

Zeitschrift: Berichte der St. Gallischen Naturwissenschaftlichen Gesellschaft
Herausgeber: St. Gallische Naturwissenschaftliche Gesellschaft
Band: - (2005)

Artikel: Uferrenaturierungen am Bodensee
Autor: Siessegger, Berthold / Teiber-Siessegger, Petra
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-832687>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 01.05.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Uferrenaturierungen am Bodensee

Berthold Siessegger und
Petra Teiber-Siessegger (Wasserburg)

1 EINLEITUNG

Die ausserordentliche Bedeutung des Bodensees findet ihren Ausdruck sowohl in der ihn umgebenden Kultur- und Erholungslandschaft als auch in seinem Siedlungs- und Wirtschaftsraum. Zur nachhaltigen Sicherstellung des für den Menschen immer wichtiger werdenden Trinkwassers bedurfte es in den vergangenen Jahrzehnten grösster Anstrengungen. Sehr viel schwieriger gestaltete sich jedoch die Verbesserung der Ufer- und Flachwasserzonen des Bodensees. Eine Vielzahl von Nutzungsansprüchen, die am Bodensee geltend gemacht werden, konkurriert mit den Bestrebungen, die Umweltqualität des Sees und seiner Umgebung zu erhalten und zu stärken. Das Bodenseeufer stellt dabei die am stärksten gefährdete Zone im Gefüge der Bodenseelandschaft dar. Sein natürliches Ökosystem reagiert auf massive bauliche Eingriffe sehr empfindlich. Im Laufe des vergangenen Jahrhunderts hat das Bodenseeufer dadurch sehr viel von seiner ursprünglichen Natürlichkeit verloren. So befindet sich gegenwärtig nur noch die Hälfte der Uferstrecke in einem naturhaften Zustand (TEIBER, 2003). Der Rest wurde durch mächtiges Mauerwerk und massive Verbauungen in ein starres Korsett gezwängt. Die zahlreichen ökologischen Defizite, welche im Zeitabschnitt der Eutrophierung in der Ufer- und Flachwasserzone aufgetreten sind, können mit den erfolgten Sanierungsmassnahmen im Rahmen der Abwasserreinigung alleine nicht behoben werden. Auch die Unterschutzstellung besonders gefährdeter Flachwasserzonen reichte nicht aus, um ein ökologisches Gleichgewicht wiederherzustellen.

Erosive Prozesse im Uferbereich des Bodensees haben jahrzehntelang schwere Schäden hervorgerufen. Die Ursachen für die starken Erosionsschäden sind vor allem auf die zunehmenden technischen Eingriffe zurückzuführen. Mit

dem Bau von Ufermauern, Häfen und anderen massiven Verbauungen veränderte sich das Wellen- und Strömungsgeschehen in der Ufer- und Flachwasserzone (UFWZ) des Bodensees. Das natürliche Gleichgewicht zwischen Erosion und Sedimentation, das sich über die Jahrhunderte eingestellt hatte, wurde immer stärker gestört. Erosionen einerseits sowie übermässige Verlandung und Verschlammung andererseits wirkten sich auf die Fauna und Flora sehr ungünstig aus. Auch die Schilf- und Binsenröhrichte wurden in hohem Masse geschädigt (s. Beitrag KLÖTZLI, Bodensee, in diesem Buch).

Zur Wiederherstellung funktionsfähiger Ufer- und Flachwasserzonen waren zusätzliche Massnahmen in Form von Renaturierungen erforderlich. Uferrenaturierungen und Schilfpflanzungen waren sogar bereits Anfang des vergangenen Jahrhunderts im Gespräch und einige wurden auch durchgeführt (SCHRÖTER und KIRCHNER, 1902). Andererseits wurde zur selben Zeit auf der schweizerischen Seite des Bodensees die Frage nach dem besseren Uferschutz – Schilf oder Ufermauern – heftig diskutiert. Mit der Entscheidung für das Mauerwerk begann die massive Verbauung des Bodenseeuferes.

Nachdem die Probleme und Folgewirkungen der Erosion und Sedimentation zunehmend in den Blickpunkt der Wissenschaft gelangten, wurden seit den 1980er Jahren vermehrt Massnahmen zur Renaturierung und Revitalisierung von Uferzonen durchgeführt. Im Folgenden wird eine Methode beschrieben, welche seit einem Vierteljahrhundert erfolgreich zur Sanierung und Renaturierung geschädigter Uferzonen eingesetzt wird. Sie basiert auf einem empirischen Modell, welches seit den 1970er Jahren am Institut für Seenforschung (Langenargen, Deutschland) entwickelt wurde. Typische Beispiele geben einen Überblick über die Anwendbarkeit

der Methode sowie über den Gesamtablauf derartiger Renaturierungsmassnahmen.

2 WARUM RENATURIERUNGEN?

2.1 Einflüsse auf die Ufer- und Flachwasserzone

Durch den Einfluss des Menschen wurden weltweit Seen verändert. Die Änderungen betrafen nicht nur die Wasserqualität, sondern auch die Ufer- und Flachwasserzonen (UFWZ). Am Bodensee setzten diese Veränderungen vor allem im 19. und 20. Jahrhundert in grossem Umfang ein. Immer mehr Häuser wurden am See gebaut – häufig verbunden mit einem kleinen privaten Hafen. Um sowohl im Sommer wie auch im Winter direkt am Wasser wohnen zu können, wurden im Bereich der Niedrigwasserlinie mächtige Mauern errichtet und die landseitig gelegene Uferzone aufgefüllt (s. Abb. 1). Die natürliche Ufervegetation wurde auf diese Weise zunehmend zerstört, und die ökologische Kontaktzone zwischen Wasser und Land ging verloren.

Zusätzlich wurden Uferbereiche für die Ansiedlung von Industrie und Freizeiteinrichtungen beansprucht und teilweise zerstört. Viele Städte und Gemeinden bauten Uferpromenaden, Parkanlagen und Strandbäder sowie Häfen, Campingplätze und andere Freizeiteinrichtungen. Vor allem die ca. 300 Hafenanlagen mit ihrer notwendigen Infrastruktur zerstörten weite Bereiche der UFWZ des Bodensees. Eine seeweite

Erhebung über den Uferzustand in den Jahren 2000/01 (TEIBER, 2003) zeigte einen Verbaugrad von 47,2% auf (Abb. 2). Am bayerischen Bodenseeufer sind sogar 76% des Ufers hart verbaut. Die Hälfte davon wurde durch den Bau von Villen (die so genannten «Lindauer Villen», fast ganzheitlich unter Denkmalschutz stehend) in der Zeit von Mitte bis Ende des 19. Jahrhunderts verursacht. Mit den damit verbundenen Auffüllungen gingen zudem ca. 28 ha an wertvoller ökologischer Kontaktzone verloren. Für den gesamten See belaufen sich die durch Auffüllungen verloren gegangenen Flächen auf weit über 300 ha (siehe Bayerischer Bodenseeuferplan).

2.2 Biotische und abiotische Folgen der zunehmenden Einflussnahme durch den Menschen

Der zunehmende Einfluss der durch den Menschen verursachten strukturellen Änderungen zog zahlreiche negative Folgewirkungen nach sich (Abb. 3).

Ein grosser Teil der natürlichen Ufervegetation verschwand, womit auch ein Teil der Brut- und Überwinterungsplätze sowie der Laichbiotope für Fische verloren ging. Das empfindliche Gleichgewicht zwischen Wasserbewegungen, Sedimentation und Erosion einerseits und die Entwicklung empfindlicher Vegetation auf der anderen Seite wurde gestört.

Aufgrund der massiven Uferbefestigungen kam es zu einer Änderung der hydrologischen

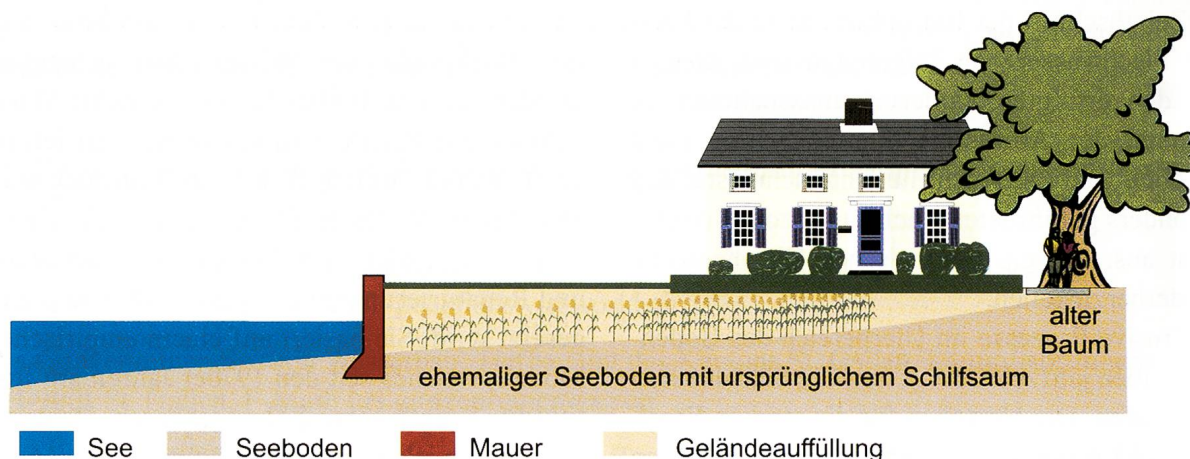


Abb. 1. Schematische Darstellung der Zerstörung von Ufer- und Flachwasserzone durch Bebauung.

