der Ufermauern des Szenarios B gehen überwiegend von der Einschränkung naturnaher Lebensräume (Wirkungskomplex W1) sowie von der Barrierewirkung (W7) für mobile, zumeist amphibisch lebende Tierarten aus. Die Mauer wirkt sich in uferquerrer und in Uferlängsrichtung aus; sie bringt ein erhebliches Mortalitätsrisiko für die betroffenen Individuen mit sich (z. B. Wasserspitzmaus, Grünfrösche, Ringelnatter), das sich bis zur Auslöschung von Teilpopulationen (z. B. schlupffreie Libellenlarven, evtl. auch Laufkäfer-Larven) steigern kann. Eine mildernde Rolle dürfte in Szenario B den Röhrichtbeständen zukommen, die beim Szenario C vollständig fehlen, womit die negativen Effekte der Ufermauern für Fische, Grünfrösche, Ringelnatter, amphibische Kleinsäuger und Vögel entscheidend verstärkt werden. Im Szenario C treten weitere Wirkungskomplexe hinzu, die mit der vermuteten Wellenreflexion und Strömungsverstärkung (W3), der Verlagerung von Feinsedimenten (W4) sowie mit der möglicherweise veränderten Abundanz von Spülsäumen (W5, W6) zu tun haben.

Auch wenn die Darstellungen in den Kapiteln 5.2 bis 5.8 die komplexen ökologischen Wechselbeziehungen nur sehr lückenhaft abbilden können, lassen sie einige wichtige Schlussfolgerungen zu:

(1) Von den Ufermauern sind keineswegs nur die in der EG-WRRL vorgesehenen biotischen Qualitätskomponenten betroffen, sondern eine Reihe weiterer, teils naturschutzfachlich interessanter Artengruppen. Eine angemessene hydromorphologische Bewertung von Uferverbauungen sollte daher auch diese Gruppen einbeziehen.

(2) Maßnahmenprogramme und Einzelmaßnahmenvorschläge, die für die Umsetzung der EG-WRRL erforderlich werden, sollten ihren Ausgangspunkt nicht bei den üblichen wasserbaulichen Standardlösungen nehmen, in der Hoffnung, dass sich später auf irgendeinem Wege geeignete Habitate herausbilden werden. Vielmehr sollten die Entwicklung ufertypischer Biotope und kleinräumiger Biotopelemente sowie die Förderung von Ziel-Arten im Vordergrund stehen, um in einem nächsten Schritt geeignete wasserbauliche Lösungen zu finden.

(3) Da viele Arten wahrscheinlich auch auf kleinräumige Strukturverbesserungen und die punktuelle Einbringung geeigneter Biotopelemente reagieren, bestehen durchaus Alternativen zu kostenintensiven und flächenverbrauchenden Renaturierungen durch Ufervorschüttung.

Schließlich hat diese Zusammenstellung gezeigt, wie lückenhaft und zerstreut unser Wissen über das Arteninventar und die ökologischen Zusammenhänge in der Uferzone unserer Seen ist, – szenario-basierte Expertenurteile können dabei helfen, die Komplexität der Wirkungspfade zu ordnen und neue Forschungsfragestellungen zu entwickeln.

## Danksagung

Weitere Informationen verdanken wir Rainer Bretthauer, Liggeringen (Säugetiere), Christian Monnerat, Neuchatel (Libellen), Rainer Nowack, Lindau (Unterwasserpflanzen) und Ulrich Pfändler, Schaffhausen (Vögel). Max Granitza, Konstanz-Dettingen stellte freundlicherweise ein Foto zur Verfügung.

## Literatur

- AHRENS, M. (1992): Die Moosvegetation des nördlichen Bodenseegebiets. *Dissertationes Botanicae* 190: 681 S.
- BERGAMINI, A., HOFMANN, H., SCHNYDER, N., MÜLLER, N., PEININGER, M., LÜTH, M. (2009): Beiträge zur bryofloristischen Erforschung der Schweiz - Folge 4. *Meylania* 42: 25-36.
- BRÄUNICKE, M., TRAUTNER, J. (2002): Die Laufkäfer der Bodenseeufer. Indikatoren für naturschutzfachliche Bedeutung und Entwicklungsziele. 116 S., Haupt-Verlag, Bern.

