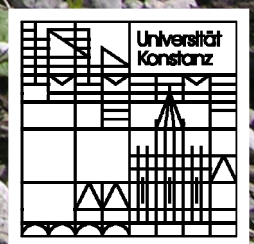


Seeuferrenaturierung



Seeuferrenaturierung

Wolfgang Ostendorp

Forschungsbericht
Konstanz, März 2009

Limnologisches Institut
Universität Konstanz
D-78567 Konstanz
wolfgang.ostendorp@uni-konstanz.de

Arbeitsgruppe Bodenseeufer (AGBU) e.V.
Heroséstraße 18
78462 Konstanz
wolfgang.ostendorp@bodensee-ufer.de

Inhalt

1.	Einleitung	1
2.	Seeufer – eine Übersicht.....	2
2.1.	Begriff.....	2
2.2.	Seeufer – entwicklungsgeschichtlich gesehen	2
2.3.	Seeufer – aktualistisch gesehen.....	5
2.4.	Gradientenkonforme Gliederung des Seeufers	7
2.5.	Seeufer-Typologie	7
3.	Seeufer: Funktionen – Nutzung – Belastung.....	9
4.	Seeuferrenaturierung: Planung – Umsetzung - Erfolgskontrolle.....	11
4.1.	Übersicht.....	11
4.1.1.	Begriffe.....	11
4.1.2.	Seeuferrenaturierung als Teilgebiet der Renaturierungsökologie	12
4.1.3.	Leitbild.....	13
4.2.	Rechtlicher Rahmen	14
4.2.1.	Übersicht.....	14
4.2.2.	Europäisches Wasserrecht und Naturschutzrecht	15
4.2.3.	Deutschland.....	18
4.2.4.	Österreich	20
4.2.5.	Schweiz.....	22
4.3.	Planungsrahmen und Planungsschritte.....	24
4.3.1.	Übersicht.....	24
4.3.2.	Planungs- und Wirkungssperimeter	25
4.3.3.	Ufertypspezifisches Leitbild	26
4.3.4.	Abklärungen anhand vorhandener Informationen	26
4.3.5.	Projektteam, Rechteinhaber, Interessenvertreter.....	27
4.3.6.	Lasten- und Pflichtenheft.....	27
4.3.7.	Erhebung und Dokumentation des Ausgangszustands	28
4.3.8.	Defizitanalyse und -bewertung	28
4.3.9.	Renaturierungspotenzial, Zielsetzungen	29
4.3.10.	Umsetzungsplanung, Auswahl der Renaturierungstechniken.....	30
4.3.11.	Zusammenstellung der Antragsunterlagen.....	30
4.3.12.	Umsetzung und ökologische Baubegleitung	32
4.3.13.	Managementplan.....	33
4.3.14.	Erfolgskontrolle und Monitoring	33
5.	Seeuferrenaturierung: Arbeitsweisen	34
5.1.	Nutzungsextensivierung und Besucherlenkung	34
5.2.	Erosionsschutzmaßnahmen	35

5.2.1.	Problemlage.....	35
5.2.2.	Ursachenanalyse	35
5.2.3.	Lösungsansätze im Rahmen von Uferrenaturierungen	36
5.3.	Verminderung der Treibgut- und Faulschlamm-Anlandung	41
5.3.1.	Problemlage.....	41
5.3.2.	Ursachenanalyse	41
5.3.3.	Lösungsansätze im Rahmen von Uferrenaturierungen	41
5.4.	Ansiedlung, Schutz und Pflege von Uferpflanzenbeständen	42
5.4.1.	Problemlage.....	42
5.4.2.	Ursachenanalyse	42
5.4.3.	Lösungsansätze im Rahmen von Uferrenaturierungen	43
5.5.	Wiederherstellung eines naturnahen Reliefs.....	46
5.5.1.	Problemlage.....	46
5.5.2.	Ursachenanalyse	47
5.5.3.	Lösungsansätze im Rahmen von Uferrenaturierungen	47
5.6.	Ökologische Aufwertungen von Ufern künstlicher Stillgewässer	50
5.6.1.	Übersicht.....	50
5.6.2.	Speicherbecken und Stauanlagen.....	51
5.6.3.	Abgrabungsseen.....	51
5.6.4.	Schiffahrtskanäle	53
6.	Ökologische Begleituntersuchungen.....	54
6.1.	Übersicht.....	54
6.2.	Entscheidungsrelevanz.....	55
6.2.1.	Untersuchungstiefe.....	55
6.2.2.	Untersuchungszeiträume.....	56
6.2.3.	Untersuchungsumfang.....	56
6.2.4.	Kontrolle der räumlichen Variabilität.....	57
6.2.5.	Kontrolle der zeitlichen Variabilität	58
6.3.	Kohärenz	59
6.4.	Untersuchungsverfahren	60
6.4.1.	Übersicht.....	60
6.4.2.	Positionsbestimmung.....	60
6.4.3.	Probennahme	60
6.4.4.	Untersuchungsmethoden (Sedimente, Biota).....	61
6.4.5.	Biotoptypen.....	61
6.4.6.	Biologische Vielfalt.....	63
6.4.7.	Naturschutzfachliche Bedeutung	65
6.5.	Statistische Auswertung	65
6.6.	Qualitätssicherung	66
7.	Aktueller Stand und Defizite der Seeuferrenaturierung	67
8.	Danksagung	78

9.	Quellen.....	78
9.1.	Literatur.....	78
9.2.	Rechtsbestimmungen.....	90
9.2.1.	Europäisches Recht.....	90
9.2.2.	Deutschland.....	90
9.2.3.	Österreich.....	91
9.2.4.	Schweiz.....	92
9.3.	Normen.....	92
10.	Glossar.....	93

Abbildungsverzeichnis

- Abbildung 1: Schema fluvialer und ufermorphogenetischer Prozesse bei der Herausbildung des Ufers im westlichen Bodensee (schematisch). 1 – spät-hochglazialer Geschiebehang; 2 – rezente Hangprozesse (Flächen- und Rinnenerosion, Rutschungen), die die Zuflüsse erreichen; 3 – rezente Hangprozesse, die das Seeufer erreichen; 4 – spätglazialer fluvialer Schwemmfächer bei einem höheren Seestand um 400 m NN; 5 – holozäne Brandungsplattform, teils mit Schneggliekies-Strandwällen, landfest geworden durch Seespiegelsenkung; 6 – rezente Schilf- und Seeggentorfablagerung sowie Anmoorbildung; 7 – durch spitzwinklig auftreffende Wellenfelder hervorgerufene Uferparallelströmung mit Festsedimenttransport (die zugehörige Windrichtung ist von rechts oben zu denken); 8 – litorale Carbonatfällung, überwiegend durch Armleuchteralgen und submersen Gefäßpflanzen, sowie strandwärtiger Transport des Sediments und Anlagerung als Spülsaum; 9 – Oberkante der Halde bzw. des Tiefenbeckenbereichs; 10 – fluvialer Sedimenttransport im submersen Delta-Bereich und Bildung von lakustrischen Rinnen. Die Abbildung zeigt ein Flussdelta vom Segal-Typ, gekennzeichnet durch vergleichsweise hohe Wellenenergie bei schmaler Brandungsplattform, geringen fluvialen Energieeintrag und starken Uferparalleltransport. 3
- Abbildung 2: Querschnitt durch einen Uferabschnitt am westlichen Bodensee (schematisch, vgl. auch Abb. 1). 1 – spät-hochglazialer Geschiebehang; 2 – hochglaziale Beckentone; 3 – spätglaziale Beckentone, mit schmaler Brandungsplattform; 4 – Hangfußsedimente, erzeugt durch Flächen- und Rinnenerosion sowie durch Rutschungen; 5 – holozäner (Schneggliekies-)Strandwall mit vorgelagerten Strandsedimenten; 6 – rezentes Kliff mit Spülsaumbildung; 7 – submerses Laichkraut- und Armleuchteralgenrasen mit biogener Carbonatfällung; 8 – zur Halde hin gerichtete partikelbefrachtete Bodenströmung, grobe Partikel kommen im seichten Wasser zur Ablagerung, feine Partikel erst im Bereich der Haldenoberkante in etwa 3 – 4 m Tiefe unter mMW; 9 – pelagiale Carbonatfällung, hervorgerufen durch die Photosynthese von Planktonalgen; 10 – bückenwärts gerichtete Rip-Strömung, teils mit Schwebstoffen befrachtet. Dargestellt sind außerdem die typischen ufermorphologischen Einheiten sowie die Welleneigenschaft im Tiefwasser, im Flachwasser und in der Brandungszone; mHW, mMW, mNW – langjährig mittleres Hoch-, Mittel- und Niedrigwasser. 4
- Abbildung 3: Seeufer Typen (Beispiele). Oben links: flachschariges Ufer mit Schilfröhrichtgürtel, Ufergehölzen und extensiv bewirtschafteten Streuwiesen (Mettnau, Bodensee-Untersee); oben rechts: Felsufer mit terrestrischer Gehölzvegetation (Walensee, CH); unten links: dicht bewaldetes Moräne-Ufer mit weit über die Wasserlinie reichenden Kronendächern, die eine Röhrichtgürtelkeine Entwicklungsmöglichkeit lassen (Prinzinsel, Gr. Plöner See); unten rechts: Delta-Flächen bei winterlichem Niedrigwasser (Schussen-Mündung, Bodensee-Obersee). 8
- Abbildung 4: Beeinträchtigung der Seeufer (Beispiele). Oben links: durch Siedlungsnutzung aufgeschüttetes und befestigtes Ufer (Plön, Gr. Plöner See); oben rechts: erodierte Badestelle an der Unterhavel (Berlin), die noch um 1960 fast völlig mit Schilfbeständen war (Foto M. Krauß); unten links: Fragmentierung der Uferzone durch Steganlagen und Bödenfelder für die Freizeitschiffahrt (Lznang, Bodensee-Untersee); unten rechts: Nährstoffbelastung mit Fadenalgenentwicklung vor einem Schilfgürtel (Foto M. Dienst)... 10
- Abbildung 5: Nutzungsdruck durch Freizeitverkehr und Nutzerlenkung. Links: unregelmäßige Badestelle auf einer Renaturierungsfläche (Bregenz, Bodensee-Obersee); rechts: Besucherleitsystem am Rande derselben Renaturierungsfläche (Bregenz, Bodensee-Obersee). 34
- Abbildung 6: Schwimmende Wellenbrecher. Links: schwimmende Bootsstege; zu erkennen ist, dass die Wellenhöhe im Lee der Stege geringer ist als im Luv (Vättern b. Matala, Schweden; Foto: SF Marina Deutschland GmbH, Hamburg); rechts: Schilfschutz bei Altenrhein am Bodensee-Obersee (Schwimmkörper mit Treibgut-Fanggittern (Aufnahme bei herbstlichem Niedrigwasser)..... 36
- Abbildung 7: Wellenbrecher. Links: Bauprinzip, Querschnitt (Kern z. B. aus inerte m Bauaushub, Deckschicht aus Wasserbausteinen, MHW, MMW, MNW – mittlere Hochwasser-, Mittelwasser-, Niedrigwasserlinie); rechts: parallel versetzte Wellenbrecher mit Durchlässen am Bregenzer Ache-Delta in den Bodensee (Aufnahme bei Niedrigwasser)..... 37
- Abbildung 8: Palisaden. Links: Rammen von Palisaden am Großen Müggelsee, Berlin (Foto M. Krauß); rechts: Einrichtung einer Schilfpflanzung am Gr. Plöner See, die durch Palisaden und einen Zaun geschützt wird. 37
- Abbildung 9: Lahnungen. Links: Bauprinzip, Querschnitt (Doppelpfahlreihe, zuunterst die Querfaschine, darüber sechs Längsfaschinen, die an den Pfählen verrottet sind); rechts: Lahnungsbau an der Unterhavel, Berlin (Foto M. Krauß). 38
- Abbildung 10: Sedimentationskassetten. Links: Anlage zum Schutz eines Schilfbestands, an kurze Pfähle genagelte Bänder aus Kokosgewebe; rechts: Detail, ein Jahr später, einige Kassetten sind mit Sediment verfüllt (Obermaurach, Bodensee-Obersee bei winterlichem Niedrigwasser)..... 39

- Abbildung 11: Erosionsschutz bei freigelegten vorgeschichtlichen Kulturschichten auf der Uferplattform des Bodensees. Links: erodierte Pfahlreste und Geröllpflaster in einer bronzezeitlichen Siedlung in Unteruhldingen (Bodensee, Überlinger See), die Pfähle waren bis vor wenigen Jahrzehnten von einer schützenden Sedimentschicht bedeckt; rechts: Forschungstaucher bei der Kontrolle der an Baustahlmatten fixierten Geotextilbahnen, die als Trennschicht zwischen Kulturschicht und Kiesauflage eingebracht wurden (Fotos J. Köninger, terramare, Freiburg i. Br.)..... 40
- Abbildung 12: Böschungssicherung. Links: Unterspülung von Ufergehölzen am Bodensee-Obersee (Aufnahme bei winterlichem Niedrigwasser); rechts: Erosionssicherung an der Mühne-Talsperre aus Wasserbausteinen, Steinwalzen und Geotextilen..... 40
- Abbildung 13: Schwemmholz und Treibgut-Schutzzäune. Links: Schwemmholz im Bieler See vor einem Schilfbestand (Foto C. Iseli); rechts: massive Schutzzäune vor einem gefährdeten Schilfgebiet (Lindau, Bodensee-Obersee)..... 41
- Abbildung 14: Schilf-Pflanzung. Links: Auswahl von Rhizomenstücken, die in einem Feuchtgebiet gewonnen wurden; rechts: Pflanzung von vorgezogenen Ballen (Lipbach-Mündung, Bodensee-Obersee bei herbstlichem Niedrigwasser)..... 44
- Abbildung 15: Schutz von Schilf-Pflanzungen auf Renaturierungsflächen. Links: Schilf-Pflanzung auf einer künstlichen Vorschüttung am Zuger See (Foto: Flying Camera, Baar); rechts: eingezäunte austreibende Schilf-Ballenpflanzungen (Detail) (Foto: Tiefbauamt Kanton Zug)..... 45
- Abbildung 16: Winterschnitt von Schilf-Röhrichten. Links: Mähraupe mit Balkenmäher, Gebläse und Sammelcontainer in einem terrestrischen Schilfröhricht am Bodensee-Untersee; rechts: Bestandsausfälle in einem Uferrohricht durch unsachgemäße Mahd (Beschädigung der Rhizome durch die Mähraupe) am Bodensee-Untersee..... 45
- Abbildung 17: Uferrenaturierung durch Vorschüttung vor bestehende Uferbefestigungen (siehe m.): A – historisches naturnahes Relief, B – nach Auffüllung und Befestigung mit einer Ufermauer, C – nach der Renaturierung; 1 – natürliches Sediment, 2 – Hinterfüllung der Mauer, 3 – Ufermauer, 4 – Füllkörper aus inertem Bodenaushub oder Bauschutt, 5 – Deckmaterial (Kies, Geröll) der Renaturierung; eingezeichnet sind die mittleren Hoch-, Mittel- und Niedrigwasserstände (aus OSTENDORP 2008)..... 48
- Abbildung 18: Uferrenaturierung durch Vorschüttung vor bestehende Uferbefestigungen in der Praxis. Links: Ufermauer und Vorland vor der Renaturierung; rechts: Schüttung eines seeseitigen Gerölldamms und des Deckmaterials aus Kiesgrubenabraum mit breitem Korngrößenspektrum (Siplingen, Bodensee-Überlinger See, Aufnahmen bei winterlichem Niedrigwasser)..... 48
- Abbildung 19: Entwicklung von Renaturierungsflächen. Oben links: Ansiedlung von Ufer-Hahnenfuß (*Ranunculus reptans*) auf einer Renaturierungsfläche (Siplingen, Bodensee-Überlinger See bei Niedrigwasser im Frühling, Foto W. Löderbusch); oben rechts: Ausbreitung von Schilf-Restbeständen in eine aufgespülte Sandfläche, im Vordergrund Pioniervegetation (Gift-Hahnenfuß, *R. sceleratus*) (Lipbach-Mündung, Bodensee-Obersee bei Niedrigwasser im Frühjahr); unten links: eingeschränkte Vegetationsentwicklung infolge zu hoher Belastung durch Freizeitverkehr (Langenargen, Bodensee-Obersee); unten rechts: Zierrasen und gärtnerische Pflanzungen auf einer vorgeschütteten Renaturierungsfläche, im Vorland keine Vegetationsentwicklung wegen zu groben Substrats und zu starker Trittbelastung (Friedrichshafen, Bodensee-Obersee)..... 49
- Abbildung 20: Korngrößen auf Renaturierungsfläche am Bodensee. Links: Gerölle 60/200 mm verhalten sich wasserbaulich stabil, bilden aber ein zu grobes Lückensystem, das kaum von Pflanzen und Laufkäfern besiedelt wird; Mitte: in Strandbädern wird Rollkies 20/60 mm verwendet, der durch Wellenschlag und Trittbewegung wird, so dass sich nur eine anspruchslose Ruderalflora ansiedelt; rechts: Moräne-Material mit breitem Korngrößenspektrum bietet eine standortgemäße Vegetation die besten Ansiedlungschancen..... 50
- Abbildung 21: Probennahmeplan zur Kontrolle der räumlichen Variabilität. Links: Zufallsprobennahme, Mitte: Beprobung entlang eines Stationsnetzes, rechts: geschichtete Zufallsprobennahme (Stichprobenumfang gewichtet nach Flächengröße)..... 58
- Abbildung 22: Probennahmeplan zur Kontrolle der zeitlichen Variabilität..... 58
- Abbildung 23: Erstellung einer Biotoptypenkarte am Beispiel einer Renaturierungsfläche am Bodensee. Oben: Biotoptypen (in der Legende sind alle erfassten Biotoptypen von 27 Renaturierungs- und Referenzflächen zusammengestellt); unten: ökologischer Wert der Biotoptypen (Karten: M. Dienst, Einzelheiten vgl. OSTENDORP et al. 2008b)..... 64

1. Einleitung

Europa ist ein see-reicher Kontinent: Allein Deutschland kommt nach einer vorläufigen Zusammenstellung (HEMM & JÖHNK 2004) auf mehr als 12.000 natürliche und künstliche Stillgewässer (Wasserfläche $>0,01 \text{ km}^2$), wobei die tatsächliche Zahl zwischen 15.000 und 20.000 liegen dürfte. Diese Gewässer haben eine geschätzte Uferlänge von mehr als 30.000 km (OSTENDORP et al. 2004). In der Schweiz sind 71 natürliche Seen und 96 künstliche Speicherseen mit einer Fläche von mind. $0,1 \text{ km}^2$ registriert, die eine gesamte Uferlänge von etwa 2.070 km aufweisen. Die österreichische Datenbank enthält etwa 810 natürliche und 1.330 künstliche Gewässer mit einer Mindestfläche von $0,01 \text{ km}^2$, die zusammen eine Uferlänge von rd. 4.980 km einnehmen (OSTENDORP, unpubl.; Daten des BAFU, Bern und des Umweltbundesamt GmbH, Wien).

Seeufer stellen damit zwar schmale, aber ausgesprochen lang gestreckte **Übergangsräume** (Ökotope) dar, die zwischen den rein terrestrischen Lebensräumen und dem Freiwasserkörper der Seen vermitteln. Sie gelten als lokale Zentren der Biodiversität und als effiziente Pufferzonen, die den Freiwasserkörper vor landseitigen stofflichen Einträgen und Belastungen schützen.

Allerdings stehen die Ufer vieler mittel-europäischer Seen unter einem erheblichen **Nutzungsdruck** durch hydrologische Manipulation ihres Wasserspiegels bzw. ihres natürlichen Wasserstandsregimes und durch landwirtschaftliche Meliorationen sowie durch strukturelle Inanspruchnahme infolge Siedlung, Verkehr, Freizeit und Tourismus (OSTENDORP et al. 2004). Trotz aller Schutzbemühungen sind heute weite Strecken durch Auffüllungen, Uferbefestigungen, Einbauten oder Ausbaggerungen morphologisch so verändert, dass ihre Biotope und Biozöosen zumindest im Epilitoral und im Eulitoral nicht mehr als naturnah gelten können (OSTENDORP et al. 2008a). Die negativen Folgen und Begleiterscheinungen des Uferbaus berühren damit die Gewässerschutzziele der **Europäischen Wasserrahmenrichtlinie** (WRRL), da auch das (See-)Ufer ein Teil des Wasserkörpers ist und bei der Analyse des Risikos, den geforderten guten ökologischen Zustand nicht zu erreichen, berücksichtigt werden muss (LAWA 2003, N.N. 2003a).

Eine **Verbesserung des ökologischen Zustands** kann durch Renaturierung morphologisch beeinträchtigter Uferabschnitte erreicht werden, wobei der Ausgangszustand, die Zielsetzungen und Konzepte, aber auch die wasserbauliche Ausführung, die Einbindung in die Landschaft sowie Nachsorge, Unterhaltung und Folgenutzungen darüber entscheiden, welcher Grad an „Naturnähe“ erreicht werden kann.

In diesem Beitrag werden die Möglichkeiten der Seeuferrenaturierung vor dem Hintergrund der rechtlichen Voraussetzungen und der praktischen Erfahrungen in Deutschland (DE), Österreich (AT) und der Schweiz (CH) zusammengefasst. Die Vorschläge für eine optimierte Planung und Umsetzung von Renaturierungsmaßnahmen wurden am Bodensee von der Arbeitsgruppe Bodenseeufer (AGBU) entwickelt (OSTENDORP et al. 2008b) und in einem Renaturierungsleitfaden für den Bodensee umgesetzt (IGKB 2009). Hintergrund war die Evaluierung von rd. 90 Renaturierungsmaßnahmen auf einer Gesamtlänge von etwa 34,5 Uferkilometern, die in den Jahren 1975 bis 2007 durchgeführt worden waren.

2. Seeufer – eine Übersicht

2.1. Begriff

Unter der Uferzone eines Sees ist in Übereinstimmung mit vergleichbaren Definitionen für den marinen Küstenbereich die gürtelförmig um den See reichende Zone beiderseits der Wasserlinie zu verstehen, in der der landseitige Abschnitt durch die Hochwasserstände des Sees beeinflusst wird und dessen wasserseitiger Abschnitt so weit in den See reicht, wie Oberflächenwellen oder die zum makrophytischen Biomasse-Aufbau ausreichenden Strahlungsmengen auf dem Gewässergrund wirksam werden (vgl. Kap. 2.4).

Seeufer sind **Bestandteile der Kulturlandschaft** und müssen im Zusammenhang mit dem Freiwasserkörper (Pelagial) des Sees, dem Umland und der landschafts- und kulturgeschichtlichen Entwicklung betrachtet werden (vgl. DVWK 1999, LEUTHOLD et al. 1997). Der **entwicklungsgeschichtliche Ansatz** fragt nach den entscheidenden Faktoren, die zu dem gegenwärtigen Erscheinungsbild einschließlich der aktuellen Problemlagen geführt haben, der **aktualistische Ansatz** stellt diejenigen Faktoren in den Vordergrund, die die derzeitige räumliche biozönotische Gliederung und die ökosystemaren Eigenschaften bestimmen. Beide Ansätze sind unentbehrlich für die kompetente Formulierung von Leitbildern (vgl. Kap. 4.1.3), die ihrerseits Voraussetzung für die nachvollziehbare Entwicklung von Renaturierungskonzepten sind.

2.2. Seeufer – entwicklungsgeschichtlich gesehen

Die **natürlichen Seen** Mitteleuropas sind geologisch junge Hochformen, deren Entstehungszeit mit Ausnahme einiger Eifel-Maare vom Ausgang des Würm-/Weichsel-Hochglazials (ca. 20.000 vor heute) bis in die jüngste historische Periode¹ fällt. **Künstliche Stillgewässer**, zunächst fischereilich genutzte Mühlweiher, wurden seit Mitte des 8. bis in das 18. Jahrhundert angelegt (KONOLD 1987); einige von ihnen gehören heute zu den bedeutendsten Feuchtgebietsschutzgebieten. Im 19. und 20. Jahrhundert kamen Talsperren, Speicherbecken und Flusstauseen² zur Trinkwasser- und Energiegewinnung bzw. als Wasserausgleichs- und Rückhaltebecken für die Schifffahrt und den Hochwasserschutz hinzu, sowie Speicherbecken für Beschneiungsanlagen, die wohl auch zukünftig noch in Wintersportgebieten gebaut werden. Während dieser sehr unterschiedlichen Zeitspanne formte sich die heute sichtbare Ufermorphologie (Uferlinie, Relief, Substrat) heraus, die von schlichten Teichfolien (Beschneiungsanlagen) über die mit Beton und Steinwurf gesicherten Ufer bis hin zu komplexen Verlan-

¹ Vergleichsweise sehr jung sind viele Subrosionsseen („Erdfallseen“) über Salzdomen der norddeutschen Tiefebene, deren Entstehungszeit vielfach durch historische Quellen belegt ist; z. B. entstand der Erdfallsee (Gem. Hopsten, Krs. Steinfurt) am 14. April 1913 (Übersicht: <http://www.gd.nrw.de>, Stand März 2009).

² Übersicht: <http://www.talsperren.net/> (Stand März 2009).

dungszonen natürlicher Glazialseen reicht. Letztere stellen nicht nur Lebensräume, sondern auch klima-, landschafts- und kulturgeschichtliche Archive dar (COHEN 2003, SCHRENK-BERGT et al. 1998, SMOL 2008). Die wesentlichen **Faktoren und Prozesse**, die aus der ursprünglichen Berandung der wassergefüllten Hohlform ein natürliches Seeufer in der heutigen Gestalt geschaffen haben, sind neben dem Zeit-Faktor

- Eigenschaften des Ausgangsgesteins an der Gewässersohle (Korngröße, Konsolidierungsgrad, Erodierbarkeit),
- terrestrische Hangprozesse (Schichtfluten, Hangrutsche),
- sublakustrische Hangprozesse (Sediment-Setzung, Hangrutsche),
- Deltaprozesse (Sedimentation, sublakustrische Rinnen),
- Wind- und Wellenexposition, Windläufige (Fetch, morphogenetische Wirksamkeit von Flachwasserwellen, Erosion und Akkumulation von Feststoffen),
- Uferlinienführung (Form, Winkel zur Wellenfortschrittsrichtung der signifikanten Flachwasserwellen: Uferlängsströmungen, Ripströmungen),
- Calcium- und Nährstoffgehalt des Wassers (biogene Carbonatfällung durch Makrophyten),
- Wuchsform und Produktivität der Ufer- und Sumpfpflanzen (Ablagerung von Schilf- und Seggentorfen, Bildung von Schwimmdecken)

(Übersichtsdarstellungen in CARTER 1988, ELLENBERG 1996, GOUDIE 2004, JUNG 1990, SCHMIDT 1996, SCHRÖDER 1982, SCHWARTZ 2005, SNEAD 1982, SUCCOW & JOOSTEN 2001). Eine Übersicht der am Bodensee-Untersee charakteristischen Prozesse sowie der daraus resultierenden **Oberflächenformen** und **Stratigraphie der Ufersedimente** geben die Abbildungen 1 und 2 wieder.

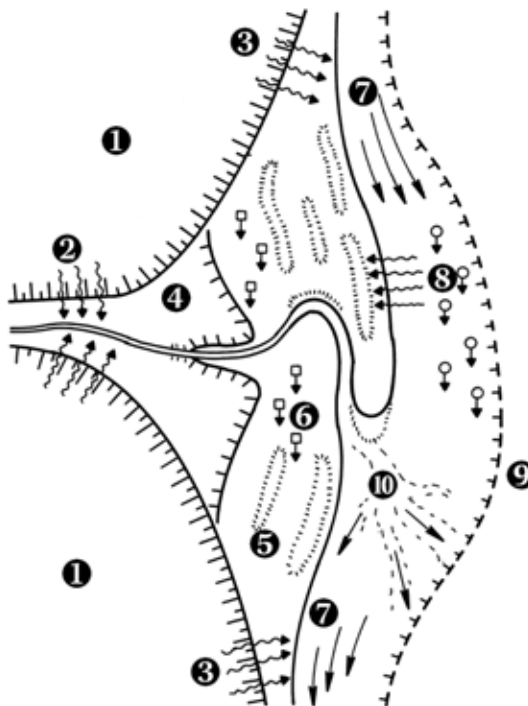


Abbildung 1:

Schema fluvialer und ufermorphogenetischer Prozesse bei der Herausbildung des Ufers im westlichen Bodensee (schematisch). 1 – spät-hochglaziale Geschiebehang; 2 – rezente Hangprozesse (Flächen- und Rinnenerosion, Rutschungen), die die Zuflüsse erreichen; 3 – rezente Hangprozesse, die das Seeufer erreichen; 4 – spätglaziale fluviatile Schwemmfächer

bei einem höheren Seespiegel um 400 m NN; 5 – holozäne Brandungsplattform, teils mit Schneckenglied-Strandwällen, landfest geworden durch Seespiegelsenkung; 6 – rezente Schilf- und Seggentorfablagerung sowie Anmoorbildung; 7 – durch spitzwinklig auftreffende Wellenfelder hervorgerufene Uferparallelströmung mit Feinsedimenttransport (die zugehörige Windrichtung ist von rechts oben zu denken); 8 – litorale Carbonatfällung, überwiegend durch Armleuchteralgen und submerse Gefäßpflanzen, sowie strandwärtiger Transport des Sediments und Ablagerung als Spülsaum; 9 – Oberkante der Halde bzw. des Tiefenbeckenbereichs; 10 – fluviabler Sedimenttransport im submersen Delta-Bereich und Bildung von lakustrischen Rinnen. Die Abbildung zeigt ein Flussdelta vom Senegal-Typ, gekennzeichnet durch vergleichsweise hohe Wellenenergie bei schmaler Brandungsplattform, geringen fluvialen Energieeintrag und starken Uferparalleltransport.

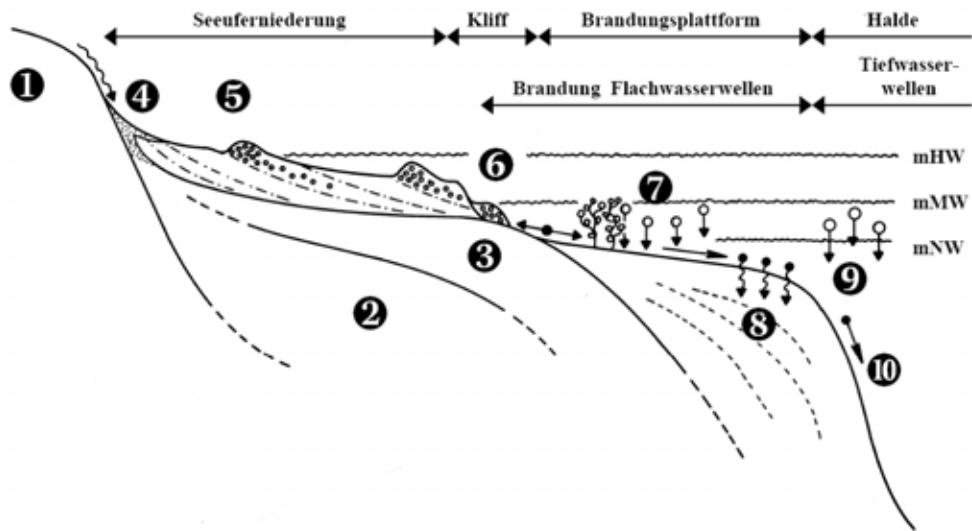


Abbildung 2:

Querschnitt durch einen Uferabschnitt am westlichen Bodensee (schematisch, vgl. auch Abb. 1). 1 – spät-hochglazialer Geschiebehang; 2 – hochglaziale Beckentone; 3 – spätglaziale Beckentone, mit schmaler Brandungsplattform; 4 – Hangfußsedimente, erzeugt durch Flächen- und Rinnenerosion sowie durch Rutschungen; 5 – holozäner (Schneckenglied-)Strandwall mit vorgelagerten Strandsedimenten; 6 – rezentes Kliff mit Spülsaumbildung; 7 – submerse Laichkraut- und Armleuchteralgenrasen mit biogener Carbonatfällung; 8 – zur Halde hin gerichtete partikelbefrachtete Bodenströmung, grobe Partikel kommen im seichten Wasser zur Ablagerung, feine Partikel erst im Bereich der Haldenoberkante in etwa 3–4 m Tiefe unter mMW; 9 – pelagiale Carbonatfällung, hervorgerufen durch die Photosynthese von Planktonalgen; 10 – beckenwärts gerichtete Rip-Strömung, teils mit Schwebstoffen befrachtet. Dargestellt sind außerdem die typischen ufermorphologischen Einheiten sowie die Welleneigenschaft im Tiefwasser, im Flachwasser und in der Brandungszone; mHW, mMW, mNW – langjährig mittleres Hoch-, Mittel- und Niedrigwasser.

Die spezifische Ausprägung wichtiger Prozesse hängt von der **Wassertiefe** ab, so etwa der Feststofftransport und die morphogenetische Wirkung von Flachwasserwellen sowie Sedimentations- und Erosionsprozesse. Mit steigendem oder sinkendem mittleren **Seespiegel** verlagern sich diese Prozesse

landeinwärts oder seewärts und treffen dabei auf lokal andere Bedingungen (Substrat, Relief, Uferlinie). Folglich kommen als weitere Faktoren

- der typische Verlauf des Jahreswasserstandsgangs (bedingt durch jährliche Niederschlagsverteilung, Topographie und Vegetation des Einzugsgebietes, hydraulischer Querschnitt des Ausflusses u. a.), sowie
- Veränderungen des mittleren Seespiegels (v. a. durch Veränderung des hydraulischen Querschnitts des Ausflusses) und/oder des typischen Jahreswasserstandsgangs (z. B. durch Klimawandel verursacht)

in Betracht. Spätestens seit Beginn des 19. Jahrhunderts ist der **Mensch als gestaltender Faktor** hinzugetreten, der durch

- Manipulation der Ausflussschwellen (Aufstau, Abgrabung, Brückenfundamente),
- Eingriffe im Einzugsgebiet (Versiegelung, Fließgewässerausbau, Feuchtsgebietsmeliorierungen) das hydrologische Regime,
- Uferauffüllungen, Materialabgrabungen, Erosionsschutzmauern, Freizeit- und Schifffahrtseinrichtungen die Ufertopographie und das Wellenklima, und durch
- Nährstoff-Emissionen das trophische Regime und die Makrophytenabundanz

beeinflusst hat.

Seeufer sind demnach **dynamische Lebensräume**. Diese Dynamik, die als Feststoff-, hydrologische, morphologische und Vegetationsdynamik zu verstehen ist, hält auch heute an. Sie ist allerdings durch menschliche Eingriffe beträchtlich eingeschränkt worden und sollte daher bei Renaturierungsvorhaben als ein wichtiger Aspekt der „Natürlichkeit“ bedacht und gefördert werden (RIECKEN et al. 1998).

Die hier in der gebotenen Kürze nur sehr schematisch wiedergegebenen Faktoren und Prozesse stellen sich regional und je nach Seetyp unterschiedlich dar. Gleichwohl eröffnet diese knappe Übersicht eine Perspektive auf die Landschafts- und kulturhistorische „Natur“ der Seeufer und auf die Gesichtspunkte, die folglich bei einer Renaturierung zu berücksichtigen sind.

2.3. Seeufer – aktualistisch gesehen

Das Seeufer ist ein **Übergangsbereich** (Ökoton), der durch ausgeprägte Gradienten

- der Dichte des Mediums,
- der Formen und der Verfügbarkeit assimilierbaren Kohlenstoffs,
- der Diffusibilität von Gasen,
- der strahlungsabsorbierenden Eigenschaften des Mediums,
- in den Redoxbedingungen des Substrats sowie
- der aerodynamischen bzw. hydrodynamischen Kräfte

gekennzeichnet ist. Aus diesem Grund kann man in einer natürlichen Seeuferzone eine **Vielzahl von Lebensformen und Anpassungsstrategien** in engem räumlichem Zusammenhang antreffen (Übersichtsdarstellungen in BATZER & SHARITZ 2007, HUTCHINSON 1975, SCHMIDT 1996, SCULTHORPE 1967, WETZEL 2001).

Die **landseitige Grenze** der Uferzone ist erreicht, sobald sich episodische Hochwasserstände des Sees nicht mehr durch Überflutungen oder indirekt durch Grundwasseranhebung bemerkbar machen. Häufig ist diese Linie durch einen Vegetationswechsel zwischen einer überflutungs- oder Bodennässe

toleranten Feuchtgebietsvegetation und einer rein terrestrischen Vegetation bzw. dem Acker- oder Siedlungsland zu erkennen.