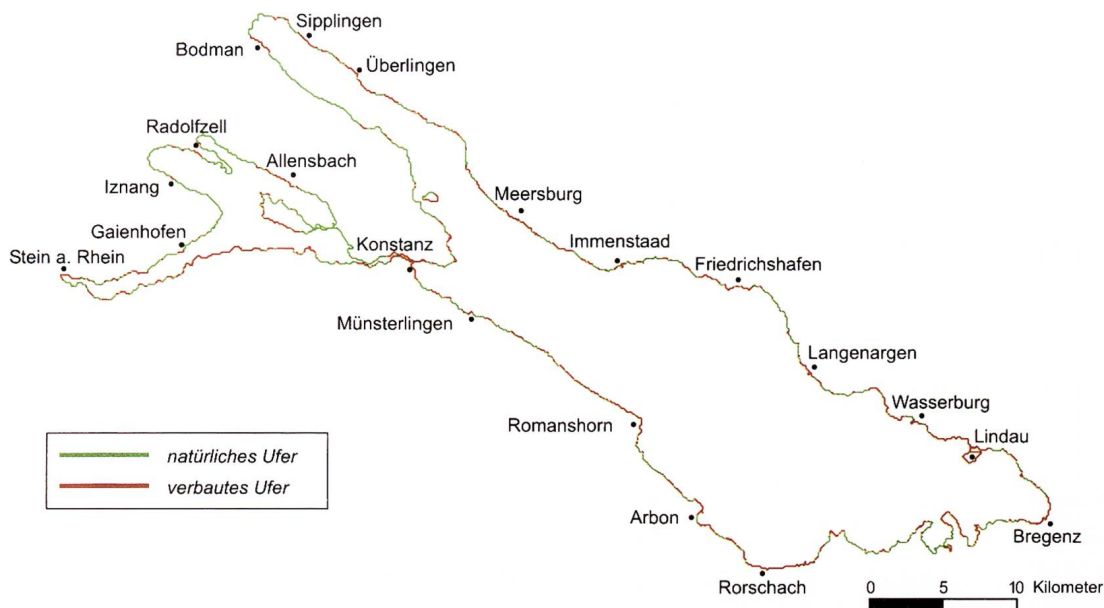


Abb. 2. Verbaute Bereiche des Bodenseeufer (rot dargestellt) (Quelle: TEIBER, 2003).

Verhältnisse. Das Wellen- und Strömungsgeschehen änderte sich und damit auch die Vorgänge von Sedimentation und Erosion. Wellen können an einem hart verbauten Ufer nicht mehr auslaufen und ihre kinetische Energie abbauen. Stattdessen werden sie von den Mauern in Bereiche der vorgelagerten Flachwasserzone zurückgeworfen. Im direkten Uferbereich verursachen sie uferparallele Strömungen, die drei- bis vierfach höhere Geschwindigkeiten (bis 50 cm/s) aufweisen als an einem natürlichen Uferabschnitt (SIESSEGGER, 1970). Die Folge davon ist verstärktes Erosionsgeschehen am Ufer und im Litoral vor den verbauten Bereichen. Auch benachbarte natürliche Uferabschnitte werden durch Erosion und Sedimentation beeinflusst.

Wellen und Strömungen wirken bei den Umlagerungsprozessen in gemeinsamer Weise: *die Welle erodiert, die Strömung transportiert*.

Im ufernahen Litoral werden durch die reflektierten Wellen verstärkt Sedimente aufgewirbelt und durch die Strömungen abtransportiert. An anderer Stelle werden sie wieder abgelagert und akkumulieren. Die Strömungen im Uferbereich können durch Hindernisse, wie Häfen oder Bühnen, stark beeinflusst werden (SIESSEGGER, 1970; PIROTH und PLATHE, 1994).

Bis heute halten diese durch strukturelle Änderungen in den Uferbereichen verursachten Erosions- und Sedimentationsvorgänge fast unvermindert an. In der kurzfristigen Verlandung von Hafenbecken und Schiffahrtstrassen finden

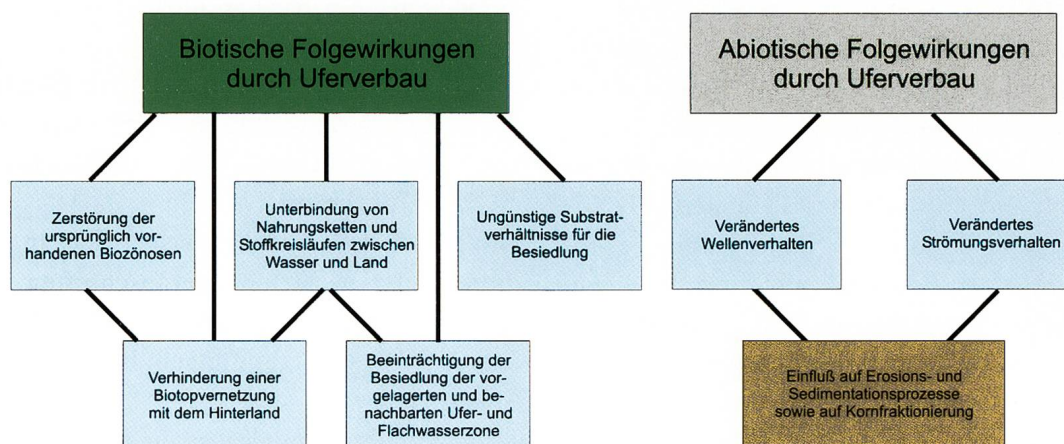


Abb. 3. Biotische und abiotische Folgewirkungen durch vom Menschen verursachte strukturelle Änderungen.

diese Prozesse ihren deutlichen Ausdruck. Der Verlust von ökologischer Kontaktzone sowie die Schädigung natürlicher Uferbereiche durch Erosion machten Massnahmen notwendig, um die Ufer- und Flachwasserzone am Bodensee vor weiteren Schäden zu bewahren, ihre volle ökologische Wirksamkeit wieder herzustellen und um sie nachhaltig zu schützen.

3 WIE RENATURIEREN?

Bis in die 1980er Jahre hinein bevorzugte die Wasserwirtschaft zur Sicherung des Ufers den Verbau mit Blockmaterial. Dieser so genannte «biologische Uferverbau» schien den Wellen am besten zu widerstehen und den ökologischen Verhältnissen gerecht zu werden. Er beanspruchte auch relativ wenig Platz. Untersuchungen ergaben jedoch einen Zusammenhang zwischen hartem Uferverbau (Mauern, Blockwerk) und verstärkter Erosion in benachbart liegenden natürlichen Bereichen (SIESEGGGER, 1977). Ufersubstrate, wie z. B. Asphalt, Beton oder Stahl, sind extrem ungeeignet für die Besiedlung mit benthischen Organismen (KOTHÉ, 1982; MELUF, 1981). Im Gegensatz dazu bietet natürliches steiniges Material, z. B. Wacken oder Kies, mit einer Oberfläche, welche bis zu 50fach höher ist als glattes Material, wesentlich bessere Lebensbedingungen. Ausserdem bietet das Lückensystem für Organismen besseren Schutz vor Strömungen und Räubern.

3.1 Einfache Massnahmen: Schutzzäune und Absperrungen

Einfache Massnahmen zum Schutz der bedrohten und geschädigten Schilfsäume können durch Einzäunungen mittels Holzplanken oder Drahtgeflechten erfolgen. Bereits Ende der 1970er Jahre schlug Prof. F. A. Klötzli von der ETH Zürich angesichts des starken Schilfrückganges im Altenrheingebiet die Errichtung eines bis heute bestehenden Schutzzaunes vor, welcher konstruktionsbedingt (Schwimmkörper) die verschiedenen Wasserstände während des Jahres berücksichtigt. Dieser konnte über Jahrzehnte

hinweg einen fortschreitenden Schilfrückgang aufhalten.

Hervorzuheben sind auch die am Untersee von der Wasserwirtschaftsverwaltung in grossem Umfang angelegten Einzäunungen geschädigter Schilfsäume. Einzäunungen sind sinnvoll bei Schäden, welche durch Trampelpfade und Schilfschneisen (Schiffahrt) entstanden sind. Mit den lediglich zeitbeschränkt (10–15 Jahre) eingebrachten Holzabsperungen konnten sehr deutliche Verbesserungen erreicht werden. Die Schneisen und schilffreien Flächen erfuhren aufgrund der eigenen Kraft des Restschilfbestandes eine Revitalisierung. Durch starke Erosions- und Verschlammungsprozesse hervorgerufene Schilfschäden können damit allerdings nicht behoben werden.

3.2 Eine ökologische Methode zur Uferrenaturierung

Um das Seeufer als funktionierendes Ökosystem nachhaltig zu schützen, müssen die Schäden, welche durch frühere Fehlentwicklungen entstanden sind, so weit wie möglich rückgängig gemacht werden. Massnahmen zur Uferrenaturierung müssen Strukturen und Lebensbedingungen schaffen, welche möglichst naturnah sind und alle ökologischen Aspekte berücksichtigen. Dies gilt vor allem in Bezug auf habitatspezifische Ansprüche. Weitere negative Einflüsse durch die Massnahmen müssen dadurch verhindert werden, dass die physikalischen Ungleichgewichte aufgehoben werden. Das Erosions- und Sedimentationsgeschehen muss in ein Gleichgewicht zurückgeführt werden.

3.2.1 Anforderungen an eine ökologische Methode zur Renaturierung geschädigter oder verbauter Uferzonen

Um standortspezifische Verhältnisse in geschädigten oder gestörten Uferabschnitten wiederherstellen zu können, müssen eine Reihe grundsätzlicher Randbedingungen beachtet werden. Solche sind:

- Es dürfen keine massiven technischen Elemente, wie z. B. Mauern, Blockwerk, Buh-

nen, Spundwände (Stahl, Holz), verwendet werden.

- Vorhandene massive Bauten müssen entfernt werden, da sie das Ökosystem hydrodynamisch negativ beeinflussen.
- Neue Uferstrukturen müssen einen sanften Uferschutz gewährleisten.
- Die hydrologischen Bedingungen für Wellen und Strömungen in der UFWZ müssen so verbessert werden, dass zerstörerische Kräfte durch Erosion und Sedimentation nicht mehr auftreten können. Dies wird durch flache Uferböschungen und strömungsgünstigen Uferverlauf erreicht.
- Gefährdete Bereiche, wie z.B. Areale mit archäologischen Kulturschichten, Schilf- oder Binsen-Röhricht, müssen so geschützt werden, dass nachhaltig keine negativen Folgewirkungen aus dem Eingriff auftreten können.
- Ein weiterer Verlust von UFWZ durch die Renaturierungsmassnahme selbst muss auf ein Minimum reduziert werden. Dies gilt insbesondere dann, wenn durch bestehende Ufernutzungen eine neue Uferlinie festzulegen ist.
- Das renaturierte Ufer sollte den ökologischen Bedingungen, wie sie an natürlichen Ufern herrschen, optimal angeglichen werden. Kenntnisse über die bestehenden ökologischen Prozesse und über andere limnologische Zusammenhänge in der UFWZ sind deshalb unabdingbar.
- Zum Aufbau der neuen Uferzone dürfen ausschliesslich standortspezifische Substrate herangezogen werden.
- Falls es die ökologischen Zielvorgaben zulassen, kann eine bessere Zugänglichkeit zum Ufer (für die Öffentlichkeit) in die

Renaturierungsmassnahme mit einbezogen werden.