- DUFOUR, C. (2009): Nouvelle preuve de reproduction d'*Onychogomphus f. forcipatus* Linnaeus, 1758 dans le Lac de Neuchâtel, Suisse (Odonata, Gomphidae). *Entomo Helvetica* 2: 23-31.
- EG-WRRL (2000): Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik. Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften L 327 vom 22.12.2000, 72 S., Brüssel.
- FARRINGTON-DARBY, T., WILSON, J. (2006): The nature of expertise: A review. *Applied Ergonomics* 37: 17–32.
- GABEL, F., GARCIA, X.-F., BRAUNS, M., SUKHODOLOV, A., LESZINSKI, M., PUSCH, M. (2008): Resistance to ship-induced waves of benthic invertebrates in various littoral habitats. *Freshwater Biology* 53: 1567-1578.
- GABEL, F., PUSCH, M., BRYER, P., BURMESTER, V., WALZ, N., GARCIA, X.-F. (2011a): Differential effect of wave stress on the physiology and behaviour of native versus non-native benthic invertebrates. *Biological Invasions* 13: 1843-1853.
- GABEL, F., STOLL, S., FISCHER, P., PUSCH, M., GARCIA, X.-F. (2011b): Waves affect predator-prey interactions between fish and benthic invertebrates. *Oecologia* 165: 101-109.
- GABEL, F., GARCIA, X.-F., SCHNAUDER, I., PUSCH, M. (2012): Effects of ship-induced waves on benthic littoral invertebrates. *Freshwater Biology* 57: 2425-2435.
- HOFMANN, H., SEIBT, C., PEETERS, F. (2013): Wellenexposition und Resuspensionspotential ausgewählter Untersuchungsgebiete am Bodensee: Messungen und Modellierung. S. 37-51. In: BREM, H.J., EBERSCHWEILER, B., GRABHER, G., SCHLICHTHERLE, H., SCHRÖDER, H.-G. (Hrsg.): Erosion und Denkmalschutz am Bodensee und Zürichsee. Bregenz.
- KRAUS, N. C. (1988): The effect of seawalls on the beach: an extended literature review. S. 1-29. In: KRAUS, N. C., PILKEY, O. H. (Hrsg.): The effects of seawalls on the beach. *Journal of Coastal Research, Special Issue* 4.
- KRAUS, N. C., MCDUGAL, W. G. (1996): The effect of sea walls on the beach: Part 1- An updated literature review. *Journal of Coastal Research* 12: 619–701.
- KUCERA-HIRZINGER, V., SCHLUDERMANN, E., ZORNIG, H., WEISSENBACHER, A., SCHABUSS, M., SCHIEMER, F. (2009): Potential effects of navigation-induced wave wash on the early life history stages of riverine fish. *Aquatic Sciences* 71: 94–102.
- MACKENZIE, B. R., MILLER, T. J., CYR, S., LEGGETT, W. C. (1994): Evidence for a domeshaped relationship between turbulence and larval fish ingestion rates. *Limnology and Oceanography* 39: 1790–1799.
- MEYS, S. (2010): Lebensraum Trockenmauer. Bauanleitung, Gestaltung, Naturschutz. 2. Aufl., 160 S., Pala-Verl., Darmstadt.
- MILER, O., OSTENDORP, W., BRAUNS, M., PORST, G., PUSCH, M. (2015): Ecological asses-ment of whole-lake morphological shore degradation using macroinvertebrate community structure and GIS supported aerial photo analysis. *Fundamental and Applied Limnology* (zum Druck angenommen).