In tiefen Seen ist die **seeseitige Grenze** ist dort erreicht, wo sich signifikante Tiefwasserwellen durch Versteilung und Deformation sowie durch parallele Ausrichtung zu den Tiefenlinien zu Flachwasserwellen umbilden und damit infolge Grundberührung zum Sedimenttransport bzw. zu einer ufermorphologischen Umgestaltung in der Lage sind (CARTER 1988, SCHWARTZ 2005). Diese Linie kann beispielsweise bei einem kräftigen Sturm anhand der Wellenform oder der Trübung des litoralen Wasserkörpers ausgemacht werden. In vielen Fällen ist sie auch an einem deutlichen Gefälleknick zwischen der wenig geneigten Uferplattform und dem steilen Beckenhang zu erkennen. Vielfach findet wenig unterhalb der Haldenkante das Vorkommen substratgebundener Makrophyten sein Ende (BERNATOWICZ & ZACHWIEJA 1966, SPENCE 1982). Bei kleinen Seen mit geringem Wellengang und bei solchen mit Hartsubstraten, grobem Geröll oder anstehendem Felsgestein sind diese Merkmale nicht deutlich genug ausgeprägt, so dass besser die Durchlichtung des Wasserkörpers herangezogen wird, die bis zu einer bestimmten Tiefe das Vorkommen von geschlossenen Rasen substratgebundener Wasserpflanzen (v. a. *Isoetes* spp., *Chara* spp., *Nitellopsis obtusa*, *Potamogeton* spp. u. a.) erlaubt. Wenn diese Wasserpflanzenrasen tatsächlich vorkommen, ermöglichen sie einen direkten Zugriff auf die Grenze. In anderen Fällen fehlen Wasserpflanzen, z. B. aufgrund ungünstiger Substratverhältnisse. In solchen Fällen kann die **Tiefengrenze** des Vorkommens von **Wasserpflanzen** durch ein Modell geschätzt werden, das die Relation zwischen der Transparenz des Wasserkörpers, gemessen z. B. als Sichttiefe (SECCHI-Tiefe), und dem maximalen Tiefenvorkommen abbildet (CANFIELD et al. 1985, CHAMBERS & KALFF 1985, MÄEMETS & FREIBERG 2007, MIDDELBOE & MARKAGER 2003). Um allen möglichen Merkmalsausprägungen an realen Stillgewässern Genüge zu tun, soll die jeweils tiefere der beiden Grenzlinien gelten.

Diese eher statische Sicht stellt jedoch nur eine Vereinfachung dar, denn die **Wasserspiegel** vieler natürlicher und nicht staugeregelter Seen schwanken im Laufe des Jahres um Beträge zwischen etwa 0,1 m und mehreren Metern. Damit verschieben sich jahreszeitabhängig auch die genannten Gradienten, so dass die Zonierung der Biotope und Biozöosen das Resultat sich überlappender räumlicher und zeitlicher Muster ist. An künstlichen Stillgewässern, vor allem solchen, die der Abflussregelung bzw. dem Hochwasserschutz dienen, treten die Hoch- bzw. Niedrigwasserphasen in Höhe, Dauer und Häufigkeit unvorhersehbar ein, wo durch die Toleranz- und Anpassungsmechanismen der Uferpflanzen überfordert werden können (ARMSTRONG et al. 1994, KOPPITZ et al. 2004, OSTENDORP et al. 2003). Gewässer dieser Art bedeuten also ein erhebliches Risiko für die Vegetation, - aber auch für diejenigen, die ein entsprechendes Uferrenaturieren möchten (vgl. Kap. 5.6). Geeignete **Kennwerte zur Beschreibung des Wasserstandsregimes** eines Stillgewässers während der Vegetationsperiode (April bis September) sind der Mittelwasserstand, die mittlere Schwankungsbreite (ausgedrückt z. B. als Interquantilbereich Q_{75} - Q_{25}), die Extremwasserstände sowie für jedes Sohlniveau die mittlere Überflutungsdauer (Tage) im Zeitraum der letzten 20 Jahre³.

Beim Schutz und bei der Renaturierung von Seeufern ist es wichtig, sich der Wirkung dieser abiotischen Faktoren einerseits und der Anpassungsmöglichkeiten beispielsweise der Uferpflanzen andererseits bewusst zu sein, um Fehlplanungen und Misserfolge zu vermeiden.

³ In vielen Wassergesetzen der Länder (DE) wird die Mittelwasserlinie als arithmetischer Mittelwert der Wasserstände der zurückliegenden 20 Jahre festgelegt (z. B. § 53 Abs. 2 LWaG MV, § 8 Abs. 2 BbgWG, § 4 Abs. 3 BWG BLN, § 76 Abs. 8 WG BW).

2.4. Gradientenkonforme Gliederung des Seeufers

Aufgrund der auftretenden Gradienten und der durch sie hervorgerufenen Zonierung können innerhalb der Uferzone (**☞Litoral**) drei Subzonen unterschieden werden, die durch Übergangsbereiche miteinander verbunden sind (Übersichtsdarstellungen: BATZER & SHARITZ 2007, ELLENBERG 1996, KEDDY 2000, MITSCH & GOSSELINK 2000):

1. die im Jahresverlauf permanent überschwemmte Uferzone, das **☞Sublitoral**, häufig charakterisiert durch substratgebundene Unterwasserpflanzen (hyperhydate Rhizophyten *sensu* HUTCHINSON 1975, Table 7),
2. die Wasserechselzone zwischen den episodisch auftretenden Niedrig- und Hochwasserständen, das **☞Eulitoral**, vielfach gekennzeichnet durch Sümpfpflanzen (Helophyten, hyperhydate Rhizophyten *sensu* HUTCHINSON 1975, Table 7) bzw. durch überflutungstolerante Gehölze,
3. die landwärtige Subzone, das **☞Epilitoral**, das bis zur landseitigen Grenze der Uferzone reicht, charakterisiert durch eine Bodennässe ertragende terrestrische Vegetation, deren Ausbildung in naturnahem Zustand maßgeblich durch edaphische Faktoren (Kalkgehalt, Gehalt an organischer Substanz, Nährstoffgehalt) so wie durch den Grundwasser-Flurabstand und seine Schwankungen geprägt wird.

Wie sich die Zonierung im Einzelnen darstellt, hängt u. a. von der Ufertopographie ab: An Felsufer fehlt sie nahezu oder ist lediglich durch einen Algenbewuchs vertreten, an flachscharigen Ufern kann sie sich bis weit in das Hinterland hinein erstrecken (Abb. 3). Die große Vielfalt von **Ufertypen** an kleineren bis sehr großen Seen erlaubt derzeit keine weitergehende Gliederung der Uferzone, die zugleich den Anspruch auf Verallgemeinerbarkeit erheben dürfte (Übersicht bei BRINKHURST 1974, S. 32 ff.). Gleichwohl kann diese Einteilung bei einem konkreten Renaturierungsvorhaben als Rahmen und Ausgangspunkt für eine differenzierte Klassifikation von Biotoptypen entlang des topographischen Gradienten dienen.

2.5. Seeufer-Typologie

Natürliche und künstlich gestaltete Seeufer können nach folgenden Gesichtspunkten differenziert und klassifiziert werden:

- durch durchschnittliche Neigung: flachscharige ↔ steilscharige Ufer,
- Welle nenergie-Eintrag: Hochenergie-Milieu ↔ Niedrigenergie-Milieu, oder wenn es um den Vergleich innerhalb eines Sees geht: exponierte ↔ nicht exponierte Ufer,
- vorherrschendes Substrat: Felsufer ↔ Geröll-, Kies-, Sandufer ↔ Mudde-, Torfufer; hinzu kommen noch die Substrattypen anthropogener Uferbefestigungen,
- Feststoffbilanz: Sedimentmangel-Ufer ↔ Sedimentüberschuss-Ufer,
- Jahreswasserstandsgang: Ufer mit geringen Wasserstandsschwankungen (mikro-amplitudinal) ↔ Ufer mit großen Wasserstandsschwankungen (makro-amplitudinal),
- Vegetationsbedeckung: vegetationsdominiertes ↔ vegetationsfreies Ufer.

Die Merkmale, die zudem noch durch Übergänge miteinander verbunden sind, können in verschiedenen Kombinationen auftreten, wobei der Erfahrung nach nicht alle Kombinationen in der Natur realisiert sind. Beispielsweise ist ein vegetationsdominiertes steilschariges Hochenergiemilieu kaum denk-

bar. Es ist anzunehmen, dass die genannten sechs Faktorengruppen das Vorkommen und die vertikale wie laterale Verteilung substratgebundener **Lebensformen** (☞ Makrophytobenthos, phyto- benthische Algen, ☞ Makrozoobenthos) wesentlich bestimmen, obschon detaillierte vergleichende Untersuchungen sehr zerstreut sind (Abb. 3). Am besten dokumentiert sind die Effekte der Substrateigenschaften auf die Häufigkeit und Verteilung von Sumpf- und Unterwasserpflanzen (ANDERSON & KALFF 1988, JUPP & SPENCE 1977), Wirbellosen (MINSHALL 1984, WARD 1992, LUBW 2008) und Fischen (JEPPESEN et al. 1998, LUBW 2008).



Abbildung 3:

Seeufertypen (Beispiele). Oben links: flach schariges Ufer mit Schilfröhrichtgürtel, Ufergehölzen und extensiv bewirtschafteten Streuwiesen (Mettnau, Bodensee-Untersee); oben rechts: Felsufer mit terrestrischer Gehölzvegetation (Walensee, CH); unten links: dicht bewaldetes Moräne-Ufer mit weit über die Wasserlinie reichenden Kronendächern, die einem Röhrichtgürtel keine Entwicklungsmöglichkeit lassen (Prinzeninsel, Gr. Plöner See); unten rechts: Delta-Flächen bei winterlichem Niedrigwasser (Schussen-Mündung, Bodensee-Obersee).

3. Seeufer: Funktionen – Nutzung – Belastung

In der mitteleuropäischen, dicht besiedelten Kulturlandschaft kommt den Seeufern eine vielfältige Rolle zur Befriedigung unterschiedlicher und oft gegensätzlicher **menschlicher Interessen** zu (vgl. OSTENDORP et al. 2004). Die Bedeutung der Seeufer erstreckt sich auf ihre **Funktionen** als

- Landschaftskulisse von ästhetischem Wert,
- Verkehrsraum (z. B. Linienschifffahrt, Sportschifffahrt, ufernahe Bahn- und Strassentrassen),
- privater und öffentlicher Raum für Freizeit und Erholung,
- Raum für die bauliche Infrastruktur der Erholungsnutzung (z. B. Uferpromenaden, Häfen, Steganlagen, Bojenfelder, Strandbäder, Campingplätze etc.),
- Ressourcenraum für Fischfang (Berufsfischerei) und Angelsport,
- Lagerstätte von Baudenkmalen und umweltgeschichtlichen Archiven (Schutz und Erhalt, archäologische und paläoökologische Forschung),
- Lebensraum- bzw. Biotopschutz und Artenschutz mit dem Ziel des Erhalts der biologischen Vielfalt aus ethischen Beweggründen,
- Pufferzone zwischen Land und Freiwasser mit normalerweise hohem **Selbstreinigungsvermögen** und der Fähigkeit zur Retention von Nähr- und Schadstoffen aus diffusen Einträgen von der Landseite,
- Wasserrückhaltsraum mit Absenkung der Hochwasserspitzen und Erhöhung des Niedrigwasserabflusses im Ausfluss.

Naturnahe Seeufer können verschiedenartigen **anthropogenen Belastungen** ausgesetzt sein, die teils von der Wasserseite, teils von der Landseite auf die Biozönosen einwirken, teilweise aber auch ihren Ursprung im weiteren Einzugsgebiet des Sees oder sogar jenseits davon haben (Abb. 4):

- stoffliche Einflüsse (gefährliche Substanzen wie Industrie- bzw. Agrochemikalien, Erdölrückstände, eutrophierende Stoffe aus Düngemitteln und kommunalen Abwässern, Hydroniumionen bzw. „saure Niederschläge“),
- Versalzung (Zuführung von Alkali- oder Erdalkalisalzen, hydraulische Verbindung zum Meer, Abraum aus salzführenden geologischen Lagerstätten, zu geringer Wassermenge),
- thermische Einflüsse (erwärmte Abwässer, Kühlwasser-Entnahme und -zuführung, Klimawandel, Eisdeckendauer),
- morphologische Einflüsse (z. B. geomorphologische Veränderungen, Reliefveränderungen, Substratveränderungen, Veränderungen der Vegetationsdecke durch Landwirtschaft und Flächenversiegelungen im Uferbereich),
- hydrologische Einflüsse (jährliche Menge und zeitliche Verteilung des einfließenden und des ausfließenden Wassers mit Auswirkungen auf die Lage des mittleren Wasserspiegels und der mittleren jährlichen Niedrig- und Hochwasserspiegel),
- weitere Einflüsse wie Lärm, Publikumsverkehr, Fischerei, Fischbesatz, Jagd, Einschleppung von Neozoen und Neophyten, gebietsfremden Parasiten und Krankheitserregern usw.

Die morphologischen und hydrologischen Einflüsse sowie die thermische Belastung und die Versalzung, sofern sie sich auf das Schichtungs- bzw. Zirkulationsverhalten der Gewässer auswirken, werden mit dem Begriff **Hydromorphologie** umschrieben. Nach dem Wortlaut der WRRL umfasst er das hydrologische Regime und die morphologischen Gegebenheiten. Häufig wird er verkürzend mit der Gewässerstruktur gleichgesetzt.

Hier wird unter **Hydromorphologie** die wissenschaftliche Beschreibung, kausale Analyse und Modellierung der Eigenschaften eines Oberflächengewässers verstanden, die sich aus der wechselseitigen Beeinflussung von (i) strömendem oder ruhendem Wasser, (ii) dem Substrat und (iii) der Oberflächengestalt des Gewässers und seiner Sohle ergeben. Die Hydromorphologie greift auf Erkenntnisse vor allem der Hydrologie, der Geomorphologie und der Limnophysik zurück.

Die Vielfalt und Intensität der Belastungen, die an vielen Seeufern zu einer für jeden sichtbaren Degradation geführt haben, aber auch die Vielfalt an „Service-Funktionen“, die naturnahe Seeufer für den Einzelnen und die Allgemeinheit bereitstellen, liefern oft die sozio-ökonomischen Beweggründe für den Seeuferschutz und die Seeuferrenaturierung.



Abbildung 4: Beeinträchtigung der Seeufer (Beispiele). Oben links: durch Siedlungsnutzung aufgeschüttetes und befestigtes Ufer (Plön, Gr. Plöner See); oben rechts: erodierte Baustelle an der Unterhavel (Berlin), die noch um 1960 fast völlig mit Schilf bestanden war (Foto M. Krauß); unten links: Fragmentierung der Uferzone durch Steganlagen und Bojenfelder für die Freizeitschifffahrt (Iznang, Bodensee-Untersee); unten rechts: Nährstoffbelastung mit Fadenalgenentwicklung vor einem Schilfgürtel (Foto M. Dienst).

4. Seeuferrenaturierung: Planung – Umsetzung - Erfolgskontrolle

4.1. Übersicht

4.1.1. Begriffe

Während der **Seeuferschutz** die gesetzlichen Regelungen, Pläne und Maßnahmenprogramme zur *Erhaltung* eines naturnahen Seeufers beinhaltet, zielt die **Seeuferrenaturierung** auf die leitbildorientierte *Wiederherstellung* oder *Entwicklung* eines bereits beeinträchtigten Seeuferabschnitts in Richtung auf einen naturnäheren Zustand ab.

Diese Begriffsfassung unterstellt, dass es in der *Vergangenheit* an der Stelle der vorgesehenen Renaturierungsmaßnahme eine erhebliche Beeinträchtigung des Uferabschnitts gegeben hat, die die derzeitige „Naturferne“ ausmacht. Der Betrachtungsrahmen umfasst die Uferzone des betreffenden Abschnitts in ihrer gesamten Breite (Sub-, Eu- und Epilitoral, ggf. mit dem landseitig anschließenden Streifen), wobei vorrangig *anthropogene* Beeinträchtigungen im Blickpunkt stehen. Überwiegend natürliche „Beeinträchtigungen“, etwa Sedimentumlagerungen und Ufererosion, Anschwemmungen von Treibholz und Makrophytenresten u. Ä. werden häufig erst im Zusammenhang mit menschlichen Nutzungsansprüchen zum Problem.

Um die Renaturierungsplanung in die richtige Richtung zu lenken, bedarf es eines (abstrakten) **Leitbildes** dessen, was die Naturnähe an dem betreffenden Uferabschnitt ausmacht, und einer Konkretisierung (konkretes Leitbild) im Planungsgebiet (Kap. 4.1.3). Das **Ziel** einer **Uferrenaturierung** ist nicht ein absolut naturnaher Zustand, sondern eine möglichst weit gehende Verbesserung im Vergleich zum Ausgangszustand. An einem sehr stark beeinträchtigtem Ufer wird man also mit vertretbaren Mitteln nur eine bescheidene Annäherung an den naturnahen Uferzustand erreichen, während an einem nur geringfügig beeinträchtigtem Ufer einfache Mittel ausreichen, um den naturnahen Zustand völlig wieder herzustellen. Obgleich eine (Seeufer-)Renaturierung einen naturnahen Zustand anstrebt, bedeutet dies nicht zwangsläufig die Rückkehr zu bewaldeten Seeufern (vgl. Abb. 3). Häufig enden die Zielsetzungen gemäß den abstrakten Leitbildern (Kap. 4.1.3) bei der Wiederherstellung oder Simulation historischer Nutzungsformen (z. B. extensive Feuchtgrünland-Bewirtschaftung) als Beitrag zum **Erhalt einer charakteristischen Kulturlandschaft**. Die Wiederherstellung oder Entwicklung naturnäherer Verhältnisse erstreckt sich nicht nur auf einzelne physische (z. B. Relief, Substrat), chemische (z. B. Nährstoffverfügbarkeit) oder biotische Aspekte (z. B. Wiederansiedlung von Schilf), sondern umfasst auch die typischen **Ökosystemfunktionen** (z. B. Lebensraum- und Vernetzungsfunktion) sowie die **eigendynamische Entwicklung**.

Nicht unter den Begriff der Renaturierung sind demnach zu fassen

- Maßnahmen, die überwiegend der Erschließung des Seeufers (Verbesserung der Nutzbarkeit durch den Menschen) dienen, auch dann nicht, wenn sie nach Grundsätzen des ökolo-

gischen Landschaftsbau (z. B. J EDICKE et al. 1996, R OTHSTEIN 1995) ausgeführt werden („naturnahe Ufererschließung“),

- Gewässerausbaumaßnahmen, z. B. zum Zwecke der Ufersicherung, des Hochwasserschutzes oder der Abflussregelung, auch dann nicht, wenn sie mit ingenieurbioologischen Mitteln (z. B. ÖWAV 2006, PATT et al. 2004, SCHIECHTL & STERN 2002, VEREIN FÜR INGENIEURBIOLOGIE 2006, ZEH 2004,) ausgeführt werden („naturnaher Gewässerausbau“),
- Maßnahmen zur Verringerung von mutmaßlichen ökologischen Beeinträchtigungen, die erst durch zukünftige Eingriffe (z. B. Gewässerausbau) an gleicher oder anderer Stelle entstehen (Ökokonto, vorgezogene Ausgleichsmaßnahme⁴).

Ökologische Verbesserungsmaßnahmen an künstlichen Stillgewässern sollten nicht als Renaturierungen bezeichnet werden, da solche Gewässer keinen natürlichen Referenzzustand aufweisen können (vgl. Kap. 4.1.3). Hier wird besser der Begriff „**ökologische Aufwertung**“⁵ verwendet.

Die Wiederherstellung naturnaher Verhältnisse an Gewässern und in Feuchtgebieten wird in der deutschsprachigen Literatur und in den Planungsunterlagen mit unterschiedlichen Begriffen belegt, von denen „Revitalisierung“, „Regeneration“ und „Sanierung“ die häufigsten sind. Gelegentlich ist auch die Bezeichnung „Renaturalisierung“ zu lesen, die allerdings der deutschen Sprache fremd ist⁶. Die „**Revitalisierung**“ bezeichnet die Wiederherstellung der (zuvor entkoppelten) ökologischen Funktionsfähigkeit und -einheit von Fließgewässern und Auen (JÜRGING & PATT 2004 pass., SCHREIBER 1994, S. 12). Der Begriff „**Regeneration**“ wird v. a. im Moorschutz verwendet; dort bezeichnet er die Wiederherstellung hochmoortypischer, sich selbst erhaltender (Pflanzen-) Gesellschaften (TÜXEN 1984, S. 110). Zweckmäßigerweise sollte der Begriff „**Renaturierung**“ für ein aktives gestalterisches Eingreifen des Menschen in ein anthropogen verändertes (Seeufer-)Ökosystem verwendet werden, während der Begriff „Regeneration“ die eigenständige Entwicklung des Ökosystems kennzeichnet. Die „**Sanierung**“ beinhaltet die Wiederherstellung oder Verbesserung von Abwassersystemen (vgl. EN 752 -1, 3.31) oder der Gewässergüte für die Wassernutzung durch Maßnahmen im Einzugsgebiet (DIN 4049-2, 3.60). Weitere Begriffe, hinter denen teils unterschiedliche Konzepte stehen (vgl. ZERBE et al. 2008) haben sich nicht durchsetzen können.

4.1.2. Seeuferrenaturierung als Teilgebiet der Renaturierungsökologie

Die Renaturierung unterstützt die Wiederherstellung und Weiterentwicklung eines durch menschliche Einflüsse mehr oder minder stark veränderten oder zerstörten Ökosystems in Richtung auf einen naturnäheren Zustand. Die **ökologisch-wissenschaftlichen Grundlagen** für solche Ansätze werden im Fachgebiet der Renaturierungsökologie zusammengestellt (Übersicht: ZERBE & WIEGLEB 2008), dem eine Brückenfunktion zwischen Wissenschaft (Ökologie) und Praxis (Naturschutz, Landschaftsplanung) zukommt. Als Ausdruck dieser Verbindung enthält der Leistungskatalog der Honorarordnung für Architekten und Ingenieure⁷ auch renaturierungsökologische Leistungen.

Wissenschaftliche und praktische Gegenstände der Renaturierungsökologie sind **Populationen, Lebensgemeinschaften, Habitats** und **Ökosystemfunktionen**, die nicht statisch und isoliert, sondern als Objekte gesehen werden, die sich dynamisch entwickeln und in **Raumbezüge** (Landschaft) einge-

⁴ Vgl. § 135a Abs. 2 Satz 2 und § 200a Satz 2 BBauG (DE).

⁵ Zum Begriff vgl. z. B. § 11 Abs. 1 Kantonale Gewässerschutzverordnung SRL 703 Kt. Luzern.

⁶ Der Begriff Naturalisation bezeichnet die Einbürgerung eines Ausländers bzw. die Anpassung von Pflanzen und Tieren an ursprünglich fremde Lebensräume (vgl. Duden, 2009, Das Große Fremdwörterbuch, 4. Aufl., Mannheim).

⁷ § 49c u. § 49d HOAI 2002 (DE).

bettet sind. Natürliche Gewässerufer liefern ein gutes Beispiel dafür, wie g erichtete morphologische und Vegetationsentwicklungen durch e pisodische Störungen (Materialumlagerungen, Extremwasserstände u. a.) unterbrochen werden und dabei in eine langfristige eigendynamische Entwicklung münden.

Das Fachgebiet der Renaturierungsökologie umfasst nicht nur den Teil der Ökologie, der die fachliche Basis zur Wiederherstellung von Ökosystemen und ihren Leistungen liefert, sondern auch eine Reihe von **planungstheoretischen, rechtlichen und sozioökonomischen Ansätzen**, die letztlich notwendig sind, um das ökologische Fachwissen in gesellschaftliche Entscheidungsprozesse einfließen zu lassen (vgl. Kap. 4.2 u. 4.3). Die Arbeitsebenen reichen von der Zielfestlegung über die Bestandsaufnahme und Bewertung, Maßnahmenplanung und -durchführung bis hin zur Ablaufsteuerung und Erfolgskontrolle (ZERBE et al. 2008, Tab. 1-2). Im Unterschied zur grundlagenorientierten Ökologie, die kein „gut“ oder „schlecht“ kennt, spielen in der Renaturierungsökologie **gesellschaftlich vermittelte Werthaltungen** und Bewertungen, die nach einem reproduzierbaren Verfahren vorgenommen werden, eine große Rolle. Gewöhnlich ist die Durchsetzbarkeit von Maßnahmen umso leichter, je mehr sie mit anderen **allgemein akzeptierten gesellschaftlichen Zielen** konform gehen. An Seeufern sind dies v. a. der Erosionsschutz, der Hochwasserschutz, der Erholungswert und das ↻Selbstreinigungsvermögen. Oft weisen die Zielfunktionen jedoch in unterschiedliche Richtungen und müssen gegeneinander abgewogen werden⁸.

Die **Vorhersage künftiger Ökosystemzustände**, basierend auf bestimmten Handlungsoptionen und Szenarien besitzt in der Renaturierungsökologie einen ähnlich hohen Stellenwert wie bei ↻Eingriffsregelungen und Umweltverträglichkeitsprüfungen. Die Richtigkeit der Prognosen muss von Fall zu Fall evaluiert werden, damit es gelingt, verallgemeinerbare Ansätze und Handlungsanleitungen zu formulieren, die in verschiedenen Situationen erfolgversprechend angewendet werden können. Hierbei sind gezielte und methodisch gut strukturierte ↻Erfolgskontrollen und Evaluierungen von Nutzen (vgl. Kap. 6). Eine gut gesicherte Prognose der künftigen Entwicklung des Seeufers kann beispielsweise hilfreich sein, um trotz Nutzungseinschränkungen für die Allgemeinheit und private Anliegen eine öffentliche Akzeptanz der geplanten Maßnahmen zu erreichen.

Stärker noch als andere Teilgebiete der Renaturierungsökologie ist die Seeuferrenaturierung interdisziplinär geprägt durch die notwendige Zusammenarbeit von Ökologen (Vegetationskunde, Tierökologie, Fischökologie, Limnologie), Ingenieurwissenschaftlern (Erdbau, Wasserbau) und Planern (Landschafts-, Stadt- und Raumplanung).

4.1.3. Leitbild

Ein wesentliches Element von Renaturierungsvorhaben ist der ausdrückliche Bezug auf ein Leitbild (Referenzzustand), das nicht nur die Renaturierungsziele abdeckt, sondern auch als Maßstab für die Evaluierung des Renaturierungserfolgs von Bedeutung ist.

Nach der EG-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) ist das (abstrakte) Leitbild mit den „Referenzbedingungen“ bzw. dem „**sehr guten ökologischen Zustand**“ gleichzusetzen, der „*einem aktuellen oder früheren Zustand [entspricht], der durch sehr geringe Belastungen gekennzeichnet ist, ohne die Auswirkungen bedeutender Industrialisierung, Urbanisierung und Intensivierung der Landwirtschaft und mit nur sehr geringfügigen Veränderungen der physikalisch-chemischen, hydromorphologischen und bio-*

⁸ Vgl. § 2 Abs. 1 BNatSchG (DE).

logischen Bedingungen“ (N.N. 20 03b, S. 41). Künstliche Stillgewässer (z. B. Fischweihrer, Abgrabungsseen, Regen- und Hochwasserrückhaltebecken, Schifffahrtskanäle) und hydromorphologisch erheblich veränderte Gewässer (z. B. Fließgewässer, die zu Flusstauseen oder Talsperraufgestaut wurden) besitzen keinen naturnahen Referenzzustand. Stattdessen orientiert sich das Leitbild („**gutes oder besseres ökologisches Potenzial**“) an dem bestmöglichen ökologischen Zustand eines vergleichbaren natürlichen Gewässers, der erreicht werden kann, ohne die dominierende Nutzung (z. B. Trinkwasserspeicherung, Energieerzeugung, Hochwasserschutz) einzuschränken.

Das (konkrete) ufertyp-spezifische Leitbild für einen zu renaturierenden Uferstreifen kann

- durch eine raumbezogene Referenz: Uferstrecken in der Nähe, möglichst am gleichen Gewässer,
- aufgrund eines Modells: z. B. historische Modelle (alte Ansichten, Karten, Vegetationserhebungen usw.) oder Modellierung der zu erwartenden Biotoptypen anhand wichtiger Randbedingungen (mittlerer Seespiegel, Relief, Substrat, Nährstoffverfügbarkeit), oder
- ersatzweise durch Experteneinschätzung

bestimmt werden, wobei dem erstgenannten Verfahren der Vorzug zu geben ist⁹.

Das **Leitbild** bezieht sich zunächst auf **biotische Merkmale** (Populationen, Arten, Biozöosen) und erst in zweiter Linie auf **hydromorphologische Merkmale**, insofern diese für die biotischen Merkmale von Bedeutung sind¹⁰. Die biotischen Merkmale können durch geeignete Erhebungen an raumbezogenen Referenzflächen ermittelt werden. Hierbei spielen Leitarten und Zielarten eine besondere Rolle (KRATOCHWIL & SCHWABE 2001, S. 622 ff.). Leitarten treten zumeist in höherer Abundanz und Stetigkeit auf, und lassen aufgrund ihrer Lebensraumsprüche und ihres Raumbedarfs das gleichzeitige Vorkommen anderer Arten der Biozönose erwarten. Zielarten sind Arten besonderer Bedeutung, beispielsweise Rote-Liste-Arten, deren Populationen das Ziel einer Schutz-, Pflege- oder Entwicklungsmaßnahme sind. Für eine erste orientierende Darstellung kann es ausreichend sein, an Stelle der Arten die Biotoptypen nach einem vorher erarbeiteten Kartierschlüssel zu erheben (vgl. Kap. 6.4.5).

In jedem Fall ist das **Leitbild seeufertyp-spezifisch**, also von den hydromorphologischen und hydrochemischen Eigenschaften des Referenzufers abhängig. Derzeit gibt es aber nur wenige brauchbare Ufertypologien (vgl. BERNATOWICZ & ZACHWIEJA 1966, OLBERT & HÖLZL 2004), so dass hier ein erheblicher Forschungsbedarf besteht (Kap. 2.5). Den Weg, wie eine solche überregionale Typologie entwickelt und dargestellt werden kann, haben die Fließgewässer-Steckbriefe gewiesen (BRIEM 2003).

4.2. Rechtlicher Rahmen

4.2.1. Übersicht

Seeuferrenaturierungen werden selten allein aus gutem Willen und besserer Einsicht durchgeführt, vielmehr spielen gesetzliche Regelungen eine Rolle, denen zufolge die staatlichen Institutionen und Private zum Schutz der ökologischen Funktionen der Gewässer und wenn nötig zu ihrer Wiederher-

⁹ Anh. II 1.3 iii und v WRRL.

¹⁰ Anh. V 1.1.2 WRRL.

stellung aufgefordert sind. Aus Sicht der privaten Uferanlieger können bei der Umsetzung eigentumsrechtliche Konflikte entstehen, die in der Vergangenheit mitunter erst gerichtlich geklärt werden mussten, - meist zu Ungunsten der privaten Eigentümer der Ufergrundstücke (OSTENDORP 2004). Schließlich werden zur Durchführung von Uferrenaturierungen in erheblichem Umfang öffentliche Mittel¹¹ herangezogen, deren Herkunft und Verwendung in ein Netz rechtlicher Bestimmungen eingebunden ist.

Diese und einige andere Aspekte erfordern einen rechtlichen Rahmen, der hier durch

- europarechtliche Bestimmungen (WRRL, FFH-RL),
- nationale Gesetze und Verordnungen v. a. in den Gebieten **Wasserrecht** und **Naturschutzrecht**, soweit der Bund zuständig ist, sowie durch
- Gesetze und Verordnungen der Bundesländer (AT, DE) bzw. Kantone (CH) in den Bereichen Wassernutzungen, Gewässerschutz und Natur- und Landschaftsschutz,

gegeben ist. Darüber hinaus spielen noch **fischereirechtliche, schiffahrtsrechtliche, bau- und planungsrechtliche Vorgaben** eine Rolle, auf die hier aber nicht weiter eingegangen wird. Europäische Richtlinien kommen nur in Österreich und Deutschland zur Wirkung, da die Schweiz kein EU-Mitglied ist, wenngleich sie sich im Gewässerschutz einige Grundgedanken der WRRL zu Eigen gemacht hat (vgl. OSTENDORP 2005). Im nationalen Rahmen ist die Regelungskompetenz unterschiedlich verteilt. So liegt in Österreich die Gesetzgebungskompetenz im Bereich Wasserrecht allein beim Bund, im Bereich Natur- und Landschaftsschutz bei den Ländern. In Deutschland besaß der Bund bis 2006 für beide Bereiche eine Rahmengesetzgebungskompetenz, die von den Ländern durch eine ausfüllende und eine eigenständige Gesetzgebungskompetenz ergänzt wurde¹². In der Schweiz, besteht eine ähnliche Kompetenzverteilung, wobei die Kantone einen deutlich größeren Gestaltungsspielraum haben als die bundesdeutschen Länder.

4.2.2. Europäisches Wasserrecht und Naturschutzrecht

Die europäische **Wasserrahmenrichtlinie (WRRL)** hat sich zum Ziel gesetzt, eine weitere Zustandsverschlechterung der Gewässer vorzubeugen und innerhalb gewisser Fristen für alle mehr oder minder stark beeinträchtigten Gewässer einen mindestens „guten“ Zustand zu erreichen¹³. Der Zustand der Oberflächengewässer wird nicht primär unter dem Gesichtspunkt der Nutzbarkeit und Verwertbarkeit durch den Menschen, sondern aus einer ökologischen Perspektive betrachtet, d. h. er wird danach beurteilt, inwieweit die Gewässer eine naturnahe Flora und Fauna beherbergen können (Übersicht: RUMM & BLONDZIK 2006). Damit weisen die Ziele der WRRL in die gleiche Richtung wie die der FFH-RL (s. u.).

Gegenstand der WRRL sind u. a. die natürlichen Seen sowie künstliche und erheblich veränderte Stillgewässer¹⁴, wobei die Seeufer auf verschiedenen Ebenen angesprochen sind:

¹¹ Z. B. Umweltförderungsgesetz, UFG 2008 (AT).

¹² Die Föderalismusreform I vom 1. Sept. 2006 hat bis jetzt noch keine greifbaren Auswirkungen auf die Umweltgesetzgebung gehabt, da die Verabschiedung des Umweltgesetzbuches (UBG, aktueller Stand s. URL: <http://www.bmu.de/umweltgesetzbuch>, Stand März 2009) Ende Januar 2009 auf politischer Ebene zunächst gescheitert ist.

¹³ Detaillierte Informationen bei der Europäischen Union, beim Umweltbundesamt (DE, URL: <http://www.umweltbundesamt.de/wasser/themen/wrrl/index.htm>, Stand März 2009), bei der Bund-Länder-Informations- und Kommunikationsplattform (DE, URL: <http://www.wasserblick.net>, Stand März 2009), bei der Grünen Liga (DE, URL: <http://www.wrrl-info.de>, Stand März 2009) sowie beim Umweltbundesamt GmbH (AT, URL: <http://www.umweltbundesamt.at/umweltschutz/wasser/eu-wrrl>, Stand März 2009).

¹⁴ Art. 2 pass., Anh. II, 1.1 WRRL.

1. In ihrem überschwemmten Bereich sind sie nach grundlegendem Verständnis ein Teil des betreffenden „Wasserkörpers“ im Sinne der WRRL.
2. Die Wasserwechselzone sowie der daran anschließende landfeste Uferbereich gehören als „*Feuchtgebiet, das mit einem Oberflächenwasserkörper in Verbindung steht*“ ebenfalls zum Wasserkörper¹⁵, da dort Belastungen entstehen können, die möglicherweise die Erreichung der Umweltziele verhindern und folglich in Maßnahmenprogramme (s. u.) einbezogen werden müssen.
3. Die landseitigen Abschnitte der Uferzone, die nur noch selten überschwemmt werden, aber dennoch vom See wasserspiegel oder vom dadurch bestimmten Grundwasserspiegel beeinflusst werden, gehören zu den „*abhängigen Landökosystemen und Feuchtgebieten*“¹⁶.

Dieser Auffassung wird durch die Definition der „Seeuferzone“ in Kap. 2.4 entsprochen. Der Bereich (1) entspricht in etwa der Sublitoralzone, der Bereich (2) kann mit dem Eulitoral zur Deckung gebracht werden, der Bereich (3) gehört zum Epilitoral. Hinsichtlich der landwärtigen Abgrenzung kommt es in Übereinstimmung mit N.N. (2003b), S. 33 nicht auf eine festgelegte Entfernung von der Mittelwasserlinie an, sondern auf den Umstand, dass sich die Zonen in ihren Eigenschaften gegenseitig beeinflussen können. Die Möglichkeit einer gegenseitigen Beeinflussung sollte dabei nicht auf den Mittelwasserstand, sondern ausdrücklich auf den Hochwasserstand des Gewässers Bezug nehmen.

Normalerweise werden die Sublitoralzone und die Eulitoralzone mit dem Wasserkörper i.S.d. WRRL zusammen betrachtet, zu dem sie gehören¹⁷. Die **vorläufige Risikoeinschätzung** nach Art. 5 Abs. 1 WRRL, d. h. die Erstbewertung, ob der betrachtete Wasserkörper möglicherweise den guten ökologischen Zustand verfehlt, erfolgte in Deutschland durch eine integrierte Bewertung, in welcher die Trophie-Komponente (anhand von Freiwassermerkmalen) zu 70 % und die Uferausprägung zu 30 % einging (LAWA 2003: Teil 4, Anhang 4, 4.2.2). In Österreich legt die WRRL-Qualitätszielverordnung¹⁸ fest, dass sich ein See im hydromorphologisch guten Zustand befindet, wenn die Uferverbauung in ihrer Tiefe weniger als die Hälfte der obersten Zone der Wasserpflanzen (gemeint sind Unterwasser- und Schwimmblattpflanzen, nicht jedoch Röhrichte). ersetzt oder wenn tiefer gehende Uferverbauungen sind nur lokal wirksam sind.