3.2.2 Wissenschaftliche Grundlagen der ökologischen Uferrenaturierung

Eine erfolgreiche Renaturierung kann nur mittels wissenschaftlicher Grundlagen realisiert werden. Die wissenschaftlichen Grundlagen wurden sowohl durch empirische als auch durch theoretische Untersuchungen erarbeitet. Im Rahmen der Vorarbeiten für die deutschen Bodenseeuferpläne (s. Kap. 3.4) wurden ca. 200 Querprofile durch die UFWZ untersucht. Dabei wurde festgestellt, dass verbaute Uferbereiche und ihre benachbarten Abschnitte Veränderungen, wie z.B. erodiertes Litoral oder Kliffkanten, aufwiesen. In ungestörten Bereichen mit natürlich erhaltenen Uferzonen dagegen zeigte sich eine signifikante Korrelation zwischen den Korngrössen der Ufersubstrate und dem Neigungswinkel der Böschungen (Abb. 4).

Abgesehen von weiteren Standortbedingungen – wie etwa der Breite der betreffenden Flachwasserzone sowie der Exposition des

Böschungsneigungen	Material / (Korngrössendurchmesser)
	Mauerwerk
1 : 1 – 1 : 2	Voralberger Blöcke (30 – 100 cm)
1 : 2 – 1 : 4	Blockwerk (200 – 300 mm)
1 : 4 – 1 : 12	Grobkies (20 – 200 mm)
1 : 12 – 1 : 20	Mittelkies (6,3 – 63 mm)
1 : 20 – 1 : 30	Feinkies (2 – 20 mm)
1 : 30 – 1 : 50	Grobsand (0,2 – 2 mm)
1 : 50 – 1 : 75	Feinsand (0,02 – 0,2 mm)
1 : 75 – 1 : 100	Silt (0,01 – 0,063 mm)
< 1 : 100	Ton (< 0,01 mm)

Die Angaben beziehen sich auf die dominierenden Kornfraktionen (ca. 60% Anteil). Änderungen davon ergeben sich je nach:

- der Exposition des Uferabschnittes zum vorherrschenden Wellenangriff,
- dem Zustand des betreffenden Ufers und dessen vorgelagerter Flachwasserzone,
- dem Uferzustand der benachbarten Bereiche.

Abb. 4. Korrelation zwischen Substrat und Böschungsneigung (aus SIEGGER und TEIBER, 2001).

Standortes von den wellen- und strömungswirksamen Verhältnissen – lässt sich erkennen, dass sehr flache Böschungen naturgemäss feinere Substrate (Sand und Ton) aufweisen und diese im Gleichgewicht halten, während mit steileren Böschungen zunehmend gröbere Substrate dominieren. Berechnungen konnten diese Zusammenhänge bestätigen (DITTRICH et al., 1999).

3.2.3 Beschreibung der Renaturierungsmethode

Aufgrund der Zusammenhänge zwischen Böschungsneigung und Ufersubstrat wurde am Institut für Seenforschung eine Methode entwickelt, mit welcher sowohl Kliffkanten an natürlichen Uferabschnitten als auch verbaute Uferabschnitte saniert werden können. Wichtigster Bestandteil dieses Renaturierungsmodelles ist der so genannte «Böschungsfuss».

Die schematischen Darstellungen in Abb. 5 lassen das Prinzip der Renaturierung erkennen. Der obere Querschnitt in der auf der linken Seite dargestellten Schemazeichnung zeigt die Ausgangslage mit einer durch Erosion zerstörten Schilffront und einer Kliffkante. Die blauen Linien markieren die Wasserspiegelschwankungen zwischen dem sommerlichen Hochwasserstand und dem winterlichen Niedrigwasserstand des Bodensees. Im mittleren Querschnitt ist dargestellt, wie der Böschungsfuss in das Gewässer

serbett im Bereich der NW-Linie (also während der winterlichen Jahreszeit) eingelassen wird. Der Böschungsfuss wird mit einer Neigung von 1:8 bis 1:20 oder flacher – grundsätzlich entsprechend der Korrelation – aus Wacken- oder Kiesmaterial aufgebaut. Seine Breite beträgt in der Regel zwischen 5 m und 10 m. Der Verlauf des Böschungsfusses richtet sich nach den Windbedingungen am Standort. Die Einbautiefe in das bestehende Gewässerbett (Seeboden) beträgt in der Regel 30 cm bis 50 cm, die Höhe des Böschungsfusses über dem anstehenden Seebodenniveau liegt ebenfalls zwischen 30 cm und 50 cm. Nach dem Einbringen des Böschungsfusses in die vorgefertigte Trasse wird die entstandene «Wanne» zwischen der Böschungsfussoberkante und der Kliffkante mit Material, welches das ursprünglich erodierte Material ersetzt, aufgefüllt. Das Füllmaterial muss zum Standort passen und wird in einem standortspezifischen Böschungsneigungswinkel eingebracht. Der Böschungsfuss hat die Funktion, eine neuerliche Erosion des Böschungsmaterials zu verhindern, indem er die Grundwellen bricht und damit deren Energie mindert. Die feineren Substrate landwärts des Böschungsfusses werden dadurch vor neuerlicher Erosion geschützt.

Nach dem gleichen Prinzip wird auch bei der Renaturierung verbauter Uferzonen verfahren (Abb. 5, rechts). Wellen und Strömungen ero-

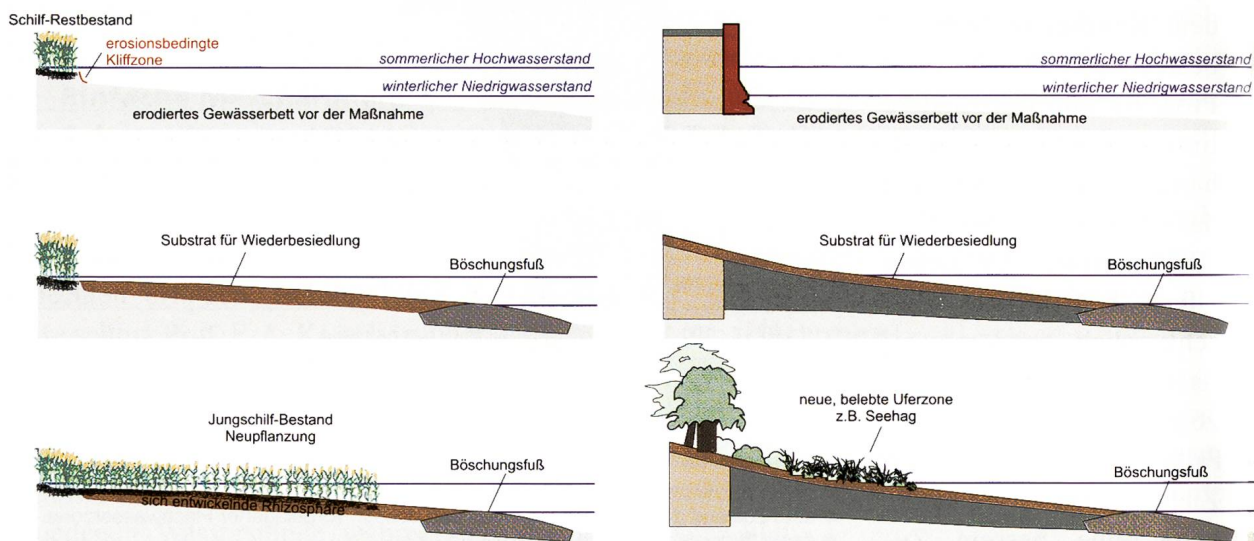


Abb. 5. Schematische Darstellung der Sanierung geschädigter natürlicher Uferzonen (links) und der Renaturierung verbauter Uferzonen (rechts) (aus SISSEGER, 1992, verändert).

dierten den Seeboden vor der Mauer. Meistens ist der Sockel der Mauer ebenfalls erodiert und teilweise freigelegt. Zuerst wird die Mauer entweder vollständig abgerissen oder mindestens so weit abgenommen, dass die Mauerreste von der neu angelegten Böschung gut überdeckt werden. Dann wird der Böschungsfuss in das Gewässerbett eingebaut, und zwar unter Berücksichtigung der örtlichen Gegebenheiten und der Korrelation zwischen Neigung und Korngrösse. Die Neigung des Böschungsfusses reicht von 1:5 bis 1:10 bei einer Breite zwischen 3 m und 5 m. Das neue Ufersubstrat wird vom Böschungsfuss aus bis zur Böschungsoberkante des Ufers aufgelegt. Es wird je nach Neigungswinkel gemäss der Korrelationskurve ausgewählt.

In der Regel wird die neue Böschung mit einer standortgerechten Vegetation bepflanzt oder sie wird einer natürlichen Sukzession überlassen. Das Material für Böschung und Böschungsfuss kommt meistens aus umliegenden Kiesgruben und entspricht damit dem Moränenmaterial aus der letzten Eiszeit, was zum grossen Teil am Seeufer natürlicherweise ansteht. Bei flachen Böschungen wurde das zu verwendende Material teilweise auch aus Bereichen der vorgelagerten Flachwasserzone oder aus benachbart liegenden Verlandungsarealen genommen. Es ist darauf hinzuweisen, dass es sich bei den mit der beschriebenen Methode angelegten Böschungen nicht um statische Anlagen handelt. Vielmehr sorgen die auf die Böschungen einwirkenden Wasserbewegungen für eine Sortierung der verschiedenen Korngrössenklassen. Dadurch kommt es sogar zur Ausbildung wandernder kleiner Strandwälle. Insgesamt bleibt der neue Uferabschnitt jedoch stabil.

3.3 Voruntersuchungen und Anpassungen des Renaturierungsmodelles

Bevor eine Uferrenaturierungsmassnahme geplant werden kann, sind zahlreiche Gesichtspunkte zu berücksichtigen. Die Erfahrungen zeigen, dass jede Massnahme speziell geplant werden muss. In der Regel gibt es zu jedem Projekt Voruntersuchungen in der Ufer- und Flach-

wasserzone sowohl des betreffenden Abschnittes als auch – als Referenz – der benachbarten UFWZ. Die Untersuchungen beinhalten morphometrische, limnologische, meteorologische, hydrologische und sedimentologische Parameter zum aktuellen Zustand. Ökologische Belange müssen ebenso berücksichtigt werden wie die festgestellten ökologischen Defizite. Historische Daten tragen zur Verbesserung der Planung wesentlich bei, weil sie häufig die Standortverhältnisse vor den technischen Eingriffen aufzeigen.

Die Ergebnisse der Voruntersuchungen stellen die Basis für die Festlegung des Umfangs, der Methode sowie der Ausgestaltung der Uferrenaturierung dar. Daneben muss meistens eine Anzahl von Aspekten bei der Anpassung der Renaturierungsmethode berücksichtigt werden. Es handelt sich häufig um privatrechtliche Eigentumsfragen, Denkmalaspekte oder um bestehende Nutzungen. In Ausnahmefällen können solche Umstände die Planung verzögern oder sogar stoppen.