- OSTENDORP, W. (2015): Ökologische Auswirkungen von Ufervorschüttungen am Bodensee-Untersee. Schriften des Vereins für Geschichte des Bodensees und seiner Umgebung 132 (zum Druck angenommen).
- OSTENDORP, W., DIENST, M. (2009): Vegetationsdynamik im NSG „Wollmatinger Ried – Untersee – Gnadensee“ unter dem Einfluss von hydrologischen Extremereignissen. *Carolina* 67: 93 – 107.
- OSTENDORP, W., OSTENDORP, J. (2014): Uferaufschüttungen und Uferverbau am Bodensee-Untersee. Mitteilungen der Thurgauischen Naturforschenden Gesellschaft 67: 47 – 83.
- OSTENDORP, W., DIENST, M., LÖDERBUSCH, W., PEINTINGER, M., STRANG, I. (2010): Seeuferrenaturierungen am Bodensee. Naturschutzfachliche Bestandsaufnahme und Empfehlungen. *Natur und Landschaft* 85: 89-97.
- PROBST, W.N., STOLL, S., HOFMANN, H., FISCHER, P., ECKMANN, R. (2009): Spawning site selection by Eurasian perch *Perca fluviatilis* L. in relation to temperature and wave exposure. *Ecology of Freshwater Fish* 18: 1–7.
- REY, P., MÜRLE, U., ORTLEPP, J., MÖRTL, M., SCHEIFHACKEN, N., WERNER, S., OSTENDORP, W., OSTENDORP, J. (2005): Wirbellose Neozoen im Bodensee – neu eingeschleppte invasive Benthos-Arten – Monitoringprogramm Bodenseeufer 2004. 44 S., hrsg. von der Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, Karlsruhe.
- ROTHSCHILD, B. J., OSBORN, T. R. (1988): Small-scale turbulence and plankton contact rates. *Journal of Plankton Research* 103: 465–474.
- RUMM, P., VON KEITZ, S., SCHMALHOLZ, M. (2006): Handbuch der EU-Wasserrahmenrichtlinie. 2. Aufl., 620 S., E. Schmidt-Verl., Berlin.
- RUPP, R. S. (1965): Shore-spawning and survival of eggs of American Smelt. *Transactions of the American Fisheries Society* 94: 160–168.
- RVHB, REGIONALVERBAND HOCHRHEIN-BODENSEE (1984): Bodenseeuferplan. 52 S. Waldshut.
- SCHEIFHACKEN, N. (2006): Life at turbulent sites – Benthic communities in lake littorals interacting with abiotic and biotic constraints. – Dissertation, Fachbereich Biologie der Universität Konstanz, 197 S.
- SCHMIDT, B. (1995): Wissenschaftliche Untersuchung der Libellenfauna ausgewählter Abschnitte des Jagsttals unter besonderer Berücksichtigung der Kleinen Zangenlibelle *Onychogomphus forcipatus* und der Gemeinen Keiljungfer *Gomphus vulgatissimus* – Auswirkungen von Badebetrieb und Bootsbefahrungen auf Libellenpopulationen. Unveröff. Gutachten i. A. der Bezirksstelle für Naturschutz und Landschaftspflege Stuttgart, 154 S.
- STOLL, S., BEECK, P. (2012): Larval fish in troubled waters – is the behavioural response of larval fish to hydrodynamic impacts active or passive? *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 69: 1576-1584.
- STOLL, S., FISCHER, P. (2011): Three different patterns of how low intensity waves can affect the energy budget of littoral fish: a mesocosm study. *Oecologia* 165: 567-576.
- STOLL, S., FISCHER, P., KLAHOLD, P., SCHLEIFHACKEN, N., HOFMANN, H., ROTHHAUPT, K.-O. (2008): Effects of water depth and hydrodynamics on the

growth and distribution of juvenile cyprinids in the littoral zone of a large pre-alpine lake. *Journal of Fish Biology* 72: 1001–1022.

STOLL, S., HOFMANN, H., FISCHER, P. (2010): Effect of wave exposure dynamics on gut content mass and growth of young-of-the-year fishes in the littoral zone of lakes. *Journal of Fish Biology* 76: 1714-1728.