Wenn die **Zielerreichung** des „guten ökologischen Zustands“ am Zustand der Uferzone scheitert, muss auch diese in die „**Maßnahmenprogramme**“ n. Art. 11 WRRL einbezogen werden. Zu den „grundlegenden“ Maßnahmen gehören auch solche, die erforderlich sind, damit der hydromorphologische Zustand der Oberflächengewässer ein Erreichen des Umweltziels möglich macht¹⁹. Auch die wasserqualitäts- und -mengenbezogenen Erhaltungs- und Entwicklungsmaßnahmen für gemeinschaftliche Schutzgebiete (z. B. NATURA 2000-Gebiete) gehören zwingend dazu²⁰. Im Grunde sind auch Maßnahmen des präventiven Hochwasserschutzes²¹ hinzuzurechnen, etwa die Sicherung und Rückgewinnung von Auen, die Erhaltung natürlicher Rückhalteflächen und die Festsetzung von Über-

¹⁵ Art. 2 Ziff. 21, Art. 4 Abs. 1a WRRL i.V.m. Anhang V 1.2 WRRL.

¹⁶ Art. 1 Abs. a WRRL, Art. 4 Abs. 1 lit. b WRRL i.V.m. Anh. V 2.1.2 WRRL.

¹⁷ Eine Ausnahme bildet der Bodensee, bei dem das deutsche Obersee-Ufer als eigener Wasserkörper ausgewiesen wurde, um die besonderen strukturellen Defizite deutlich zu machen.

¹⁸ Verordnung des Bundesministers für Landwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über die Festlegung des ökologischen Zustandes für Oberflächengewässer (Entwurf, Stand März 2009)

¹⁹ Art. 11 Abs. 2 und Abs. 3 lit. i WRRL; in einigen Bundesländern (DE) werden derzeit detaillierte „Gewässerentwicklungskonzepte“ ausgearbeitet.

²⁰ Art. 11 Abs. 3 lit. a, Anh. VI A WRRL.

²¹ Vgl. EG-HWR (AT, DE).

schwemmungsgebieten, für die auch Vorschriften zur Verbesserung der ökologischen Strukturen erlassen werden können²².

Das vorrangige Ziel der **FFH-Richtlinie** ist die Erhaltung bzw. die Wiederherstellung der in Europa vorhandenen biologischen Vielfalt²³. Dies soll u. a. durch den Aufbau eines europaweit vernetzten Schutzgebietssystems geschehen, das zusammen mit den Schutzgebieten der Vogelschutz-Richtlinie das **NATURA 2000-Schutzgebietssystem** bildet (SSYMANK et al. 1998 [DE]; ELLMAUER et al. 1999, ZANINI & REITMAYER 2004 [AT]). Die Mitgliedsstaaten müssen sicherstellen, dass die Lebensräume mit ihren typischen Lebensgemeinschaften in ausreichendem flächenmäßigem Umfang und in gutem Erhaltungszustand bewahrt oder wiederhergestellt werden²⁴. Das beinhaltet ein Verschlechterungsverbot für diejenigen Lebensraumtypen und Arten, für die das Gebiet ausgewiesen wurde. Alle zukünftigen Vorhaben, Planungen oder Nutzungen sind vor diesem Hintergrund zu beurteilen.

In der FFH-Richtlinie sind im Anhang I die Lebensraumtypen und in den Anhängen II und IV eine Reihe von Arten aufgelistet, für die besondere Schutzbestimmungen gelten; ein Teil dieser Biotope bzw. Arten kommt in Feuchtgebieten bzw. an Seeufern vor. Neben der stofflichen Belastung durch eutrophierende Stoffe und andere Schadstoffe gehören Veränderungen des Wasserspiegels bzw. des gewässernahen Grundwasserspiegels regelmäßig zu den Hauptgefährdungsursachen bzw. zu den erheblichen Beeinträchtigungen der Lebensräume.

Die FFH-Richtlinie enthält keine konkreten Vorschläge für **Maßnahmen zur Erreichung der Schutzziele** von Lebensräumen bzw. Biotopen, wenn man von der obligaten Einrichtung des NATURA 2000-Schutzgebietssystems absieht. Die Auswahl geeigneter Maßnahmen ist den Mitgliedsstaaten an die Hand gegeben²⁵. Die Bundesländer (AT, DE) sind seit einiger Zeit dabei, für einzelne Schutzgebiete, insbesondere für solche mit hohem Konfliktpotenzial zwischen den Ansprüchen des Naturschutzes und aktuellen oder absehbaren Nutzungen jeweils individuelle Managementpläne (d. h. Bewirtschaftungspläne n. Art. 6 FFH-RL) zu entwerfen. Diese dienen der konkreten Darstellung des Schutzzweckes und der Erhaltungsziele des FFH-Gebietes sowie zur Lösung von Konflikten mit Betroffenen, weiterhin zur konsensorientierten Umsetzung von bilateralen Verträgen zur Nutzungsregelung, freiwilligen Vereinbarungen mit den verschiedenen Nutzergruppen, Privaten und den kommunalen Trägern, und schließlich auch der Förderung von Projekten wie z. B. der Renaturierung von Gewässern (DE). Außerdem ist die Möglichkeit gegeben, die notwendigen Maßnahmen im Rahmen anderer Fachpläne, z. B. des Gewässerschutzes zu regeln (DE).

Zwischen Wasserrahmenrichtlinie und FFH- bzw. Vogelschutz-Richtlinie bestehen differenzierte Beziehungen²⁶. Wenn gemeinschaftliche Schutzgebiete durch die Regelungen der WRRL betroffen sind, muss auf die wasserhaushaltsbezogenen Schutzziele Rücksicht genommen werden. Zu diesen Schutzgebieten gehören die NATURA 2000-Gebiete und nach mehrheitlicher Auffassung auch die nach Art. 10 FFH-RL geschützten Gebiete, die der Verbesserung der funktionalen und räumlichen Kohärenz von Schutzgebietssystemen dienen sollen. Als Kohärenzgebiete würden sich v. a. lineare, langgestreckte Lebensräume eignen, neben den Fließgewässern mit ihren Auen auch die Seeufer²⁷. Be-

²² § 2 Abs. 2 Ziff. 8 ROG, § 2 Abs. 1 Ziff. 4 BNatSchG, § 31b Abs. 2 WHG (DE).

²³ Detaillierte Informationen bei der Europäischen Union, URL: <http://europa.eu/scadplus/leg/de/1vb/l28076.htm>, beim Bundesamt für Naturschutz (DE), URL: http://www.bfn.de/0316_natura2000.html, <http://www.ffh-gebiete.de>, beim Umweltbundesamt GmbH (AT), URL: <http://www.naturschutz.at/eu-richtlinien/ffh-richtlinie>, und bei der Akademie der Naturwissenschaften Schweiz SCNAT, URL: <http://www.biodiversity.ch> (jeweils Stand März 2009).

²⁴ Art. 2 Abs. 2 FFH-RL.

²⁵ Art. 6 Abs. 1, 2 u. 4 FFH-RL.

²⁶ Art. 4 Abs. 1 lit. c i. V. m. Anh. IV Abs. 1 v WRRL; vgl. auch Art. 6 und 8 WRRL.

²⁷ Allerdings haben die deutschen Bundesländer bisher davon abgesehen, die nach § 3 BNatSchG ausgewiesenen Biotopverbände, soweit sie nicht ohnehin Bestandteil von NATURA 2000-Gebieten sind, als Art. 10 FFH-RL-Kohärenzgebiete zu deklarieren.

ziehungen und gemeinsame Handlungsfelder ergeben sich auch bei der Beschreibung von Umweltzielen und Leitbildern, bei der Überwachung und bei den Maßnahmenprogrammen.

Insgesamt stellt die WRRL einen guten Ansatzpunkt dar, um neben der Wasserqualität auch den hydromorphologischen Zustand der Seeufer zu verbessern. Die nationale Gesetzgebung in Österreich und Deutschland hat die europäischen Vorgaben umgesetzt und bietet darüber hinaus nationale Ansatzpunkte für Uferrenaturierungen, - allerdings mit unterschiedlicher fachlicher Tiefe und Detailfreudigkeit: Während die Wiederherstellung strukturell beeinträchtigter Gewässerufer im österreichischen Wasserrechtsgesetz (WRG 1959) keine Erwähnung findet (Kap. 4.2.4), werden im deutschen Wasserhaushaltsgesetz (WHG) die staatlichen Akteure aufgefordert, nicht naturnah ausgebaute Abschnitte natürlicher Gewässer, mithin auch Seeufer, in einen naturnahen Zustand zurückzusetzen, also zu renaturieren (Kap. 4.2.3). Auch in der Schweiz sehen viele kantonale Gewässerschutz- bzw. Wasserbaugesetze eine Renaturierung von Fließgewässern und Seeufern durch den Kanton und die Gemeinden vor, wobei gleichzeitig auch die Finanzierungsinstrumente dargestellt sind (Kap. 4.2.5).

Im Naturschutzrecht ist die Eingriffsregelung (AT, CH, DE) sicheres das wichtigste Werkzeug, mit dem Uferrenaturierungen als Ausgleich für andersorts beanspruchte Landschaftsteile innerhalb (AT, CH, DE) oder auch außerhalb von Schutzgebieten (DE) verlangt werden können. Dies geschieht allerdings ohne Rückgriff auf die europäische Naturschutzgesetzgebung (FFH-RL), die höchstens im Ausnahmeverfahren n. Art. 6 Abs. 4 FFH-RL einen Ausgleich („Kohärenzmaßnahme“) verlangen kann.

4.2.3. Deutschland

Die wichtigsten rechtlichen Regelungen im Zusammenhang mit Seeuferrenaturierungen sind das **Gewässerschutzrecht** (Wasserhaushaltsgesetz WHG und Wasserbaugesetze der Länder) sowie das **Naturschutzrecht** (Bundesnaturschutzgesetz BNatSchG und Naturschutzgesetze der Länder). Das WHG und das BNatSchG setzen überdies die entsprechenden europäischen Regelungen (v. a. WRRL bzw. FFH-RL) um.

Das WHG verpflichtet die staatlichen Instanzen der Wasserwirtschaft, die **Gewässer** als Bestandteil des **Naturhaushalts** und als **Lebensraum** für Tiere und Pflanzen zu betrachten und so zu bewirtschaften, dass im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung vermeidbare Beeinträchtigungen ihrer ökologischen Funktionen unterbleiben²⁸. Unter einem „Gewässer“ ist der freie Wasserkörper zusammen mit dem Ufer bzw. den Verlandungsbereichen und Feuchtgebieten sowie mit den für den Hochwasserschutz bedeutsamen (Wasser-)Rückhalteflächen zu verstehen²⁹. In ähnlicher Weise gehört es nach dem BNatSchG zu den öffentlichen Aufgaben, die natürlichen und naturnahen Uferzonen, Verlandungsbereiche und Wasserrückhalteflächen, insbesondere aber die Ufervegetation als Landschaftsbestandteile und als Lebensräume für Tiere und Pflanzen zu sichern, zu erhalten oder zu entwickeln³⁰. Zu den **Funktionen** der Gewässer zählen neben der Lebensraumsfunktion auch die Vernetzungsfunktion, die durch eine Fragmentierung der Lebensräume gefährdet ist sowie die Funktion als Erholungsraum für die Allgemeinheit. In beiden Gesetzen werden die staatlichen Instanzen aufgefordert, nicht naturnah ausgebaute Abschnitte natürlicher Gewässer, also auch Seeufer, in einen naturnahen Zustand zurückzusetzen³¹.

²⁸ § 1a Abs. 1 WHG; § 31 Abs. 1 WHG (beim Gewässerausbau).

²⁹ § 1a Abs. 1 WHG; § 2 Abs. 1 Nr. 4 BNatSchG.

³⁰ § 2 Abs. 2 Nr. 3 u. 4 BNatSchG; § 31 BNatSchG.

³¹ Z. B. § 31 Abs. 1 WHG; § 2 Abs. 1 Nr. 4 BNatSchG.

Renaturierungsmaßnahmen können im Rahmen einer Gewässerunterhaltung oder als Gewässerausbau durchgeführt werden. Ursprüngliches Ziel der **Gewässerunterhaltung** war die Instandhaltung von technischen Ufer- und Hochwasserschutzeinrichtungen sowie die Beseitigung von Abflussstörungen im Gewässerbett. Inzwischen müssen die Unterhaltungsmaßnahmen den Belangen des Naturhaushalts Rechnung tragen und den Erholungswert der Gewässerlandschaft berücksichtigen³². Das bedeutet, dass die vom Gewässer abhängigen Feuchtgebiete im Sinne der WRRL, also auch die Seeufer, und die nach den Landesnaturschutzgesetzen geschützten Feuchtgebiete hinsichtlich ihres Wasserhaushalts nicht beeinträchtigt werden dürfen. Vielmehr sollen die Unterhaltungsmaßnahmen nach Maßgabe vieler Landeswassergesetze für einen natürlichen oder naturnahen Pflanzen- und Tierbestand am Gewässer sorgen, was häufig auch eine Renaturierung beeinträchtigter Uferabschnitte erforderlich macht. Während die Gewässerunterhaltung nur den Zustand des Gewässers aufrecht erhält, wasserrechtlich geboten und nicht genehmigungspflichtig ist, dient der **Gewässerausbau** der Verwirklichung einer breiten Palette klarerer wie umfangreicher, auf Dauer angelegter wasserwirtschaftlicher Vorhaben, die besonderer Genehmigungsverfahren bedürfen. Unter Ausbau ist u. a. die wesentliche (hydromorphologische) Umgestaltung eines oberirdischen Gewässers oder seiner Ufer zu verstehen³³, die den Zustand des Gewässers einschließlich seiner Ufer in einer für den Wasserhaushalt (Wasserabfluss, Wasserstände, Selbstreinigungsvermögen), für die Fischerei oder in ökologischer Hinsicht bedeutsamen Weise verändert. Beispiele für den Uferbereich von Seen sind Uferaufschüttungen, Sand- und Kiesentnahmen, Regulierungen der Zuflüsse, die den Sedimenthaushalt von Deltas beeinflussen, oder Querschnittsveränderungen im Seeabfluss, die den Wasserstand mit Auswirkungen für alle Uferstrecken verändern. Auf das Motiv, öffentliches Interesse oder privates Interesse, kommt es dabei nicht an. Folglich sind auch Renaturierungsmaßnahmen, die eine Reliefveränderung im Uferbereich mit sich bringen, als Gewässerausbau zu behandeln und bedürfen einer **Planfeststellung**³⁴ oder einer **Plangenehmigung**.

Gewöhnliche Gewässerausbaumaßnahmen stellen einen **Eingriff in Natur und Landschaft** dar, der, sofern er unvermeidbar ist, nach dem BNatSchG kompensiert werden muss (Übersicht: KÖPPEL et al. 2004). Ein Eingriff i. S. d. BNatSchG liegt vor, wenn Gestalt oder Nutzung von Grundflächen inkl. Grundwasser und Boden verändert und gleichzeitig die Leistungs- und Funktionsfähigkeit des Naturhaushalts oder des Landschaftsbilds erheblich beeinträchtigt werden³⁵. Unvermeidbare Eingriffe sind vorrangig auszugleichen, wobei die beeinträchtigten Funktionen des Naturhaushalts wiederhergestellt oder im Rahmen des praktisch Möglichen neu gestaltet werden. Bei Ausgleichsmaßnahmen besteht somit ein enger zeitlicher, räumlicher und funktionaler Bezug. Ein wasserbaulicher Eingriff in die Uferzone eines Sees ist also bevorzugt durch eine gleichwertige Seeuferrenaturierung, zeitlich möglichst vor dem Eingriff und möglichst am Uferstreifen des gleichen Gewässers auszugleichen. Wenn ein Ausgleich nicht möglich ist, soll ein Ersatz vorgenommen werden, bei dem auch andere als die durch den Eingriff beeinträchtigten Lebensräume und Funktionen wiederhergestellt werden. Lebensraumverluste, die beispielsweise beim Bau einer Straße oder eines Einkaufszentrum entstehen, könnten demnach auch durch Renaturierung eines Seeuferabschnitts ersetzt werden.

³² § 28 Abs. 1 WHG sowie Regelungen in den Naturschutzgesetzen der Länder.

³³ § 31 Abs. 2 WHG; mit Ausnahme der Bundeswasserstraßen, deren Aus- bzw. Neubau in den §§ 12-23 WaStrG abschließend geregelt ist.

³⁴ Vgl. § 72 ff. VwVfG; die Planfeststellung kann durch ein vereinfachtes Verfahren, die Plangenehmigung ersetzt werden, wenn sich die Betroffenen mit der Inanspruchnahme ihres Eigentums oder anderer Rechte schriftlich einverstanden erklären und ein Einvernehmen mit den beteiligten Behörden und ggf. den Naturschutzvereinigungen hergestellt wird. Planfeststellungs- bzw. -genehmigungsverfahren sind bei einer federführenden Behörde konzentriert (hier die Wasserbehörde), die die anderen Träger öffentlicher Belange (darunter auch anerkannte Naturschutzvereinigungen) zu beteiligen hat.

³⁵ § 10 Abs. 1 Nr. 1, §§ 18 u. 19 BNatSchG.

Auch außerhalb der naturschutzrechtlichen Eingriffs- bzw. Ausgleichsregelung sollen naturnahe Uferzonen, Verlandungs- und Rückhaltefläche wiederhergestellt werden, d. h. beeinträchtigte, insbesondere nicht naturnah ausgebauten Uferstreifen sollen renaturiert werden. Ein wesentliches Motiv ist der vorbeugende Hochwasserschutz, der auf große Rückhalteflächen vornehmlich an Fließgewässern, aber auch an Seeufern und ihren begleitenden Feuchtgebieten angewiesen ist³⁶. Zielpunkte von Uferrenaturierungen sind die natürlichen bzw. naturnahen (hydromorphologischen) Strukturen, die Ufervegetation, die ökologische Funktionsfähigkeit (v. a. die Lebensraumfunktion) sowie die wasserwirtschaftliche Funktionsfähigkeit einschließlich der sog. Selbstreinigungskraft.

Die Wiederherstellung (Renaturierung) naturnaher Gewässerstreifen und Seeufer gehört demnach zu den Aufgaben der staatlichen Instanzen der Wasserwirtschaft, die sie im Rahmen von Ausgleichsmaßnahmen, aber auch unabhängig davon umsetzen sollen. Ungeachtet des Anspruchs, naturnahe Verhältnisse wiederherstellen zu wollen, bedürfen größere Renaturierungsvorhaben eines fach- und interessensübergreifenden Genehmigungsverfahrens, der Planfeststellung oder der Plangenehmigung, an der auch die Naturschutzbehörden zu beteiligen sind. Es gibt allerdings offenbar keine verbindlichen Regelungen (z. B. Rechtsverordnungen, Erlasse) und nur wenige Anleitungen, in denen der potenzielle Vorhabensträger (z. B. Länder, Gemeinden oder Private als Eigentümer des Seeufers) Informationen darüber finden, welche Kriterien ein Vorhaben erfüllen muss, damit es als Renaturierung (vgl. Kap. 4.1.1) angesehen werden darf. Die Entscheidung darüber obliegt stattdessen im Einzelfall dem Dafürhalten der Genehmigungsbehörden (zumeist die Untere Wasserbehörde), was in der Vergangenheit zu einer gewissen Beliebigkeit und zu Missverständnissen und Fehlentwicklungen geführt hat.

4.2.4. Österreich

In Österreich ist der Bund vollständig für die Wasserrechtsgesetzgebung zuständig, während die Gesetzgebungskompetenz im Naturschutz und in der überörtlichen und örtlichen Raumplanung ausschließlich bei den Bundesländern liegt. Die gesetzlichen Grundlagen für Uferrenaturierungen speisen sich demzufolge aus dem **Wasserrechtsgesetz** (WRG) und den zahlreichen **Naturschutz- bzw. Landschaftspflegegesetzen** der Bundesländer³⁷. Die Europäische Gesetzgebung wird im WRG 1959³⁸ und in jedem einzelnen Landesnaturschutzgesetz (Bestimmungen der FFH-RL) umgesetzt (vgl. HÖDL 2005).

Das **WRG** unterscheidet zwischen dem Gewässerschutz, d. h. der Erhaltung der natürlichen Beschaffenheit von Oberflächengewässern einschließlich ihrer hydromorphologischen Eigenschaften und der für den ökologischen Zustand maßgeblichen Uferbereiche, und der Gewässerreinigung, d. h. der Erhaltung der natürlichen Beschaffenheit des Wassers in physikalischer, chemischer und biologischer Hinsicht (Wassergüte)³⁹. Als Gewässerschutzziele werden die globalen Umweltziele der EG-WRRL genannt⁴⁰, wobei in Ergänzung dazu Beeinträchtigungen des Landschaftsbildes vermieden werden

³⁶ § 2 Abs. 2 Nr. 3 u. 8 ROG; § 31 Abs. 5, § 31b Abs. 6, § 31d Abs. 1 WHG; § 2 Abs. 1 Nr. 4 BNatSchG.

³⁷ Hier näher betrachtet: Gesetz über Naturschutz und Landschaftsentwicklung in Vorarlberg (VlbG GNL), Salzburger Naturschutzgesetz 1999 (Sbg NSchG), Oberösterreichisches Natur- und Landschaftsschutzgesetz (Oö. NLSchG), Niederösterreichisches Naturschutzgesetz (NÖ NSchG), Steiermärkisches Naturschutzgesetz (Stmk NSchG), Tiroler Naturschutzgesetz (TNSchG), Kärntner Naturschutzgesetz (Kmt NSchG), Burgenländisches Naturschutz- und Landschaftspflegegesetz (Bgl NLschpFG).

³⁸ V. a. §§ 30a bis 30g, 55 bis 55k, 59 bis 59i WRG 1959.

³⁹ § 30 Abs. 3 WRG.

⁴⁰ § 30a Abs. 1 u. 3 WRG.

sollen. Der Gewässerbegriff umfasst neben dem Freiwasserkörper auch die Uferbereiche, soweit sie für den ökologischen Zustand i. S. d. WRRL maßgeblich sind; nur für diesen Fall sind sie in die von der WRRL geforderten Maßnahmenprogramme einzubeziehen⁴¹. Ansonsten findet die Wiederherstellung strukturell beeinträchtigter Gewässerufer im WRG keine Erwähnung, schon gar nicht in Form normativer Renaturierungsgebote an staatliche Instanzen. Um die noch bis 2015 die globalen Umweltziele der WRRL im Hinblick auf den hydromorphologischen Zustand erreichen zu können, setzt Österreich auf die finanzielle Förderung freiwilliger Maßnahmen der Kommunen und der Energiewirtschaft (Umweltförderungsgesetz⁴²). Die seit Anfang 2009 geltenden Förderrichtlinien berücksichtigen allerdings nur Maßnahmen an Fließgewässern.

Zum Schutz der Gewässer bedürfen alle Benutzungen, die über den Gemeingebrauch hinausgehen, einer **Bewilligung** durch die Wasserrechtsbehörde⁴³. Darunter fallen auch größere Uferrenaturierungen, soweit sie nicht als Instandhaltungsmaßnahmen anzusehen sind. Die **Instandhaltung** der Gewässer dient vor allem dem Hochwasserschutz⁴⁴. Die Einhaltung ökologischer Zielsetzungen wird im Unterschied zum deutschen WHG und den WG der Länder nicht gefordert. Die Verbesserung des ökologischen Zustandes der Gewässer kann durch Mittel des Bundes gefördert werden, wenn sie der Reduktion der hydromorphologischen Belastungen, der Gewässerreinigung oder dem Hochwasserschutz dient⁴⁵.

Die Naturschutzgesetze der Länder dienen dem öffentlichen Interesse am Schutz, an der Pflege und der Entwicklung von Natur und Landschaft in bebauten und unbebauten Bereichen (BUSSJÄGER 2001). In einzelnen Bundesländern zählt ausdrücklich die *Wiederherstellung* bestimmter Funktionen hinzu⁴⁶. Zu diesen Funktionen gehören u. a. der Erholungswert der Landschaft sowie die natürlich ablaufenden Prozesse (Prozessschutz). Den Zielen dienen gesetzliche Zonenschutzregelungen, Eingriffsregelungen sowie der Gebietsschutz (v. a. Natur- und Landschaftsschutzgebiete⁴⁷). Der besonders für die Ufer von Seen und Fließgewässern bedeutsame **Zonenschutz** sieht innerhalb einer Zone von bis zu 500 m Breite um den Gewässerrand eine Bewilligungspflicht bestimmter Vorhaben vor, der Eingriffsschutz macht bestimmte Eingriffe – nicht nur am Seeufer – generell naturschutzrechtlich bewilligungspflichtig. Ausgenommen sind die Instandhaltung und Pflege der Uferbereiche, die in den meisten Ländern bewilligungsfrei bleiben. Als Eingriffe gelten nur solche Vorhaben in einem geschützten Landschaftsausschnitt, z. B. einem Seeuferbereich, die dem visuellen Eindruck nach das **Landschaftsbild** auf Dauer maßgebend verändern⁴⁸. Die Auswirkungen auf Lebensräume und Populationen spielen eine nachrangige Rolle. Solche Vorhaben müssen nach den Naturschutzgesetzen der meisten Bundesländer ausgeglichen werden, indem in räumlicher Nähe ein **Ersatzlebensraum** geschaffen oder ein Geldbetrag gezahlt wird. Art und Umfang des Ausgleichs werden zumeist in der Bewilligung festgeschrieben. Hier bieten sich Ansatzpunkte für Seeuferrenaturierungen, wenn etwa an einem Uferabschnitt in der unter generellem Schutz stehenden Uferzone bewilligungspflichtige Vorhaben, z. B. Auffüllungen oder Herrichtung von Badeplätzen vorgenommen werden sollen. Eine weitere Ansatzmöglichkeit sind naturschutzrechtliche Regelungen, die gegenüber dem Eigentümer nachträgliche Aufla-

⁴¹ § 55e Abs. 1 Ziff. 9 WRG.

⁴² § 16a, §17a UFG.

⁴³ § 9 Abs. 1, § 38 Abs. 1 WRG; unter Gewässerbenutzungen fallen u. a. alle Maßnahmen, die das Ufer oder das Bett benutzen, also auch morphologische Veränderungen (entspr. dem Gewässerausbau nach dt. Wasserrecht); ein konzentriertes Genehmigungsverfahren, etwa in der Art des dt. Planfeststellungsverfahrens mit obligater Beteiligung anderer Behörden, z. B. der Naturschutzbehörden ist nicht vorgesehen.

⁴⁴ § 47 Abs. 1 WRG.

⁴⁵ § 16 Ziff. 1 und § 16a UFG; § 1 Abs. 1 Ziff. 1 lit. i WBFG.

⁴⁶ § 1 Abs. 1 NÖ NschG, § 1 Sbg NschG, § 1 T NschG, § 2 VlbG GNL.

⁴⁷ Vgl. Gewässer- und Uferschutzgebiete n. § 1 Abs. 2 lit. d Stmk NschG.

⁴⁸ Die Eingriffs- und Ausgleichsregelung ist also wesentlich enger gefasst als die des deutschen BNatSchG.

gen zur Wiederherstellung des Landschaftsbildes erlauben, beispielsweise wenn die Bewilligung erloschen ist oder wenn seine Anlagen bzw. Gebäude (z. B. Steganlagen) nicht mehr genutzt werden⁴⁹. Hilfreich sind weiter Naturschutzprogramme, die im Rahmen von Pflegeplänen bestimmte Maßnahmen vorsehen können⁵⁰. In der Praxis kommt dem Schutz des Landschaftsbildes jedoch die weitaus größere Bedeutung zu, während die Anliegen des Biotop- und Artenschutzes eher auf verwaltungsbehördlicher Ebene (v. a. Gebietsschutz) geregelt werden.

Da jedoch in Österreich bisher nur wenige Seeuferrenaturierungen bekannt geworden sind (vgl. Kap. 7), kann die Bedeutung dieser rechtlichen Regelungen für die Renaturierungspraxis nicht eingeschätzt werden.

4.2.5. Schweiz

Regelungen, die für Uferrenaturierungen an Schweizer Seen herangezogen werden können, sind vornehmlich in den Natur- und Heimatschutzgesetzen und den Wasserbaugesetzen, da neben auch in den Gewässerschutzgesetzen und den Raumplanungs- und Baugesetzen des Bundes⁵¹ und der Kantone sowie in den zugehörigen Verordnungen⁵² zu finden. Während die gesetzgeberische Zuständigkeit für die Wasserqualität und den Wasserbau beim Bund liegt, haben die Kantone beim Natur- und Heimatschutz sowie bei der Raumplanung und der Baugesetzgebung einen beträchtlichen Gestaltungsspielraum.

Die Rechtsregelungen dienen im Hinblick auf die Seeufer dazu, die **Gewässer als Landschaftselemente** und in ihrer Bedeutung für die **natürlichen Lebensräume** der einheimischen Tier- und Pflanzenwelt und deren biologische Vielfalt sowie für die Benutzbarkeit für die **Erholung** zu erhalten und zu sichern⁵³. Dabei werden die Gewässer (Freiwasserkörper) und ihre Ufer als Einheit gesehen⁵⁴. Insbesondere die Uferbereiche der Gewässer und ihre Vegetation stehen bundesweit unter dem besonderen Schutz des Natur- und Heimatschutzgesetzes⁵⁵. Die Funktionen der Seeufer, die es zu schützen gilt, erstrecken sich nach dem Verständnis der Bundesgesetzgebung im Wesentlichen auf die Lebensraumfunktion, die Vernetzungsfunktion in dicht besiedelten Bereichen („ökologische Ausgleichsflächen“⁵⁶) und die Erholungsfunktion. Die kantonale Raumplanung hat dafür zu sorgen, dass See- und Flusssufer freigehalten und **öffentlicher Zugang** und Begehung u. a. zu Erholungszwecken erleichtert werden⁵⁷. Dazu werden in den Kantonen Gewässerrichtpläne, Uferschutzpläne o. ä. erstellt, die auch Maßnahmen zur Wiederherstellung naturnaher Uferlandschaften enthalten⁵⁸.

Eine generelle Verpflichtung des Bundes, der Kantone oder der Gemeinden zur Renaturierung bzw. zur ökologischen Aufwertung hydromorphologisch beeinträchtigter Seeuferabschnitte lässt sich nicht

⁴⁹ § 17 T NschG.

⁵⁰ Vgl. z. B. Landschaftspflegepläne n. § 35 Abs. 1 Sbg NschG.

⁵¹ RPG, GSchG, BGF, WBG, WRG, NHG.

⁵² GSchV, NHV.

⁵³ Art. 1 Bst. c, e und g GSchG; Art. 1 Bst. d NHG.

⁵⁴ Vgl. z. B. § 3 Wasserwirtschaftsgesetz LS724.11 Kt. Zürich.

⁵⁵ Art. 18 1^{bis} und Art 21 NHG, eingeschränkt durch Art. 22 Abs. 2 NHG; Art. 14 Abs. 3 sowie Anhang und Art. 27 Abs. 2 Bst. b NHV.

⁵⁶ Art. 18b Abs. 2 NHG; vgl. auch Anhang III NSchV Kt. Bern.

⁵⁷ Art. 3 Abs. 2 Ziff. c RPG.

⁵⁸ Z. B. § 1a Abs. 1 Ziff 1 Gesetz über den Wasserbau Kt. Thurgau; Art. 3 Abs. 1 Bst. d SFG Kt. Bern; Art. 17 Abs. 2 Bst. a WBG Kt. Bern; § 19 i.V.m. § 12 Abs. 2 GewG Kt. Zug.

herleiten⁵⁹, obschon verlangt wird, dass Renaturierungsprogramme aufgestellt werden⁶⁰, die Ufervegetation neu angelegt wird⁶¹ bzw. zerstörte Lebensräume lokal wiederhergestellt werden, insbesondere, wenn sie dem Laichen und dem Aufwachsen der Fische dienen⁶². Obschon in den Rechtsregelungen Fließgewässer- und Seeufer zu meist unter den gleichen Begriffen zusammen gefasst werden, stehen in der Praxis die größeren Fließgewässer unter der Regie des Bundes, die Seeufer unter kantonaler Regie⁶³. Detaillierte Vorgaben über Renaturierungen bzw. ökologische Aufwertungen ergeben sich aus der kantonalen Gesetzgebung. Maßnahmen zur Wiederherstellung der Eigenart und biologischen Vielfalt von Biotopen gehören generell zu den Aufgaben des Biotopschutzes⁶⁴. So wird in den Natur- und Heimatschutzgesetzen der Kantone ganz allgemein die Wiederherstellung der beeinträchtigten Natur und Landschaft gefordert⁶⁵.

Kleinere Renaturierungen sind im Rahmen des **Gewässerunterhalts**⁶⁶ denkbar, zu dem die Kantone bzw. die See anstösser verpflichtet sind⁶⁷ und bei dessen Umsetzung ökologische Anforderungen zu berücksichtigen sind⁶⁸. Unterhaltsmaßnahmen sind nicht bewilligungspflichtig. Auch Uferrenaturierungen, die als Erneuerungsarbeiten geringen Ausmaßes⁶⁹ aufgefasst werden können, sowie die Pflanzung und Pflege von naturnahen und standortgemäßen Uferbestockungen als ökologische Ausgleichsmaßnahmen unterliegen nicht der Bewilligungspflicht.

Gewässerkorrekturen⁷⁰, die schützenswerte Biotope betreffen, sind allgemein als Eingriffe in die Natur⁷¹ zu bewerten, die nur im Zuge einer Bau- oder Ausnahmegewilligung umgesetzt werden können⁷². Diese legt dem Verursacher besondere Verpflichtungen zum bestmöglichem Schutz oder Wiederherstellung der Biotope auf⁷³; ansonsten ist er zu Ersatz verpflichtet. Zu den schützenswerten Biotopen gehören nach Bundes- und kantonaler Gesetzgebung u. a. Uferbereiche, Verlandungsgesellschaften der Seen sowie angrenzende Flachmoore⁷⁴. Der Ersatz besteht in der Neuanlage gleichartiger Lebensräume, beispielsweise am Seeufer im Zuge einer Renaturierung, oder, sofern dies nicht möglich ist, in Geldzahlungen (KAGI et al. 2002).

⁵⁹ Lediglich bei der Verbauung und Korrektur von Fließgewässern ist eine Wiederherstellung der Gewässermorphologie vorgesehen, so dass die Ufer einer vielfältigen Tier- und Pflanzenwelt als Lebensraum dienen können und eine standortgerechte Ufervegetation gedeihen kann (Art. 4 Abs. 2 Bst. a und c WBG; Art. 37 Abs. 2 Bst. a und c GSchG).

⁶⁰ Z. B. § 33 GewG Kt. Zug.

⁶¹ Art. 21 Abs. 2 NHG.

⁶² Art. 7 Abs. 1 Bst. a, Art. 7 Abs. 1 u. 2 BFG.

⁶³ Der Bund stellt den Kantonen für geeignete Vorhaben zur Renaturierung wasserbaulich beeinträchtigter (Fließ-)Gewässer Finanzhilfen in Aussicht, vgl. Art. 7 WBG. Einige Kantone stellen den Gemeinden und Privaten Fördermittel für freiwillig durchgeführte Renaturierungsmaßnahmen zur Verfügung, sofern sie die Projekte nicht in eigener Regie durchführen (z. B. Art. 36a WNG Kt. Bern; § 78, § 80 GewG Kt. Zug).

⁶⁴ Art. 14 Abs. 2 Bst. a NHV.

⁶⁵ Z. B. § 1 Abs. 1 Gesetz zum Schutz und zur Pflege der Natur und der Heimat Kt. Thurgau; Art. 1 u. 3 Naturschutzgesetz Kt. Bern BSG; § 1 Bst. b Gesetz über den Natur- und Landschaftsschutz Kt. Luzern.

⁶⁶ Art. 3 Abs. 1, Art. 4 Abs. 2 WBG.

⁶⁷ Art. 23 WBV i.V.m. Art. 20 Bst. a WBV; vgl. z. B. Art. 9 Art. 2 Bst. b WBG Kt. Bern.

⁶⁸ Art. 4 Abs. 2 Bst. a und c WBG; vgl. auch BWG (2001).

⁶⁹ Art. 4 Abs. 1 Wasserbauverordnung Kt. Bern.

⁷⁰ Der Begriff der Korrektur entspricht etwa dem „Gewässerausbau“ im deutschen Wasserrecht, z. B. umfangreiche Uferverbauungen, Sohlensicherungen und das Schaffen oder Ändern von Retentions- und Überschwemmungsgebieten (§ 8 Gesetz über den Wasserbau Kt. Thurgau), wesentliche Veränderungen des Bettes sowie naturnahe Herstellung von Gewässern und Uferlandschaften (§ 11 Abs. 2 Bst. b und c Wasserbaugesetz Kt. Luzern).