3.4 Gesetzliche Aspekte: der «Bodenseeuferplan»

Untersuchungen in den 1970er und 1980er Jahren (SIESSEGER, 1977; MELUF, 1981) zeigten die verschiedenen, teilweise konfliktbelasteten Nutzungen auf, welche immer mehr Ufer- und Flachwasserzonenfläche beanspruchten und gefährdeten. Die Notwendigkeit, das Bodenseeufer zu schützen, stand dabei im Vordergrund. In Baden-Württemberg und Bayern wurden daher die so genannten «Bodenseeuferpläne» verabschiedet (REGIERUNG VON SCHWABEN, 1983; REGIONALVERBAND BODENSEE-OBERSCHWABEN, 1984; REGIONALVERBAND HOCHRHEIN-BODENSEE, 1984). Dabei handelt es sich um gesetzlich verbindliche Regionalpläne, in denen für das deutsche Bodenseeufer so genannte «limnologische Schutzzonen» in der UFWZ ausgewiesen worden sind. So konnten ca. 80% des deutschen Bodenseeuferes vor neuen technischen Eingriffen in die UFWZ unter Schutz gestellt werden. Andererseits wurden in den Plänen auch Bereiche ausgewiesen, in welchen Renaturierungsmassnahmen anzustreben

sind. Auch die Belange der Schifffahrt sind in den Bodenseeuferplänen aufgeführt; so zum Beispiel die Lage von Bojenfeldern, Stegen und Ankerplätzen, die im Rahmen der Erstellung des Bodenseeuferplanes neu definiert und optimiert wurden, so dass die durch die Schifffahrt beanspruchte Litoralfläche reduziert werden konnte. Weiterhin sind Massnahmen zur Verkehrsreduzierung und Regelungen hinsichtlich Erholungs- und Freizeiteinrichtungen vorgenommen worden. Da die Bodenseeuferpläne rechtsverbindlich sind, stellen sie ein seit über zwei Jahrzehnten wirksames Instrumentarium bei der Behandlung von Wasserrechts- und Genehmigungsverfahren dar.

3.5 Beispiele zur Uferrenaturierung

Massnahmen zur Wiederherstellung funktionsfähiger Flachwasserzonen am Bodensee werden in grösserem Umfang besonders seit Ende der 1970er Jahre durchgeführt.

3.5.1 Sanierung eines geschädigten Schilfufers (Lindau-Reutin)

Zum ersten Mal wurde Ende 1978 auf Empfehlung des Instituts für Seenforschung von der Stadt Lindau die Entscheidung getroffen, das stark gestörte Schilfufer in Lindau-Reutin in grossem Umfang zu revitalisieren. Die Schilffront war über Jahre hinweg aufgrund von Erosionsprozessen, die bereits zu Kliffhöhen von über 150 cm und zu tiefen Schneisen in der Schilffront geführt hatten, erheblich zurückgewichen (Abb. 6).

Der Schilfrückgang war über eine Uferlänge von nahezu einem Kilometer zu beobachten und schien unaufhaltbar. Starker Wellenschlag und starke Strömungen einerseits sowie eine ungünstige Exposition zum benachbart liegenden verbauten Ufer andererseits führten zu den intensiven Zerstörungen. Hochwasserstände und gleichzeitige Starksturmereignisse (West- und Föhnstürme) sowie die Ansammlung von Schlamm und Holz trugen zusätzlich zum Rückgang des Reutiner Schilfes bei. Der Niedergang konnte kontinuierlich über mehrere Jahre beobachtet werden (Abb. 7).

Das Renaturierungsprojekt wurde begleitet von Untersuchungen zu Strömungen und Wellen, einer Kartierung der Schilffront sowie der Untersuchung der Fisch- und Vogelwelt. Auf diese Weise konnte das Modell an die lokal vorherrschenden Bedingungen angepasst werden. Die baulichen Massnahmen begannen 1980. Erste Probleme traten aufgrund des weichen Untergrundes mit geringer Substratstabilität auf. Um den Bereich des Böschungsfusses zu stabilisieren, der auch als Baustrasse zur Durchführung der Massnahme diente, wurden stabilisierende Fliesmatten eingesetzt. Der Böschungsfuss wurde teilweise in den vorhandenen Seeboden eingebaut, der obere Teil ragte über den vorhandenen Seeboden heraus. Die so entstandene «Wanne» zwischen der Kliffkante am Schilf einerseits und der Böschungsfussoberkante andererseits wurde mit einem standorttypischen Sand-Kiesgemisch aufgefüllt. Die neu entstandene Böschung wurde teilweise mit Initialpflanzungen von Schilf be-



Abb. 6. Schilffront 1980 mit hohen Kliffkanten und freigelegten Rhizomen. Auf dem rechten Bild erkennt man den alten Bodenhorizont, der durch den Baum vor Erosion geschützt wurde.

pflanzt. Überwiegend wuchs das Schilf jedoch aus eigener Kraft seewärts in die neu geschaffene Böschung vor (Abb. 8 und 9).

Weil Treibholz immense Schäden an der Schilffront verursachen kann, wurden spezielle Schutzzäune aus Baustahlmatten errichtet, welche mit Durchlässen für Wasservögel und Fische versehen sind und von den Tieren auch angenommen werden. Im Laufe von zwei Jahrzehnten hat sich das Reutiner Schilfgebiet nahe-

zu vollständig erholt und wesentlich ausgedehnt (Abb. 7).

Das extreme Hochwasserereignis von 1999 mit einem gleichzeitig erfolgten Starksturm am 02.06.99 verursachte erhebliche Schäden an der Schilffront und im gesamten Röhricht. Unmengen von Treibholz wurden in das Schilfgebiet gespült, da der Schutzzaun für den Hochwasserstand zu niedrig bemessen war. Bereits im Jahr 2001 hatten sich Schilflücken jedoch weitgehend

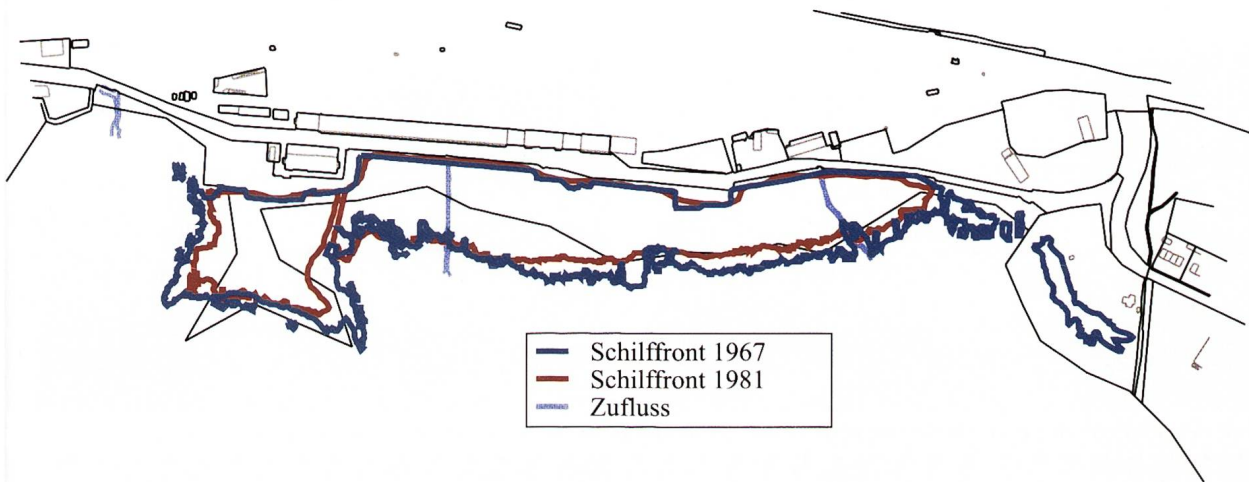


Abb. 7. Schilffrontdynamik des Reutiner Schilfgebietes in den Jahren 1967 und 1981.



Abb. 8. Vergleich der Schilffront des Reutiner Schilfgebietes in den Jahren 1981 und 1993 (oben) und zwischen 1993 und 2000 (unten).



Abb. 9. Entwicklung der so genannten «Schweinebucht» im Reutiner Schilfgebiet von 1980 bis 1995.

geschlossen, und das Schilfgebiet erlangte seine ursprüngliche Ausdehnung.

Umfangreiche Untersuchungen (WEYHMÜLLER et al., 2000) an anderen renaturierten Ufergebieten nach dem Hochwasser zeigten ebenfalls, dass alle mit diesem Renaturierungsmodell durchgeführten Massnahmen dem extremen Hochwasserereignis und dem gleichzeitig hereingebrochenen Sturm standhalten konnten. Durch Mauern geschützte Uferabschnitte dagegen sind bei demselben Extremereignis auf

viele Kilometer Länge zum Teil völlig zerstört worden.

3.5.2 Renaturierung einer verbauten Uferzone vor Friedrichshafen

Der Uferbereich der Stadt Friedrichshafen am Nordufer des Bodensee-Obersees ist im Laufe von Jahrzehnten nahezu vollständig mit mächtigen Mauern verbaut worden. Im Jahr 2000 wurde der Uferbereich vor einer Promenade in ein naturnahes Ufer umgestaltet. Infolge der langen Mauerfluchten kam es im Uferbereich zwischen

dem Bundesbahnhofen und der Rotachmündung zu erheblichen Defiziten. Zum einen zeigten sich solche hinsichtlich der hydrodynamischen Situation. Extreme Wellenreflexionen, verbunden mit intensivierten Strömungen, wirkten sich weit über das verbaute Ufergebiet in das östlich der Rotachmündung gelegene Eriskircher Ried hinaus aus (GKSS, 1994). Hohe Kliffkanten kennzeichneten das Naturschutzgebiet zwischen Friedrichshafen und Eriskirch. Auch die ökologischen Verhältnisse waren äusserst ungünstig. Mächtige Schlammbanken führten zur Verödung des Ufers. Eine genaue Bestandesaufnahme von Flora und Fauna (TEIBER und WEYHMÜLLER, 1997) verdeutlichte die in Jahrzehnten entstandenen Defizite.

Nachdem der Übergangsbereich zwischen der Rotachmündung und dem beginnenden Eriskircher Ried bereits ein Jahr zuvor (1999) sehr erfolgreich revitalisiert worden war, wurden in den Monaten März und April 2000 die genannten langen Mauerfluchten teilweise durch Flachböschungen ersetzt und damit renaturiert.