## **Anhang I: Fragenkatalog der strukturierten Interviews**

- (1) Welche Arten der Taxa-Gruppe XYZ sind an einem "mittelsteilen" und mittelmäßig besonnten naturnahen Ufer des Bodensee-Untersees (Szenario A) zu erwarten? Sind diese Habitate optimal?
- (2) Wie verändern sich die Lebens-, Reproduktions- und Ausbreitungsbedingungen für die Taxa-Gruppe XYZ, wenn ein naturnaher Uferstreifen (Szenario A) mit einer Ufermauer versehen wird (Szenario B: beispielgebende Fotos und detaillierte Beschreibung wurden beigegeben)?
- (3) Wie verändern sich die Lebens-, Reproduktions- und Ausbreitungsbedingungen für die Taxa-Gruppe XYZ, wenn ein naturnaher Uferstreifen (Szenario A) mit einer Ufermauer + landseitigen Uferaufschüttungen + land- u. wasserseitigen Nutzungen versehen wird (Szenario C: beispielgebende Fotos und detaillierte Beschreibung wurden beigegeben)?
- (4) Welche Rolle spielen die folgenden spezifischen Auswirkungen von Ufermauern auf die Lebens-, Reproduktions- und Ausbreitungsbedingungen Taxa-Gruppe XYZ:
  - strukturelle Monotonie
  - Turbulenz, Strömungen
  - Substratänderungen: Feinmaterial-Austrag, -Umlagerung
  - Spülsäume
  - Barrierewirkung, Wanderungshindernis
  - Mauern als zusätzliche Biotope
  - Lebensraumvernichtung durch Überschüttung
  - Beseitigung von spezifischen Lebensraumstrukturen
  - Synchronizität von Witterung, Wasserstand und Phänologie
  - landseitige Nutzungen
  - seeseitige Nutzungen

**Anhang II:**

Taxa-Katalog der Uferflora und -fauna des Bodensee-Untersee, differenziert nach Biotop-Komplex und funktionellen und Taxa-Gruppen (Auswahl häufiger und charakteristischer Taxa, stark vereinfacht); alle Taxa sind am Unterseeufer nachgewiesen mit Ausnahme von (\*?) – am Unterseeufer zu vermuten, aber noch nicht nachgewiesen. Die angegebene Mindest-Artenzahl des Makrozoobenthos (Symbol „≥“) berücksichtigt, dass in vielen Untersuchungen nur höhere Taxa (Familien, Ordnungen) erfasst wurden.

## (a) Sublitoral

Biotop-Komplex	funktionelle Gruppe / Taxon (Auswahl)
Seeboden und Unterwasserpflanzenrasen	<p><u>Makroalgen und submerse Blütenpflanzen:</u>  <i>Chara contraria</i>, Gegensätzliche Armleuchteralge  <i>Chara aspera</i>, Raue Armleuchteralge  <i>Chara globularis</i> (= <i>Ch. fragilis</i>), Zerbrechliche Armleuchteralge  <i>Nitellopsis obtusa</i>, Stern-Armleuchteralge  <i>Potamogeton pectinatus</i>, Kamm-Laichkraut  <i>Potamogeton perfoliatus</i>, Durchwachsenes Laichkraut</p> <p><u>Makrozoobenthos I</u> (Taxa, die ihren Entwicklungszyklus submers vollenden):  Stamm Bryozoa, Moostierchen: ≥ 1 Art  Stamm Porifera, Schwämme: ≥ 1 Art  Klasse Hydrozoa, Hydropolypen: ≥ 1 Art  Klasse Turbellaria, Strudelwürmer: 8 Arten  Stamm Nematoda, Fadenwürmer: ≥ 1 Art  Stamm Acanthocephala, Kratzwürmer: ≥ 1 Art  Klasse Oligochaeta, Wenigborster: ≥ 16 Arten  Klasse Hirudinea, Egel: 15 Arten  Klasse Gastropoda, Schnecken: 30 Arten  Klasse Bivalvia, Muscheln: ≥ 12 Arten  Klasse Ostracoda, Muschelkrebse: ≥ 1 Art  Unterkohorte Acari/Hydrachnidae, syn. Hydrachnellae (Süßwassermilben): ≥ 3 Arten  Ordnung Decapoda, Großkrebse: 1 Art  Ordnung Amphipoda, Flohkrebse: 6 Arten  Ordnung Isopoda, Asseln: ≥ 3 Arten  Ordnung Mysida, Schwebegarnelen: 2 Arten  Ordnung Harpacticoida, Ruderfußkrebse p.p.: ≥ 1 Art  Ordnung Cyclopoida (Hüpferlinge): ≥ 1 Art  Ordnung Arguloida (Fischläuse): 1 Art  Klasse Collembola, Springschwänze: ≥ 1 Art</p> <p><u>Makrozoobenthos II</u> (Taxa mit emerser Imaginalphase), nur aus der Klasse Insecta (Insekten):  Überordnung Ephemeroptera, Eintagsfliegen: ≥ 40 Arten</p>