⁷¹ Art. 18 Abs. 1^{ter} NHG; Art. 14 Abs. 7 NHV.

⁷² Art. 14 Abs. 6 NHV (im Unterschied zur dt. Regelung Beschränkung auf schützenswerte Biotope); Art. 22, Art. 24 RPG.

⁷³ Art. 4 Abs. 2 Bst. a und c WBG.

⁷⁴ Art. 14 Abs. 3 und Anhang 1 NHV.

Seeuferrenaturierungen können ihrerseits be willigungspflichtige Korrekturen darstellen, beispielsweise wenn Vorschüttungen eingebracht werden, durch die die Fließwasserzone verbessert werden kann⁷⁵; die Schüttungen sind dabei so naturnah wie möglich zu gestalten⁷⁶.

Hinweise, nach welchen **Zielvorstellungen** Renaturierungen vorgenommen werden, finden sich in Art. 6 der WBV. Danach sollen die natürliche Gewässerdynamik, die Vernetzung der Lebensräume sowie ausreichende Pufferzonen und Übergangsbereiche zwischen Land und Wasser hergestellt werden⁷⁷.

4.3. Planungsrahmen und Planungsschritte

4.3.1. Übersicht

Die Vorgehensweise bei der Planung, Umsetzung und Erfolgskontrolle von Seeufer-Renaturierungsmaßnahmen hängt zunächst davon ab, ob bereits eine Erfassung beeinträchtigter und damit potenziell renaturierungswürdiger Uferabschnitte vorgenommen wurde, und in welchem rechtlichen Rahmen sich das Vorhaben bewegt.

Wenn an einem größeren See noch keine Auswahl der zu renaturierenden Uferstrecken getroffen wurde, empfiehlt sich eine flächendeckende **hydromorphologische Übersichtserfassung** (KOL-LATSCH et al. 2005, 2006, OSTENDORP et al. 2008a, 2009). Mit ihrer Hilfe wird dargestellt, welche Uferstrecken auf welche Weise und wie stark beeinträchtigt sind und wo sie entlang des Seeufers liegen, so dass eine Priorisierung (z. B. ABC-Analyse) zukünftiger Renaturierungsvorhaben möglich ist.

Wenn diese **Priorisierung** bereits vorgenommen und eine entsprechende Uferstrecke ausgewählt wurde, stellt sich die Frage, ob das konkrete Vorhaben im Rahmen eines naturschutzrechtlichen Pflege- und Entwicklungsplans in einem Naturschutzgebiet (DE; Landschaftspflegeplan [AT]) bzw. einer Gewässerunterhaltung (DE; Instandhaltung [AT]) umgesetzt werden kann oder ob es sich um einen Gewässerausbau (DE; Benutzung [AT]) handelt (Screening). Auf Dauer angelegte, umfangreichere Maßnahmen, die mit einer Reliefänderung und dem Einbringen von Material einhergehen, sind zumeist als Ausbau anzusehen und bedürfen einer **Planfeststellung** oder **Plangenehmigung** (DE; wasserrechtliche Bewilligung [AT]; Ausnahmebewilligung [CH]) (vgl. Kap. 4.2.3 bis 4.2.5). Die Wasserbehörde als federführende Genehmigungsbehörde beteiligt neben anderen auch die Naturschutz- und Fischereibehörden am Verfahren, indem sie ihnen Gelegenheit zur Stellungnahme gibt (DE). Allerdings ist sie nicht gezwungen, den Empfehlungen der beteiligten Behörden zu folgen. Liegt das Planungsgebiet in einem NATURA 2000-Schutzgebiet, wird eine FFH-Vorprüfung notwendig, der ggf. eine FFH-Verträglichkeitsprüfung folgt (DE: KÖPPEL et al. 2004). Kleinere Maßnahmen im Rahmen einer **Gewässerunterhaltung** (DE) bzw. **Instandhaltung** (AT) bedürfen ebenso wie Pflege- und Entwicklungsmaßnahmen, die sich auf eine bereits abgestimmte Planung stützen, keiner wasserrechtlichen Genehmigung.

⁷⁵ Art. 39 Abs. 2 Bst.b GSchG; die Möglichkeit einer Verbesserung reicht nach dem Wortlaut des Gesetzes aus, ein Nachweis muss nicht erbracht werden.

⁷⁶ Art. 39 Abs. 3 GSchG.

⁷⁷ Ungeachtet der allgemeinen Formulierung sind in erster Linie Fließgewässer gemeint.

Die folgenden Erläuterungen und Beispiele beziehen sich auf größere, komplexe Vorhaben, die einen Gewässerausbau (DE; Gewässerbenutzung [AT]) darstellen, so dass ein qualifiziertes Planungs- und Genehmigungs- bzw. Bewilligungsverfahren durchgeführt werden muss. In einem solchen Fall sollten folgende **Planungsschritte** abgearbeitet werden:

1. Abgrenzung des (engeren) Planungs- und des (weiteren) Wirkungsperrimeters,
2. Festlegung des ufertypspezifischen konkreten Leitbilds,
3. Abklärungen anhand vorhandener Informationen,
4. Zusammenstellung des Projektteams und einer Liste der betroffenen Rechteinhaber und Interessenvertreter,
5. Erstellung eines ☞Lastenhefts bzw. eines ☞Pflichtenhefts,
6. Erhebung des Ausgangszustands,
7. Defizit-Analyse und -Bewertung,
8. Festlegung des Renaturierungspotenzials und der Zielsetzungen,
9. Auswahl der Renaturierungstechniken,
10. Zusammenstellung der Antragsunterlagen für das Genehmigungsverfahren,
11. ökologische Baubegleitung in der Umsetzungsphase,
12. Management (Nachsorge, Unterhalt, Pflege im Anschluss an die Umsetzung),
13. Erfolgskontrolluntersuchungen im Anschluss an die Umsetzung.

Diese Vorgehensweise leitet sich aus der Analyse von rd. 90 Renaturierungsmaßnahmen am Bodensee ab (vgl. Kap. 7), bei der auch die Art und Weise der Planung, der Umsetzungsbegleitung und der Erfolgskontrolle untersucht wurden (OSTENDORP et al. 2008b). Die empfohlenen Inhalte und der Ablauf der Planung gehen über das hinaus, was für die wasserrechtliche Genehmigung und für die bautechnische Durchführung notwendig ist. Sie berücksichtigen vielmehr auch das mitunter heikle Problem der Akzeptanz bei betroffenen Anliegern und in der Öffentlichkeit. Ausserdem tragen sie dem Bedürfnis Rechnung, durch die Dokumentation der Entscheidungsfindung und der Umsetzung und durch Erfolgskontrolluntersuchungen zu einer Optimierung im Sinne möglichst naturnahe r Biotop typen, Lebensgemeinschaften und Ökosystemfunktionen zu gelangen: Ebenso wie andere komplexe Planungsprozesse sind auch Renaturierungsplanungen „lernende“ Systeme.

4.3.2. Planungs- und Wirkungsperrimeter

Wasser- und landschaftsbauliche Maßnahmen wirken sich oft nicht nur am Standort des geplanten Vorhabens, sondern auch in einiger Entfernung davon aus. Daher sollte der ☞Planungsperrimeter um einen ☞Wirkungsperrimeter⁷⁸ ergänzt werden. Das Wirkungsgebiet bemisst sich nach den erheblichen **Wechselwirkungen**, die das Planungsgebiet bereits vor der Vorhabensumsetzung mit der Umgebung hatte, sowie nach den mutmaßlichen Wechselwirkungen nach Umsetzung des Vorhabens. Entsprechend den unterschiedlichen Aktionsradien von Organismengruppen (z. B. Makrophytobenthos ↔ Vögel) kann das Wirkungsgebiet unterschiedliche Ausmaße annehmen.

⁷⁸ Begriffe und Konzept sind hauptsächlich in CH gebräuchlich; KÖPPEL et al. (2004), S. 211 sprechen von einem Vorhabensgebiet und einem Wirkraum, die zusammen den Untersuchungsraum bilden.

Derzeit liegen nur wenige konkrete Erkenntnisse für die **Bemessung** des Wirkungsperrimeters vor, so dass es nicht leicht fällt, dieses Konzept in die Planung zu integrieren. Ersatzweise können die entfernten Wirkungen eines Vorhabens zunächst aufgrund der verfügbaren Informationen und Literaturbefunde diskutiert werden (vgl. BRUNS 2003, Arbeitshilfe A6).

4.3.3. Ufertypspezifisches Leitbild

Aus dem abstrakten Leitbild (vgl. Kap. 4.1.3), das stets klar zu bezeichnen ist, wird in einer verbalargumentativen Darstellung das ufertyp-spezifische **konkrete Leitbild** entwickelt. Sofern nicht auf eine bereits bestehende Ufertypologie zurückgegriffen werden kann (vgl. Kap. 2.5), sollte das Leitbild ersatzweise anhand von Plan- und Profilskizzen ausführlich beschrieben werden. Da zu gehört auch ein Quellennachweis bzw. die nachvollziehbare Erläuterung der Herangehensweise. Wenn an einem größeren See bzw. in einer Seenlandschaft mehrere Renaturierungen geplant sind, lohnt sich vorab der Entwurf einer umfassenden **Ufertypologie** auf hydromorphologischer Grundlage.

4.3.4. Abklärungen anhand vorhandener Informationen

Bevor mit eigenen Geländeerhebungen begonnen wird, sollten die vorhandenen Informationen beschafft und ausgewertet werden. Zu den **Informationsgrundlagen**, die nach Möglichkeit GIS-tauglich vorliegen sollten, gehören

- **karto** graphische Grundlagen: topographische Karten (DTK50, DTK25 und DGK5 [DE]; Landeskarten 1:50'000, 1:25'000 [CH]; ÖK 50 [AT]), Luftbilder (digitale Ortho-Fotos möglichst in Farbe mit mind. 0,5 m Rasterauflösung), Liegenschaftskarten (Automatisierte Liegenschaftskarte ALK, Amtliches Liegenschaftskataster-Informationssystem ALKIS[®] [DE]; Digitale Katastralmappe DKM [AT]; Basispläne und Grundbuchpläne [CH]),
- **Raum** ordnungspläne: Regionalplan, Flächennutzungsplan, Bauungsplan (DE); Landesentwicklungspläne, Siedlungspläne, Flächenwidmungsplan, Bauungsplan (AT); kantonaler Richtplan, Nutzungsplan, Sondernutzungsplan, Zonenplan (CH),
- **Naturschutz-Fachpläne** und -Informationen: Schutzstatus nach Gemeinschaftsrecht (FFH-Richtlinie, Vogelschutz-Richtlinie [DE, AT], inkl. Erhaltungsziele n. §§ 32 u. 33 BNatSchG [DE]); Schutzgebietsausweisung n. Naturschutz- und Waldgesetz der Länder (DE, AT), Bundes- und kantonale Inventare der Lebensräume, Bundesinventare, nationale Arteninventare (CH); Biotop (typen)kartierung (AT, DE), Inventarisierungen (CH); Schutzgebietsverordnungen (AT, DE) und Unterschutzstellungsgutachten; Artenlisten und Kartierungsergebnisse im Rahmen anderer Vorhaben,
- **gewässer** schutzfachliche Informationen: orthographische Karten; Wasserschutzgebiete (§ 19 WHG [DE], § 34 WRG [AT]); Karten der Überschwemmungsgebiete (§ 32 WHG u. Wassergesetze der Länder [DE]), Hochwasserabflussgebiete (§ 38 Abs. 3 WRG [AT]) und Hochwasserrisiko-Karten (AT); Überflutungskarten, Flutzonen Aquaprotect (CH); Pegel-Daten; Gewässergüte-Daten,
- **kulturhistorische** Informationen: unter Denkmalschutz stehende Objekte (Denkmalschutzgesetze der Länder, Deutsche Denkmallisten im Internet [DE]; DM SG 1923, Denkmaldatenbank des Bundesdenkmalamtes [AT]; Bundesgesetz über den Natur- und Heimatschutz

[NHG], Inventar schützenswerter Ortsbilder [ISOS], Nationale Informationsstelle für Kulturgütererhaltung [NIKE], [CH]),

- fallweise weitere relevante Informationen geowissenschaftlicher, physikalischer, wasserrechtlicher und abfallrechtlicher Art,
- historische Quellen: alte Ansichten (Ortspläne, Stiche, Landschaftsgemälde, Fotos u. a.) und Uferbeschreibungen,
- vorhandene Gutachten unterschiedlicher Fachgebiete,
- Informationen über bestehende rechtswirksame Planungen.

4.3.5. Projektteam, Rechteinhaber, Interessenvertreter

Auf der Basis der vorliegenden Information kann das Planungsteam zusammengestellt werden, dem neben dem Träger der Maßnahme auch Fachleute der beteiligten **Behörden** (u. a. Wasserbehörde, Naturschutzbehörde, Fischereibehörde, kommunales Bauamt) sowie **Planer und Gutachter** (Ingenieure, Ökologen) angehören. Weiterhin wird eine Liste der Rechteinhaber (z. B. Grundstückseigentümer, Pächter, Fischereiberechtigte) und Interessenvertreter (z. B. Wasserversorger, Naturschutzvereinigungen) erstellt. Anlässlich eines **Ortstermins** (☞ Scoping-Termin) besteht für alle Beteiligten die Möglichkeit, sich und die jeweils anderen Standpunkte und Interessenlagen kennenzulernen, und die eigenen Anforderungen an den weiteren Fortgang der Planung darzustellen. Aus Sicht der Planer sollten **Konflikte** möglichst frühzeitig erkannt und schrittweise einer Lösung zugeführt werden. Ziel ist, das Planfeststellungsverfahren durch eine Plangenehmigung zu ersetzen (DE), indem sich die Betroffenen mit der Inanspruchnahme ihres Eigentums oder anderer Rechte schriftlich einverstanden erklären und ein Einvernehmen mit den beteiligten Behörden und Naturschutzvereinigungen hergestellt wird.

4.3.6. Lasten- und Pflichtenheft

Die Schlussfolgerungen der vorangegangenen Auswertungen und Besprechungen werden vom Vorhabensträger in einem Lastenheft zusammengefasst, dem seitens der Planer und Gutachter ein Pflichtenheft gegenübersteht, in dem dargestellt wird, auf welche Weise die Anforderungen des Lastenhefts umgesetzt werden. Das Pflichtenheft sollte u. a. folgende **Angaben** enthalten:

1. Planungsschritte: Arbeitsplan, Zeitplan, Verantwortlichkeiten, Dokumentation, Datenübergabe usw.,
2. Voruntersuchungen: Art, Tiefe, Umfang, zu erwartende Aussagen,
3. Art und Anzahl der Planungsvarianten,
4. Kostenrahmen.

Es gibt in anderen Branchen eine Vielzahl von Entwürfen von Lasten- bzw. Pflichtenheften, die jedoch für die hier dargestellte Aufgabe wenig hilfreich sind, so dass sich erst im praktischen Umgang optimale Vorgehensweisen herausbilden werden.

4.3.7. Erhebung und Dokumentation des Ausgangszustands

Die Erhebung des Ausgangszustands dient zur

- Identifizierung der ökologischen Defizite und für alle weiteren Planungsschritte (vgl. Kap. 4.3.8 u. 4.3.9),
- Beweissicherung im Hinblick auf Gewährleistungen sowie auf den Fortbestand von künftigen Nutzungen,
- Präzisierung der Umsetzungsplanung (vgl. Kap. 4.3.10), sowie als
- erste Phase der Erfolgskontrolle (vgl. Kap. 4.3.14).

Üblicherweise beginnt die Erhebung mit einem **Gelände-Aufmaß** (Pläne, Profile), das als Grundlage für die weiteren Planungen, für ökologische Auswertungen sowie für die spätere Ermittlung des Umfangs von Bauleistungen dient. Die Daten sollten sowohl in einer CAD- als auch in einer GIS-Software verwendbar sein. Daran schließt sich eine Erfassung und flächige Darstellung der vorkommenden **Biotoptypen** an. Weitere ökologische Untersuchungen sind im Allgemeinen stark fragestellungsorientiert, so dass hier nur wenige allgemeine Hinweise gegeben werden können (vgl. Kap. 6). Die Erfassung der Biotoptypen sowie vegetationskundliche und tierökologische, ggf. auch bodenkundliche, sedimentologische und limnologische Untersuchungen sind Teil der ökologischen Begleituntersuchungen, die sich auch auf die ökologische Baubegleitung (vgl. Kap. 4.3.12) sowie auf die Erfolgskontrolluntersuchungen (vgl. Kap. 4.3.14) erstrecken.

Umfang und Aufwand der Untersuchungen sollten in einem angemessenen Verhältnis zur Größe und Komplexität der Maßnahme sowie zum Risiko einer unerwünschten Entwicklung (Nicht-Erreichen der Ziele, nachteilige Nebeneffekte) stehen. Beispielsweise kann man sich bei kleineren Maßnahmen, die den Charakter von vielfach erprobten Unterhaltungsmaßnahmen tragen oder die im Rahmen von Pflege- und Entwicklungsplänen erfolgen, auf das Aufmaß und die Darstellung der Biotoptypen beschränken.

4.3.8. Defizitanalyse und -bewertung

Die ökologischen Defizite ergeben sich grundsätzlich für je des hydromorphologische und biotische Merkmal aus dem **Vergleich** des **Ausgangszustands** mit dem konkreten **Leitbild** (Referenz). Da die Ergebnisse je nach Art der Erhebung oder Messung unterschiedlich skaliert sind, werden sie analog zur Vorgehensweise der WRRL⁷⁹ anhand einer **fünfteiligen Punkteskala** normiert. Dabei bedeutet die Note 1 „keine Abweichungen zur Referenz“ und die Note 5 „sehr große Abweichungen zur Referenz“. Die Einschätzung kann durch Expertenurteil vorgenommen und in einer Übersichtsmatrix dargestellt werden. **Kriterien** der Nähe zum Referenzzustand sind beispielsweise

- natürliche Uferlinienführung (d. h. ohne wasserseitige Einbauten oder Geländeeinschnitte wie Hafenbecken o.ä.),
- natürliches Relief (d. h. ohne Aufschüttungen, Abgrabungen und künstliche Befestigungen),
- natürliches Substrat in standortgerechter Ausprägung (Korngrößenverteilung der Sedimente, Bodenentwicklung, Torfbildungen u. a.),

⁷⁹ Vgl. Anh. V Tab. 1.2 WRRL; N.N. (2003c).

- Fetch-typischer Wellenenergieeintrag (d. h. ohne Modifikation durch Schiffsverkehr, Wellenbrecher o. ä.), naturnah belassene Strömungsmuster in der Flächwasserzone (d. h. ohne wasserseitige Einbauten),
- Flächenanteil natürlicher und naturnaher Biotoptypen (lt. regionalem Biotop typenkatalog) sowie ergänzend Flächenanteile der natürlichen und naturnahen Pflanzengesellschaften,
- Vorkommen bzw. Abundanz von typischen Leitarten (Makrozoobenthos, Makrophytobenthos, [Jung-]Fische, ausgewählte terrestrische Wirbellosen-Taxa, Vögel, ggf. Amphibien, Reptilien, Säuger),
- Potenzial zur eigendynamischen Entwicklung (Ufermorphologie, Feststoffhaushalt, Vegetation),
- typische Verbindung zu naturnahen Biotopen im Hinterland,
- weitgehendes Fehlen von Beeinträchtigungen durch Nutzungen (einschl. Freizeitnutzungen).

Auf diese Analyse-Schritte folgen die naturschutzfachliche und die gewässerschutzfachliche Bewertung, in der die Einzelergebnisse entsprechend der zugeordneten Funktionen unterschiedlich gewichtet werden, wobei weitere fachliche Bewertungen der Fischerei, Denkmalpflege u. a. beigezogen werden können. Die **Gesamt-Bewertung** sollte angesichts der unterschiedlichen Herangehensweise der einzelnen Fachgebiete (z. B. Naturschutz: BASTIAN & SCHREIBER 1999, BERNOTAT et al. 2002b, KNOSPE 2001, THEOBALD 1998, USHER & ERZ 1994) nicht formal, sondern verbal-argumentativ erfolgen.

4.3.9. Renaturierungspotenzial, Zielsetzungen

Durch die Defizitanalyse wurde dargestellt, wo in sachlicher und räumlicher Hinsicht die für die aktuelle ökologische Gesamtsituation entscheidenden Defizite liegen, die im Zuge der weiteren Planung beseitigt werden müssen. Allerdings wird sich in den meisten Fällen der Referenzzustand auf absehbare Zeit nicht vollständig wiederherstellen lassen, weil

- die angestrebte Ökosystementwicklung eine zu lange Zeit beansprucht (z. B. die Entwicklung eines Uferwaldes mit naturnaher Baumarten- und Altersklassenstruktur),
- hydromorphologische Strukturen (z. B. Ufermauern) und Nutzungen (z. B. Bootsliegeplätze, Badebetrieb) erhalten bleiben,
- weitere durch den Menschen modifizierte Randbedingungen (z. B. hydrologisches Regime, trophischer Zustand des Wasserkörpers) unveränderbar sind, oder
- der Aufwand unverträglich ist (zu hohe Kosten, zu hohes Risiko der Ziel-Verfehlung, zu hohe Rechtsrisiken u. a.).

Vor diesem Hintergrund wird das „Wünschbare“ auf das „Machbare“, das Renaturierungspotenzial eingeschränkt. Das **Renaturierungspotenzial** berücksichtigt alle Strukturen, Nutzungen und Beeinträchtigungen, die auch nach Umsetzung der Maßnahmen erhalten bleiben können, außerdem alle rechtswirksamen Planungen, nicht jedoch Nutzungsansprüche, die eventuell zukünftig an die renaturierte Fläche herangetragen werden (Folgenutzungen, z. B. Ausweitung von Freizeitnutzungen).

Allgemeines **Ziel der Umsetzungsplanung** ist es, das Renaturierungspotenzial möglichst weitgehend auszuschöpfen. Die Teilziele für jedes hydromorphologische und biotische Merkmal ergeben sich aus der Defizitanalyse, der Bewertung und den nicht veränderbaren Randbedingungen. Es sind also für jede Komponente die Fragen:

- Wie bedeutend ist das Defizit für die gesamte ökologische Situation?
- Welche Priorität kommt der Behebung des Defizits unter dem Aspekt der Zielerreichung zu?

- In welchem Umfang kann das Defizit unter Beachtung der Randbedingungen behoben werden?

zu beantworten. Typische Zielsetzungen beziehen sich auf

- Wellen- und Strömungsverhältnisse, Feststoffhaushalt (Erosion, Akkumulation),
- Uferrelief (Stabilität von Erosionskanten, Reliefausgleich vor Ufereinbauten),
- Ufersubstrat (als Lebensraumbestandteil für Biozönosen v. a. im Sub- und Eulitoral),
- uferparallele und ufernormale Durchlässigkeit (z. B. für extrusives Grundwasser, Fließgewässer) bzw. Durchwanderbarkeit (z. B. für Wirbellose, Fische, Amphibien),
- Wiederherstellung oder Förderung strukturbildender Pflanzenbestände (Unterwasserpflanzen, Röhrichte, Ufergehölze),
- Wiederherstellung oder Förderung der eigendynamischen Entwicklung (Feststoff-, Morpho- und Vegetationsdynamik).

Weitere Zielsetzungen können hinzutreten, beispielsweise

- der Erhalt von Unterwasser-, Boden- und Baudenkmalen,
- die Verbesserungen der naturverträglichen Erholung,
- die ästhetische Verbesserung des historischen Orts- oder des Landschaftsbildes,

In vielen Fällen gehört die **Bereitstellung des Raumbedarfs** für naturnahe Entwicklungen zu den Voraussetzungen einer erfolgreichen Renaturierung. Darunter ist u. a. die raumordnerische (z. B. Vorrangflächen), wasserrechtliche oder naturschutzrechtliche Ausweisung von Flächen⁸⁰ im Planungsgebiet bzw. seiner Umgebung zu verstehen, in denen die eingangs genannten Ziele einschließlich der eigendynamischen Entwicklung Vorrang haben.

4.3.10. Umsetzungsplanung, Auswahl der Renaturierungstechniken

Nachdem die Zielsetzungen und das Renaturierungspotenzial dargestellt worden sind, kann mit der wasserbautechnischen, ingenieurbioologischen und landschaftsbaulichen Umsetzungsplanung begonnen werden. Hier ist zunächst eine **Auswahl geeigneter Verfahren** zu treffen, die gewöhnlich stark von den Ausgangsbedingungen, den Zielsetzungen und unveränderlichen Randbedingungen, aber auch von den zur Verfügung stehenden Ressourcen (Personal, Baugeräte, Geldmittel, Zeit) abhängt (Einzelheiten in Kap. 5). Häufig sind mehrere Verfahrensweisen erfolgversprechend, so dass sich die **Erstellung verschiedener Planungsvarianten** empfiehlt. Eine dieser Planungsvarianten sollte die Null-Variante sein („Was würde passieren, wenn man nichts tut?“). Vor dem Hintergrund der Null-Variante ist derjenigen Planungsvariante der Vorzug zu geben, die das Renaturierungspotenzial mit dem geringsten Ressourcenaufwand ausschöpft.

4.3.11. Zusammenstellung der Antragsunterlagen

Wenn das Renaturierungsvorhaben nicht als wasserrechtliche Unterhaltungsmaßnahme (DE) bzw. Instandhaltungsmaßnahme (AT) einzustufen ist oder nicht im Rahmen von naturschutzrechtlichen

⁸⁰ z. B. Gewässerrandstreifen [DE, AT] bzw. Gewässer- und Uferschutzgebiete [Stmk, AT].

Pflege- und Entwicklungsplänen erfolgt, ist gewöhnlich ein wasserrechtlicher Antrag auf Planfeststellung ([DE]; Bewilligung [AT], Bau- oder Ausnahmegewilligung [CH]) erforderlich.

Inhalt und Umfang der **Unterlagen**, die für das **Wasserrechtsverfahren** einzureichen sind, richten sich nach den jeweiligen Vorschriften und Richtlinien der Länder und Kantone⁸¹ oder der zuständigen Wasserbehörden. Die Wasserbehörden stellen vielfach entsprechende Formulare und Anleitungen bereit. Häufig werden zudem vorbereitende Gespräche mit den Genehmigungsbehörden zur Gestaltung der Unterlagen empfohlen. Die Antragsunterlagen bestehen aus Plänen und einem Erläuterungsbericht (DE, AT) bzw. einem Technischen Bericht (CH). Ein nicht erschöpfender Katalog ist in Tabelle 1 dargestellt.

Wenn zusätzlich Bauwerke (z. B. Ufermauern, Gebäude, Hafen- und Steganlagen) in die Uferrenaturierung integriert werden oder mit wassergefährdenden Stoffen (z. B. Treibstoffe der Baumaschinen) umgegangen wird, sind **zusätzliche Anforderungen** zu erfüllen (z. B. Stand sicherheits-, Eignungsnachweise).

Tabelle 1: Übersicht der für ein Wasserrechtsverfahren (Gewässerausbau i. S. einer Uferrenaturierung) darzustellenden Informationen (DE).

	Darzustellende Informationen	Anmerkungen
Erläuterungsbericht	Vorhabensträger	Antragsteller, beteiligte Planer und Gutachter
	Lagebeschreibung des Vorhabens	Lage im Raum; Lage bzgl. bestehender Nutzungen, Schutzgebiete, genehmigter Planungen (z. B. Bauleitplanung)
	Anlass des Vorhabens	Initiative zur Planung (z. B. naturschutzrechtlicher Ausgleich oder Ersatz); Interessen und Positionen der Beteiligten (Fachbehörden, Grundeigentümer und Inhaber von Rechten, Naturschutzvereinigungen)
	rechtliche und planerische Grundlagen	Grundsätze und Ziele der Fachgesetze (Naturschutz, Gewässerschutz) sowie der Grundsätze, Ziele und Vorgaben der Raumordnung(spläne)
	Ist-Zustand	hydrologische bzw. hydrodynamische (Wellen, Strömungen), morphologische u. geologische Grundlagen, tatsächliche Flächennutzungen; Biotoptypen und Vegetation (jeweils mit Angabe der Informationsquelle); Bedeutung für die (naturverträgliche) Erholung und das Landschaftsbild
	Nutzungen	vorhandene bzw. genehmigte Gewässerbenutzungen (z. B. Wasserentnahmen, Einleitungen); private und öffentliche Nutzungen (z. B. gewerbliche, Wassersport-, Erholungsnutzungen) sowie Gemeindegebrauch
	Art, Umfang und Durchführung des Vorhabens	planerische Alternativen (einschl. Null-Variante) mit Angabe der Vor- und Nachteile, gewählte Lösung mit Begründung (Flächenbilanz der Biotoptypen, Materialbilanz bei Aufschüttungen bzw. Abbruch, Reliefänderungen); Durchführungsmerkmale, Angaben zur ökologischen Baubegleitung
	Auswirkungen des Vorhabens	v. a. Abflussgeschehen, Wasserbeschaffenheit, Gewässerbett und Uferstreifen, Grundwasserleiter, bestehende Gewässerbenutzungen, Gewässerökologie, Natur und Landschaft, Landwirtschaft, Forstwirtschaft und Fischerei, öffentliche Sicherheit und Verkehr, bestehende Rechte von Anliegern oder Hinterliegern
	Rechtsverhältnisse	Unterhaltungspflichten; Ergebnisse von Raumordnungsverfahren u. ä.; genehmigte Planungen (u. a. Bauleitplanungen); privatrechtliche Verhältnisse der betroffenen Grundstücke und Rechte; erforderliche Beweissicherungsmaßnahmen (ggf. mit Hinweis auf geforderte Nutzungsänderungen)
	Abstimmungsergebnisse	Liste der Planungsbeteiligten (einschl. Planer und Gutachter); Liste der Besprechungstermine; Darstellung der schriftl. Stellungnahmen Privater und ggf. der Träger öffentlicher Belange; Übersicht der Besprechungsergebnisse
	Ziele und Erfolgskontrolle des Vorhabens	angestrebter Endzustand; voraussichtliche Entwicklungsdauer; erforderliche Nachsorge- und Unterhaltungsarbeiten (Managementplan); vorgesehene Erfolgskontrolluntersuchungen (Art, Umfang, Zeitraum, Untersuchungstiefe, Finanzierung)

⁸¹ z. B. Bayern: REWas 1983, WPBV 2000; Kt. Luzern: § 2 WBV Kt. Luzern; Kt. Bern: Art. 14 WBV Kt. Bern.

Tabelle 1 (Fortsetzung)

	Darzustellende Informationen	Anmerkungen
Pläne	Übersichtslageplan	M 1:25.000 oder 1:50.000; darin einzutragen u. a. die Grenzen der Gemeinde(n), der festgelegten Überschwemmungsgebiete, der Naturschutzgebiete, der in den Regionalplänen festgelegten Vorrang- und Vorbehaltsgebiete, der Verkehrsanlagen u. ä., der Bau- und Bodendenkmale
	Lageplan	M 1:2.500 od. 1: 5.000 mit Höhenlinien; darin einzutragen u. a. Grundstücke m. Flurstücksnummern, Festpunkte, Schnittlinien, Bohr- u. a. Untersuchungsstellen, Abwassereinleitungsstellen u. a. für das Vorhaben bedeutsame Gegenstände
	Baupläne	Grundrisse und Schnitte, M 1:100 bis 1:250; darin einzutragen: Ist-Zustand u. Planzustand (jeweils mit MMW-, MHW- und MNW-Linie), zu entfernenden und neu zu errichtenden Anlagen, Detaildarstellungen (v. a. Übergänge zu Anlagen, Fließgewässereinmündungen u. Einleitungsstellen)
	Landschaftspflegerischer Ausführungsplan	Bepflanzungsplan mit der Einsaaten, Stauden- und Gehölzpflanzungen mit Angabe der Herkunft des Materials (autochthone Sippen); Soll-Höhe der anzupflanzenden Gehölze
	Grundstücks- und Rechtsverzeichnis	Grundstücke, auf denen das Vorhaben ausgeführt wird oder die davon betroffen sein könnten, Liste der Inhaber von Rechten einschl. Fischereiberechtigte; ggf. Grunderwerbsplan
Ergänzende Unterlagen	Gewässerpläne	Übersichtslängsschnitte und Regelschnitte mit Angabe der Gewässer- sohle und der Hauptwerte des Wasserspiegels, M 1:100 bis 1:1000
	Hydraulische Nachweise	wasserwirtschaftlichen Grundlagen der Berechnungen, hydrologische Auswirkungen des Vorhabens, insbesondere auf den Hochwasserabfluss, den Hochwasserrückhalteraum oder das Abflussgeschehen
	Kostenschätzung, Kostenbeiträge	Kosten für Baumaßnahmen, Nachsorge u. Unterhaltung, Erfolgskontrolluntersuchungen; Kostenbeiträge der Unterhaltsverpflichteten u. a. Beauftragter
	Dokumentation des Ist-Zustands	Fotos, Handskizzen, Begehungsprotokolle usw.
	Gutachten	Übersichtsliste der Fachgutachten; Wiedergabe der Zusammenfassungen bzw. Empfehlungen der Gutachten
	Schriftverkehr, Stellungnahmen	Dokumentation des Schriftwechsels, z. B. mit Einspruchsberechtigten, Stellungnahmen der Vertreter öffentlicher Belange (v. a. wenn eine Plangenehmigung angestrebt wird)

Die Unterlagen einschließlich der Originale (z. B. Gutachten) sollten in digitaler Form (mindestens als PDFs, sofern sinnvoll als CAD- bzw. GIS-verarbeitbare Datensätze) vorliegen und archiviert werden. Hinsichtlich der Ausführlichkeit und der **Archivierung der Unterlagen** sind die späteren Erfolgskontrolluntersuchungen zu berücksichtigen, da diese einen Bezug zu dem Ausgangszustand herstellen müssen, der dann nicht mehr existiert und folglich vorher gut dokumentiert sein muss (vgl. Kap. 6).

Der Katalog der Tabelle 1 bezieht sich gedanklich auf größere, komplexe Maßnahmen innerhalb besiedelter Gebieten mit vielfältiger Nutzungsstruktur. Wenn das geplante Vorhaben kleiner und die Gesamtsituation einfacher strukturiert ist, können einzelne Punkte eventuell mit knappen Erläuterungen abgetan werden.

4.3.12. Umsetzung und ökologische Baubegleitung

Um die Renaturierungsziele verwirklichen zu können, bedarf es geeigneter Umsetzungswerkzeuge, die zu meist aus der Landschaftspflege bzw. dem Landschaftsbau sowie aus dem naturnahen Wasserbau an Fließgewässern stammen; teils sind sie den Ansätzen des technischen und integrierten Küstenschutzes entlehnt (Einzelheiten vgl. Kap. 5).

Die Umsetzung des Vorhabens liegt v. a. in den Händen des Planers bzw. der Bauleitung und der beauftragten Landschafts- und Wasserbau-Unternehmen. Während der **Umsetzung** treten häufig kleinere **Probleme** auf, die die ökologischen Zielsetzungen berühren, und die unter Beteiligung von Ökologen gelöst werden müssen. Vor diesem Hintergrund empfiehlt sich eine ☞ökologische Baubegleitung (DE: BUSKE & RAABE 1999, KÜHNERT 2004) bzw. Umweltbaubegleitung (CH: BRUNNER & SCHMIDWEBER 2007, VSS-NORM UMWELTBAUBEGLEITUNG 2002) oder ökologische Bauaufsicht [AT⁸²], die zugleich Teil der ökologischen Begleituntersuchungen ist. Zu den Aufgaben der ökologischen Baubegleitung gehört auch die Dokumentation (Protokolle, Skizzen, Fotos) der Maßnahmen, die für die Erfolgskontrolle (vgl. Kap. 4.3.14), eventuell aber auch darüber hinaus (z. B. für Gewährleistungsfragen) von Bedeutung ist.

4.3.13. Managementplan

Im Verlauf von oder im Anschluss an Renaturierungsvorhaben sind oft **begleitende Maßnahmen** oder **dauerhafte Unterhaltungsmaßnahmen** notwendig, die bereits bei der Planung berücksichtigt werden müssen. Dabei handelt es sich beispielsweise um

- die Information der Öffentlichkeit (Ortsbegehung, Informationsblatt, Pressenotiz, Informationstafel, Verbotshinweise u. a.),
- die Einzäunung von Pflanzungen (Betretungsschutz, Fraßschutz, mechanischer Schutz) und die spätere Entfernung der Zäune,
- regelmäßige Abfall- und Treibguträumung,
- regelmäßigen Pflegeschritt von Gehölzen, Röhrichtern, Mahd bzw. Rückschnitt von unerwünschten Gehölz-Ansammlungen (z. B. Weiden), Hochstauden- bzw. Neophyten-Beständen (z. B. Goldrute, *Solidago canadensis*, asiatische Staudenknöterich-Arten, *Fallopia japonica*, *F. sachalinensis*);
- Kontrolle von erlaubten und von nicht erwünschten Nutzungen.