Die Methode, um das Ufer in Friedrichshafen zu renaturieren, war im Grundsatz die gleiche, wie am bayerischen Bodenseeufer. Vor allem der Böschungsfuss zeigt ähnliche Elemente, allerdings wurde kein Flies zur Stabilisierung des Seebodens verwendet. Die Mauer wurde abgerissen und die neue Uferböschung im Neigungswinkel 1:12 bis 1:15 unter Berücksichtigung des Wellen- und Strömungsregimes aufgebaut.

Der Uferbereich erreichte hinsichtlich der hydrologischen und ökologischen Verhältnisse durch die Massnahme eine deutliche Verbesserung. Vor allem der Böschungsfuss erwies sich als ausgezeichnetes Biotop für die Entwicklung von Benthosorganismen. Konnten bei der Voruntersuchung insgesamt 34 Arten/Artengruppen gefunden werden, so traten nach der Renaturierung 42 Arten/Artengruppen auf. Bei den Eintagsfliegenlarven konnten drei neue Arten vorgefunden werden. Das Artenspektrum bei den Köcherfliegenlarven war vergleichbar mit dem vor der Renaturierung. Die Abundanzen

waren identisch oder sogar höher als vor der Renaturierung (Tab. 1).

Eine Elektrofischerei (2003) lieferte den Nachweis, dass sich in dem renaturierten Uferabschnitt innerhalb von zwei Jahren ein hervorragender Fischbestand entwickeln konnte. Grundlage für die zeitlich rasch erfolgte Besiedlung bildete eindeutig der Böschungsfussbereich. Die Zahlen (Tab. 2) belegen die hohen Fangquoten in der revitalisierten UFWZ.

Durch die Uferrenaturierung wurde ausserdem der Zugang zum See deutlich verbessert, ohne ökologische Aspekte übermässig zu beeinträchtigen. Abb. 10 zeigt die Situation vor und nach der Massnahme.

3.5.3 Hochwasserschutz durch Revitalisierung von Schilf- und Binsenbeständen

Am österreichischen Bodenseeufer wurden in den vergangenen Jahren ebenfalls einige Uferbereiche renaturiert und revitalisiert. Im Februar 2002 begann im Naturschutzgebiet Rheindelta ein gross angelegtes Projekt zum Ufer- und Hochwasserschutz sowie zur Binsicht- und Schilfrevitalisierung. Im Zusammenhang mit der Verlegung des Alpenrheins sind im Rheindeltabereich Hochwasserschutzdämme errichtet worden. Durch das Extremhochwasser im Jahr 1999 wurden Teile der Dämme beschädigt und mussten saniert werden. Die vorgelagerten Röhrichte zeigten seit Jahren einen drastischen Rückgang an deren Front.

Zunächst erwog die Wasserwirtschaft den seewärtigen Teil des Dammes traditionsgemäss durch massive Verbauung mit Blockwerk oder Stahlspundwänden zu sichern. Der Einwand, dass derart massive Bauweisen für die ökologischen und limnologischen Verhältnisse nicht wieder gutzumachende negative Folgewirkungen hätten, veranlasste die verantwortlichen Ingenieure und Politiker, ein ökologisches Konzept zur seeseitigen Sicherung der Dämme in Erwägung zu ziehen. Dafür wurden jedoch umfangreiche limnologische Untersuchungen erforderlich. Die Ergebnisse aus diesen Untersuchungen (TEIBER, 2002) bestätigten die Gefährdung des Natur-

Tab. 1. Ausgewählte Gruppen der Fauna der Geröllzone entlang der Uferstrasse vor und nach der Renaturierung (aus PHILLIPSON und TEIBER, 2003). Die Zahlen geben Häufigkeitsklassen bei einer Sammeldauer von 20 Minuten an: 1 = Einzelfund (1–2 Tiere), 2 = wenig (3–10 Tiere), 3 = wenig – mittel (11–30 Tiere), 4 = mittel (31–60 Tiere), 5 = mittel – viel (61–100 Tiere), 6 = viel (101–150 Tiere), 7 = massenhaft (> 150 Tiere).

Taxa	27.11.1996	21.02.2003
Gastropoda		
<i>Bithynia tentaculata</i>	2	2
<i>Planorbis planorbis</i>	–	1
<i>Bathyomphalus contortus</i>	–	–
<i>Radix ovata</i>	–	1
<i>Radix auricularia</i>	–	1
<i>Radix peregra</i>	–	1
<i>Physella acuta</i>	–	1
Ephemeroptera		
<i>Caenis horaria</i>	1	1
<i>Caenis luctuosa</i>	–	2
<i>Caenis macrura</i>	–	–
<i>Rhitrogena germanica</i>	–	1
<i>Baetis rhodani</i>	–	2
Trichoptera		
<i>Hydroptila femoralis</i>	–	2
<i>Agraylea multipunctata</i>	4	4
<i>Orthotrichia tetensii</i>	7	7
<i>Goera pilosa</i>	–	–
<i>Ceraclea annulicornis</i>	–	2
<i>Mystacides</i> sp.	2	2
<i>Oecetis ochracea</i>	2	2
<i>Oecetis furva</i>	2	–
<i>Athripsodes cinereus</i>	1	–
<i>Leptocerus</i> sp.	–	–
<i>Ecnomus tenellus</i>	1	2
<i>Cyrnus trimaculatus</i>	–	2
<i>Polycentropus flavomaculatus</i>	2	5
Psychomyidae juvenil	–	3
<i>Tinodes waeneri</i>	6	6

schutzgebietes und unterstrichen die Notwendigkeit, ökologisch fundierte Massnahmen gegen die weitere Zerstörung der UFWZ zu ergreifen. Als besonders gravierend erwies sich der deutlich sichtbare Niedergang eines Restbestands der ursprünglich am Bodenseeufer weit verbreiteten Binse (*Scirpus lacustris*). Erosion, Treibholz,

Verschlammung, Vogelfrass und Bisamrattenverbiss hätten das bereits stark geschädigte Binnsicht innerhalb weniger Jahre zunichte gemacht. Als erster Schritt für die Rettung des ca. 2500 m² grossen Restbestandes wurde ein Schutzzaun errichtet.

Tab. 2. Elektrofischung im Bereich des Böschungsfusses (zwischen Ruderclub und Hünigraben) (aus PHILIPSON und TEIBER, 2003).

Art	Anzahl						Gesamt
	bis 5 cm	6–10 cm	11–20 cm	21–30 cm	31–40 cm	> 40 cm	
Trüsche			62 (*12,3 cm)	1			63
Schmerle	häufig (*3,85 cm)	massenhaft (*7,45 cm)	3				> 300
Aal			2				2

* durchschnittliche Länge der gemessenen Fische

Die weiteren Massnahmen galten den geschädigten Bereichen des Polderdammes und gleichzeitig einer Revitalisierung der dem Damm vorgelagerten Schilfvegetation. Der Schutz vor Hochwasser- und Sturmereignissen einerseits sowie die gleichzeitige Revitalisierung der Schilf- und Binsichtareale stellten eine Herausforderung und ein Risiko für die Planung und Durchführung der Massnahme dar. Die Wasserwirtschaft konnte jedoch letztlich von der Anwendung eines ökologischen Konzepts überzeugt werden. Grundlage der Massnahmen bildete das an vielen anderen Standorten rund um den See angewandte Renaturierungsmodell. Die Anwendung des Modelles im Bereich des Hochwasserschutzes erfolgte damit zum ersten Mal am Bodensee. Innerhalb einer ersten Teststrecke von 250 m Länge ist im Jahr 2002 die Methode für die Massnahmen erprobt worden. Fünf Monate nach der Fertigstellung der Teststrecke wurden Nachuntersuchungen und ein zweijähriges Monitoring durchgeführt.

3.5.3.1 Ergebnisse der Nachuntersuchungen Zoobenthos

Zur Untersuchung der Neubesiedlung des eingebrachten Böschungsfussmaterials wurden an vier Stellen Körbe in den Böschungsfuss eingebracht. Die Körbe waren so konstruiert, dass ein durch Stoff verstärktes GazeNetz, das am Korbboden ausgelegt wurde, mit Hilfe von Laschen am Rand des Korbes hochgezogen werden konnte (Abb. 11). Zunächst wurden die Körbe mit Steinen aus dem Böschungsfussbereich gefüllt und in den Böschungsfuss eingelassen. Nach einer Expositionszeit von 4 Monaten (Mitte Mai bis Mitte September) wurden die Körbe in unveränderter Lage geborgen. Um zu verhindern, dass Organismen bei der Entnahme der Körbe entweichen, wurde zunächst mit Hilfe von Laschen das GazeNetz vorsichtig am Korbrand hochgezogen, so dass sich die gesamte Steinfüllung in einem Netzbeutel befand. Dann erfolgte die Bergung des Korbes aus dem Böschungsfuss.

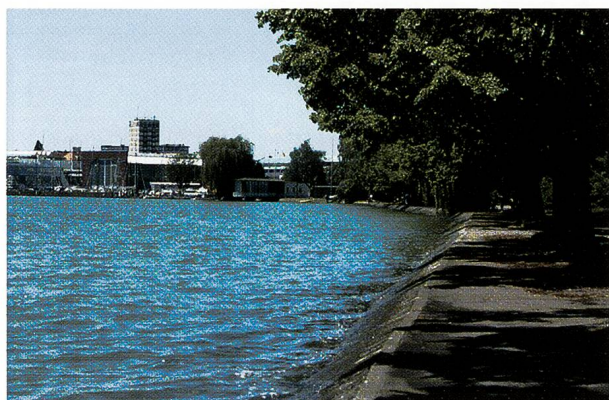


Abb. 10. Links: Ufersituation vor der Massnahme. Rechts: neue Uferböschung im Sommer nach der Durchführung der Massnahme.



Abb. 11. Oben links: frisch eingebrachter Versuchskorb. Oben rechts: Versuchskorb 4 Monate später. Unten links: geborgener Versuchskorb mit hochgezogenem Netzbeutel. Unten rechts: Besiedlung der Böschungsfusswacken mit Benthosorganismen.

Sämtliche Steine wurden in einer Wanne abgewaschen und die darauf siedelnden Organismen gesammelt, gewogen und bestimmt (Tab. 3). Die Neubesiedlung der eingebrachten Böschungen erfolgte in der nur wenige Monate dauernden Zeit geradezu stürmisch.

Fischfauna

Zur Ermittlung des Fischbestandes wurden zwei Elektrofischungen durchgeführt. Die erste erfolgte im Juni 2003 entlang der Teststrecke und in benachbarte Referenzbereiche hinein. Die zweite folgte im September 2004 entlang des gesamten zur Revitalisierung vorgesehenen

Tab. 3. Nassgewicht und Abundanz der Makrozoobenthosorganismen im Böschungsfussbereich fünf Monate nach Abschluss der Bauarbeiten.