	<p>Unterordnung Zygoptera, Kleinlibellen: 5 Arten          Unterordnung Anisoptera, Großlibellen: <math>\geq 4</math> Arten          Ordnung Plecoptera, Steinfliegen: <math>\geq 8</math> Arten          Ordnung Hemiptera/Heteroptera (Wanzen): <math>\geq 5</math> Arten          Ordnung Megaloptera, Schlammfliegen: <math>\geq 1</math> Art          Ordnung Neuroptera, Netzflügler: 1 Art          Ordnung Coleoptera, Käfer: <math>\geq 24</math> Arten          Ordnung Trichoptera, Köcherfliegen: <math>\geq 50</math> Arten          Ordnung Lepidoptera, Schmetterlinge: 1 Art          Unterordnung Diptera/Brachycera, Fliegen: <math>\geq 6</math> Arten          Unterordnung Diptera/Nematocera, Mücken: <math>\geq 25</math> Arten</p>
Freiwasserkörper	<p><u>Fische:</u>  <i>Abramis brama</i>, Brachsen  <i>Barbatula barbatula</i>, Schmerle  <i>Esox lucius</i>, Hecht  <i>Gymnocephalus cernuus</i>, Kaulbarsch  <i>Leuciscus leuciscus</i>, Hasel  <i>Lota lota</i>, Trüsche  <i>Perca fluviatilis</i>, Flussbarsch, Kretzer, Egli  <i>Squalius (Leuciscus) cephalus</i>, Döbel  <i>Tinca tinca</i>, Schleie</p>
Seefläche	<p><u>Vögel:</u>  <i>Fulica atra</i>, Blässhuhn  <i>Podiceps cristatus</i>, Haubentaucher  <i>Rallus aquaticus</i>, Wasserralle  <i>Tachybaptus ruficollis</i>, Zwergtaucher</p>

## (b) Eulitoral

Biotop-Komplex	funktionelle Gruppe / Taxon (Auswahl)
Seefläche (auch in der Nähe menschlicher Nutzungen)	<p><u>Vögel:</u>  <i>Anas platyrhynchos</i>, Stockente  <i>Ardea cinerea</i>, Graureiher  <i>Chroicocephalus (Larus) ridibundus</i>, Lachmöwe  <i>Cygnus olor</i>, Höckerschwan  <i>Netta rufina</i>, Kolbenente</p>
Schlammflächen und Schlammfluren	<p><u>Blütenpflanzen:</u>  <i>Catabrosa aquatica</i>, Quellgras  <i>Eleocharis acicularis</i>, Nadelbinse  <i>Ranunculus sceleratus</i>, Gift-Hahnenfuß  <i>Veronica anagallis-aquatica</i>, Gauchheil-Ehrenpreis  <i>Veronica catenata</i>, Wasser-Ehrenpreis</p> <p><u>Vögel:</u>  <i>Actitis hypoleucos</i>, Flussuferläufer</p>