Die jeweils erforderlichen Maßnahmen und Kontrollen einschließlich einer Kostenschätzung sollten in einem **Managementplan** festgehalten werden.

4.3.14. Erfolgskontrolle und Monitoring

Untersuchungen zur Erfolgskontrolle sind ein weiterer Baustein der ökologischen Begleituntersuchungen (Kap. 6). Sie dienen nach Umsetzung der Renaturierungsmaßnahme der ☞**Herstellungskontrolle** (Umsetzung der Maßnahme nach Art und Umfang im Sinne einer Bauabnahme) und der ☞**Funktionskontrolle** (Zielerreichungsgrad einer Maßnahme in Bezug auf das Renaturierungsziel) (KÖPPEL et al. 2004 [DE]).

Funktionskontrollen werden zweckmäßigerweise anhand der gleichen hydromorphologischen und biologischen Merkmale durchgeführt, die auch für die Beschreibung des Ausgangszustands und für die Defizitanalyse herangezogen wurden. Die methodischen Ansätze sind ähnlich denen der naturschutzrechtlichen Eingriffsregelung (KAISER et al. 2002, S. 274, BERNOTAT et al. 2002 a [DE]), und denen in Pflege- und Entwicklungsplänen (BLAB et al. 1994; SCHERFOSE 1994, WEY et al. 1994 [DE]). Die

⁸² Vgl. z. B. § 50 Abs 3 Sbg NSchG; § 47 Kmt NSG.

Zeitskala ist je nach untersuchender Komponente sehr unterschiedlich: Die Besiedlung mit Makrophyten, aquatischen Wirbellosen und terrestrischen Bodenarthropoden kann oft schon nach wenigen Monaten vollendet sein, die Ansiedlung seltener Strand- und Uferpflanzen dauert mehrere Jahre und der Etablierungserfolg von Röhrichten und Ufergehölzen sowie die eigendynamische Entwicklung kann u. U. erst nach fünf bis zehn Jahren beurteilt werden. Ausserdem muss an die Möglichkeit „schleichender“ Veränderungen (z. B. bei der Feststoffbilanz) gedacht werden. Hier ist ein (ökologisches) Monitoring anzuraten (HURFORD & SCHNEIDER 2006), das den Entwicklungstrend identifizieren kann.

Bisher wurde die Erfolgskontrolle landschaftspflegerischer Maßnahmen vielfach gefordert, aber wenig praktiziert (BLAB et al. 1994, WIEGLEB et al. 2002, S. 322). Es liegt in der Verantwortung der zuständigen Behörden, notwendige Erfolgskontrollen schon bei der Genehmigung eines Vorhabens zu vereinbaren und ggf. auch Nachbesserungspflichten im Genehmigungsbescheid zu verankern.

5. Seeuferrenaturierung: Arbeitsweisen

5.1. Nutzungsextensivierung und Besucherlenkung

Wenn die Degradationsursache eines Uferabschnitts vorwiegend in der zu hohen Nutzungsintensität (zumeist **Wassersport- bzw. Freizeitnutzungen**) liegt (OSTENDORP 2009), kann eine Nutzungsextensivierung in Betracht bezogen werden (Abb. 5).



Abbildung 5: Nutzungsdruck durch Freizeitverkehr und Nutzerlenkung. Links: unregelmäßige Badesstelle auf einer Renaturierungsfläche (Bregenz, Bodensee-Obersee); rechts: Besucherleitsystem am Rande derselben Renaturierungsfläche (Bregenz, Bodensee-Obersee).

Das Gebiet kann für den Publikumsverkehr unattraktiv bzw. unzugänglich gemacht werden, so dass die Besucherfrequenz zurückgeht. Mögliche Maßnahmen der **Besucher(weg)lenkung** sind

- Schließung von ‚wilden‘ Parkplätzen mit entsprechenden Parkhindernissen und Verbotshinweisen,
- Umleitung von Uferwegen,
- Anpflanzung von Hecken und Dornsträuchern,
- Anlage von Wassergräben,
- Informations tafeln, Verbotshinweise,

und andere (ARNBERGER 2003, HINTERSTOISSER et al. 2006). Eine Einzäunung ist oft nicht notwendig.

5.2. Erosionsschutzmaßnahmen

5.2.1. Problemlage

Die Erosion des Seeufers in der Wasserlinie oder auf der Uferplattform ist das Ergebnis eines zumindest lokalen Feststoffbilanz-Ungleichgewichts, indem mehr Sediment aus der betrachteten Fläche verschwindet als ihr zugeführt wird. Die ufermorphologischen Veränderungen können deutlich sichtbar sein (z. B. **Klifferosion**) oder sich nur durch spezielle Untersuchungen erschließen (**Flächenerosion**). Grundsätzlich ist die Seeufererosion ein natürlicher Vorgang, der vor allem deswegen zu Problem wird, weil er Nutzungsinteressen berührt. Klifferosion kann Ufermauern und Gebäude gefährden, Flächenerosion legt Baufundamente und die Reste vor- und frühgeschichtlicher Kulturschichten frei, Hafenzufahrten verschlammen durch die Ablagerung der erosiv mobilisierten Sedimente, Strandbäder sind nur noch eingeschränkt nutzbar.

5.2.2. Ursachenanalyse

Die Erosion naturnaher Ufer kann durch **menschliche Eingriffe** verstärkt oder lokal hervorgerufen werden, beispielsweise durch

- Schaffung von Sedimentfallen (sublakustrische Baggerlöcher, ausgetiefte Hafenbecken oder Zufahrtsrinnen, strömungsabgewandter Teil von Buhnen),
- Verminderung der Sedimentzufuhr (Erosionsschutzmaßnahmen an Hängen sowie im Hinterland und in den Deltas der Zuflüsse; Versiegelungen und Siedlungsentwässerung),
- Seespiegeländerungen (v. a. Absenkungen)
- Uferschutzmaßnahmen an anderer Stelle (Ufermauern in dem der Uferlängsströmung zugewandten Bereich)
- (lokale) Erhöhung des Wellenenergieeintrags (sublakustrische Baggerlöcher, Schifffahrt)

(DITTRICH & WESTRICH 1988, HUBER 1993, ISELI 1993, MORET 1982). Erosion kann auch in unmittelbarer Umgebung von Uferaufschüttungen oder -einbauten wirksam werden, die deswegen häufig mit beträchtlichem wasserbaulichen Aufwand geschützt werden.

Die genannten **Mechanismen** sind hauptsächlich aus dem marinen Bereich bekannt (z. B. BIRD 1996, CARTER 1988, KRAUS & MCDUGAL 1996), während gesicherte Beobachtungen, Transport- oder Bilanzmessungen an Binnenseen weitgehend fehlen (vgl. aber SCHLEISS 2006). Im konkreten Fall ist eine zuverlässige Ursachenanalyse mit vertretbarem Aufwand oft kaum möglich, da in der Regel ver-

schiedene Faktorenkomplexe untersucht werden müssen. Häufig bleibt es bei mehr oder weniger plausiblen Vermutungen.

5.2.3. Lösungsansätze im Rahmen von Uferrenaturierungen

Die Lösungsansätze, die unter praktischen Gesichtspunkten in Frage kommen, greifen entweder bei der **Wellenbelastung** als dem Motor der Sedimentbewegung und des Sedimenttransports oder direkt bei der Beeinflussung des **Feststoffhaushalts** an.

Der Wellenenergieeintrag kann durch **Wellenbrecher** herabgesetzt werden, womit sich die Erwartung verknüpft, dass die verbleibende Wellenenergiedichte nur noch geringe Sedimentmengen mobilisieren kann. In Frage kommen:

(a) Schwimmende Wellenbrecher:

Vertikal bewegliche, am Seegrund verankerte und untereinander verbundene Schwimmkörper, die in einiger Entfernung parallel zur Uferlinie installiert werden: Durch die Massenträgheit der Körper wird ein Teil der Wellenenergie in Bewegungsenergie umgesetzt. Die Wellenbrecher können aus massiven Holzbalken, durchlochten, plattenartigen Schwimmkörpern oder Containern bestehen, die mit Sumpfpflanzen bepflanzt oder als Brutplätze für Watvögel hergerichtet werden (Schwimmkampen). Wirkungsvolle Anlagen müssen recht groß dimensioniert werden und wirken daher eher als Fremdkörper in der Uferlandschaft. Wellenbrecher aus Leichtmetall oder Beton, die zugleich als Schwimmstege und Bootsanleger dienen, werden von mehreren Herstellern vertrieben (Abb. 6).

(b) Starre undurchlässige Wellenbrecher:

Lang gestreckte, schmale Dämme aus groben Decksteinen, die in einiger Entfernung parallel zur Uferlinie installiert werden: Da der größte Teil der kinetischen Energie in der Nähe des Ruhewasserspiegels transportiert wird, ist auch dort die Effizienz des Wellenbrechers am größten, so dass die Krone gewöhnlich bis zum Hochwasserspiegel aufgeschüttet wird (Abb. 7). Die Dämme sind damit weithin sichtbar und werden, um den landschaftsfremden Charakter zu mindern, oft zu Inseln erweitert, deren



Abbildung 6:

Schwimmende Wellenbrecher. Links: schwimmende Bootsstege; zu erkennen ist, dass die Wellenhöhe im Lee der Stege geringer ist als im Luv (Vättern b. Motala, Schweden; Foto: SF Marina Deutschland GmbH, Hamburg); rechts: Schilfschutz bei Altenrhein am Bodensee-Obersee (Schwimmkörper mit Treibgut-Fanggittern (Aufnahme bei herbstlichem Niedrigwasser).

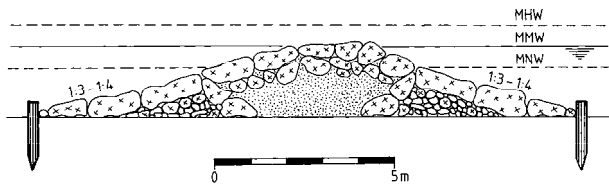


Abbildung 7: Wellenbrecher. Links: Bauprinzip, Querschnitt (Kern z. B. aus inertem Bauaushub, Deckschicht aus Wasserbausteinen, MHW, MMW, MNW – mittlere Hochwasser-, Mittelwasser-, Niedrigwasserlinie); rechts: parallel versetzte Wellenbrecher mit Durchlässen am Bregenzer Ache-Delta in den Bodensee (Aufnahme bei Niedrigwasser).

Zentralbereich als Nist- oder Rastplatz für Vögel dient oder mit Röhrichtern oder Gehölzen bepflanzt wird. Besonders langgestreckte, durchgehende Wellenbrecher von 1,5 km Länge wurden im Rhône-Delta im Genfer See installiert (MATTHEY 2006).

(c) Starre, durchlässige Wellenbrecher (Palisaden, Lahnungen):

Palisaden sind durchlässige (Holz-)Pfähldreihen, die in einiger Entfernung in den Seegrund geschlagen werden. Die dicht hintereinander liegenden Reihen sind „auf Lücke“ gesetzt, so dass sie einen großen Teil der Wellenenergie dissipieren, aber dennoch einen gewissen Wasseraustausch ermöglichen (Abb. 8). Lahnungen bestehen nur aus zwei Pfähldreihen, deren Zwischenraum an der Basis mit quer liegenden und oben mit parallel liegenden Faschinenbündeln ausgefüllt ist. Aufgrund ihrer Durchlässigkeit wird die Wellenenergie nur teilweise dissipiert. Lahnungen und Palisaden werden mit natürlichen Baustoffen errichtet und wirken daher weniger „technisch“, erfordern aber einen höheren Unterhaltungsaufwand (Abbildung 9). Beide haben möglicherweise einen positiven Effekt als Unterstand und Schutzraum für Jungfische. Lahnungen wurden beispielsweise an der Havel in Berlin und am Bieler See (CH) eingebaut (ISELI 2007b), teilweise aber wegen des hohen Unterhaltungsaufwands wieder ab-



Abbildung 8: Palisaden. Links: Rammen von Palisaden am Großen Müggelsee, Berlin (Foto M. Krauß); rechts: Einrichtung einer Schilfpflanzung am Gr. Plöner See, die durch Palisaden und einen Zaun geschützt wird.

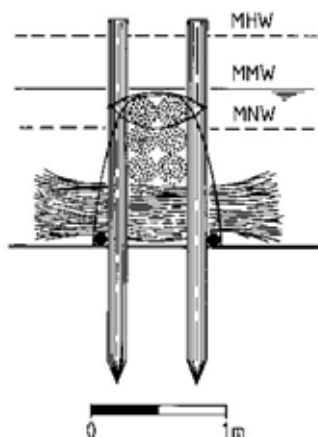


Abbildung 9: Links: Bauprinzip, Querschnitt (Doppelpfahlreihe, zuunterst die Querschicht, darüber sechs Längsfaschinen, die an den Pfählen verdrillt sind); rechts: Lahnungsbau an der Unterhavel, Berlin (Foto M. Krauß).

gebaut. Am Fuß von Palisadenreihen kommt es oft zu Auskolkungen, die das Bauwerk i. d. R. aber nicht gefährden, wenn die Pfähle tief genug eingeschlagen sind (GRÜTTNER 2005, vgl. Kap. 7).

Alternativ oder zusätzlich zur Verminderung des Wellenenergieeintrags kann auf direkte Weise die **Feststoffbilanz** beeinflusst werden, indem die fehlenden Sedimentmengen künstlich zugeführt werden oder die **Sedimentmobilisierung** in Sohlnähe herabgesetzt wird. Im letzteren Fall ist zu unterscheiden, ob eine Kliffkante oder die Uferplattform vor weiterer Erosion gesichert werden soll.

(d) Strandauffüllungen:

Die fehlenden Sedimentmengen werden in annähernd natürlicher Qualität und Korngrößenzusammensetzung künstlich in die Uferabschnitte eingebracht, aus denen sie vorher durch Flächenerosion abgeführt wurden. Diese Methode ist vornehmlich an marinen Flachküsten gebräuchlich (DEAN 2003). In Binnenseen wird zu meist nur im Zusammenhang mit Strandbaud-Auffüllungen davon Gebrauch gemacht, wobei die Ursachen der Materialverluste hier aber andere sein können. Ein verwandtes Beispiel ist die Auffüllung von Unterwasser-Baggerlöchern, wodurch die ursprüngliche Flachwasserzone wieder hergestellt werden soll (vgl. Urner See in Kap. 7).

(e) (Künstliche) Sedimentationszellen:

Die Bereiche der Uferplattform, in denen die Sediment-Ablagerung im Vergleich zur Erosion gefördert werden soll, können mit einem engmaschigen Netz aus niedrigen Flechtzäunen oder mit Schüttstein- oder Geröllriegeln umgeben werden. Dadurch erhöhen sich die Rauheitsverluste bodenaher Scherkräfte bzw. der auf die Körner der Sedimentoberfläche einwirkenden Schubspannungen. Außerdem stellen solche Einbauten ein mechanisches Hindernis für den Sohltransport dar. An einem wellenexponierten Bodensee-Ufer wurden ca. 0,2 m hohen Zäune aus Kokosgewebe an Holzpfählen befestigt und zu rautenförmigen Kassetten von ca. 2,5 m Größe angeordnet (Abb. 10). Obschon das Kokosgewebe nach wenigen Jahren durch den Wellengang stark beschädigt war, sammelte sich anorganisches Sediment in den Kassetten, die in der Folge rasch von Schilf überwachsen wurden.



Abbildung 10: Sedimentationskassetten. Links: Anlage zum Schutz eines Schilfbestands, an kurze Pfähle genagelte Bänder aus Kokosgewebe; rechts: Detail, ein Jahr später, einige Kassetten sind mit Sediment verfüllt (Obermaurach, Bodensee-Obersee bei winterlichem Niedrigwasser).

(f) Sedimentabdeckung:

Erosionsgefährdete Bereiche der Uferplattform oder der Uferböschung können flächig mit erosionsstabilerem Material (Grobsediment, Geotextil) abgedeckt werden. Eine Abdeckung mit einem dünnen Schleier aus Grobsedimenten (Kiese, Gerölle) erfordert jedoch einen technischen Aufwand, wenn nicht trocken eingebaut und korrigiert werden kann. Am Bodensee wurden für den Einbau unter Wasser Pontons mit einer jalousieartigen Verladeplattform eingesetzt, um eine definierte Fläche, in diesem Fall erosionsgefährdete Unterwasserdenkmale, in sehr gleichmäßiger Mächtigkeit abzudecken (KÖNINGER & SCHLICHTERLE 2000, 2006). Im Reuss-Delta (Uner See, vgl. Kap. 7) wurden dagegen die üblichen Kiese-Klappschiffe verwendet, was zu einem sehr unruhigen Relief führte. Zur Abdeckung kann man auch Bahnen von Geotextilen ausbringen, die an Baustahlmatten fixiert gleichmäßig abgesenkt werden (Abbildung 11). Das Geotextil neigt allerdings zur Kolmation; dadurch können sich Faulgasblasen unter dem Textil bilden, die die Lagestabilität gefährden. Daher wurden am Bodensee Geotextilabdeckungen nachträglich mit Kies überdeckt. In jedem Fall entsteht eine Sedimentoberfläche mit veränderter Textur und damit auch einer veränderten Nutzbarkeit durch Unterwasserpflanzen, Makrozoobenthos und Fische (GRETZER & OSTENDORP 1997, LUBW 2008a).

(g) Sicherung der Uferböschung:

Erosionssicherungen an Kliffkanten bzw. Uferböschungen sollten in ingenieurbioologischer Bauweise (ÖWAV 2006, PATT et al. 2004, SCHIECHTL & STERN 2002, VEREIN FÜR INGENIEURBIOLOGIE 2006, ZEH 2004) ausgeführt werden. Hierzu zählen in der Reihenfolge steigender Erosionsbelastung u. a.

- Röhrichtpflanzungen, vornehmlich von Schilf (*Phragmites australis*) oder Rohrglanzgras (*Phalaris arundinacea*) aus frisch erworbenen oder gärtnerisch vorgezogenen Ballen und Vegetationsmatten, oder mit Rhizomen bestückte Totholz-Faschinen, die in den Untergrund eingegraben oder mit Pflocken oder Haken auf dem Untergrund befestigt werden,
- Weidenpflanzungen in Form von Steckstangen in geringer Entfernung hinter der Kliffkante oder als Lebend-Faschinen bzw. Lebend-Flechtzäune zur Sicherung des Böschungsfußes,

- Totholz-Flechtzäune oder Palisaden, die auf Höhe des Klifffußes eingebracht werden; sie werden mit geeignetem Sediment- oder Bodenmaterial hinterfüllt und zur dauerhaften Stabilisierung z. B. mit Weidensteckhölzern bepflanzt,
- Abdeckung der Kliffkante durch Stein- bzw. Geröllwurf (Schüttung) oder Steinsatz (Einzelverlegung), wobei der Untergrund durch eine Kiesfilterschicht bzw. ein Geotextil vor weiterer Ausspülung geschützt wird (Abb. 12); die Steinsetzungen können durch austriebfähige Weiden-Steckhölzer in Position gehalten werden.



Abbildung 11:

Erosionsschutz bei freigelegten vorgeschichtlichen Kulturschichten auf der Uferplattform des Bodensees. Links: erodierte Pfahlreste und Geröllpflaster in einer bronzezeitlichen Siedlung in Unteruhldingen (Bodensee, Überlinger See), die Pfähle waren bis vor wenigen Jahrzehnten von einer schützenden Sedimentschicht bedeckt; rechts: Forschungstaucher bei der Kontrolle der an Baustahlmatten fixierten Geotextilbahnen, die als Trennschicht zwischen Kulturschicht und Kiesauflage eingebracht wurden (Fotos J. Königer, terramare, Freiburg i. Br.).



Abbildung 12:

Böschungssicherung. Links: Unterspülung von Ufergehölzen am Bodensee-Obersee (Aufnahme bei winterlichem Niedrigwasser); rechts: Erosionssicherung an der Möhne-Talsperre aus Wasserbausteinen, Steinwalzen und Geotextilen.

5.3. Verminderung der Treibgut- und Faulschlamm-Anlandung

5.3.1. Problemlage

In vielen Alpenrandseen wird durch Hochwasser führende Zuflüsse **Schwemholz** eingetragen, das bei entsprechenden Windlagen in die Uferöffnungen gedrückt wird (Abb. 13). In eutrophen Seen können treibende **Fadenalgen- und Makrophytenwatten** ein Problem darstellen. In den wenig durchströmten Winkeln an der Wurzel von uferqueren Einbauten kann organischer Algen- oder Laubdetritus zur Ablagerung kommen. Die mechanischen Belastungen führen mitunter zu erheblichen Schäden an der Ufervegetation, indem Strand- und Sumpfpflanzenbestände mit Schlamm überdeckt oder Schilfröhrichte mechanisch geschädigt und zum Absterben gebracht werden. Hinzu kommt häufig eine Geruchsbelästigung der Anlieger und Badegäste.

5.3.2. Ursachenanalyse

Die Ursachen für ein erhöhtes Treibgutaufkommen liegen einerseits in der Eutrophierung, andererseits wahrscheinlich im Ausbau der Zuflüsse begründet, beides Faktoren, die im Rahmen einer Renaturierung nicht zu beeinflussen sind. Im Falle von Schlammablagerungen sind die veränderten Strömungsverhältnisse verantwortlich, die sich durch den Einbau ergeben haben.

5.3.3. Lösungsansätze im Rahmen von Uferrenaturierungen

Röhrichte und andere empfindliche semiaquatische Pflanzenbestände müssen durch robuste **Fangzäune** geschützt werden. Die Zäune werden mit Durchlässen versehen, damit der eingeschlossene Uferbereich nicht zur Falle für größere Fische und Schwimmvögel wird (Abb. 13). Wenn episodisch



Abbildung 13: Schwemholz und Treibgut-Schutzzäune. Links: Schwemholz im Bieler See vor einem Schilfbestand (Foto C. I. Seli); rechts: massive Schutzzäune vor einem gefährdeten Schilfbiet (Lindau, Bodensee-Obersee).

hohe Treibholzbelastungen zu befürchten sind, beispielsweise bei Hochwasserabflüssen, sollte das Material bereits auf dem See abgefangen und geborgen werden (Treibholzsperrern, Räumschiffe). An einigen Alpenrandseen werden entsprechende Kapazitäten ständig vorgehalten.

Bei Schlammablagerungen muss man sich damit behelfen, die Winkel mit anorganischem Sediment aufzufüllen, sodass der organische Detritus an der neuen Wasserlinie entlang in die Tiefe transportiert werden kann. Eine Entfernung des Bauwerks, das die Strömungsveränderungen verursacht, kommt meist nicht in Frage.

5.4. Ansiedlung, Schutz und Pflege von Uferpflanzenbeständen

5.4.1. Problemlage

Die meisten natürlichen Uferstrecken mitteleuropäischer Seen sind mit gürtelförmig angeordneten Biotopen gesäumt, die durch Unterwasserpflanzen (Makrophyten), Röhricht-, Strand-, Sumpf- und Feuchtgrünlandarten sowie Bruch- oder Auewaldgehölzen charakterisiert werden. Teils sind die Vegetationseinheiten natürlichen Ursprungs (z. B. Uferwälder), teils sind sie durch historische Landnutzungsformen (z. B. extensive Feuchtgrünlandbewirtschaftung) entstanden. Sie beheimaten eine Vielzahl gefährdeter Pflanzenarten und stellen Nahrung und Lebensraumstrukturen für eine teilweise hochspezialisierte Fauna bereit (OSTENDORP 1993, SCHMIDT 1996). Aufschüttungen, Überbauungen, Uferbefestigungen, intensive Nutzungen, Eutrophierung und Gewässerversauerung können zu einer Degradation oder Vernichtung bestimmter Vegetationseinheiten und der durch sie repräsentierten Biotoptypen sowie zu einem Verlust an Konnektivität der Biotope untereinander und mit dem Hinterland führen.

5.4.2. Ursachenanalyse

Die **Defizite** eines Uferstreifens werden daran sichtbar, dass im Vergleich zum Referenzufer bestimmte Biotoptypen Degradation aufweisen, in ihrer Flächenausdehnung unterrepräsentiert sind oder sogar fehlen.

In den meisten Fällen sind die **Ursachen** für Fachleute offensichtlich (s. o.), in anderen Fällen muss damit gerechnet werden, dass die Ursachen komplex sind und sich nicht unmittelbar erschließen (z. B. Röhrichtrückgang, OSTENDORP 1989) oder bereits eine Zeit zurück liegen (z. B. extreme Wasserstände, frühere Eutrophierungsphasen, aufgelassene Nutzungen). In den Fällen, in denen die ursächlichen **Faktoren** aktuell nicht mehr wirksam sind (z. B. die hohe, durch Eutrophierung hervorgerufene Wassertrübung als Ursache für die Verödung und flächenmäßige Einschränkung der Unterwasservegetation) oder im positiven Sinne beeinflusst werden können (z. B. Rückbau von Uferbauten, Extensivierung von Nutzungen, Restaurierung des Gewässers), ist eine **Wiederansiedlung** der Vegetationseinheiten bzw. ihrer dominanten, strukturbildenden Arten erfolgversprechend. In den anderen Fällen muss man sich darauf beschränken, das Renaturierungspotenzial durch Ansiedlung einer anderen standortgerechten Vegetation möglichst weit auszuschöpfen.

5.4.3. Lösungsansätze im Rahmen von Uferrenaturierungen

Die naturnahe Vegetation oder eine standortgerechte Ersatzvegetation kann durch den Schutz noch verbliebener Restbestände, durch künstliche Anbringung von Diasporen bzw. durch Anpflanzung sowie durch geeignete Pflegemaßnahmen (wieder-)hergestellt werden. Die jeweiligen Vorgehensweisen hängen vom Vegetationstyp ab:

(a) Unterwasserpflanzen:

Nach erfolgter Restaurierung oder Sanierung eines Gewässers (vgl. GRÜNEBERG et al. 2008) verbessert sich erfahrungsgemäß die Transparenz des litoralen Wasserkörpers, so dass größere Teile der Uferplattform von Unterwasserpflanzen besiedelt werden können. In solchen Fällen kommt es relativ rasch zu einer erfolgreichen Rekrutierung aus dem **autochthonen Diasporen-Vorrat** oder zu einer spontanen Einwanderung dieser Arten (VAN DEN BERG et al. 1999). Allerdings können auch unerwünschte, zur Massenentwicklung neigende oder neophytische Arten eindringen (Übersicht HILT et al. 2006). In anderen Fällen kann auch die arbeits- und kostenaufwändige Pflanzung oder die künstliche Einbringung von Diasporen mittels **Sedimenteinspülung** erfolgreich sein. Eine reiche Unterwasservegetation ist aus verschiedenen Gründen sehr erwünscht, u. a. kann sie dazu beitragen, die Restaurierungserfolge zu stabilisieren (HOSPER 1998, JEPPESEN et al. 1998, SCHEFFER & VAN NES 2007). Pflegemaßnahmen zur Unterstützung der Wiederansiedlung sind zumeist nicht erforderlich. Mitunter empfehlen sich behutsame Entkräutungen, um die Massenentwicklung bestimmter Arten (z. B. Kammlaichkraut, *Potamogeton pectinatus*) zu begrenzen.

(b) Aquatische Röhrichte:

Im Röhrichtgürtel, der typischerweise etwa 1 m unterhalb der Mittelwasserlinie beginnt und bis in den Traufbereich der Ufergehölze knapp über der Mittelwasserlinie reicht, dominieren häufig Bestände des Gemeinen Schilfs (*P. australis*). Daneben kommen u. a. die Teichbinse (*Schoenoplectus lacustris*), die beiden Rohrkolben-Arten (*Typha angustifolia*, *T. latifolia*), das Rohrglanzgras (*Phalaris arundinacea*) und die Schneide (*Cladium mariscus*) bestandsbildend vor, wobei die letztgenannten Arten nicht so weit in den See vordringen wie die anderen.

Die **Schilf-Röhrichte** besitzen eine große Bedeutung als ingenieurbioökologisches Element zur Stabilisierung der Uferlinie, denn die verholzten Stängel bleiben auch im Winter erhalten und tragen zur Wellendissipation und Strömungsbremmung bei. Gleichwohl kann ihre Belastbarkeit durch Wellen und Treibgut, aber auch durch andere Faktoren (Tritt, Mahd, Beweidung durch Vieh, Wasservögel, Bisam und Nutria, episodische Hochwässer u. a.) überschritten werden, so dass sie flächig absterben (Übersicht OSTENDORP 1989).

Die **spontane Neubesiedlung** der Standorte findet vorwiegend durch vegetatives Wachstum (horizontale Wanderrhizome, Leghalme) statt, während Samen nur auf dauerfeuchtem, aber nicht überschwemmten Substrat keimen und heranwachsen können (CONERT 1998, RODEWALD-RUDESCU 1974). Die vegetative (Wieder-)Ausbreitung geschädigter Röhrichte erfolgt meist recht langsam, so dass Pflanzungen sinnvoll sind, um die Bestandslücken zu schließen. Dies gilt auch für neu geschaffene Standorte, die zumindest phasenweise überschwemmt werden, und an denen deswegen oder wegen der Lichtkonkurrenz ruderaler Arten nicht mit einer wesentlichen Rekrutierung aus Samen zu rechnen ist.

Sind noch Reste von Röhrichtbeständen auf der zu renaturierenden Fläche vorhanden, dürfte der gezielte Schutz und die Förderung effizienter sein als die Neuansiedlung. Bei Renaturierungs- oder an-

deren Baumaßnahmen am Ufer sind daher bestehende Bestände vor Beschädigung zu schützen und zu erhalten.

Neupflanzungen können auf verschiedene Weise durchgeführt werden (BITTMANN 1953, 1968, HAWKE & JOSÉ 1996, TIMMERMANN 1999, VAN DER TOORN & HEMMINGA 1994):

- An großflächig neu geschaffenen Feinsubstrat-Standorten, die feucht genug, aber nicht überschwemmt sind, kann die Ansiedlung aus Samen (z. B. flächige Verteilung frisch geworbener Rispen im Frühjahr), aus Rhizomstücken, die in den Boden eingearbeitet werden, oder aus Stecklingen versucht werden, die mit einem Pflanzisen in den Boden gebracht werden (Abb. 14).
- An natürlichen Standorten, die bereits von konkurrenzstarken Arten besiedelt bzw. bestimmten Stressoren wie Wellen, Hochwasser, Fraß durch Wasservögel ausgesetzt sind, empfiehlt sich die Pflanzung von Rhizomballen oder die Einbringung von gärtnerisch vorgezogenem Material in Töpfen bzw. in Form von Vegetationsmatten (Abb. 14). Das Pflanzmaterial wird über dem Mittelwasserspiegel ausgebracht, lediglich robuste Ballenpflanzungen können auch wenige Dezimeter unter dem Mittelwasserspiegel erfolgreich sein. Bei der Auswahl des Pflanzmaterials sollte man auf heimische Herkunft achten; am besten stammt es vom gleichen Gewässer oder aus dessen Umgebung, da diese Populationen möglicherweise genetisch besser an die jeweiligen Verhältnisse angepasst sind (KOPPITZ 1999, KÜHL et al. 1999, ROLLETSCHEK et al. 1999). Die Pflanzungen müssen zumindest in den ersten Jahren vor Tritt und Fraß (Rehwild, Kaninchen, Schwäne, Schwarzwild, evtl. auch Bisam) geschützt werden (Abb. 15). (vgl. Zuger See, Berliner Flusseen in Kap. 7).



Abbildung 14: Schilf-Pflanzung. Links: Auswahl von Rhizomenstücken, die in einem Feuchtgebiet gewonnen wurden; rechts: Pflanzung von vorgezogenen Ballen (Lipbach-Mündung, Bodensee-Obersee bei herbstlichem Niedrigwasser).

Pflegemaßnahmen können sinnvoll sein, um anschließend Treibgut zu entfernen oder um landseitige Röhrichte aufzulichten, damit sich auch konkurrenzschwächere Arten halten können. Die Maßnahmen sollten sich auf **Winterschnitt** mit der Sense, einem Mähboot oder mit leichten Mähraupen beschränken (Abb. 16). Von der Mahd der seeseitigen Schilffront ist abzuraten, wenn mit mechanischen Belastungen durch Wellen, Treibgut, Boote u. a. zu rechnen ist, denn die vorjährigen Halme stellen einen gewissen mechanischen Schutz für die nachwachsenden Junghalme dar (OSTENDORP 1995, 1999). Die Schnitthöhe wird so gewählt, dass die Stoppeln vor dem Austrieb der Junghalme (Mitte April) nicht



Abbildung 15: Schutz von Schilfpflanzungen auf Renaturierungsflächen. Links: Schilfpflanzung auf einer künstlichen Vorschüttung am Zuger See (Foto: Flying Camera, Baar); rechts: eingezäunte austreibende Schilfbambuspflanzungen (Detail) (Foto: Tiefbauamt Kanton Zug).



Abbildung 16: Winterschnitt von Schilfröhrichten. Links: Mähaupe mit Balkenmäher, Gebläse und Sammelcontainer in einem terrestrischen Schilfröhricht am Bodensee-Untersee; rechts: Bestandsausfälle in einem Uferrohrhricht durch unachgemäße Mahd (Beschädigung der Rhizome durch die Mähaupe) am Bodensee-Untersee.

überschwemmt werden (OSTENDORP 1991). Das Mähgut sollte zusammen mit grobem Schwemmholz oder Müll von der Fläche entfernt werden. Dagegen ist eine „Entschlammung“ der Röhrichte praktisch kaum durchführbar und geht überdies mit einer Schädigung der Rhizome einher.

Die gemähten Bestände weisen eine andere Bestandsstruktur auf als mehrjährig unbehandelte Bestände. Sie sind lichter und enthalten einen höheren Anteil kleiner und dünner Sekundärsprosse. Damit besitzen sie beispielsweise für Rohrsänger (*Acrocephalus*)-Arten und andere Schilf-Brutvögel, aber auch für speziell angepasste Wirbellose eine andere Habitatqualität (OSTENDORP 1993, S. 261-264). Vor diesem Hintergrund sollte jährlich nur jeweils ein Teil der Röhrichtfläche gemäht werden.

(c) Ufergehölze:

Landseits der Röhrichte stellen Ufergehölzsäume (Uferweidengebüsche, Bruch- und Auwälder) eigenständige Biotoptypen, einen naturnahen Übergang zu den landwirtschaftlichen Nutzflächen, einen

Sichtschutz und eine Pufferzone gegenüber landseitigen Einflüssen sowie ein Element der wasserbaulichen Böschungssicherung dar. Welche Gehölzarten natürlicherweise auftreten, hängt stark vom Relief (Breite der Zone mit hohem Grundwasserstand), vom Substrat (mineralisch/organisch, basenreich/basenarm, nährstoffreich/nährstoffarm) sowie von der Höhe und dem Zeitpunkt der jährlichen Überflutung ab (ELLENBERG 1996).

Hinsichtlich der **Pflanzung und Pflege** von Weiden (*Salix* spp.), Schwarzerlen (*Alnus glutinosa*) und anderer Ufergehölzen gibt es im **Landschaftsbau** (JEDICKE et al. 1996, ROTHSTEIN 1995) sowie im **ingenieurbioologischen Wasserbau** an Fließgewässern (ÖWAV 2006, PATT et al. 2004, VEREIN FÜR INGENIEURBIOLOGIE 2006, ZEH 2004) einen reichen Erfahrungsschatz, der an Stillgewässer-Verhältnisse angepasst werden kann. Auf ebenem Gelände oberhalb des Hochwasserspiegels wird man mit einem Erdbohrer oder Pflanzeisen Steckhölzer (nur *Salix* spp.) setzen oder in der Baumschule vorgezogene zwei- bis dreijährige Bäumchen (neben *Salix* spp. auch andere Baumarten) einpflanzen. Bei der ingenieurbioologischen Sicherung von Böschungen oder Kliffkanten im Bereich des Mittelwasserspiegels kommen verschiedene Weiden-Arten und Pflanztechniken in Frage: Über feinkörnigem Substrat können lebende Ruten und Zweige als Lebend-Faschinen, als Flechtzäune oder als Weidenspreitlagen eingebracht werden. Bei grobem Substrat, z. B. geschütteten oder gesetzten Flussbausteinen, werden Steckhölzer in die Zwischenräume gepflanzt. Die Wahl geeigneter *Salix*-Arten hängt von der Art des Substrats, der Höhe über dem Mittelwasserspiegel und den zu erwartenden jährlichen Wasserstandsschwankungen ab. Generell sollte auf autochthon geworbenes Pflanzmaterial geachtet werden.

Größere, neu geschaffene Uferflächen besiedeln sich häufig spontan aus **Samen-Anflug**, wobei gewöhnlich *Salix*-Pflanzen überwiegen. Mitunter ist es nötig, sie zugunsten anderer Gehölze zurückzudrängen; am besten werden die jungen Bäumchen ausgerissen, wohingegen Mahd und Mulch (z. B. mit Messerbalken- oder Schlegelmäher) die Austriebsfähigkeit nur geringfügig herabsetzen. Sofern die Uferflächen zu bepflanzen sind, wird man versuchen, das an solchen Standorten natürlich vorkommende Artenspektrum an Ufergehölzen in seiner natürlichen Zonierung nachzuahmen. Die Pflanzungen sollten möglichst der natürlichen Entwicklung und Auslese überlassen bleiben, auch wenn der eine oder andere Baum aus Raumangel eingeht oder wegen ungenügender Standfestigkeit umfällt. Ansonsten ist in mehrjährigen Abständen ein fachgerechter Baumschnitt durchzuführen.