	Nassgewicht g/m ^{2*}	Individuen/m ^{2*}	Nassgewicht [kg] bezogen auf den Böschungsfuss der Teststrecke**	Nassgewicht [kg]/ha Böschung- fussfläche*
Dreissena polymorpha	794	29 976	980	7 940
Gastropoda/Hirudinea/ Turbellaria	113	3 353	140	1 130
Oligochaeta/Crustacea/ Insektenlarven	6	5 529	8	63
Gesamt	913	38 858	1 128	9 133

* Sammelteufe: 0–25 cm; ** Sammelteufe 0–25 cm und 247 m Böschungsfusslänge bei 5 m Breite = 1235 m²

Uferabschnittes. Die Ergebnisse sind in Tab. 4 aufgeführt. Es zeigte sich, dass der Böschungsfuss der Teststrecke (Abschnitt A) mit seiner etwas gröberen Struktur ein hervorragendes Biotop und Versteck für Fische ist. Die hohe Anzahl von Aalen im Juni 2003 erstaunte sogar den zuständigen Fischereiaufseher. Im Bereich der Flachwasserzone vor der noch nicht renaturierten Schilffront (Abschnitt A1) konnten keine Fische nachgewiesen werden. Im Herbst 2004 wurden – mit Ausnahme weniger grösserer Aale – fast ausschliesslich Fische mit einer Länge zwischen 10 und 15 cm oder kleiner gefangen. Die Anzahl der Aale im Böschungsbereich der Teststrecke ging allerdings deutlich zurück. Zwei Gründe sprechen für diesen Rückgang. Nach Aussage eines Anrainers fand das reichliche Aalvorkommen bei den Sportfischern grosses Fanginteresse, was zur deutlichen Verminderung der Aale führte. Ausserdem wurde im Sommer und Herbst 2003 ein seeweites Aalsterben beob-

achtet, was auf die extremen Verhältnisse – äusserst niedrige Seewasserstände bei gleichzeitig sehr hohen Wassertemperaturen – zurückzuführen war. Im Übrigen ergab die Befischung der gesamten überplanten Uferstrecke, dass in den Bereichen vor den erodierten Schilffarealen (Abschnitte C, H) und vor dem Binsicht (Abschnitt B) mit reinem Sanduntergrund die wenigsten Fische zu finden waren. Für das völlige Ausbleiben des bei der ersten Befischung noch festgestellten Schmerlenbestandes kommen ebenfalls die ungünstigen Lebensbedingungen im Herbst 2003 in Betracht. Lediglich dichte Makrophytenbestände (Abschnitt D) boten günstige Strukturen für Fische.

Gesamtsituation

Mit den neuen Standortbedingungen hatte sich die ökologische Situation deutlich verbessert. Im Einzelnen handelt es sich um folgende Feststellungen:

Tab. 4. Ergebnisse der Elektrobefischungen im Juni 2003 und September 2004. Uferabschnitte: Böschungsfuss Teststrecke (A), erodierte Schilffront (A1, C, H), Binsicht (B), dichtes Makrophytenfeld (D), Mauer (G, K), Blockwurf (I, E), Weidenfaschinen (F)

Uferabschnitt	2003		2004									
	A	A1	A	B	C	D	E	F	G	H	I	K
Aal	53	–	7	–	–	–	–	–	–	–	1	–
Trüsche	4	–	133	–	8	2	1	–	–	–	–	2
Kaulbarsch	–	–	11	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Flussbarsch	–	–	2	–	–	–	–	2	1	–	2	–
Wels	2	–	23	–	1	2	–	1	–	–	1	3
Schmerle	26	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Karausche	–	–	–	–	–	1	1	5	–	–	7	–
Giebel	–	–	–	–	1	5	–	–	–	–	–	–
Barbe	–	–	2	–	–	–	–	10	–	–	–	–
Schleie	–	–	3	–	2	65*	1	–	–	1	–	1
Döbel	–	–	–	–	–	–	–	2	–	–	–	–
Rotauge/Rotfeder	–	–	–	–	–	2	–	1	–	–	–	–
Ukelei	–	–	48	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Jungfische unbestimmt	–	–	30	–	2	–	–	–	–	–	–	–
Jungfischschwärme	–	–	4	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Gesamt (ohne Schwärme)	85	0	263	0	14	77	3	21	1	1	11	6

* davon 6 Exemplare >10 cm, Rest <10 cm

- Durch die Entfernung der Stahlspundwand und des Blockmaterials konnte das hydrodynamische Geschehen verbessert werden, so dass die negativen Auswirkungen der Erosion durch Wellen und Strömungen gestoppt wurden.
- Der Böschungsfuss und die neue Flachböschung waren gegenüber dem Einfluss von Wellen und Strömungen stabil.
- Die Schäden an der Schilffront, wie z. B. Kliffkantenbildung und Schneisen, konnten behoben werden (s. Abb. 12).
- Das Schilf konnte sich erholen und ausdehnen.
- Benthosorganismen und eine Fischpopulation mit hoher Diversität besiedelten den neuen UFWZ-Bereich in hoher Abundanz (s. Tab. 3 und 4).



Abb. 12. Oben links: Situation 2001 vor der Massnahme (erodierte Schilffront, im Hintergrund massive Befestigungen durch Blocksteine und Spundwand). Oben rechts und Mitte links: Situation 2002 nach Fertigstellung der Baumassnahme. Mitte rechts: Situation 2005. Unten links: das durch den Schutzzaun sich wieder regenerierende Binsicht. Unten rechts: Bodenseevergissmeinnicht (*Myosotis rehsteineri*) im Bereich der Teststrecke.

- Durch den Schutzzaun um das Binsensareal konnte sich die Vegetation stabilisieren und regenerieren (Abb. 12).
- Ein Versuch mit der Ansiedlung der am Bodensee bedrohten Bodenseevergissmeinnichts verlief ausserordentlich positiv, weil es mit den eigens dafür eingebrachten Bodenstrukturen ideale Entwicklungsbedingungen fand (Abb. 12; vgl. DIENST und STRANG in diesem Buch).

Die aus der Teststrecke gewonnenen Erkenntnisse erlaubten die weiteren Baumassnahmen unter Anwendung des ökologischen Konzepts und die Durchführung der weiteren Massnahmen am Polderdamm.

Die Fortführung des Projektes auf einer Gesamtlänge von 900 m erfolgte im Februar/März 2005. In Anbindung an die Teststrecke wurde der weiterführende Böschungsfuss strömungskonform so angelegt, dass die auf das Ufer zulaufenden Strömungen und Wellen durch dessen Verlauf uferparallel geleitet werden. Unter Berücksichtigung der Ergebnisse aus den Strömungsuntersuchungen wurde hierbei insbesondere das Wellen- und Strömungsgeschehen, welches aus dem nordwestlichen Windfeld resultiert, beachtet. Alle anderen Windfelder – insbesondere der für den östlichen Bodenseebereich wellenwirksame Föhn – spielen hinsichtlich der erosiven Prozesse und der Verlandungsvorgänge hier nur eine untergeordnete Rolle (s. Abb. 13).

Aufgrund des instabilen Untergrundes mussten Jutematten im Bereich des Böschungsfusses in Kombination mit Baustahlmatten eingebracht werden (Abb. 14). Im Gegensatz zu synthetischen Fliesen, welche für Renaturierungsmassnahmen ungeeignet sind, verrottet Jute im Laufe der Zeit. Nach der Fertigstellung des Böschungsfusses, der während der gesamten Massnahme die Funktion einer Baustrasse übernahm, wurde die neue Böschung zur Schilffront hin mit standortspezifischem feinem Material aufgebaut. Die Korrelation zwischen Böschungsneigung und Korngrösse wurde dabei jeweils strikt eingehalten. Wegen der Einbeziehung zweier in der Uferzone liegenden Hafenanlagen in die Gesamtkonzeption wurde die Massnahme erschwert.

Um ein ausgeglichenes und dennoch stabiles Ufer zu erhalten, musste in Annäherung zu den Häfen ein langsamer Übergang von feinerem zu gröberem Material vorgenommen werden. Ein plötzlicher Wechsel bei der Korngrösse würde Instabilität und Erosion nach sich ziehen. Ende März 2005 wurden die Arbeiten abgeschlossen. Bereits wenige Wochen nach Abschluss der Revitalisierungsmassnahmen ist an der Schilffront eine stürmische Entwicklung und Ausdehnung in die neu eingebrachte Böschung hinein zu beobachten.

4 GESAMTBETRACHTUNG DER BISHERIGEN MASSNAHMEN

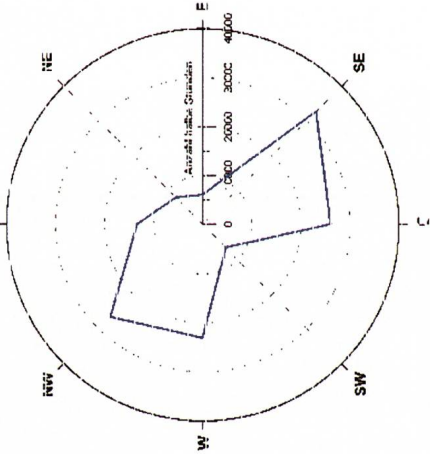
Infolge der internationalen Zusammenarbeit erwies sich das aufgezeigte Renaturierungsmodell seeweit als die erfolgreichste Methode sowohl für die Schilf-Revitalisierung als auch für die Wiederherstellung von funktionstüchtigen Flachböschungen und Flachwasserzonen. Insgesamt sind bisher seeweit ca. 30 km Uferzone renaturiert worden (Abb. 15, Tab. 5).

Die Wasserwirtschaftsverwaltungen von Bayern und Baden-Württemberg setzten von Anfang an auf das am Institut für Seenforschung (ISF) entwickelte Modell. In dessen Verwaltungsraum wurden ca. 50 grössere Massnahmen durchgeführt. Bei der Hälfte davon wurde Schilf revitalisiert oder neu angepflanzt.

Am schweizerischen Ufer basieren fast alle Massnahmen ebenfalls auf dem ISF-Modell. Sie weisen jedoch (leider) zum Teil Bauelemente auf, welche dem eigentlichen Ziel einer Revitalisierung – nämlich einer möglichst naturgetreuen Ufergestaltung – nicht entsprechen. Schwere Blöcke und massives Holzwerk widersprechen häufig den standortspezifischen ökologischen Bedingungen. Insgesamt sind am schweizerischen Ufer 6 grössere Massnahmen durchgeführt worden.