	<p><i>Ardea alba</i>, Silberreiher  <i>Gallinago gallinago</i>, Bekassine  <i>Tringa ochropus</i>, Waldwasserläufer</p>
Wasserpflanzen- und Laub-Spülsaum	<p><u>Blütenpflanzen:</u>  <i>Barbarea vulgaris</i>, Echte Winterkresse  <i>Cardamine flexuosa</i>, Wald-Schaumkraut  <i>Cardamine hirsuta</i>, Viermänniges Schaumkraut</p> <p><u>Vögel:</u>  <i>Anthus spinoletta</i>, Bergpieper  <i>Chroicocephalus (Larus) ridibundus</i>, Lachmöwe  <i>Erithacus rubecula</i>, Rotkehlchen  <i>Motacilla alba</i>, Bachstelze  <i>Tringa glareola</i>, Bruchwasserläufer  <i>Turdus merula</i>, Amsel</p>
Strand	<p><u>Blütenpflanzen der Strandvegetation:</u>  <i>Deschampsia littoralis</i>, Strandschmiele  <i>Littorella uniflora</i>, Strandling  <i>Myosotis rehsteineri</i>, Bodensee-Vergissmeinnicht  <i>Ranunculus reptans</i>, Ufer-Hahnenfuß</p> <p><u>Blütenpflanzen der Flutrasen:</u>  <i>Agrostis stolonifera</i>, Weißes Straußgras  <i>Allium schoenoprasum</i>, Schnittlauch  <i>Carex panicea</i>, Hirse-Segge  <i>Carex viridula</i>, Späte Gelb-Segge  <i>Equisetum × meridionale</i>, Südlicher Schachtelhalm  <i>Equisetum variegatum</i>, Bunter Schachtelhalm  <i>Rorippa amphibia</i>, Wasser-Sumpfkresse</p> <p><u>Laufkäfer (Auswahl der stetigsten Arten):</u>  <i>Bembidion assimile</i>, Flachmoor-Ahlenläufer  <i>Bembidion decorum</i>, Kies-Ahlenläufer  <i>Bembidion tetracolum</i>, Gewöhnlicher Ufer-Ahlenläufer  <i>Chlaenius vestitus</i>, Gelbspitziger Sammetlaufkäfer  <i>Nebria brevicollis</i>, Gewöhnlicher Dammläufer  <i>Nebria picicornis</i>, Rotköpfiger Dammläufer  <i>Paranchus albipes</i>, Ufer-Enghalsläufer  <i>Pterostichus anthracinus</i>, Kohlschwarzer Grabläufer</p>
Röhrichte	<p><u>Blütenpflanzen:</u>  <i>Phalaris arundinacea</i>, Rohrglanzgras  <i>Phragmites australis</i>, Gemeines Schilf  <i>Schoenoplectus lacustris</i>, Grüne Seebirse  <i>Typha angustifolia</i>, Schmalblättriger Rohrkolben  <i>Typha latifolia</i>, Breitblättriger Rohrkolben</p> <p><u>Käfer (Auswahl):</u>  <i>Demetrias imperialis</i>, Gefleckter Halmläufer  <i>Donacia clavipes</i>, Schilfkäfer  <i>Odacantha melanura</i>, Sumpf-Halsläufer</p>