5.5. Wiederherstellung eines naturnahen Reliefs

5.5.1. Problemlage

Viele Seeuferabschnitte sind durch **Ufermauern** oder steile **Blocksteinschüttungen** bewehrt (z. B. HANSOM & MCGLASHAN 2000), um Abfalldeponien oder Aufschüttungen zur Landgewinnung statisch zu sichern und vor Erosion zu schützen. Wenn diese Landgewinnungsmaßnahmen nicht mehr wesentlich zurückgebaut oder entfernt werden können, bleibt nur eine weitere Vorschüttung, um aus dem „hart“ verbauten Ufer ein naturnahes Flachufer zu modellieren (Abb. 17). Dabei wird aus geometrischen Gründen ein ufernaher Litoralstreifen überschüttet, der seinerseits einen erhaltenswerten Lebensraum darstellen kann. Somit ist mit der Wiederherstellung eines naturnahen Reliefs auch die Abwägungsfrage verbunden, wie „wertvoll“ die neu zu schaffenden Lebensräume im Vergleich zu den überschütteten Lebensräumen sind.

5.5.2. Ursachenanalyse

Obschon die eigentlichen Beeinträchtigungsursachen unmittelbar sichtbar sind, lohnt sich eine Untersuchung der **Motivation** und **Hintergründe** sowie des **rechtlichen Status** der Aufschüttung bzw. Uferbefestigung, um einen „passgenauen“ Renaturierungsvorschlag entwickeln zu können. Befindet sich beispielsweise unter der Aufschüttung eine Altlasten-Deponie, muss die Ufermauer bzw. der Schüttwall erhalten bleiben, um eine stoffliche Belastung des Gewässers auszuschließen. Wurde dagegen eine naturgegebene Erosionskante mit überdimensioniertem technischen Aufwand gesichert, wird man einen Teil der Sicherung zurückbauen können. Nach den Erfahrungen am Bodensee (DE) sind private Grundstückseigentümer nur wenig geneigt, ihre Uferauffüllungen und -befestigungen in Renaturierungsprojekte eingliedern zu lassen, auch dann nicht, wenn die ausgeübten Nutzungen nicht genehmigt waren und die Beseitigung angeordnet wurde (z. B. Steganlagen). Etliche Verwaltungsgerichtsprozesse gingen allerdings zum Nachteil der Kläger aus (vgl. OSTENDORP 2004).

5.5.3. Lösungsansätze im Rahmen von Uferrenaturierungen

Je nach Art der Ausgangsbedingungen, der Defizitanalyse und der Renaturierungsziele können unterschiedliche Lösungsansätze gewählt werden:

(a) Wiederherstellung einer aktiven Kliffkante:

Eine durch technisch-wasserbauliche Maßnahmen gesicherte Erosionsböschung kann reaktiviert werden, indem ein Teil des Sicherungsmaterials entnommen oder umgelagert wird und besonders empfindliche Abschnitte ingenieurbologisch gesichert werden. Damit sollen in begrenztem Umfang Erosions- und Hangprozesse wieder möglich gemacht werden, die eventuell auch aus Artenschutzgründen (z. B. Brutstätten für den Eisvogel, *Alcedo ispida*) wünschenswert sind.

(b) Wiederherstellung eines naturnahen Flachufers:

Grundsätzlich sollte das ursprüngliche Relief mit minimalen Eingriffen in die noch unbeeinträchtigten Lebensräume im Sublitoral wiederhergestellt werden, indem die Uferbefestigung entfernt und die Uferaufschüttung so weit wie möglich abgetragen wird (z. B. OESCH 2008). Dies ist allerdings häufig aufgrund gesicherter Nutzungsansprüche nicht möglich, so dass als Lösung nur eine **Vorschüttung** übrig bleibt.

Dabei wird die Oberkante der ursprünglichen Uferbefestigung teilweise abgetragen oder niveaugleich eingedeckt. Im see seitigen Aufschüttungsbereich wird ein Kern, beispielsweise aus unbelastetem Bauschutt oder Erdaushub aufgeschüttet und mit einer Filterschicht aus größerem Material abgedeckt. Aufgabe dieser Filterschicht ist es, eine Ausspülung des Materials zu verhindern. Schließlich wird eine Deckschicht aus natürlichem Material (Sand, Kies, Gerölle) aufgebracht (Abb. 17, 18).

Der neu geschaffene Uferstreifen, der typischerweise im Sublitoral beginnt und bis weit über die mittlere Hochwasserlinie reicht, kann unbehandelt und damit der **eigendynamischen Entwicklung** überlassen bleiben: Ein Teil des aufgetragenen Materials dürfte sich umlagern womit sich das Relief an das vorherrschende Wellenklima anpasst. Zunächst wird sich eine Pionervegetation ansiedeln, die nach einigen Jahren je nach standörtlichen Verhältnissen durch Tritt- und Flutrasen, Röhrichte oder Weiden-Gebüsche ersetzt wird (Abb. 19). Dieser kostensparende Weg ist zu bevorzugen, wenn die Zeitdauer der beabsichtigten Entwicklung eine untergeordnete Rolle spielt. Der Uferstreifen kann al-

ternativ dazu mit Röhrichten (z. B. Schilf auf feinkörnigem Material, Rohrglanzgras auf Fein- oder Grobmaterial) und Gehölzen (z. B. Weiden auf Grobmaterial) bepflanzt werden, wenn der angestrebte Endzustand möglichst rasch erreicht werden soll (vgl. Kap. 5.4.3). Oberhalb der Hochwasserlinie sind die Aufbringung von Bodenmaterial und eine standortgerechte Bepflanzung oder Ein-saat nach den üblichen Verfahren im Landschaftsbau möglich (KIRMER & TISCHEW 2006).

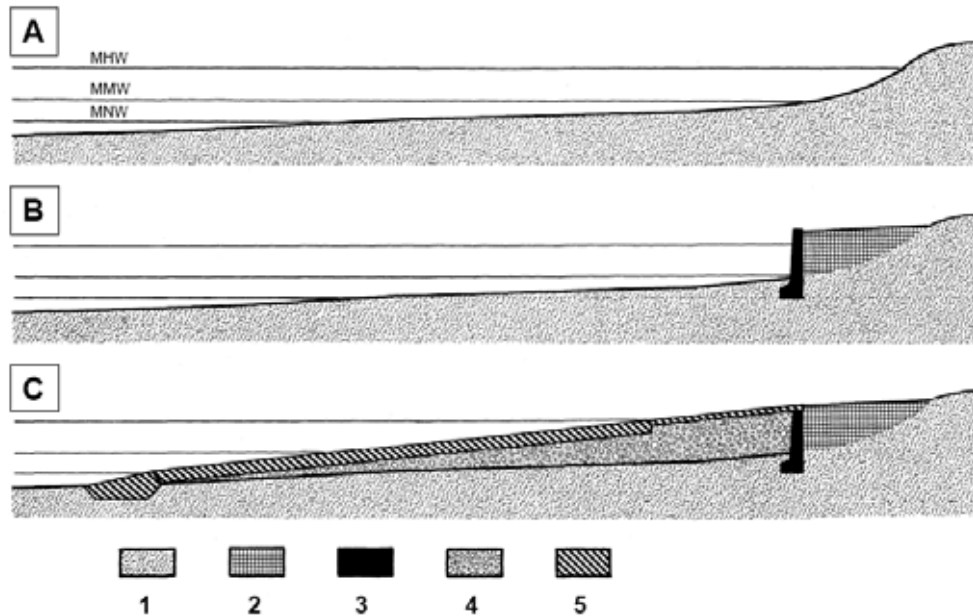


Abbildung 17: Uferrenaturierung durch Vorschüttung vor bestehende Uferbefestigungen (schem.): A – historisches naturnahes Relief, B – nach Auffüllung und Befestigung mit einer Ufermauer, C – nach der Renaturierung; 1 – natürliches Sediment, 2 – Hinterfüllung der Mauer, 3 – Ufermauer, 4 – Füllkörper aus inertem Bodenaushub oder Bauschutt, 5 – Deckmaterial (Kies, Geröll) der Renaturierung; eingezeichnet sind die mittleren Hoch-, Mittel- und Niedrigwasserstände (aus OSTENDORP 2008).



Abbildung 18: Uferrenaturierung durch Vorschüttung vor bestehende Uferbefestigungen in der Praxis. Links: Ufermauer und Vorland vor der Renaturierung; rechts: Schüttung eines einseitigen Gerölldamms und des Deckmaterials aus Kiesgrubenabraum mit breitem Korngrößenspektrum (Sipplingen, Bodensee-Überlinger See, Aufnahmen bei winterlichem Niedrigwasser).

Bei der **wasserbaulichen Gestaltung** des Abschnitts unterhalb der mittleren Hochwasserlinie werden Korngröße (ca. 2 bis 200 mm Korn Durchmesser), Mischung (enges oder breites Korngrößenspektrum), Böschungsneigung (ca. 1:5 bis 1:30) und Gefüge (locker geschüttet oder maschinell verdichtet) oft so gewählt, dass auch eine ungewöhnlich hohe Wellenbelastung nicht zu einer bedeutenden Reliefänderung oder Materialverfrachtung führt (zuletzt SCHLEISS 2006). Damit sind Planer und Ausführungsbetriebe hinsichtlich der Gewährleistung auf der sicheren Seite, für die standörtliche (Relieff-)Vielfalt und das **Potenzial zur Eigendynamischen Entwicklung** ist damit jedoch wenig gewonnen. Untersuchungen an Renaturierungsflächen am Bodensee haben gezeigt, dass die Vegetationsbesiedlung und das Vorkommen von Laufkäfern auf sandig-kiesigen Substraten mit breitem **Korngrößenspektrum** bedeutend höher ist als auf einheitlichem Grobkies- und Geröllsubstrat (Abb. 20; OSTENDORP et al., in Begutachtung). Auch die Makrozoobenthos-Besiedlung und die Jungfisch-Abundanz im



Abbildung 19:

Entwicklung von Renaturierungsflächen. Oben links: Ansiedlung von Ufer-Hahnenfuß (*Ranunculus reptans*) auf einer Renaturierungsfläche (Sipplingen, Bodensee-Überlinger See bei Niedrigwasser im Frühling, Foto W. Löderbusch); oben rechts: Ausbreitung von Schilf-Restbeständen in eine aufgespülte Sandfläche, im Vordergrund Pioniervegetation (Gift-Hahnenfuß, *R. sceleratus*) (Lipbach-Mündung, Bodensee-Obersee bei Niedrigwasser im Frühjahr); unten links: eingeschränkte Vegetationsentwicklung infolge zu hoher Belastung durch Freizeitverkehr (Langenargen, Bodensee-Obersee); unten rechts: Zierrasen und gärtnerische Pflanzungen auf einer vorgeschütteten Renaturierungsfläche, im Vorland keine Vegetationsentwicklung wegen zu groben Substrats und zu starker Trittbelastung (Friedrichshafen, Bodensee-Obersee).

überschwemmten Teil der Renaturierungen reagieren positiv auf ein breites Korngrößenangebot (LUBW 2008a). Grundsätzlich sollten also diese Gesichtspunkte in den Zielkatalog aufgenommen und entsprechend berücksichtigt werden. Weiterhin sollte darauf geachtet werden, dass sich keine unerwünschten (Freizeit-)Nutzungen auf den Renaturierungsflächen etablieren. Dieser Gefahr kann bei entsprechenden Eigentumsverhältnissen durch eine Nutzungsextensivierung begegnet werden (vgl. Kap. 5.1).



Abbildung 20: Korngrößen auf Renaturierungsfläche am Bodensee. Links: Gerölle 60/200 mm verhalten sich wasserbaulich stabil, bilden aber ein zu grobes Lückensystem, das kaum von Pflanzen und Laufkäfern besiedelt wird; Mitte: in Strandbädern wird Rollkies 20/60 mm verwendet, der durch Wellenschlag und Tritt bewegt wird, so dass sich nur eine anspruchslose Ruderalflora ansiedelt; rechts: Moräne-Material mit breitem Korngrößenspektrum bietet einer standortgemäßen Vegetation die besten Ansiedlungschancen.

5.6. Ökologische Aufwertungen von Ufern künstlicher Stillgewässer

5.6.1. Übersicht

Künstliche Gewässer besitzen keinen natürlichen Referenzzustand (vgl. Kap. 4.1.3). Insofern sollte bei ökologischen Gestaltungsmaßnahmen nicht von einer Renaturierung, sondern besser von einer ökologischen Aufwertung gesprochen werden (Kap. 4.1.2), mit der außerhalb einer Leitbildvorstellung von Naturnähe versucht wird, die Funktionen des Ufers gegenüber dem Ausgangszustand zu verbessern. Die wichtigsten Stillgewässerguppen, an denen Uferaufwertungen durchgeführt wurden, sind

- Speicherbecken und Stauanlagen (Talsperren, Hochwasserrückhaltebecken),
- Abgrabungsseen (Sand- und Kiesgruben, Tagebaurestlöcher des Braunkohleabbaus) und
- Schifffahrtskanäle und vergleichbare Flusstauströcke

mit jeweils sehr unterschiedlichen Randbedingungen, was die Ufermorphologie, die Wasserstandsdynamik und die Wellenbelastung angeht.

5.6.2. Speicherbecken und Stauanlagen

Kennzeichnend für viele künstlich angelegte **Talsperren** sind starke und unregelmäßig auftretende Wasserspiegelschwankungen sowie überwiegend steile Ufer, deren Morphologie sich (noch) nicht an das standörtliche Wellenklima angepasst hat.

Dies führt dazu, dass eine breite Uferzone zwischen Absenkziel und Vollstauziel erodiert und umgestaltet wird (Übersicht: HACKER 1997). Die Ansiedlung einer Ufervegetation ist daher unter dem Gesichtspunkt der **ingenieurb biologischen Erosionssicherung** so wie als **Verbesserung des Landschaftsbildes**, d. h. zur Vermeidung von nackten Fels- oder Schlammufern, wünschenswert. Allerdings stößt die physiologische Belastbarkeit der heimischen Uferpflanzen unter solchen Bedingungen an ihre Grenzen. Zwar können etliche Auegehölze, z. B. die Silberweide (*Salix alba*), als erwachsene Bäume hohe und lang andauernde Überschwemmungen schadlos überstehen, ihre Ansiedlung durch Steckhölzer oder junge Bäumchen gelingt jedoch nur bis zu einer Wassertiefe von ca. 1 m unter Vollstauziel. Auch die Ansiedlung von Röhrichtpflanzen (v. a. Schilf, Rohrglanzgras) ist auf einen schmalen Saum beiderseits des Vollstauziels beschränkt (HACKER 1997).

Hochwasserrückhaltebecken werden als Trockenbecken mit Flutung im Bedarfsfall oder als Dauerstaubecken mit permanenter Füllung betrieben (Übersicht: MUTH 2001, ATV-DVWK 20 01). Die jährlichen Wasserstandsschwankungen im Dauerstau liegen im Bereich von 0,2 bis 1 m, wobei geringe Wasserspiegelanstiege mehrfach im Jahr auftreten können. An größeren Becken können getrennte **Nutzungszonen** (Erholungsnutzung, Übergangszone, Naturzone) angelegt werden (WOLF 2001), wobei ein eventuell vorhandenes Vorbecken als Naturzone eingerichtet werden sollte. Den Uferbereich in der Wasserwechselzone wird man mit Hilfe von Bermen oder Inseln möglichst breit anlegen, so dass eine ausgedehnte Land-Wasser-Kontaktzone entsteht. Die seeseitigen Ufer der Inseln müssen eventuell durch einen ingenieurb biologischen Uferschutz vor Erosion gesichert werden. Hinsichtlich der Uferbepflanzung sind Röhricht-Arten und überflutungstolerante Gehölze zu bevorzugen (WOLF 2001, S. 92-95).

5.6.3. Abgrabungsseen

Abgrabungsseen sind durch Ausbaggerung und Entnahme von Rohstoffen (Kies, Sand, Torf, Braunkohle) entstanden. Die Abgrabung kann durch Naßbaggerung (in Tiefen unterhalb des Grundwasserspiegels) oder trocken erfolgen. Nach § 39 Abs. 3 BBergG (DE) muss der Unternehmer die durch die Abgrabung in Anspruch genommenen Flächen nach Beendigung des Abbaus wiederherstellen oder zumindest wieder nutzbar machen. Die Wiedernutzbarmachung⁸³ beinhaltet die Schaffung von Nutzungsvoraussetzungen beispielsweise für die Erholung oder für ökologische Aufwertungs- bzw. naturnahe Gestaltungsmaßnahmen (→ Rekultivierung)⁸⁴.

(a) Sand- und Kiesgrubenseen

Sand- und Kiesgrubenseen (DE; Schottergruben [AT]) besitzen i. A. eine Größe von einigen Hektaren bis zu einem Quadratkilometer und können bis etwa 50 m tief sein. Liegt die Sohle der Baggerung tiefer als der Grundwasserspiegel, bildet sich bereits in der Betriebsphase ein See, der auch nach Betriebsaufgabe erhalten bleibt (Übersicht: DINGETHAL et al. 1998). Bei nachlassender Nutzungsintensität

⁸³ (§ 4 Abs. 4 BBergG (DE)).

⁸⁴ Vgl. § 1 Abs. 1 Nr. 7 BNatSchG (DE).

besiedeln sich die flachen, wassergefüllten Senken, die Becken der Sand- und Kieswäsche sowie die Ufer des Baggersees **spontan** mit einer lockeren **Pionier-Feuchtgebietsvegetation**, in der auch eine Reihe seltener Arten Platz finden. Die Tierwelt ist durch Pionierarten der Wildflusslandschaften charakterisiert, von denen einige Arten, z. B. der Flussregenpfeifer auf diese Lebensräume angewiesen sind. Die **Sekundärlebensräume** der Sand- und Kiesgruben besitzen daher einen hohen naturschutzfachlichen Wert. Die Vegetationsentwicklung der Feuchtstandorte setzt sich über monotypische Rohrkolben- oder Schilf-Röhrichte fort zu Ufergehölzen, womit auch die Tierarten der vegetationsarmen Kies- und Sandflächen verschwinden. Vor dem Hintergrund dieser natürlichen Entwicklung sollten naturnahe Gestaltungsmaßnahmen zurückhaltend umgesetzt werden (DVWK 1992, GILCHER et al. 1999, RANFTL 1998). Insbesondere die vorhandene Reliefvielfalt, Steilufer, Quellaustritte, Staunässezonen, Schlammbecken der ehemaligen Kieswäsche usw. sind zu erhalten und zu pflegen.

Eine aktive Relief- und Vegetationsgestaltung kann aber erforderlich werden, wenn der Baggersee außer dem Naturschutz noch anderen Folgenutzungen dient, z. B. als Freizeitsee dem Angelsport, dem Badebetrieb oder dem Wassersport, auf die Rücksicht genommen werden muss, oder wenn die Populationen bestimmter Arten gefördert werden sollen, indem die ersten Sukzessionsstadien (vegetationsarme Kies- und Sandoberflächen) möglichst lange erhalten bleiben oder weitere seichte Kleingewässer neu hergestellt werden. Zu den typischen **Maßnahmen** zählen (DVWK 1992, GILCHER et al. 1999, RANFTL 1998, UEBERBACH 1993)

- Uferabflachungen im Bereich der Wasserwechselzone (Neigung 1:10 bis in 1 m Wassertiefe, mind. 100 m Länge) zur Förderung von Tierarten der dynamischen Flussaue (Wattvögel, spezialisierte Laufkäfer- und Wasserkäfer-Arten),
- Verlängerung der Uferlinie durch Gestaltung von Buchten und Landzungen als Maßnahme zur visuellen Gliederung (Sichtschutz, Ruhезonen für Wasservögel) und zur Verlängerung der Wasser-Land-Kontaktzone,
- Anlage von fischfreien Tümpeln von 1 bis 2 m Tiefe ohne Verbindung zum Baggersee als prädatorenfreie Laichhabitats für Amphibien und Libellen,
- Anlage von (vegetationsarmen) Inseln als störungs- und prädatorenarme Ruheräume und als Brutplätze für Flussregenpfeifer, Austernfischer, Flussschwärze, Flussschwärze u. a.,
- Initialpflanzungen von Schilfröhrichtern bzw. Ufergehölzen (z. B. Schwarzerle, div. Weiden-Arten) an wellenexponierten Ufern sowie gezielte Ansaat oder Pflanzung bestimmter Sumpfpflanz- und Schwimmblatt-Pflanzenarten (Artenliste in RANFTL 1998, S. 162-163) und
- Pflegemaßnahmen zur abschnittswise Reduzierung der Vegetationsdichte (Auf-den-Stock-setzen von Ufergehölzen, Röhrichtmahd, Beseitigung von neophytischer Staudenvegetation usw.).

Bei Reliefigierungsmaßnahmen sollte **nährstoffarmes standörtliches Ausgangsmaterial** (z. B. Überkorn oder Restsande der Kieswäsche) verwendet werden. Nährstoffreicher Kiesgrubenabraum oder Oberbodenmaterial hingegen würden die Geschwindigkeit der Vegetationsverdichtung noch erhöhen. In den Baggersee selbst können Schwimmkampen, künstliche Sturz- oder Schwimmbäume eingebracht werden, um zusätzliche Nist- und Ruheplätze für Wasservögel und evtl. auch Unterstände für Fische zu schaffen. Durch Verzicht auf ufernahe Wegeführungen sowie durch abschirmende Erdwälle, trennende Wassergräben, dichte abwehrende Pflanzungen kann der Besucherstrom von empfindlichen Entwicklungsbereichen ferngehalten werden. Einzelheiten, Planungs- und Anwendungsbeispiele können DVWK (1992), GILCHER et al. (1999), RANFTL (1998) und UEBERBACH (1993) entnommen werden.

(b) Braunkohletagebau-Restseen

Die Braunkohle-Tagebaurestlöcher des rheinischen, mitteldeutschen und Lausitzer Reviers sind bedeutend größer und meist auch tiefer als Sand- und Kiesgruben (Übersicht: PFLUG 1998). Um die Braunkohle trocken ausbaggern zu können, wurde der Grundwasserspiegel durch Abpumpen weiträumig abgesenkt. Nach Beendigung der Braunkohle-Förderung müssen die Restlöcher nach dem BBergG für Folgenutzungen (z. B. Land- und Forstwirtschaft, Erholung, Naturschutz) hergerichtet werden (Übersicht: LMBV im Druck; TISCHEW et al. 2008). Zu den vorbereitenden bergbaulichen Maßnahmen gehören die **Flutung der Restlöcher** mit Hilfe des nachdringenden Grundwassers und durch Oberflächenwassereinleitung aus Fließgewässern sowie die **Oberflächen-Stabilisierung** der locker geschütteten Abraumkippen. Mit steigendem Wasserstand in den Restlöchern können sich die Sande steiler Kippenbereiche verflüssigen und weiträumig abrutschen. In diesem Zustand stellen sie eine Gefahr für die öffentliche Sicherheit dar und müssen daher mit verschiedenen geotechnischen Verfahren verfestigt werden, bevor an Nachnutzungen gedacht werden kann. Hinzu kommt die starke **Versauerung** etlicher Restseen, die durch die Oxidation des Eisensulfids in den Abraumсандen zu Schwefelsäure zustande kommt. Hier wird i. d. R. eine Neutralisierung notwendig, bevor das Gewässer als Freizeitsee entwickelt werden kann.

Bereits gegen Ende der Nutzungsphasen der einzelnen Abbaugebiete konnte sich in den ersten vernässten Senken eine artenreiche Flora aus **Pionier-, Röhrich- und Wasserpflanzen** ansiedeln (PIETSCH 1998). Die Versauerung der Gewässer grenzte die Unterwasserpflanzenflora auf zuletzt nur eine Art ein, während die im Substrat wurzelnde Ufervegetation der hohen Schwefelsäurekonzentration gewachsen war. Mit der Flutung der Restlöcher gingen diese Lebensräume ebenso verloren wie die terrestrischen Pionierbiotope. Eine stabile Uferlinie bildet sich erst, nach dem das **Flutungsziel** erreicht ist. In einigen Restseen ist dies bereits eingetreten, in anderen dauert der Vorgang bis in die Jahre 2015/2017. Ökologische Aufwertungsmaßnahmen sind folglich erst dann sinnvoll, wenn der endgültige Wasserstand am geotechnisch stabilen Ufer erreicht ist. Sobald dies der Fall ist, können vergleichbare **Gestaltungsmaßnahmen** ergriffen werden wie sie auch an Sand- und Kiesgruben durchgeführt werden (s. o.).

5.6.4. Schiffahrtskanäle

Schiffahrtskanäle sind künstlich angelegte, lang gestreckte Stillgewässer, in denen das Wasser durch Wehranlagen dauerhaft auf etwa gleichem Niveau gehalten wird, und die der Durchfahrt von meist recht großen Binnenschiffen dienen. Während der Durchfahrt eines Frachtschiffes kommt es zu einer beträchtlichen **hydraulischen Belastung der Uferböschung** durch kurzperiodische Wellen (Bugwelle, Rückströmung in der Absenkmulde, Querwellen am Bug und am Heck, Wiederauffüllungsströmung mit Rollbrechern, Schraubenstrahl), die nach traditionellem Verständnis nur durch ein wasserbautechnisches Deckwerk (z. B. lose oder mit Mörtel oder Bitumen vergossene Wasserbausteine) gesichert werden können (BAW 1993, 2004, FLEISCHER & KAYSER 2006). In den letzten Jahren wurde jedoch nach alternativen **technisch-biologischen Möglichkeiten der Ufersicherung** gesucht (BFG & BAW 2006, BFG 2007 [DE]). Der Grundgedanke ist, die technischen Komponenten so zu dimensionieren, dass eine Kombination mit einer naturnahen Ufervegetation möglich ist, ohne die Standsicherheit der Böschungen zu gefährden. Gleichzeitig wird von den Uferpflanzen ein Beitrag zur Wellendämpfung erwartet (BFG 2007). Die **Toleranz gegenüber der Wellenbelastung** am Standort ist jedoch unterschiedlich: Rohrkolben- und Schilfröhrichte wurden vorwiegend an Standorten mit Wellenhöhen <0,20

m gefunden, während Rohrglanzgras-Röhrichte und Weiden-Gehölze auch Wellenhöhen über 0,40 m tolerierten (SUNDERMANN et al. 2008).

In SCHILLINGER (2001) und KENGATHARAM & FRANKE (2005) sind die in Deutschland, Frankreich und England gängigen Verfahren der ingenieurbioökologischen Ufersicherung an Flüssen und Kanälen aufgelistet. Konkrete Empfehlungen der Bundeswasserstraßenverwaltung (DE) liegen allerdings noch nicht vor.

6. Ökologische Begleituntersuchungen

6.1. Übersicht

Die Ziele der ökologischen Begleituntersuchungen bestehen darin,

- durch Voruntersuchungen die ökologischen Defizite des zu renaturierenden Uferstreifens aufzuzeigen (Kap. 4.3.7 u. 4.3.8) und Hinweise für die ökologischen Zielsetzungen sowie für eine angemessene Planung zu liefern (Kap. 4.3.9),
- den Umsetzungsprozess zu begleiten und die landschaftsbaulichen und wasserbaulichen Maßnahmen zu dokumentieren (Kap. 4.3.12),
- anhand von Kontrolluntersuchungen (→ Funktionskontrolle) den Zielerreichungsgrad zu bestimmen, um damit zu einer Optimierung künftiger Maßnahmen beizutragen (Kap. 4.3.14).

Bei der **Konzeption** der ökologischen Begleituntersuchungen ist auf folgende Punkte zu achten:

- **Entscheidungsrelevanz:** Bearbeitung der im Hinblick auf Planungsvarianten und Erfolgskontrolle *relevanten* Fragestellungen (bei gleichzeitiger Vermeidung *nicht relevanter* Untersuchungen) mit geeigneten Fachmethoden unter Berücksichtigung der Tiefe, des Umfangs und des Zeitraums der Untersuchungen sowie der Auswertungsmöglichkeiten der Daten (Vertrauensgrenzen, Prüfstatistik, Szenarien u. a.),
- **Kohärenz:** gegenseitige Abstimmung, gemeinsamer Raumbezug (z. B. Biotoptypen), möglichst ein gemeinsamer Probennahmeplan der einzelnen Fachgutachten,
- **Vergleichbarkeit:** Durchführung der Kontrolluntersuchungen in grundsätzlich der gleichen Weise (Methodik, Umfang, Untersuchungstiefe) wie die Voruntersuchungen, so dass die Ergebnisse beider Untersuchungen unmittelbar mit einander vergleichbar sind,
- **Methodik und Durchführung** der Untersuchungen: nach allgemein anerkannten Verfahren unter Beachtung nationaler Normen, Empfehlungen der Fachverbände und Arbeitsanleitungen der zuständigen Fachbehörden und Dienststellen des Umweltschutzes,
- **Qualitätsmanagement:** Produktion verlässlicher Ergebnisse durch laborinterne qualitätssichernde Maßnahmen.

Der Aufwand und die Kosten der ökologischen Begleituntersuchungen sollen der Größe und Komplexität des Vorhabens sowie dem Risiko angepasst sein, dass die Renaturierungsmaßnahme scheitert oder die Erwartungen nicht erfüllt. Bei einem reduzierten Untersuchungsprogramm sollten sich die Vereinfachungen nach Möglichkeit nicht auf das Spektrum der hydromorphologischen und biotischen Komponenten erstrecken. Stattdessen sollte lediglich der Erhebungsaufwand reduziert werden, indem

beispielsweise Messungen durch visuelle (Häufigkeits-, Dichte-)Schätzungen oder durch Beobachtungen ersetzt werden, die in einem vorher vereinbarten Erfassungsschlüssel festgelegt wurden.

6.2. Entscheidungsrelevanz

Entscheidungsrelevante Ergebnisse beantworten klar formulierte, operationale (Planungs-)Fragestellungen, die im Vorfeld formuliert und als Anforderung an das Untersuchungsprogramm herangezogen wurden, beispielsweise

- Wird durch die Maßnahme die Sohl- bzw. Klifferosionsrate vermindert?
- Kommt es aufgrund der Maßnahme zur Wiederansiedlung des Drosselrohrängers?
- Wie lange dauert es bis zur Entwicklung eines Uferwalds (d. h. Kronenschluss)?
- Führt die Einrichtung des Grabens zur Verminderung der Freizeitnutzung auf der Fläche?

Dagegen sind z. B. Fragen nach der Verbesserung des Selbstreinigungsvermögens oder der ökologischen Funktionen nicht entscheidbar, solange derartige Konstrukte nicht messbar, skalierbar oder indizierbar gemacht, also operationalisiert werden.

Für die **Operationalisierung** sind eine Reihe methodischer Fragen zu beantworten, z. B. nach der Untersuchungstiefe, des Untersuchungsumfangs und der Kontrolle der zufallsbedingten Variabilität, auf die die Auswahl der methodischen Werkzeuge (vgl. Kap. 6.4) folgt.

6.2.1. Untersuchungstiefe

Die Untersuchungstiefe bestimmt, mit welchen und wie vielen Untersuchungsgrößen die operationalisierte Fragestellung gelöst wird, d. h. welchen „Detaillierungsgrad“ die Untersuchungen haben:

- taxonomische Stufe der Bestimmung von Organismen (= Determinationsniveau),
- räumliche Auflösung: nur übergreifender Mittelwert oder räumliche Differenzierung innerhalb des Planungs- bzw. des Wirkungsperrimeters,
- saisonale Auflösung in Verbindung mit der jahreszeitlichen Variation der Untersuchungsvariablen: nur „charakteristischer“ Zeitpunkt oder Jahresgang,
- Skalierung: alternativ (i) nominale Skala (z. B. ‚vorhanden‘, ‚nicht vorhanden‘), (ii) ordinale (Rang-)Skala („fehlend“, „selten“, ..., „massenhaft“), (iii) Intervall- oder Verhältnisskala (z. B. geschätzte prozentuale Deckung oder Artmächtigkeit, gezählte Individuen je Proben, durch Probennahme und Laboraufarbeitung ermittelte Biomasse-Dichte).

Die Ergebnisse der Untersuchungen können in unterschiedlicher Weise aggregiert, dargestellt, ausgewertet und in die Entscheidungsfindung eingebrecht werden. Dabei sind verschiedene Modelle gebräuchlich, die unterschiedliche Anforderungen an die Skalierung der Untersuchungsgrößen mit sich bringen. Grundsätzlich ist zu unterscheiden, ob es sich um die **Aggregation** usw. der Daten *einer* Untersuchungsgröße handelt (univariat) oder ob die Daten *mehrerer* Variablen (bivariat, multivariat) zusammengefasst und ausgewertet werden sollen.

Sollen die Daten mehrere Variablen ausgewertet werden, ist eine Vielzahl von **Verfahren** anwendbar, die von der Bildung von Summenscores, Verhältniszahlen, Korrelationen über Clustergraphiken und Ordinationsschaubildern bis hin zu komplizierten Entscheidungstabellen, hierarchischen Entscheidungsbäumen und Szenarien reichen. Auf Einzelheiten kann hier nicht eingegangen werden (Über-

sicht in BACKHAUS et al. 2008, EPELT & HARTUNG 2007, LEYER & WESCHE 2007, RUDOLF & MÜLLER 2004). In vielen Fällen muss jedoch vor der Anwendung eines Verfahrens bedacht werden, ob

- die einzelnen Variablen aus fachlichen Erwägungen heraus überhaupt sinnvoll miteinander verrechnet werden können,
- die ggf. miteinander zu verrechnenden Daten von vornherein gleichartige Informationen enthalten (stochastisch abhängige Variable), und
- bestimmte Variable mit einer anderen „Wertigkeit“ in die Entscheidung eingehen als andere, also anders gewichtet werden müssen. Unterschiedliche Gewichtungen müssen fachlich begründet werden.

6.2.2. Untersuchungszeiträume

Die meisten Witterungs-, hydrologischen, limnochemischen und biotischen Messgrößen unterliegen charakteristischen **jahreszeitlichen Veränderungen**. Damit kann sich die „Wirksamkeit“ einer Uferrenaturierung je nach Jahreszeit unterschiedlich darstellen. Insgesamt ergibt sich ein komplexes Muster an wechselseitigen Abhängigkeiten, das im Rahmen von ökologischen Begleituntersuchungen nicht abgebildet werden kann. Stattdessen wird man die Probennahmen bzw. Erhebungen und Messungen auf Zeiträume konzentrieren, in denen die entscheidungsrelevanten Biozönosen optimal ausgebildet sind, und solche, in denen Auswirkungen des Vorhabens am stärksten hervortreten.

Wenn jedoch auch Jugendstadien (z. B. Jungfische) oder wandernde Populationen (z. B. überwinternde Vögel) erfasst werden sollen, müssen die Untersuchungszeiträume entsprechend erweitert werden.

6.2.3. Untersuchungsumfang

Der Untersuchungsumfang (**Stichprobenumfang**, Anzahl Parallelproben, vgl. EN ISO 16665, 2.6) ist ein wesentlicher Faktor, der den Aufwand und die Kosten der ökologischen Begleituntersuchungen beeinflusst. Grundsätzlich geht es darum, den Stichprobenumfang auf das Maß zu begrenzen, das nötig ist, um eine Aussage mit einer vorab bestimmten Aussagewahrscheinlichkeit treffen zu können. Der Stichprobenumfang hängt u. A. von der (natürlichen) Variabilität der Untersuchungsgröße, der Fragestellung bzw. der Arbeitshypothese, der Skalen-Wahl (vgl. Kap. 6.2.1) und dem gewählten statistischen Verfahren und dem gewünschten Signifikanzniveau ab. Er kann mit Hilfe von **Pilotstudien** anhand eines Teilgebiets oder mit einer Teilstichprobe geschätzt werden. Der Aufwand für die Gesamt-Studie vergrößert sich dabei grundsätzlich nicht, da die Messergebnisse der Pilotstudie nicht verloren sind, sondern zusammen mit den Messergebnissen der Hauptstudie (Basisuntersuchung, vgl. EN ISO 16665, 2.1) ausgewertet werden können. Da jedoch in der Praxis Messkampagnen und Auswertungsschritte oft zeitlich auseinander fallen, wird man eher von Erfahrungs- oder Literaturwerten ausgehen. Alternativ kann versucht werden, durch einen entsprechenden **Probennahmeplan** die zufallsbedingte Variabilität zu kontrollieren (vgl. Kap. 6.2.4 und 6.2.5), und damit den Stichprobenumfang zu reduzieren.