Das österreichische Bodenseeufer nimmt insofern eine herausragende Stellung für den gesamten See ein als hier einerseits sehr viel Uferzonen unter Naturschutz stehen, andererseits gerade in solchen Bereichen eine grosse Zahl

Verteilung der Windrichtungen 1993 bis 2001



Starkwindereignisse von 1993 bis 2001

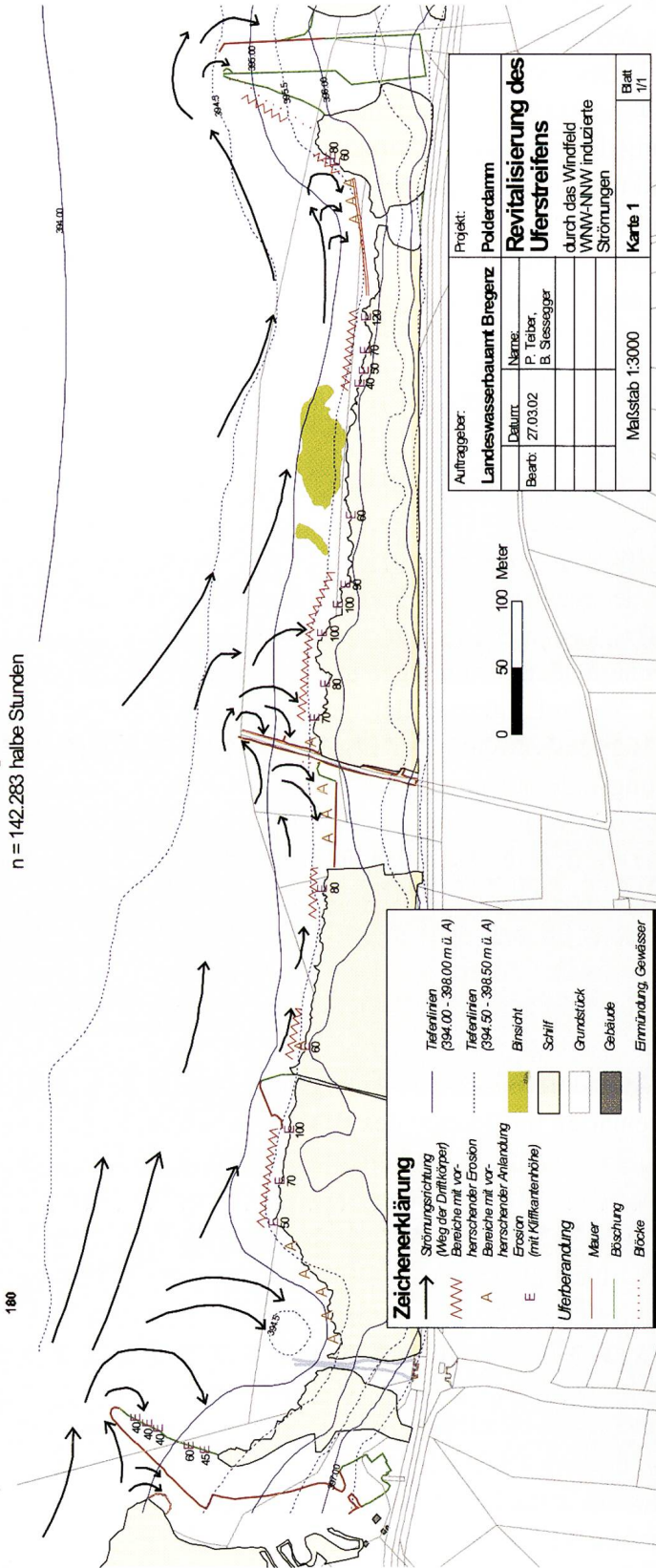
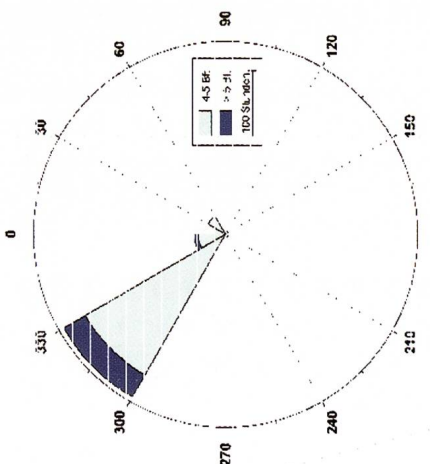


Abb. 13. Strömungskarte mit Angabe des vorherrschenden Starkwindfeldes und der hieraus resultierenden uferparallelen Strömungen. Die rote Zickzacklinie kennzeichnet die Schiffsrontschädigungen, welche durch das Zusammenwirken von Strömungen und Wellen hervorgerufen werden.



Abb. 14. Oben links: Bauphase mit Anlegen des Böschungsfusses unter Verwendung von Jutematten. Unten links: Vermessung (2004) der erodierten Schilffront vor der Massnahme. Unten rechts: sanierte Kliffkanten nach der Massnahme (2005).

von massiven Schifffahrtsanlagen anzutreffen ist. Während das an Bayern angrenzende Bodenseeufer bis über die Stadt Bregenz hinaus auf einer Länge von über 4 km nahezu vollständig verbaut ist, breiten sich im Anschluss daran natürliche, jedoch häufig gestörte oder geschädigte UFWZ aus (Mehrerauer Uferzone). Die Wasserwirtschaftsverwaltung des Landes Vorarlberg und die Landeshauptstadt Bregenz haben in den vergangenen Jahren erhebliche Anstrengungen unternommen, um ihre sensiblen Uferzonen zu revitalisieren. Bei allen fünf am österreichischen Ufer in der jüngeren Vergangenheit durchgeführten Massnahmen lag jeweils das beschriebene Renaturierungsmodell zugrunde. Auch die zur

Durchführung der Massnahmen erforderlichen Angaben über Linienführung, Materialauswahl und Böschungsgestaltung erfolgten vom ISF aus.

5 ABSCHLUSSBEMERKUNGEN

Die Integrierung naturwissenschaftlicher Belange in die Gesamtplanung erweist sich als unbedingt erforderlich. Für das baden-württembergische Bodenseeufer lag fast allen Renaturierungsmassnahmen das eigens dafür geschaffene und vom Land Baden-Württemberg finanzierte «Ökologieprogramm für den Bodensee» zugrunde. Seine Aufgabe bestand darin, für die vorgesehenen Renaturierungen limnologische

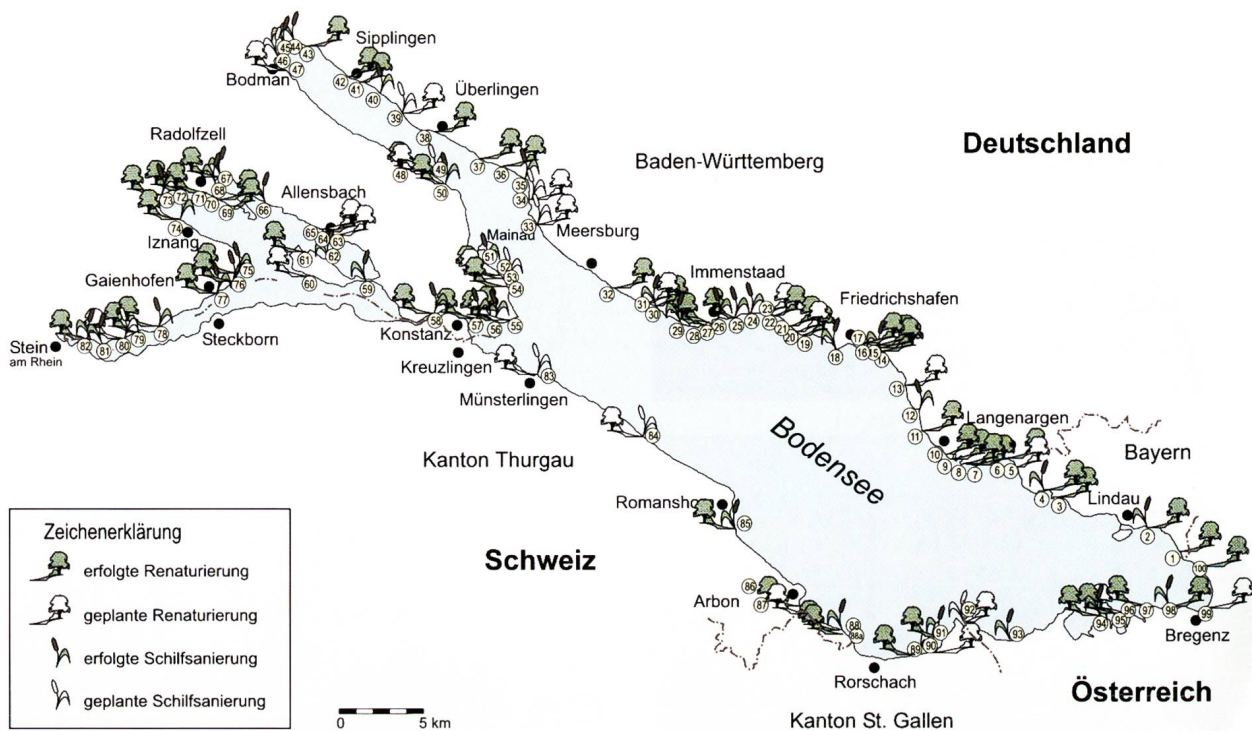


Abb. 15. Durchgeführte oder in Planung befindliche Renaturierungsmaßnahmen am Bodensee.

und ökologische Bestandesaufnahmen zu erarbeiten. Auf deren Grundlage wurden vorliegende Defizite aufgezeigt und die massgeblichen Daten über Art, Umfang und Gestaltungsweise der Projekte geliefert. In einem GIS-Projekt sind Vor- und Nachuntersuchungen zu 22 grösseren Renaturierungsprojekten am Bodensee dargestellt (TEIBER et al., 1998).

Am Beispiel des Polderdammes im österreichischen Naturschutzgebiet «Rheindelta» erwies sich die zusätzliche Integrierung des wissenschaftlichen Teams in die Bauleitplanung als besonders erfolgreich. Die Kontinuität der wissenschaftlichen Begleitung während der gesamten Bauphase ermöglichte eine optimale Anwendung des Renaturierungsmodelles in der Praxis. Ein wöchentlich abgehaltener «jour fixe» und häufige Präsenz auf der Baustelle garantierten während der gesamten Bauphase einen reibungslosen und erfolgreichen Ablauf der Arbeiten.