	<p><u>Amphibien und Reptilien:</u>  <i>Natrix natrix</i>, Ringelnatter  <i>Rana esculenta</i>, Teichfrosch  <i>Rana ridibunda</i>, Seefrosch</p> <p><u>Vögel:</u>  <i>Acrocephalus arundinaceus</i>, Drosselrohrsänger  <i>Acrocephalus scirpaceus</i>, Teichrohrsänger  <i>Cyanistes caeruleus</i>, Blaumeise  <i>Emberiza schoeniclus</i>, Rohrammer</p> <p><u>amphibische Säugetiere:</u>  <i>Arvicola terrestris</i>, Schermaus, Große Wühlmaus (*?)  <i>Castor fiber</i>, Biber  <i>Neomys fodiens</i>, Wasserspitzmaus (*?)  <i>Ondatra zibethicus</i>, Bisam  Im terrestrischen Halmwald der Röhrichte: <i>Micromys minutus</i>, Zwergmaus</p>
Luftraum	<p><u>Libellen, Imagines</u> [L, E – Larven- o. Exuvienfunde am Untersee-/Seerheinufer]:</p> <p>(a) <u>Zygoptera, Kleinlibellen:</u>  <i>Coenagrion puella</i>, Hufeisen-Azurjungfer (L)  <i>Enallagma cyathigerum</i>, Gemeine Becherjungfer (=Becher-Azurjungfer) (L)  <i>Erythromma viridulum</i>, Kleines Granatauge (L)  <i>Ischnura elegans</i>, Große Pechlibelle (L)  <i>Lestes sponsa</i>, Gemeine Binsenjungfer  <i>Lestes viridis</i>, Weidenjungfer (E)  <i>Platycnemis pennipes</i>, Blaue Federlibelle (L)  <i>Sympetma fusca</i>, Gemeine Winterlibelle  <i>Sympetma paedisca</i>, Sibirische Winterlibelle (E)</p> <p>(b) <u>Anisoptera, Großlibellen:</u>  <i>Aeshna mixta</i>, Herbstmosaikjungfer (L)  <i>Anax imperator</i>, Große Königlibelle (L)  <i>Boyeria irene</i>, Geisterlibelle (E)  <i>Cordulia aenea</i>, Gemeine Smaragdlibelle  <i>Gomphus simillimus</i>, Gelbe Keiljungfer (E)  <i>Gomphus vulgatissimus</i>, Gemeine Keiljungfer (L)  <i>Libellula depressa</i>, Plattbauch (L)  <i>Libellula quadrimaculata</i>, Vierfleck  <i>Onychogomphus forcipatus</i> (Kleine Zangenlibelle)  <i>Orthetrum cancellatum</i>, Großer Blaupfeil (L)  <i>Somatochlora flavomaculata</i>, Gefleckte Smaragdlibelle  <i>Somatochlora metallica</i>, Glänzende Smaragdlibelle (L)  <i>Sympetrum depressiusculum</i>, Sumpf-Heidelibelle  <i>Sympetrum sanguineum</i>, Blutrote Heidelibelle  <i>Sympetrum striolatum</i>, Große Heidelibelle (L)  <i>Sympetrum vulgatum</i>, Gemeine Heidelibelle</p>

	<p><u>Fledermäuse:</u>  <i>Myotis bechsteinii</i>, Bechsteinfledermaus  <i>Myotis daubentonii</i>, Wasserfledermaus  <i>Myotis mystacinus</i>, Kleine Bartfledermaus  <i>Nyctalus noctula</i>, Großer Abendsegler  <i>Pipistrellus kuhlii</i>, Weißbrandfledermaus  <i>Pipistrellus nathusii</i>, Rauhautfledermaus  <i>Pipistrellus pipistrellus</i>, Zwergfledermaus  <i>Pipistrellus pygmaeus</i>, Mückenfledermaus  <i>Vespertilio murinus</i>, Zweifarbfledermaus</p>
<p>Blockstein-  Mauern als  Sonderstandorte</p>	<p><u>hydrophile Moose (Laubmoose):</u>  <i>Amblystegium (Hygroamblystegium) tenax</i>, Starres Sumpfdeckelmoos (*?)  <i>Amblystegium (Leptodictyum) riparium</i>, Ufermoos (*?)  <i>Brachythecium rivulare</i>, Bach-Kurzbüchsenmoos (*?)  <i>Cratoneuron filicinum</i>, Farnähnliches Starknervmoos (*?)  <i>Fissidens crassipes</i>, Dickstieliges Spaltzahnmoos  <i>Fontinalis antipyretica</i>, Gemeines Brunnenmoos  <i>Hyophila involuta</i>, Eingerolltes Ufermoos: nur am Überlingersee u. Obersee, am Untersee vergeblich gesucht</p>

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Mitteilungen des Badischen Landesvereins für Naturkunde und Naturschutz e.V. Freiburg i. Br.](#)

Jahr/Year: 2014

Band/Volume: [NF\\_21\\_3](#)

Autor(en)/Author(s): Ostendorf Wolfgang

Artikel/Article: [Auswirkungen der Ufermauern am Bodensee-Untersee auf die litorale Fauna und Flora: Ergebnisse szenario-basierter Expertenurteile 371-404](#)