6.2.4. Kontrolle der räumlichen Variabilität

Bei Freiland-Untersuchungsprogrammen ist erfahrungsgemäß davon auszugehen, dass die größte Quelle der zufallsbedingten Variabilität in der räumlichen Inhomogenität der zu untersuchenden Fläche sowie in der zeitlichen Variabilität der Merkmale (vgl. Kap. 6.2.5) liegt. Demgegenüber sind die zufälligen Einflüsse, die durch die Probennahme- und Messgeräte oder bei der späteren Laboraufarbeitung (z. B. Auszählen von Organismen) entstehen, deutlich geringer und lassen sich überdies besser kontrollieren (vgl. Kap. 6.6). Um die zufälligen Einflüsse v. a. der räumlichen Variabilität beispielsweise bei der Probennahme im Gelände zu reduzieren und den Vertrauensbereich der Schätzgrößen zu verbessern, sind folgende Wege möglich: Man kann den Stichprobenumfang der Zufallsprobennahme erhöhen, was allerdings mit einer überproportionalen Erhöhung des Arbeitsaufwandes verbunden ist. Alternativ können wichtigen Einflussfaktoren (z. B. Sohlniveau in der Litoralzone, Sedimenttypen, Dichte der Vegetationsdecke) in das statistische Modell integriert werden (Stationsnetz, Transekte, faktorgeschichtete Zufallsprobennahme).

Bei der **Zufallsprobennahme** werden innerhalb des Untersuchungsgebietes zufällige Probennahmestationen (vgl. EN ISO 16665, 2.7) bestimmt (Abb. 21). Dieses Verfahren eignet sich für die Bildung von Mittelwerten, die für das gesamte Gebiet gelten, unter der Annahme, dass z. B. die landseewärtige Orientierung oder der Inhomogenitäten der Fläche (z. B. Einbauten, Abwassereinleitungen, „Patchiness“) keine wichtige Rolle spielen.

Die Beprobung entlang eines **Stationsnetzes** ist dagegen insbesondere dann geeignet, wenn Faktoren in Uferlängsrichtung (z. B. die Entfernung von einem Uferbauwerk) und/oder in uferquere Richtung (z. B. Wassertiefe) vermutet werden, die die Mess- bzw. Erhebungswerte beeinflussen können. Das Stationsnetz besteht aus einem Gitter aus $n \times m$ Zellen, die sich gleichmäßig in Uferlängsrichtung bzw. in uferquere Richtung über die Untersuchungsfläche verteilen. Die Zellen werden nach einer vorab festgelegten Regel beprobt, wobei innerhalb jeder Zelle die Probennahme zufallsgemäß positioniert ist (Abb. 21). Eine Variante der Stationsnetz-Probennahme ist die Probennahme entlang von **Transekten**. In einem solchen Fall liegt bereits eine konkrete Vermutung über den (einen) wirksamen Faktor-Gradienten vor (vgl. EN ISO 16665, 4.2.5). Der Transekt wird dann entlang des Gradienten angelegt. Ist man beispielsweise der Meinung, dass die Wassertiefe über Grund der entscheidende Faktor ist, wird man die Probennahmen in regelmäßigen Abständen entlang des maximalen Tiefengradienten anordnen. Werden mehrere zueinander parallele Transekte angelegt, kann man das entstehende Muster als Stationsnetz interpretieren und in gleicher Weise auswerten.

Treten innerhalb der Untersuchungsfläche Areale mit unterschiedlichen Qualitäten auf (z. B. die Schüttungssubstrate A, B und C, die Biotoptypen X, Y, Z), werden Gruppenfaktoren eingeführt, die diese Qualitäten abbilden (vgl. EN ISO 16665, 4.2.4). Die **Probennahme** findet nach Faktorausprägungen „**geschichtet**“ statt. Innerhalb der als homogenen angenommenen Teilareale werden die Proben zufallsgemäß positioniert (Abb. 21). Besonders vorteilhaft ist es, wenn zusätzlich die Flächengröße der jeweiligen Faktorausprägungen ermittelt wird. Dann kann auch ein globaler Mittelwert für die gesamte Untersuchungsfläche ermittelt werden, in dem man die Mittelwerte des Messwertes in je der Faktorausprägung mit der anteiligen Fläche multipliziert.

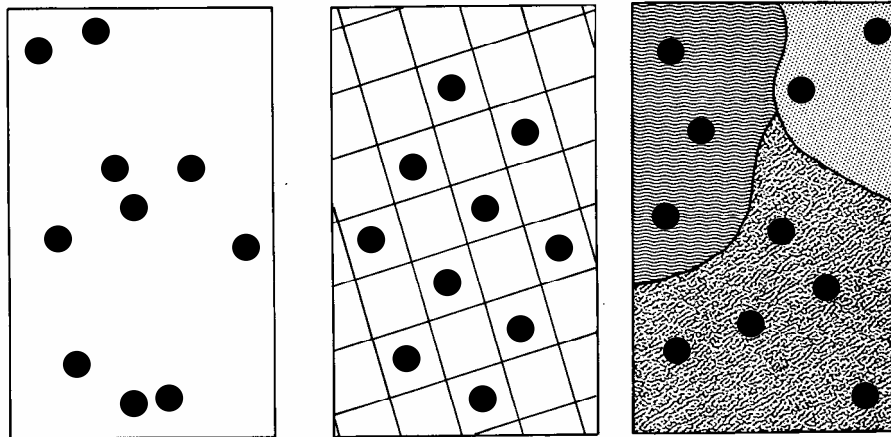


Abbildung 21: Probennahmeplan zur Kontrolle der räumlichen Variabilität. Links: Zufallsprobennahme, Mitte: Beprobung entlang eines Stationsnetzes, rechts: geschichtete Zufallsprobennahme (Stichprobenumfang gewichtet nach Flächengröße)

6.2.5. Kontrolle der zeitlichen Variabilität

Im Rahmen einer ökologischen Begleituntersuchung wird der Zustand des Uferabschnitts *vor* und *nach* der Durchführung des Vorhabens untersucht. Der Zustand vor der Maßnahme bildet die Referenz, vor dem Hintergrund die tatsächlichen **Wirkungen des Vorhabens** beurteilt werden. Diese Wirkungen können jedoch durch die **interannuelle Variabilität** überlagert werden, so dass der eigentlich zu untersuchende Renaturierungseffekt maskiert wird: Ist beispielsweise das Untersuchungsjahr *vor* der Maßnahmenumsetzung ein durchschnittliches Jahr, das Jahr *nach* der Maßnahme dagegen ein außergewöhnlich niederschlagsreiches Jahr mit hohen Wasserständen, resultiert die Reaktion der Biota aus beiden Einflüssen. Eine Isolierung des Maßnahmen-Einflusses ist praktisch nicht möglich.

		Behandlung	
		renaturiert	nicht renaturiert
Zeit	vor der Maßnahme	A Renaturierungsfläche vorher	B nicht renaturierte Fläche vorher
	nach der Maßnahme	C Renaturierungsfläche nachher	D nicht renaturierte Fläche nachher

Abbildung 22: Probennahmeplan zur Kontrolle der zeitlichen Variabilität.

Einen Ausweg bietet die gleichzeitige Untersuchung einer nicht renaturierten Fläche, die der zu renaturierenden Fläche möglichst ähnlich ist (Abbildung 21). Ein Vergleich von A und C ergibt die kumulierten Effekte des Vorhabens („Behandlung“) und der interannuellen Variabilität („Zeit“), durch den Vergleich von B und D erhält man den reinen „Zeit“-Effekt. Durch eine Gegenüberstellung der beiden Vergleiche lassen sich Schlussfolgerungen hinsichtlich des reinen Behandlungseffekts ziehen. Voraussetzung ist selbstverständlich, dass die nicht renaturierte Fläche während des Untersuchungszeitraums ihren Charakter behält, und nicht etwa durch Einflüsse anderer Art beeinträchtigt wird. Ein Vergleich zwischen A und B gibt Anhaltspunkte für die Tauglichkeit der gewählten nicht renaturierten Fläche als Vergleichsfläche.

6.3. Kohärenz

Üblicherweise werden die einzelnen hydrologischen und biotischen Komponenten einer ökologischen Begleituntersuchung von unterschiedlichen Fachleuten bearbeitet (Einzelgutachten). Um den Informationsgehalt der Einzelgutachten maximal auszuschöpfen und um arbeitspraktische Synergien nutzen zu können, bedarf es bereits im Vorfeld der Untersuchungen einer gegenseitigen Abstimmung der Probennahme-Stationen, der Untersuchungsgrößen (Gelände, Labor), der Logistik, und des wechselseitigen Datenflusses bzw. der Auswertungsstrategien. Ziel ist es, die Ergebnisse der Einzelgutachten im strengen Sinne miteinander vergleichbar zu machen. Dabei ist von folgenden **Grundsätzen** auszugehen:

- alle Einzelgutachten stützen sich auf ein *gemeinsames* Beprobungsprogramm einschließlich der statistischen Auswertung (vgl. Kap. 6.2.4 u. 6.2.5),
- die Untersuchungen aller Einzelgutachten werden an den *gleichen* Positionen und wenn irgend möglich an den *gleichen* Proben (z. B. Nutzung von Sedimentproben sowohl für sedimentologische als auch für Makrozoobenthos-Untersuchung) vorgenommen,
- die Untersuchungen werden im *gleichen* Zeitfenster durchgeführt,
- die Messgrößen, ihre Skalierung sowie die Methodik (Probennahme, Datengewinnung, Auswertung) werden im Detail aufeinander abgestimmt, so dass auch benachbarte Fachrichtungen von den Daten einer anderen Fachrichtung Gebrauch machen können,
- es wird eine gemeinsam genutzte, ggf. nur intern zugängliche Wissensplattform (kompatible Software, gemeinsame Geodaten und geodätische Bezugssysteme, Wasserstands- und Witterungsdaten usw.) geschaffen und gepflegt,
- die Daten der Einzelgutachten werden möglichst schnell validiert (Plausibilitätskontrolle, evtl. Nachbestimmung von Taxa) und in die Wissensplattform eingestellt.

Bei der Formulierung der Endaussage gehen die Einzelergebnisse nach Entscheidungsrelevanz gewichtet in die abschließenden Empfehlungen ein. Divergenzen zwischen den Aussagen der Einzelgutachten sollten zunächst intern besprochen werden.

6.4. Untersuchungsverfahren

6.4.1. Übersicht

Die ökologischen Begleituntersuchungen sollen nach **allgemein anerkannten Verfahren** durchgeführt werden. Allgemein anerkannte Untersuchungsverfahren sind in

- Fachlehrbüchern und Methoden-Handbüchern,
- methodischen Empfehlungen der Fachverbände (z. B. VUBD 1999, DEV o.J. [DE]),
- Normen (ISO-Normen, EN, SN, ÖNORM, DIN),
- erprobten Arbeitsvorschriften und Empfehlungen der Fachbehörden und Umweltschutz-Dienststellen (vgl. PLACHTER et al. 2002) und in
- langjährig erprobten und mehrfach publizierten Arbeitsvorschriften der Fachgutachter

zu finden. Im konkreten Fall bedürfen diese methodischen Anleitungen bestimmter Anpassungen oder Ausformulierungen durch die Fachgutachter, die dann im Gutachten begründet und dokumentiert werden müssen. Aufgrund der fachspezifischen Vielfalt der Freiland-, Labor- und Auswertungsmethoden, die stets im Zusammenhang mit den Anwendungsfragestellungen gesehen werden müssen, kann hier nur auf einige allgemeine Aspekte eingegangen werden.

6.4.2. Positionsbestimmung

Die geographische Position der Probennahmestationen soll möglichst genau gemessen werden, damit diese Daten mit anderen Geo-Daten verknüpft werden können. Eine genaue Positionsbestimmung ist insbesondere dann erforderlich, wenn die Station im Rahmen einer Kontrolluntersuchung oder eines Monitorings erneut aufgesucht werden soll. Die Lagemessung wird zweckmäßigerweise mit einem **GPS-Gerät** mit einem geräteseitigem Lagefehler von ca. 3 – 7 m oder besser mit einem **DGPS** (Globales Positionssystem mit Differentialsignal; Übersicht: ZOGG 2007) mit einem Lagefehler deutlich kleiner als 1 m gemessen und als geographische Koordinate unter Bezug auf WGS-84 oder UTM 32 als Maßsystem („Datum“, vgl. EN ISO 16665, 5.2.2; Übersicht: ANNONI et al. 2003) angegeben. Die **Wassertiefe** wird mit einer geeichten Lotleine oder einem Echolot gemessen, mit dem aktuellen Pegel (z. B. mittl. Tagespegel) verrechnet und als Höhe über Normalsnull (DE: Höhennormalnull NHN des DHHN; CH: Landesnivellement von 1902, LN02; AT: Adriahöhe von 1875) angegeben. Aus dieser Angabe lässt sich im Nachhinein die unter ökologischen Gesichtspunkten bedeutsame Lage zum langjährig mittleren Jahres- oder saisonalen Mittelwasserspiegel berechnen.

6.4.3. Probennahme

Die **konzertierte Probennahme** für die verschiedenen Einzelgutachten an der *gleichen* Station bzw. die *gemeinsame* Nutzung einer Probe (vgl. Kap. 6.3) setzt Probennahme-Techniken voraus, die auf die Gegebenheiten im Gelände sowie auf die Anforderungen der Einzelgutachten abgestimmt sind.

Dabei sind zwei grundlegende Techniken anwendbar: Die Probennahme kann bis in eine Tiefe von max. 1,0 m mit Stiefelhose und bis in eine Tiefe von max. 1,5 m durch Schnorcheln durchgeführt werden; die Tiefen ergeben sich aus Sicherheitsgründen. Alternativ werden die Proben vom Boot oder von einer Schwimmplattform aus von Hand durch Forschungstaucher oder mit speziell für diesen Zweck konstruierten Geräten entnommen.

Für die Entnahme beispielsweise von Sediment-, Makrophytobenthos- und Makrozoobenthos-Proben wurde eine kaum überschaubare Anzahl von **Techniken und Geräten** entwickelt, die vom einfachen Handnetz bzw. Krauthaken bis zu komplizierten Geräten mit halbautomatischen oder mechanisch vom Boot aus gesteuerten Auslösemechanismen reichen (HAUER & LAMBERTI 2006, SCHWOERBEL 1994, DEV 1971, EN ISO 9391, EN ISO 16665, EN 27828). In der Fischökologie sind die Techniken zur Erfassung nicht so vielfältig (vgl. Tab. 2). Insgesamt ist davon auszugehen, dass die Qualität und Zuverlässigkeit der Probennahme durch den Einsatz von **Forschungstauchern** verbessert und der erhöhte Personalaufwand durch eine schnellere, einfachere und erfolgssichere Probennahme mehr als kompensiert wird.

6.4.4. Untersuchungsmethoden (Sedimente, Biota)

Die Vielfalt an fachspezifischen Untersuchungsmethoden kann hier nicht im Einzelnen diskutiert werden. Stattdessen wird in Tabelle 2 auf Anleitungen und Handbücher sowie auf bestehende Normen verwiesen.

6.4.5. Biotoptypen

Biotop- bzw. Biotoptypen-Kartierungen gehören zu den Standardverfahren bei vielen Naturschutzfachplanungen (WIEGLEB et al. 2002). Biotope stellen einerseits ein eigenständiges Schutzgut dar, eignen sich andererseits auch als Indikatoren für komplexe Umwelteinflüsse (Abb. 23). Verglichen mit dem zeitlichen und technischen Aufwand ist der Informationsgewinn sehr hoch. Die in der Voruntersuchung ausgewiesenen Biotope liefern außerdem eine **gemeinsame Generalisierungsgeometrie**, wenn es darum geht, punktförmig oder kleinflächig erhobene Daten unterschiedlicher Disziplinen (z. B. Sediment- und Bodenproben, Vegetationsaufnahmen, faunistische Erhebungen, Nistreviere von Vögeln usw.) in der Fläche darzustellen. Obschon die Vegetation als Strukturelement eine wichtige Rolle spielt, sollten Biotop(typen)kartierungen nicht mit einer pflanzensoziologischen Kartierungen verwechselt werden. Im Einzelnen werden

- die Nutzung einer landes- oder bundesweit vorgegebenen **Biotoptypenklassifikation** (ESSL et al. 2002a, 2002b, 2004, UMWELTBUNDESAMT GmbH 2005, 2008 [AT]; DELARZE et al. 1999, 2000 [CH]; LUBW 2008b, 2009, RIECKEN et al. 2003, 2006 [DE]), die auf unterer Hierarchieebene regionalisiert werden sollte,
- die flächendeckende (im Gegensatz zur selektiven) Kartierung des Planungsperrimeters, ggf. auch des Wirkungsperrimeters,
- die Nutzung der Möglichkeiten moderner **Fernerkundung** (inkl. CIR-Bilder, ARWEILER et al. 2002, wobei diese eine Geländekartierung jedoch nicht ersetzen kann),

empfohlen. Die Vorgehensweise im Gelände besteht im Wesentlichen aus einer Erkennung, flächenmäßigen Abgrenzung und Klassifikation anhand eines vorgegebenen Typenkatalogs; außerdem kön-

Tabelle 2 : Wichtige Anleitungen zur Beprobung und Analyse von Sedimenten und Biota mit Hinweis für eine normative Relevanz in AT, CH und DE (Lebensraum: M – marin; F – Fließgewässer; S – Stillgewässer, T – terrestrische Lebensräume)

	Quelle	Inhalt	Lebensraum	relevant für		
				AT	CH	DE
Sedimente	EN ISO 5667-1 (2006)	Probennahmeprogramme	verschiedene	X	X	X
	EN ISO 5667-19 (2004)	Probennahme	M	X	X	X
	DIN 18123:1996-11 (1996)	Korngröße, Böden	-			X
	DIN 52098:2005-06 (2005)	Korngröße, Gesteine	-			X
	EN 933-1 (2006)	Korngröße, Gesteine	-	X	X	X
	ISO 565 Reihe R20	Siebmaschenweiten	-	X	X	X
	EN 1097-5 (1999)	Wassergehalt	-	X	X	X
	EN 12789 (2000)	Glühverlust, Sedimente	F, S	X	X	X
	EN 12880 (2000)	Wassergehalt, Schlämme	F, S	X	X	X
	ÖNORM M 6231	allgem. Beschreibung (Morphologie, Substrate, Hydrologie, Biota), Bewertung	S X			
	OSTENDORP & Blum (1998)	Wassergehalt, Dichte, Korngröße, org. Substanz, Kalkgehalt u. a.	S			
Makrophytobenthos	EN 14184	Probennahme, Bestimmung	F	X	X	X
	EN ISO 16665	Probennahme	M; Weichsubstrate	X X		X
	SCHAUMBURG et al. (2007)	Kartierung	S			X
	VAN DE WEYER & SCHMIDT (2007)	Bestimmungsschlüssel F	, S	(X)	(X)	X
	[CH] ⁸⁵ ; PALL & MAYERHOFER (2008)	Kartierung S		X		
Semiaquatische und terrestrische Vegetation	KAISER et al. (2002)	Grundlagen, Bestandsaufnahme, Standard-Methoden, Erfolgskontrolle	-			X
Makrozoobenthos	EN ISO 5667-1	Probennahmeprogramme	-	X	X	X
	EN ISO 9391	Probennahme	tiefe F	X	X	X
	EN ISO 16665	Probennahme, Probenbearbeitung	M, Weichsubstrate	X X		X
	EN ISO 19493	Probennahme	M, Hartsubstrate	X	X	X
	EN 27828	Handnetzproben	F	X	X	X
	EN 28265	Probennahme	F; steinige Substrate	X X		X
	SCHWOERBEL (1994)	Probennahme, Probenaufbereitung	F, S			
	OFENBÖCK et al. (2008)	Probennahme, Probenaufbereitung, Auswertung	F X			
	BUWAL (2005)	Probennahme, Aufarbeitung, Auswertung	-		X	

⁸⁵ Im Rahmen des „Modul-Stufen-Konzeptes“ zur ökologischen Bewertung von Fließgewässern und Seen ist geplant, ein Bewertungsverfahren für Makrophyten zu entwickeln (<http://www.modul-stufen-konzept.ch>, Stand März 2009).

Tabelle 2 : Fortsetzung

	Quelle	Inhalt	Lebensraum	relevant für		
				AT	CH	DE
Semiaquatische und terrestrische Invertebratenfauna	BERNOTAT et al. (2002a), SCHLUMPRECHT (2002), TRAUTNER (1992), VUBD (1999)	Grundlagen, Erhebung der Fauna, Standard-Methoden, Bewertung. Erfolgskontrolle	T			X
Fische	EN 14011	Elektrofischen	F, S im Litoral	X	X	X
	EN 14757	Multimaschen-Kiemennetzen	S in allen Tiefen	X	X	X
	EN 14962	Probennahme	F, S in allen Bereichen	XX		X
	SCHÄPERCLAUS & v. LUKOWICZ (1998)	Netzbefischung, Reusenbefischung	S im Litoral	X	X	X
	GASSNER et al. (2007)	Elektrobefischung, Netzbefischung, Auswertung	S (Freiwasser, Ufer)	X		
	BUWAL (2004)	Befischung, Auswertung	F		X	
Amphibien, Reptilien	SCHLUMPRECHT (2002), TRAUTNER (1992), VUBD (1999)	Standardmethoden S,	T			X
Avifauna	SCHLUMPRECHT (2002), VUBD (1999)	Standardmethoden T				X
Säuger	SCHLUMPRECHT (2002), VUBD (1999)	Standardmethoden T				X

nen weitere Detailmerkmale erfasst werden. Die Ergebnisse werden als Basis für die Generalisierung und flächenhafte Darstellung von Punktdaten sowie für eine **Flächenbilanzierung der Biotoptypen** im Rahmen der Erfolgskontrolle (vgl. Kap. 4.3.14) genutzt.

6.4.6. Biologische Vielfalt

Der Begriff **Biologische Vielfalt** (= Biodiversität im weitesten Sinn) bezeichnet die Vielfalt der Arten eines Gebiets, die genetische Vielfalt innerhalb der Arten sowie die Vielfalt von Ökosystemen⁸⁶. Im Rahmen einer Seeuferrenaturierung können zwei dieser Komponenten, die Biotopvielfalt und die Artenvielfalt sinnvoll untersucht werden.

Die Beschreibung der **Artenvielfalt** setzt zunächst die Determination auf einem vorher vereinbarten taxonomischen Niveau, am besten des Artneveaus voraus. Da kleine Organismen häufiger sind als große, soll die Artendiversität nur für vergleichbare Größeklassen und Gilden bzw. ökologische Gruppen ermittelt werden. Als zweckmäßige Bezugsgrößen dienen bei

- aquatischen Makrophyten die von den einzelnen Arten bedeckten Flächenanteile in Prozent der Gesamtfläche (bei Bestimmung der Phytomasse: der Anteil der Phytomasse an der Gesamt-Phytomasse),

⁸⁶ Vgl. das „Übereinkommen über die Biologische Vielfalt (Convention on Biological Diversity, CBD)“, UNCED 1992, Rio de Janeiro, URL: <http://www.biodiv-chm.de/>; http://www.admin.ch/ch/d/sr/c0_451_43.html (Stand März 2009)

- aquatischen Makroinvertebraten die Individuendichte oder die Biomasse der determinierten Taxa (Arten oder höhere Taxa),
- bei Fischen die aufwandsbezogene Individuendichte (CPUE, Elektrofischung, Reusen- oder Netzfang) sowie
- bei **Biotoptypen** die von den einzelnen Biotoptypen bedeckten Flächenanteile in Prozent der Gesamtfläche.

Die Darstellung der Ergebnisse kann über Rang-Abundanz-Diagramme erfolgen, in denen die Art mit der höchsten Abundanz (Individuenzahl oder Deckungsanteil) den Rang 1 erhält, die nächst folgende den Rang 2 usw. Mit Biotoptypen kann ähnlich verfahren werden. Weiterhin können verschiedenen

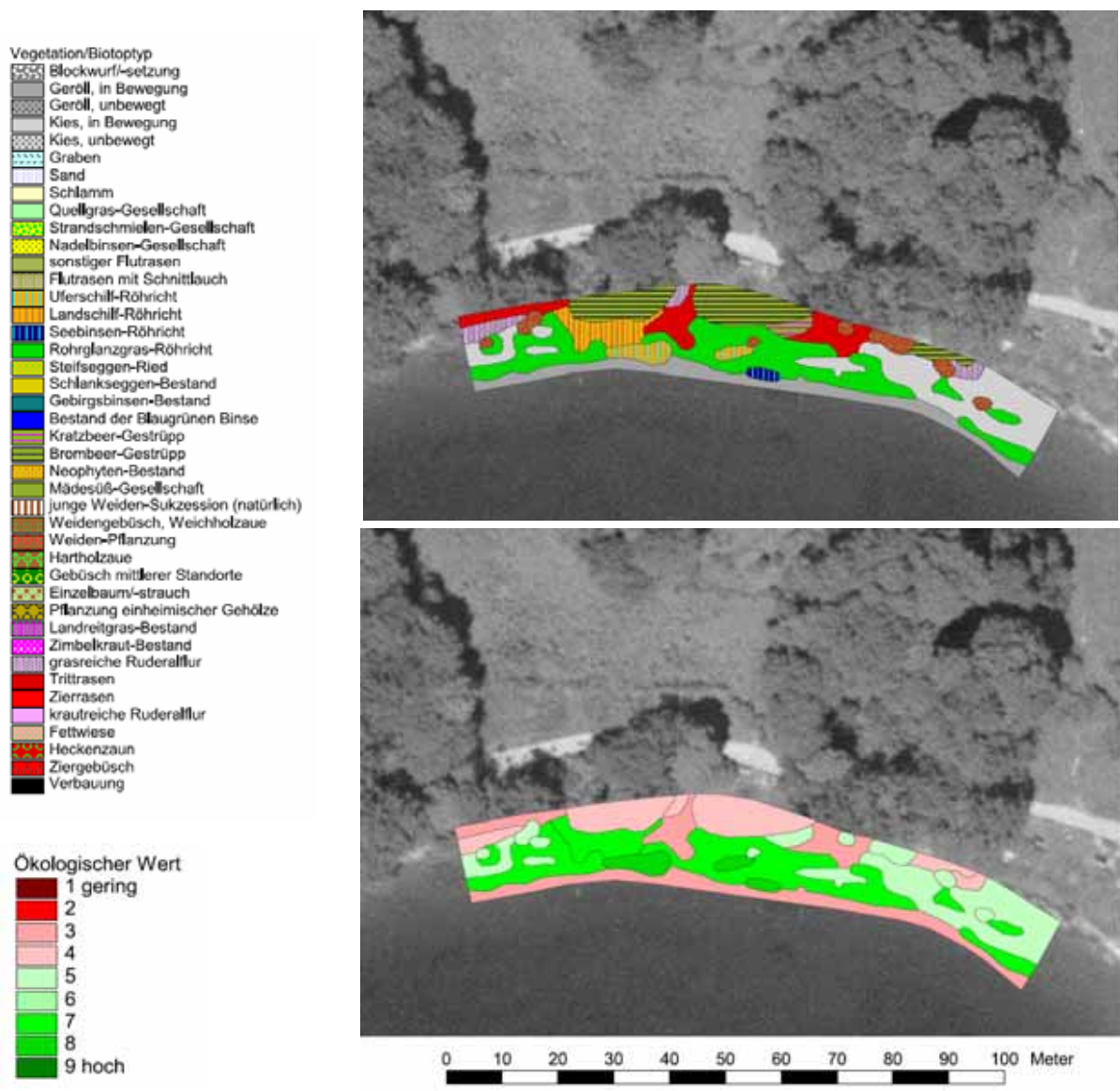


Abbildung 23:

Erstellung einer Biotoptypenkarte am Beispiel einer Renaturierungsfläche am Bodensee. Oben: Biotoptypen (in der Legende sind alle erfassten Biotoptypen von 27 Renaturierungs- und Referenzflächen zusammengestellt); unten: ökologischer Wert der Biotoptypen (Karten: M. Dienst, Einzelheiten vgl. OSTENDORP et al. 2008b).

Diversitäts- und Ebenmäßigkeitsindices berechnet werden (z. B. SHANNON-Index, SIMPSON-Index), die jeweils mit spezifischen Vor- und Nachteilen behaftet sind (vgl. MAGURRAN 2006), ohne dass sich im Voraus sagen lässt, welcher Index im konkreten Fall besonders geeignet ist. Dagegen besitzt die Darstellung als Rang-Abundanz-Diagramm die Vorteile der Anschaulichkeit auch für Nichtfachleute und der Transparenz von Interpretationen (z. B. „Die X häufigsten Arten bedecken Y % der Fläche“ oder „Y % der Biomasse entfällt auf nur X Arten“).

6.4.7. Naturschutz fachliche Bedeutung

Sowohl Biotoptypen (= Lebensraumtypen nach FFH-Richtlinie) als auch einzelne Arten werden unter dem Gesichtspunkt ihrer naturschutzfachlichen Bedeutung verbal-argumentativ dargestellt. Wichtige **Kriterien** sind (vgl. BERNOTAT et al. 2002b):

- Schutzstatus (FFH-RL [AT; DE], Artenschutzlisten der Länder [AT], B ArtSchV [DE], NHV Anh. 2 u. 4 [CH]),
- Gefährdung (z. B. Kategorien der nationalen oder Länder- bzw. kantonalen Roten Listen),
- Seltenheit (nur für lebensraumtypische bzw. leitbildkonforme Taxa),
- Verantwortlichkeit eines Staates (AT, CH, DE) für den weltweiten Erhalt (Anteil der Populationen an der Weltpopulation, insbesondere bei endemischen Vorkommen und/oder isolierten Reliktvorkommen),
- Vollständigkeit des lebensraumtypischen Artenspektrums im Untersuchungsgebiet,
- Bestandsgröße (Abundanz, Deckung oder Individuendichte im Untersuchungsgebiet),
- Anzahl stenöker Arten (d. h. Arten mit enger Bindung an bestimmte Standortfaktoren).

Hinzu kommt die Bedeutung der Taxa und Biozönosen bzw. der Biotope für die Leistungsfähigkeit des Naturhaushalts (vgl. KÖPPEL et al. 2004, S. 23-24). Hier sind auch die häufigen Formen angesprochen, die aufgrund ihrer Biomasse oder Abundanz für das Erscheinungsbild, die strukturellen Eigenschaften und die Stoffumsätze in der Seeuferzone von Bedeutung sind.

6.5. Statistische Auswertung

Die Anwendung statistischer Verfahren ist von großer Bedeutung bei der Erarbeitung weiterführender Erkenntnisse und hinsichtlich der Interpretation der Daten (explorative Statistik), bei der Visualisierung und Kommunizierung der Ergebnisse (deskriptive Statistik), vor allem aber bei der Darstellung der Vertrauensbereiche und der Aussagewahrscheinlichkeit (vgl. EN 25667 Teil 1, 16.2 und 16.3) der Resultate (prüfende Statistik). Im Bereich der deskriptiven und der explorativen Statistik steht eine Vielzahl von Methoden zur Verfügung, auf die hier nicht näher eingegangen werden kann. Einfache Verfahren und Darstellungsmöglichkeiten sind bereits in Tabellenkalkulationsprogrammen enthalten und erfordern keine statistischen Spezialkenntnisse. Für die korrekte Anwendung komplexerer Verfahren sind jedoch besondere Kenntnisse und entsprechende Software notwendig. Generell ist anzuraten, den Probennahmeplan (Kap. 6.2.3 bis 6.2.5) und die Skalierung der Daten bereits im Hinblick auf das später anzuwendende statistische Verfahren zu entwerfen.

6.6. Qualitätssicherung

Die Qualitätssicherung (QS, vgl. EN 14996, 3.11, 3.12, 3.13) dient dazu, ein angemessenes Vertrauen in die Ergebnisse einer Untersuchung oder eines Verfahrens zu rechtfertigen. Zur Qualitätssicherung gehören vor allem die

- Minimierung von (systematischen) Messfehlern,
- Minimierung des Risikos von taxonomischen Fehlbestimmungen,
- Standardisierung von Arbeitsschritten,
- die Rückverfolgbarkeit von Ergebnissen (Daten und Probenmaterial),
- Schulung und Fortbildung des Personals,
- Bereithaltung und Anwendung aktueller Standards, Normen, Bestimmungsliteratur u. a. sowie
- die Anlage und Pflege von Referenzsammlungen der zu bearbeitenden Organismengruppen (vgl. EN ISO 16665, 3.2).

Diese und andere grundlegende Gesichtspunkte der Qualitätssicherung (vgl. Tab. 3) setzen sich im Zusammenhang mit der Umsetzung der WRRL immer mehr durch (z.B. BAW-IWG⁸⁷ [AT]; IKUB 2002, 2005 [CH]; DGL-AK QS 2007, OSPAR COM M 2002, HEL COM o. J., BMLP-QUALITÄTSSICHERUNGSSTELLE⁸⁸ [DE]). In anderen Bereichen, z. B. der terrestrischen Ökologie sind solche Ansätze noch nicht sehr verbreitet (vgl. z. B. BERNOTAT et al. 2002; SCHLUMPRECHT 2002).

Tabelle 3: Wichtige Anleitungen zur Qualitätssicherung (QS) in der aquatischen Ökologie mit Hinweis für eine normative Relevanz in AT, CH und DE (Lebensraum: M – marin; F – Fließgewässer; S – Stillgewässer)

Quelle	Inhalt	Lebensraum	relevant für		
			AT	CH	DE
DGL AK QS (2007)	allgem. + Limnologie	F, S			X
OSPAR COM (2002)	allgem. + marine Ökologie	M		X	X
HEL COM o.J.	allgem. + marine Ökologie	M			X
EN 14996	Limnologie	F, S	X	X	X
EN ISO 16665	marine Ökologie	M	X	X	X
EN 25667 Teil 1	Probennahmeprogramme	F, S	X	X	X
IKUB 2002	allgemein			X	
IKUB 2005	allgemein			X	
EN ISO 17025	allgemein		X	X	X
DIN 55350	Begriffe der QS und Statistik				X
WELLMITZ & GLUSCHKE (2005)	Begriffe der Methodenvalidierung				X

⁸⁷ Bundesamt für Wasserwirtschaft, Institut für Wassergüte, URL <http://www.baw-iwg.at> Stichwort: laufende Projekte > Qualitätsmanagement von Gewässeruntersuchungen (Stand März 2009).

⁸⁸ Qualitätssicherungsstelle des Bund/Länder-Messprogramms Nord- und Ostsee (BLMP), URL: <http://www.umweltbundesamt.de/wasser/themen/blmp/index.htm> (Stand März 2009).

7. Aktueller Stand und Defizite der Seeuferrenaturierung

In den vergangenen Jahrzehnten wurden an rd. 23 Seen Mitteleuropas Renaturierungsmaßnahmen im weiteren Sinne durchgeführt (Tabelle 4), die von eher klein dimensionierten Unterhaltungsmaßnahmen bis zu mehrjährigen Uferschutz- und Vorschüttungsprojekten mit Kosten von vielen Millionen Euro reichen (z. B. am Bodensee und im Reuss-Delta, Urner See). So sind heute insgesamt etwa 82 km Uferstrecke auf unterschiedliche Weise renaturiert.

Am häufigsten waren Maßnahmen zum Schutz und zur Wiederansiedlung von Röhrichten (Schutzzäune, Pflanzungen), gefolgt von Erosionsschutzmaßnahmen (Wellenbrecher-Dämme, Palisaden, Lahnungen, Böschungs- und Flachwasseranschüttungen, Aufschüttung von Inseln). Die Zielsetzungen ergaben sich unmittelbar aus den sichtbaren Defiziten, insbesondere dem Rückgang der Röhrichtgürtel, häufig in Zusammenhang mit der Ufererosion, wofür im Einzelnen unterschiedliche Faktoren verantwortlich gemacht wurden, vor allem

- Beweidung der Röhrichte durch Wasservögel, v. a. Graugänse (u. a. Gr. Plöner See, Chiemsee, Starnberger See, Ammersee, Zuger See),
- Wellengang infolge Schiffsverkehr (Berliner Flusseen, Zuger See),
- Uferverbau und Ufernutzungen sowie Freizeit-Betrieb (Berliner Flusseen, Bodensee, Zürichsee),
- historische Seespiegelveränderungen (Gr. Plöner See, Wallersee, Zuger See, Bieler See, Neuenburger See, Lac de Bourget, Lac d'Annecy) und
- Kiesbaggerungen in der Flachwasserzone (Urner See, Genfer See)

Die zu erreichenden Ziele wurden in eher allgemeinen Worten dargestellt. Im Vordergrund standen naturschutzfachliche Absichten, die durch den Schutz oder die Wiederherstellung von litoralen Lebensräumen, v. a. von Schilfröhrichten, mitunter auch durch nu tzerlenkende Maßnahmen erreicht werden sollten. Daneben waren auch die Verbesserung der Zugänglichkeit des Seeufers sowie die Erweiterung von Freizeitnutzungen von Bedeutung (v. a. Bodensee, Zürichsee, Urnersee, Bieler See).