Für den Bereich des österreichischen Ufers konnte auch zum ersten Mal der wissenschaftliche Nachweis für den ausserordentlichen Erfolg von Renaturierungsmaßnahmen nach dem ISF-Modell erbracht werden. Um diesen Erfolgsnachweis erbringen zu können, waren genaue Be-

standesaufnahmen vor Beginn der Massnahme, ständige wissenschaftliche Begleitung während der Arbeiten (auch in Form von Monitoring) sowie umfangreiche Untersuchungen nach dem Eingriff erforderlich. Solche Erfolgskontrollen sollten künftig allgemein durchgeführt werden, um die Bedeutung und die Sinnhaftigkeit von Schilfrevitalisierungen und Flachwassergestaltungen einer breiten Öffentlichkeit zugänglich zu machen.

Eine gegenwärtig vorgenommene ökologisch-limnologische Bewertung der UFWZ rund um den See wird wichtige Hinweise für die weiteren, seeweit vorzunehmenden Massnahmen ermöglichen. Die Bedeutung und der Wert der UFWZ sowohl für den Bodensee selbst als auch für die Menschen rund um den See sind so gross, dass viele bisher versäumte Anstrengungen dringend nachzuholen sind.

Uferrenaturierungen am Bodensee

Tab. 5. Liste der am Bodensee durchgeführten Renaturierungsmassnahmen. Geplante Massnahmen: kursiv geschrieben. R = Renaturierung; S = Schilfanbau.

Nr.	Gebiet	Art	Nr.	Gebiet	Art	Nr.	Gebiet	Art
1	Lindau-Wäsen	R	35	Obermaurach	S	69	Radolfzell-Versehrtenbad	R+S
2	Lindau-Reutin	R+S	36	Nussdorf	R	70	Radolfzell-Strandbad	R
3	Wasserburg-Freizeitzentrum	R	37	Überlingen-Liebesinsel	R	70a	Radolfzell-Versehrtenbad	R+S
4	Wasserburger Bucht	R+S	38	Überlingen-Strandbad	R	71	Radolfzell-Ortslage	R
5	<i>Kressbronn-Ort</i>	R	39	<i>Spetzgart</i>	R+S	72	Radolfzell-Bahnhof	R
6	Kressbronn-Strandbad	R	40	Süssesmühle	S	73	Radolfzell-Herzen	R+S
7	Kressbronn-Tunauer Strand	R	41	Sipplingen-Ost	R	74	Iznang	R+S
8	Argenmündung-Ost	R	42	Sipplingen-West	R	75	Gaienhofen-Hornstaad	R+S
9	Langenargen-Malerecke	R	43	Ludwigshafen-Ost	R	76	Gaienhofen-Horn	R+S
10	Langenargen-Ort	R	44	Ludwigshafen-West	S	77	Gaienhofen	R+S
11	Langenargen-DLRG	R	45	Hornspitz	S	78	Wangener Bucht (Archäologie)	R+S
12	Langenargen-Schwendi	S	46	<i>Bodman-West</i>	R+S	79	Wangen	R
13	<i>Eriskirch-Strandbad</i>	R	47	<i>Bodman-Ost</i>	R+S	80	<i>Kattenhorn</i>	R+S
14	Friedrichshafen-Rotachmündung-Ost	R+S	48	Dingelsdorf-West	R	81	Öhningen-Oberstaad	S
15	Friedrichshafen-Rotachmündung-West	R	49	<i>Dingelsdorf-Ost</i>	R+S	82	Öhningen-Stiegen	R+S
16	Friedrichshafen-Uferstrasse	R	50	Dingelsdorf-Fliesshorn	R+S	83	<i>Münsterlingen</i>	R+S
17	Friedrichshafen-DB-Mole	R	51	Egg-Unigelände	S	84	<i>Seedorf/Kesswil</i>	R+S
18	Friedrichshafen-Strandbad	R+S	52	Egg	R	85	Luxburger Bucht	R+S
19	Friedrichshafen-Seemoser Horn	R	53	<i>Hohenegg</i>	R+S	86	Arbon	R
20	<i>Manzell-MTU</i>	R	54	Hohenegg/Nissenbaum, Ruppenar	R	87	<i>Steinach</i>	R
21	Manzeller Hölzle	R	55	Konstanz-Jakobsbad	R	88	Horn-West (Kanton Thurgau)	R+S
22	Fischbach-Seehag	R	56	Konstanz-Schmiedersche Kliniken	R+S	88a	Horn-Ost (Kanton Thurgau)	R+S
23	<i>Fischbach-West</i>	R	57	Konstanz-Seeuferweg	R+S	89	Staad-Calanda	R
24	Immenstaad-Lippbach	S	58	Seerhein/Unterfeld	R+S	90	<i>Speck/Staad</i>	R+S
25	Immenstaad-Dorniermole	R+S	59	Reichenau-Schopfen	S	91	Altenrhein	R+S
26	Immenstaad-Kniebach	S	60	<i>Reichenau-Anlegestelle</i>	R	92	<i>Altenrhein-Marina</i>	R+S
27	Immenstaad-Ortslage	R	61	Reichenau-Strandbad	R	93	Polderdamm	S
28	Immenstaad-West	R	62	Reichenau-Mittelzell	S	94	Alpenrhein	R+S
29	Immenstaad-Hardthof	S	63	<i>Allensbach-Strandbad</i>	R	95	Hard-Grüner Damm	R
30	Hagnau-Ost	R+S	64	Allensbach-Ost	R	96	<i>Hard-Industriehafen</i>	R
31	<i>Hagnau-West</i>	R	65	<i>Allensbach-West</i>	R	97	Bregenz-Wochehloch	R
32	Stetten-Seehag	R	66	Naturfreundehaus	R+S	98	Bregenz-Mehrerau	R+S
33	<i>Unteruhldingen-Pfahlbauten</i>	R+S	67	Markelfinger Winkel	R+S	99	<i>Bregenz-Ortslage</i>	R
34	<i>Seefeldlen</i>	R+S	68	Radolfzell-Hafen Martin	S	100	Lochau-Strandbad	R

6 LITERATUR

- DITTRICH, A., WEISSER, H., BRENNER, S. & SCHNAUDER, I. 1999. Untersuchungen zum Stabilitätsverhalten von Böschungen des Bodenseeuferes. Bericht des Instituts für Wasserwirtschaft und Kulturtechnik der Universität Karlsruhe, Karlsruhe im Auftrag der Gewässerdirektion Donau/Bodensee, Bereich Ravensburg.
- GKSS-Forschungszentrum Geesthacht GmbH 1994. Flächenhafte Seegangsuntersuchungen in der Friedrichshafener Bucht des Bodensee-Obersees. Abschlussbericht, 2. korrigierte Ausgabe, Oktober 1994.
- KOTHÉ, P. (1982). Ufergestaltung bei Ausbau und Unterhaltung der Bundeswasserstrassen, Interner Bericht Bundesanstalt für Gewässerkunde, 1–18.
- MELUF (Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft, Umwelt und Forsten Baden-Württemberg) 1981. Grundsätze zum Schutz der Flachwasserzone des Bodensees. Heft 11, 1–29.
- PHILLIPSON, S. & TEIBER, P. 2003. Bestandsaufnahmen von Fischen und Makrozoobenthos in renaturierten Bereichen des Bodenseeuferes bei Sipplingen und Friedrichshafen. Bericht im Auftrag der Gewässerdirektion Donau/Bodensee, Bereich Ravensburg.
- PIROTH, K. & PLATHE, E. J. (1994). Strömungsbeurteilung einer Leitwand in der Flachwasserzone vor dem Yachthafen Radolfzell. Bericht des Instituts für Hydrologie und Wasserwirtschaft der Universität Karlsruhe (TH).
- REGIERUNG VON SCHWABEN Hrsg. 1983. Flachwasserschutz am bayerischen Ufer des Bodensees.
- REGIONALVERBAND BODENSEE-OBERSCHWABEN (RAVENSBURG) Hrsg. 1984. Bodenseeuferplan.
- REGIONALVERBAND HOCHRHEIN-BODENSEE (WALDHUT-TIENGEN) Hrsg. 1984. Bodenseeuferplan.
- SCHRÖTER, C. & KIRCHNER, O. 1902. Die Vegetation des Bodensees. Teil II. Schriften des Vereins zur Geschichte des Bodensees 31, 1–86.
- SIESSEGGER, B. 1970. Limnologische Untersuchungen über das Litoral am Bodensee (am Beispiel der Friedrichshafener Bucht). *gwf-wasser/abwasser* 111, 488–493.
- SIESSEGGER, B. 1977. Zur Problematik der Ufernutzungen am Bodensee. *Naturschutz (Oberschwaben)* 14, 9–14.
- SIESSEGGER, B. 1985. Flachwasserzonen des Bodensees. *10 Jahre LFU*, 129–135.
- SIESSEGGER, B. 1992. Auf dem Wege der Besserung – die schwierige Sanierung des Bodensees. *Praxis Geographie* 5, 43–47.
- SIESSEGGER, B. & TEIBER, P. 2001. Erfolgsmodell für Renaturierungen am Bodensee. *Ingenieurbiologie* 3, 3–14.
- TEIBER, P. 2002. Vorarlberger Rheindelta – Polderdammanlage Ausbaumaßnahmen Hochwasserschutz – Revitalisierung des Uferstreifens. Abschlussbericht im Auftrag des Landeswasserbauamtes Bregenz.
- TEIBER, P. 2003. Zustandsbeschreibung des Bodenseeuferes – Statistische Auswertung. Abschlussbericht und GIS-Projekt im Auftrag der Internationalen Bodenseekonferenz (IBK).
- TEIBER, P. & WEYHMÜLLER, M. 1997. Wissenschaftliche Begleituntersuchung für das Renaturierungsgebiet Friedrichshafener Bucht in der Flachwasserzone und der angrenzenden ökologischen Kontaktzone. Abschlussbericht im Auftrag der Gewässerdirektion Donau/Bodensee, Bereich Ravensburg.
- TEIBER, P., WEYHMÜLLER, M. & WEYHMÜLLER, M. 2001. Renaturierungen am Bodenseeufer. Bericht im Auftrag der Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg.
- WEYHMÜLLER, M., WEYHMÜLLER, M. & TEIBER, P. 2000. Die Auswirkungen des Hochwassers vom Frühjahr 1999 auf die Renaturierungsgebiete am Bodensee. Abschlussbericht im Auftrag der Gewässerdirektion Donau/Bodensee, Bereich Ravensburg.

Dr. Berthold Siessegger und Dr. Petra Teiber-Siessegger, Friedrichshafenerstrasse 8,
D-88142 Wasserburg, E-Mails: Siessegger@ufer-renaturierung.de, pteiber@t-online.de