In den meisten Fällen wurden die Maßnahmen durch Voruntersuchungen vorbereitet, die sich überwiegend mit der langjährigen Bestandsentwicklung der aquatischen Schilfröhrichte und den kausalen Zusammenhängen des Röhrichtrückgangs befassten, außerdem mit der Ufermorphologie bzw. dem Wellenklima als der mutmaßlichen Ursache der Ufererosion. Hinzu kamen die erforderlichen planerischen Grundlagen, zumeist bathymetrische Karten, faunistische Erhebungen, Vegetations- und Biotopkartierungen u. ä. sowie die eigentlichen wasserbaulichen Planungs- und Genehmigungsunterlagen. Nur in einem Fall (Urner See) wurde eine Umweltverträglichkeitsuntersuchung durchgeführt, die sich allerdings weniger auf das angestrebte Resultat als vielmehr auf die Art der Baumaßnahmen bezog. Die Art und Intensität der Voruntersuchungen waren, soweit die zur Verfügung stehenden Unterlagen dies erkennen ließen, von unterschiedlicher Qualität. Teils wurde lediglich auf die wichtigste Fachliteratur sowie auf einzelne Beobachtungen und Befunde verwiesen, teils wurden zielgerichtet umfangreiche Datenerhebungen vorgenommen. Obgleich an vielen Gewässeruferrändern die Problemlage und die zur Diskussion stehenden Maßnahmen ähnlich waren, wurden keine übergreifenden Untersuchungskonzepte und –techniken entwickelt. Ebenso fehlt es an verallgemeinerbaren Verfahren zur Festlegung und Überprüfung von Renaturierungszielen.

Dokumentierte Erfolgskontrolluntersuchungen sind weniger häufig; sie bezogen sich zumeist auf die visuelle Untersuchung und Darstellung (z. B. Fotodokumentation) des allgemeinen Zustands, der wasserbaulichen Stabilität sowie auf den Anwuchserfolg der Pflanzungen bzw. die Ausbreitung der Schilffront nach Zäunungen oder anderen Schutzmaßnahmen. In den Fällen, in denen die Zielsetzungen umfassender waren, wurden auch Seegrundvermessungen, faunistische und botanische bzw.

vegetationskundliche Untersuchungen durchgeführt. Die Erhebungen wurden in einigen Fällen als längerfristige Monitoringprogramme konzipiert, wobei die einzelnen Bausteine in zwei- oder mehrjährigen Abständen untersucht werden.

In aller Regel sind die konzeptionellen und wissenschaftlichen Grundlagen der Renaturierungsprojekte ebenso wie die Ergebnisse der Erfolgskontrolluntersuchungen bestenfalls in behördeninternen Berichten oder in stark vereinfachter Form in öffentlichkeitswirksamen Informationsblättern publiziert. Begutachtete Fachartikel sind dagegen selten; so liegen beispielsweise für die Renaturierungen am Bodensee insgesamt rd. 81 Dokumente vor, darunter aber nur neun frei zugängliche Publikationen, zumeist in populärwissenschaftlichen Fachzeitschriften. Ein fachlicher Austausch über die Verwaltungs- und Zuständigkeitsgrenzen hinweg ist damit ebenso wenig möglich wie eine schrittweise Verbesserung von Konzepten und Arbeitstechniken. Als interessante Variante stellt sich Schlussdokumentation zur Umweltverträglichkeitsprüfung der Seeschüttungen am Urner See dar; hier wurde von allen projektbeteiligten Fachrichtungen erwartet, dass sie neben „Empfehlungen“ auch „Lehren für ein allfälliges künftiges Projekt“ formulieren (JUSTIZDIREKTION DES KANTONS URI PROJEKTLEITUNG SEESCHÜTTUNG 2007).

An einigen Seen sind die Schutz- und Renaturierungsmaßnahmen in umfangreichere Konzepte zur Raumordnung und Infrastrukturentwicklung (Zugänglichkeit der Ufer, Verbesserung der Freizeitnutzung, Ausgleichs- bzw. Ersatzmaßnahmen u. a.) einbezogen (z. B. EIDG. JUSTIZ- UND POLIZEIDEPARTEMENT 1975, LUTZ 1986). Am Bodensee wurden bereits 1984 zwei „Bodensee-Uferpläne“ als Teilregionalpläne der zuständigen Regionalverbände veröffentlicht, in denen neben den Grundlagen auch die Lokaltäten der im Nachhinein durchgeführten Renaturierungen dargestellt sind (RV BO 1984, RVHB 1984). In ähnlicher Weise gab es am Chiemsee und am Starnberger See einen Gewässerentwicklungsplan und im Reuss-Delta (Urner See) einen Landschaftsentwicklungsplan als fachübergreifende Planungsgrundlagen. Eine vergleichbare Konsistenz und zeitliche Kontinuität besitzt das Berliner Röhrichschutzprogramm⁸⁹, in dem seit nunmehr rd. 30 Jahren Schritt für Schritt geeignete Uferstrecken in Bearbeitung genommen werden. Allerdings ist die Fortführung aufgrund unklarer Zuständigkeiten zwischen der Berliner Umweltverwaltung und der Bundeswasserstraßenverwaltung derzeit nicht gesichert.

Maßnahmen zum Schutz des Schilfs vor Wasservogelfraß bestanden im wesentlichen in Einzäunungen aus Maschendraht oder Kunststoffnetzgewebe. Die Pflanzungen von Schilf und anderen Röhricharten wurden zumeist als Einzelballen oder Topfpflanzen, seltener auch mit Halmstecklingen oder Vegetationsmatten vorgenommen. Zum Schutz der Pflanzungen und der etablierten Bestände vor Wellen, Treibgut und Ausspülung wurden Steinwalzen, einfache oder doppelte Holzpalisaden, Lahnungen, aber auch ‚harte‘ wasserbauliche Lösungen wie Schüttstein-Dämme oder Henkel-Riffe[®] eingesetzt.

Besonders am Bodensee und einigen anderen Alpenseen wurden durch Vorschüttungen aus Kies und Geröll vor verbaute Ufer neue Litoralzonen geschaffen. In anderen Fällen wurde das Ufer durch Auffüllungen älterer Baggerlöcher sowie durch Schüttung von Inseln neu reliefiert. Bei besonders weitreichenden Vorhaben wurde der vor Jahrzehnten abgesenkte Wasserspiegel wieder angehoben (Wallersee) oder es wurde durch die Wiederherstellung eines Deltas versucht, eine naturnahe Sedimentakkumulation in der Flachwasserzone zu erreichen (Urner See).

Ein großer Teil der bisher bekannt gewordenen Uferrenaturierungen, rd. 90 Maßnahmen mit einer Gesamtlänge von 34,5 km Länge, stammt vom Bodensee, einem Ballungsraum und einer Urlaubs- und Wassersport-Destination von wachsender Bedeutung (OSTENDORP 2004). Entsprechend hoch die Be-

⁸⁹ Auf der Basis umfassender Regelungen im Berliner Naturschutzgesetz (§§ 26a bis 26f NatSch GBln).

lastung der Ufer. Etwa 70 % der Ufer⁹⁰ sind mit Ufermauern oder künstlichen Böschungen verbaut (TEIBER, 2003; IGKB 2006). Vor diesem Hintergrund wurden seit Mitte der 1970er Jahre Schilf-Wiederansiedlungs- und Renaturierungsprojekte durchgeführt, die auch zukünftig fortgesetzt werden sollen (IGKB 2004). Erst 2008 wurden die bis dahin renaturierten Strecken zusammenhängend ausgewertet (OSTENDORP 2008, OSTENDORP et al. 2008b). Neben den Erfolgen im Hinblick auf die strukturelle Verbesserung vieler Uferabschnitte wurden auch die Defizite sichtbar, die im Wesentlichen durch unzureichende wissenschaftliche Grundlagen, unklare Zielformulierungen, einseitige wasserbauliche Ausrichtung der Maßnahmengestaltung, ungenügende Nachsorge und mangelnde Erfolgskontrolle verursacht wurden. Die Analyse anhand von Planunterlagen, Geländeerkundungen und Nutzungsbeobachtungen ergab ein differenziertes Bild, das durch

- die weitgehende Erfüllung der wasserbaulichen Zielsetzungen (wirksamer Erosionsschutz, Stabilität der aufgeschütteten Substrate und des Reliefs),
- eine flächemäßige Ausweitung, Intensivierung und qualitative Verbesserung der Freizeitnutzungen zu Lasten einer naturnahen Entwicklung sowie durch
- eine Vernachlässigung ökologischer Aspekte v. a. im landseitigen Bereich (Relief- und Substratwahl, Hinterlandanbindung und Vernetzung, Nutzungsbeschränkungen, eigen dynamische Entwicklung, naturnahe Biotoptypen, standortgemäße Leitarten, Bilanzierung der Biotopwerte u. a.)

gekennzeichnet ist. Als Ergebnis dieser eher ernüchternden Bilanz wurde ein Renaturierungsleitfaden für das Bodenseeufer erarbeitet (IGKB 2009), der den neuen Erkenntnissen Rechnung trägt.

Zukünftige Konzepte und Maßnahmenplanungen werden sensibler auf die Seeufer zugehen müssen, nicht nur was die Betrachtung der Belastungsursachen, sondern auch was Leitbilder und Zielerreichungspotenzial angeht. Hier ist eine bessere Verzahnung der Raumordnung, des Naturschutzes und der staatlichen Instanzen der Wasserwirtschaft erforderlich. Vor allem bedarf es aber einer verbesserten Planung, die über die minimalen Anforderungen des jeweiligen Genehmigungsverfahrens hinausgeht. Besonders wichtig sind in diesem Zusammenhang die transparente Offenlegung der Nutzungskonflikte einschließlich der nachherigen Konfliktlösung, die Diskussion unterschiedlicher Planungsvarianten, sowie eine ökologische Begleituntersuchung (Voruntersuchungen, Baubegleitung, Erfolgskontrolluntersuchungen). Dadurch könnte für die jeweils nachfolgenden Planungen eine Arbeitsumgebung geschaffen werden, in der schnell und mit zuverlässigen Informationen auf die Erfahrungen früherer Projekte zurückgegriffen werden kann.

Die zukünftigen Herausforderungen liegen damit nur teilweise bei der Entwicklung neuer wasser- und landschaftsbaulicher Verfahrensvarianten, vielmehr bedarf es einer Intensivierung der anwendungsorientierten Ursachenforschung und einer Neuorientierung von Konzepten und Planungsverfahren.

⁹⁰ Die Zahlen verstehen sich einschl. aller bis dato renaturierten Uferstrecken.

Tabelle 4 : Übersicht der bisher an mitteleuropäischen Seen bekannt gewordenen Schilfschutz- und Seeufer-Renaturierungsmaßnahmen

	See / Land	Art der Maßnahmen	Anzahl / Größe	Beschreibung	Ziele
DE	Gr. Plöner See (Schleswig-Holstein)	(i) Pflanzungen, Palisaden, Einzäunungen, Rückbau einer Spundwand und Reliefausgleich; (ii) Grünlandmanagement (Bereitstellung alternativer Nahrungsflächen für Graugänse)	4 Renaturierungsflächen ca. 0,2 ha Uferfläche; bislang 2 alternative Äsungsflächen von ca. 12 ha	Pflanzung von vorkultiviertem Schilf; Schutz der Pflanzungen und bestehender Schilfbestände mit Wellenbrechern (Holzpalisaden) und Schutzzäunen (Wasservogel-Fraß); Äsungsflächen: Wiederaufnahme der Beweidung auf ehemaligen Grünlandbrachen	Wiederansiedlung verloren gegangener Uferschilf-Röhrichte, Schutz bestehender Schilfröhrichte
	Berliner Flusseen von Havel, Spree und Dahme (Land Berlin)	Röhrichtpflanzungen mit Sandvorschüttungen zum Ausgleich erodierter Uferprofile; Erosionsschutz mit Palisaden	insges. 22,3 km Länge (u. a. Tegeler See 1,5 km, Oberhavel 0,75 km, Unterhavel 12,9 km, Müggelsee 2,8 km, Langer See 2,0 km Seddinsee 2,3 km; Stand 2005)	Pflanzung von vorkultiviertem Schilf am Ufer, ggf. mit vorheriger Pflanzbettbereitung (Entfernung von Gehölzen, Sandaufbringung); Schutz vor Wind- und Schiffswellen durch Palisaden in ca. 1 m Wassertiefe	Schutz und Entwicklung der Röhrichte und naturnaher Uferzonen als Lebensraum für die standorttypische Fauna und Flora, Schutz der Ufer vor Erosion und Wellenschlag; Erhalt des ursprünglichen Landschaftsbilds
	Tagebaurestseen (hier: Runstedter See, Großkayna, Sachsen-Anhalt)	Pflanzung von Röhricht- und Sumpfpflanzen; Wellen- und Erosionsschutz	insges. ca. 1,5 km Uferlänge	Pflanzung von vorkultivierten Einzelballen von Schilf, Rohrkolben (<i>T. latifolia</i>) u. Seggen(<i>Carex</i>)-Arten sowie verschiedene Sumpfpflanzen auf vorgefertigten Kokosfaser-Paletten; Schutz der Pflanzungen durch Kokosgewebe-Walzen, Steinwalzen u. Palisaden	Ansiedlung eines aquatischen Röhrichtgürtels zur Unterstützung der Stickstoff-Elimination
	Chiemsee (Bayern)	(i) Schilfschutz-Zäune; (ii) Nutzerlenkung	(i) 5 Zaun-Strecken, insges. 0,6 km Uferlänge; (ii) Nutzungsreduzierung auf 0,5 km Uferlänge	(i) seeseitige Einzäunung ausgewählter Schilfbestände (Pfosten mit Nylonnetz-Gewebe), Versetzen der Zäune je nach Schilf-Vorwuchs um ca. 3 m; (ii) Reduzierung anthropogener Störungen an sensiblen Uferbereichen durch ingenieurbioologische Barrieren u. ä., Schaffung von Aussichtspunkten und Sichtachsen als Ersatz	(i) Schutz der Schilffront (wasservogel-Fraß, Algenanwurf u. a.); (ii) v. a. zum Schutz röhrichtbrütender Vögel
	Starnberger See (Bayern)	(i) Schilfschutz-Zäune, Schilfpflanzungen; (ii) Reliefausgleich mit Flachuferschüttung	ca. 32 Einzelmaßnahmen, ca. 2,0 km Uferlänge	(i) Schilfschutz-Zäune (Holzpfähle, Maschendraht; insges. 1,76 km); Schilfpflanzungen (vorkultivierte Topfpflanzen, vorgefertigte u. selbst vorkultivierte Vegetationsmatten m. autochthonem Material) mit Wellenschutz (Lahnungen aus Astwerk bzw. aus Pflöcken und Wurzelstöcken größerer Bäume); (ii) Vorschüttung mit Neigung 1:10 vor bestehenden Ufermauern in Ortslage mit Grob- und Feinkies sowie Geröllen, teils Bepflanzung mit Schilfsoden (autochthones Material vom Starnberger See)	(i) Schutz des Schilfes vor Vogelverbiss sowie vor Badenden, Anglern und Booten (Schutzzäune); Wiederansiedlung von Schilf; Erosionsschutz; Denkmalpflege; (ii) Schaffung eines natürlichen, flachen Ufers mit standorttypischer Kraut- und Schilfröhrichtvegetation, z. T. Zugangsmöglichkeit für Badenutzung und zum Spielen für Kinder

DE	Ammersee (Bayern)	(i) Schilfschutz (Zaun, Lahnung); (ii) Vorschüttungen vor Uferkante	(i) Schilfschutz ca. 0,43 km; (ii) Vorschüttung ca. 0,08 km Uferlänge (1400 m ²)	(i) Lahnung (ca. 80 m lang u. 1 m breit); Maschendrahtzaun entlang des Ufers (ca. 350 m lang); (ii) Vorschüttung im Gefälle 1:10 bis 1:12 aus Wandkies und Grobkies vor bestehende ca. 0,7 m hohe Erosionskante in Ortslage	(i) Schutz der Röhrichtbestände vor Wind, Wellen und Treibgut, Förderung der Sedimentablagerung (Lahnung), sowie vor wasserseitigem bzw. landseitigem Betreten u. Befahren und Treibguteinschwemmung und Wasservogelfraß (Zaun), Förderung der seewärtigen Ausbreitung; (ii) Erosionsschutz für öffentl. Spazierweg; Verbesserung der Zugänglichkeit des Sees für Kinder und Erholungssuchende (Erlebbarkeit)
	Bodensee (Baden-Württemberg, Bayern, Vorarlberg, Kt. St. Gallen u. Thurgau)	Vorschüttungen vor Mauern und Erosionskanten, Schilfpflanzungen, Schilfschutz-Zäune	ca. 90 Einzelmaßnahmen, ca. 34,5 km Uferlänge, ca. 1,04 km ² Fläche	Vorschüttungen mit Neigung 1:10 bis 1:30 vor bestehende Ufermauern oder Kliffkanten aus gemischtem Moränekies oder Geröll mit seeseitigem Geröll-Damm; teils Bepflanzung mit Schilf (<i>P. australis</i>), Gehölzen, Zierpflanzen, Grünanlagen usw. teils unbepflanzte mit spontaner Vegetationsentwicklung oder vegetationsfrei; oft mit starker Freizeitnutzung	limnologische Verbesserungen (Fische, Selbstreinigungsvermögen); im Einzelfall auch abweichende Motive (v. a. Badestrand-Auffüllung, Erweiterung von Häfen bzw. Steganlagen, Anlage von Uferwegen, Ablagerung von Erdaushub, Verlegung von Ufersammlern)
AT	Wallersee (Salzburg)	Vorschüttungen vor Mauern; Anhebung des Seespiegels; Röhrichtbewirtschaftung	Vorschüttungen auf ca. 8 km Länge an den verbauten Ufern; kein Schilfschnitt bis zum Weidengürtel auf ca. 7 km Uferlänge.	Vorschüttung mit Neigung 1:10 – 1:20 zur Anlage eines Weges am verbauten Ufer mit Moränenschotter (Korngröße 16/64 mm u. größer); Wiederanhebung des Seespiegels um 0,3 m im Mittelwasser bzw. um 0,5 m im mittl. Niedrigwasser (Wehr am Seeausfluss); Bewirtschaftungsverzicht (Schilfmahd) unterhalb der Linie des 2-jähr. Hochwassers in allen bisher landwirtschaftlich genutzten unverbauten Uferbereichen, Streuwiesenpflege bis zur Linie des 10-jähr. Hochwassers	Wiederherstellung des ursprünglichen Wellenklimas in der Uferzone; Stärkung der Vitalität der Schilfbestände durch Wiedervernässung im Uferbereich; Wiederentwicklung der natürlichen Ufervegetation bis zum Weidengebüsch
	Ossiacher See (Kärnten)	(i) Errichtung eines Retentionsbeckens im unmittelbar an den See angrenzenden Einzugsgebiet des Hauptzuflusses (geplant für 2010), (ii) Schlammabsaugung im Ostbecken, Bepflanzung mit Makrophyten (2007 bis 2009)	(i) Flutung von 70 ha Polderfläche; (ii) Absaugung einer Seefläche von 24 ha und anschließender Initialbepflanzung	(i) in Abhängigkeit von der Wasserführung gesteuerte Einleitung des Zuflusses sowie der Dränwässer der angrenzenden Moorflächen in das Flutungsbecken; (ii) Entnahme der flockigen Sedimentoberschicht mit einem Saugbagger und Einsetzen standortgerechter Makrophyten aus anderen Kärntner Seen (bisher massives Wachstum von Blaualgen, die im Sommer an die Wasseroberfläche treiben und die Badenutzung beeinträchtigen)	(i) Reduzierung der Schwebstoffeinträge über den Zufluss und der Nährstoffbelastung durch das dränagierte und landwirtschaftlich intensiv genutzte Moor im Einzugsgebiet; (ii) Regeneration des Makrophytengürtels bei gleichzeitiger Unterbindung der Massenentwicklung von Bodenalgen und der Beeinträchtigung der Badenutzung durch auftriebende Blaualgen

CH	Zürichsee (Kt. Zürich, Schwyz, St. Gallen)	(i) Schilfschutz, Röhrichtpflanzungen; Kiesschüttungen; (ii) Abtrag von Ufermauern, Uferwällen und Landanlagen (Renaturierungen)	ca. 40 Einzelmaßnahmen von insges. ca. 4,6 km Uferlänge entspr. ca. 5% der Gesamtuferlänge: (i) 24 Schilfschutzmaßnahmen, 3,1 km, (ii) 16 Renaturierungen, 1,6 km	Schilfschutz (Diagonalflecht-Zäune, Lahnungen; Blockstein-Riffe); Pflanzung von Schilf (<i>P. australis</i>) u. Rohrkolben (<i>Typha shuttleworthii</i>), teils Gehölzpflanzungen; Kiesschüttungen vor Ufermauern oder Blockwurf, Kiesinsel-Schüttungen	Schilfschutz, Erosionsschutz, Schaffung von Brutvogel- bzw. Limikolen-Habitaten; Nutzungsverbesserung, Verbesserung der Zugänglichkeit
	Zuger See (Kt. Zug)	Schilfschutz (Zäune, Palisaden); Schilfpflanzungen; Flachufergestaltung	ca. 9 größere Maßnahmen: Palisaden ca. 0,25 km, Schutzzäune vor bestehenden Schilfbeständen ca. 0,17 km, Abbruch einer Ufermauer und Reliefabflachung ca. 0,02 km	doppelte Palisadenreihe vor bestehenden Schilfbeständen: Sicherung einer Kliffkante, Wellen- und Treibgut (Schwemmholz)-Schutz der Schilffront; Zäune: Fraßschutz des Schilfs (u. a. Graugänse); Schilfpflanzung: auf künstlich geschütteter Kiesinsel Pflanzung von Ballen oder Halmstecklingen, Sicherung mit Schutzgittern (Fraß) oder Kokosgewebe (Erosion); Reliefabflachung mit Erdaushub; ergänzende Maßnahmen (z. B. Auflichtung von Ufergehölzen, Entfernung von Schwemmholz)	Stabilisierung der verbliebenen Schilfbestände; Wiederansiedlung neuer Schilfbestände; Schaffung einer natürlichen Uferzone mit Kraut- und Schilfvegetation
	Urner See (Reuss-Delta, Kt. Uri)	(i) Renaturierung des Reuss-Deltas und Schüttung einer Vogelinsel (1989 bis 1991) (ii) Schüttung von 6 Inseln und Flachwasserzonen (2000 bis 2007)	(i) ca. 0,65 km (ii) ca. 1,22 ha neue Inseln und ca. 1,76 ha neue Flachwasserflächen (bis 10 m Wassertiefe)	(i) Öffnung der 2 Seitenarme auf kleinstem Raum im Bereich der Mündung, Zurückverlegung der Kanalmündung, Abbruch der Leitdämme, Auffüllung ufernaher Unterwasser-Baggerlöcher durch Geschiebeeintrag der Reuss, Vorschütten und Auffüllung erodierter Flachufer zur Uferstabilisierung; Uferaufschüttungen als Erosionsschutz; Bereitstellung deltanaher Flächen für den Kiesabbau; (ii) Schüttung von 3,3 Mio t Gesteinsmaterial aus Straßen- und Eisenbahntunnelbauten zur Verfüllung von Unterwasser-Baggerlöchern, Wiederherstellung einer Litoralzone (Flachwasserzone) und Schaffung von je 3 Inseln für den Naturschutz und für die Erholungsnutzung	(i) naturnahe Delta-Entwicklung, langfristige Rohstoffsicherung (Sand, Kies) ohne negative Auswirkungen auf die Uferstabilität (Erosion) (ii) Erosionsschutz des Ufers; Schaffung von Biotopen für den Naturschutz; Aufwertung für die Erholungsnutzung
	Bielensee (Kt. Bern u. Neuenburg)	Schilfschutz, Uferrenaturierungen, naturnahe Ufersicherung, naturnahe Gestaltung (1990-2006).	ca. 22 Einzelmaßnahmen auf insgesamt rund 4,3 km Uferlänge (15 % der gesamten Uferlänge ohne Steilufer), davon Schilfschutz 1,8 km, Renaturierungen 1,7 km, naturnahe Ufersicherung 0,25 km, naturnahe Gestaltung von Erholungsufern 0,58 km	(i) bauliche Massnahmen: Schilfschutzmassnahmen, Rückbau von Uferbefestigungen, Bau von vorgelagerten, uferparallelen Wellenbrechern, Gestaltung von Flachufern (unbefestigte und mit Rundkies befestigte), Schilfpflanzungen, Aufwertungen von landseitigen Uferbereichen (ii) begleitende Massnahmen: ökologische Pflege der Naturufer, Bergung von Schwemmholz	ökologische Aufwertungen (Flachwasser- und Uferzone); Schilfschutz, Erosionsschutz, Entflechtung von Naturschutz und Erholung, Artenschutz (Wasservögel, Amphibien, Orchideen, Schwarzpappeln)
	Neuenburger See (Kt. Waadt)	Erosionsschutz; Ufervorschüttungen; Schilfpflanzungen	ca. 3 km Uferlänge, ca. 0,5 km ² Flachwasserzone	Erosionsschutz: Schüttstein-Dämme und -Inseln, Palisaden, Lahnungen, Henkel-Riffe®, Sand-Vorspülungen; Schilfpflanzungen: auf künstl. Sandvorspülungen	Verminderung der Erosionsrate in der Uferlinie, möglichst auch seewärtige Ausbreitung der Ufervegetation; Erhöhung der Habitatvielfalt in der Uferzone

CH	Genfer See (Les Granges, Kt. Waadt)	(i) Schüttstein-Wellenbrecherdämme (ii) Schilfpflanzungen (iii) begleitende Maßnahmen zur Erosionsminderung	(i) 1,5 km Wellenbrecher (ii) ca. 0,1 ha gepflanztes Röhricht	(i) Wellenbrecher, teils mit Dammkrone im MMW, teils 1 m über MMW, mit Wasserdurchlässen (ii) Schilfpflanzungen: 30 Rhizomballen (iii) Beendigung der Unterwasser-Kiesbaggerung in der Uferzone; Treibguträumung in der Rhône-Mündung und am Ufer	Stabilisierung und Wiederausbreitung der Schilfröhrichte; Verminderung der Ufererosion
FR	Lac de Bourget (Dep. Savoie)	Verringerung der Wellenbelastung; Wiederherstellung des Uferprofils; Röhrichtpflanzungen	0,35 km Schüttsteininseln, 0,1 km Beton-Riffe, 0,1 km Lahnungen, 0,15 km Gabionen	Wellenbelastung: Schüttstein-Inseln, Palisaden Röhrichtpflanzungen: Schilf (<i>P. australis</i>), Seebirse (<i>S. lacustris</i>), geschützt durch Maschendraht-Zäune	Wellenbremsung und Förderung der Sedimentation; Ausbreitung der vorhandenen Ufervegetation und der Röhrichtpflanzungen
	Lac d'Annecy (Dep. Haute-Savoie)	Verringerung der Wellenbelastungen, Röhrichtpflanzungen (1999-2001) weitere Maßnahmen vorgesehen für 2009-2011	vorgesehen: 1,2 km Wellenschutz-Palisaden, 0,14 ha Röhrichtansiedlung, 0,15 ha Pflegeschnitt	Flechtzäune als Wellen- bzw. Brandungsschutz; Anpflanzung von Röhrichtinseln (Schilf, <i>P. australis</i> , Seebirse, <i>S. lacustris</i>) vorgesehen: Wellenbrecher-Palisaden, Röhrichtpflanzungen (Schilf, Seebirschen); Herstellung eines natürlichen Uferreliefs, Treibgut-Entfernung	Wiederherstellung der geschädigten Ufervegetation vorgesehen: Förderung der Wiederbesiedlung durch Ufervegetation

Tabelle 4 : Fortsetzung

	See / Land	Vorbereitende Untersuchungen	Erfolgskontrolluntersuchungen	Zielerreichung/Kommentar	Literatur
DE	Gr. Plöner See (Schleswig-Holstein)	Dokumentation des Röhrichtrückgangs zw. 1953 u. 2004; Untersuchungen der Rückgangsursachen (Graugans-Fraß, Beschattung, mechan. Belastungen durch Wellen u. Treibgut, Wasserstandsführung)	bisher keine, Monitoring nach Projektende in 2009 geplant	Stabilisierung eingezäunter Schilfbestände, Etablierungserfolg der großflächigen Schilfpflanzungen kann erst in der Vegetationsperiode 2009 beurteilt werden	SCHOENBERG, HOLSTEN & JENSEN (2008)
	Berliner Flusseen von Havel, Spree und Dahme (Land Berlin)	generell: Untersuchungen zu Rückgangsursachen, Fraß durch Konsumenten (z. B. Bisam u. Blässhuhn), klonalen Unterschiede einzelner Röhrichtbestände; dokumentierte Pflanzungs- und Anwuchsversuche mit unterschiedlichen Schilfklonen; Einzelmaßnahmen: gutachterliche Einschätzung der Eignung des ausgewählten Uferabschnitts, Nivellement des Uferreliefs	Luftbildauswertung zur Röhrichtentwicklung aller Berliner Gewässer einschl. der Pflanzungen und Wellenschutzmaßnahmen im 5-jährigen Turnus seit 1990	durch die Maßnahmen konnte der drastische Schilfrückgang gestoppt und ein Flächenzuwachs der Röhrichte erzielt werden	zuletzt HEINZE & KRAUSS (2007), KRAUSS & VON LÜHRTE (in Vorbereitung.), KRAUSS et al. (2002, 2003),
	Tagebaurestseen (hier: Runstedter See, Großkayna, Sachsen-Anhalt)	allg. limnologische Untersuchungen	Etablierungserfolg der Pflanzvarianten, Stabilität der mechanischen Schutzeinrichtungen; Fotodokumentation	gute Entwicklung von Schilfpflanzungen; teils starke Ausfälle von Sumpfpflanzen; Versagen der Röhricht-Walzen als Erosionsschutz	GRÜTTNER (2005)
	Chiemsee (Bayern)	Luftbildkartierung der Schilfbestände, Schilfrückgangsanalyse; Gewässerentwicklungsplan Chiemsee	Fotodokumentation	Zäunung erfolgreich (seewärtige Ausbreitung des Schilfs) Nutzer-Barrieren: werden i. A. akzeptiert, Erneuerung alle 2-3 Jahre erforderlich	GROSSER et al. (1997), unveröffentlichte Unterlagen des Wasserwirtschaftsamts Traunstein
	Starnberger See (Bayern)	(i) Luftbildkartierung der Schilfbestände, Schilfrückgangsanalyse, Vorort-Erhebungen der Ufernutzung und -ausstattung (Seeuferkartierung); (ii) Entwicklungskonzept und Maßnahmenplanung; Gewässerentwicklungsplan Starnberger See (Aufarbeitung von naturschutzfachlichen Daten und Kartierungen)	jährliche Seeuferbereisungen mit allen einschlägigen Beteiligten	Schilf-Pflanzungen: nur teilweise erfolgreich (v. a. bei fehlendem Schutz vor Wellenschlag), Nachpflanzungen nötig, sehr hoher Pflege- und Unterhaltungsaufwand; Schutzzäune: bei richtigem Abstand zur Schilffront erfolgreiche seewärtige Schilfausbreitung; Flachuferschüttung: erfolgreich	WASSERWIRTSCHAFTSAMT MÜNCHEN (2005)

DE	Ammersee (Bayern)	(i) Schilfrückgangsanalyse; (ii) daraus abgeleitetes Maßnahmenkonzept des Wasserwirtschaftsamtes Weilheim	(i) Langzeitmonitoring an 4 Transekten (biometrische Untersuchungen); Analyse der zeitlichen und räumlichen Entwicklung des aquatischen Röhrichbestandes anhand von Luftbildern (1963-2006) und Vorortkartierung mit GPS (2006); visuelle Kontrolle; (ii) Vorschüttung: keine ökologischen Detailuntersuchungen	(i) Stabilisierung und gute seewärtige Ausbreitung der Schilfbestände (Lahnung, Zaun); Akzeptanz durch die Nutzer und starke Verringerung der Fraßschäden (Zaun); (ii) Vorschüttung: Zielerreichung	(i) FEDERL (1999, 2004), GROSSER et al. (1997); LINKE (1994); LÖSCHENBRAND & EDER (2007) RÜCKER (1993); (ii) WASSERWIRTSCHAFTSAMT WEILHEIM, interne Planungsunterlagen
	Bodensee (Baden-Württemberg, Bayern, Vorarlberg, Kt. St. Gallen und Thurgau)	allgemein: Bodensee-Uferplan (Teilregionalplan, nur DE); übergreifende Untersuchungen zur Ufererosion und Sedimentstabilität; meist ökologische Untersuchungen der Einzelmaßnahmen	wenige (meist nur wasserbauliche Stabilität); übergreifende Erfolgskontrolle in 2006/2007 (Biototypen, Fische, Vegetation, Laufkäfer)	in vielen Fällen zu grobes Substrat, zu steile Neigung der Schüttungen; Überschüttung der Eulitoralzone; starke Freizeit-Nutzungen mit Beeinträchtigung der Vegetation und der eigenynamischen Entwicklung	LUBW (2008a), OSTENDORP (2008a, b), OSTENDORP et al. (2008b); RVBO (1984), RVHB (1984); SIESSEGGER & SIESSEGGER-TEIBER (2005); SIESSEGGER & TEIBER (2001)
AT	Wallersee (Salzburg)	Biotopkartierung, detaillierte Vegetations- und Schilfuntersuchungen entlang von 7 Transekten, Tiefenmodell u. Makrophyten-Abundanz, Kartierung der Schilfbestandsgrenzen u. Gebüschstrukturen; Basisuntersuchung 1995 vor Seespiegelanhebung; Bilanzierung von Flächenanteilen (terrestr. Vermessung, georeferenzierte Luftbilder)	Untersuchung der Situation in 2000 bei Seespiegelanhebung und weitere Kontrolle 2007/2008 (Vegetations- und Schilfuntersuchungen an 7 Transekten, Monitoring der Innen- und Außengrenzen von Schilf und begleitenden Gebüschstrukturen)	Schilfflächen nach der Seespiegelanhebung größer, schütterer Bestände werden dicht und hochwüchsig; Vorwachsen der Schilfbestände in den See messbar; höhere Stabilität der Schilfbestände, durch Wegfall der Schilfmad entsteht wieder die Weidengebüschzone	FALLY & JÄGER (1981), JÄGER (2008), JÄGER & FALLY (1986), JÄGER & HEBERLING (2009), JÄGER et al. (2004), Wiesner (1995)
	Ossiacher See (Kärnten)	entfällt	entfällt	entfällt	keine beim gegenwärtigen Stand
CH	Zürichsee (Kt. Zürich, Schwyz, St. Gallen)	keine Angaben	nur für 3 Maßnahmen Erfolgskontrollen (u. a. Brutvogelzählungen)	(i) Schilfschutz: einzelne Maßnahmen führten nicht zum gewünschten Resultat (Ursachen nicht untersucht u. nicht bekannt); (ii) Kiesuferschüttung: einzelne Maßnahmen nicht erfolgreich (ungeeignete Körnung führte zur Zerstörung eines Schilfbestandes); Zielerreichung: mangels konkreter formulierter Ziele schwierig zu beurteilen.	nur behördeninterne Planungsunterlagen
	Zuger See (Kt. Zug)	Seegrundvermessung (Lokalisierung von Erosionsbereichen), Kartierung der Schilfbestände (Einmessung der Schilffront)	Schilffrontvermessung mit Querprofilen alle 2 Jahre	starke Verbisschäden an nicht eingezäunten angepflanzten Schilfbeständen; Erholung und seeseitige Ausbreitung von eingezäunten Beständen und Pflanzungen; zu hohe Kiesschüttungen mit Landschilfentwicklung und Verbuchung	ISELI (2007a); TIEFBAUAMT, AMT FÜR RAUMPLANUNG, AMT FÜR UMWELTSCHUTZ, AMT FÜR FISCHEREI UND JAGD KANTON ZUG (2003); URL: http://www.zug.ch/schilfschutz

CH	Uerner See (Reuss-Delta, Kt. Uri)	(i) Landschaftsentwicklungsplan Reussdelta; vegetationskundliche und limnologische Bestandsaufnahme; Modellversuche zur Entwicklung der Deltamorphologie an der VAW der ETH Zürich; (ii) Umweltverträglichkeitsberichte (1991, 1998) mit Untersuchungen zur Wirkung der Schüttungen (Wassertrübung, Auswirkungen auf Fische und Fischlaich, Wasserpflanzen etc.)	(i) k. A. (ii) Begleituntersuchungen während der Bauphase (Wasserpflanzen, Fische, terrestrische Vegetation, Amphibien und Vögel); Erfolgskontrollen werden in mehrjährigem Rhythmus fortgesetzt	(i) wasserbauliche Durchführung erfolgreich, eigendynamische Entwicklung des Deltas; (ii) wasserbauliche Durchführung erfolgreich; Ansiedlung mehrerer Rote Liste-Gefäßpflanzenarten; Diversifizierung der Fischfauna; Brutpaare des Flussregenpfeiffers, Zunahme von Tauchenten, Lappentauchern u. Blässhühnern, Vergrösserung des Ausbreitungsgebietes von Wasserpflanzen; Probleme: teilweise unregelmäßiges (Unterwasser-)Schüttungsrelief; Erosionserscheinungen an einer Insel; Unterhaltsaufwand: zum Erhalt der Brutplätze für Flussregenpfeifer Jäten der Ruderalvegetation u. Reduzierung der Verbuschung notwendig; menschliche Störungen auf und um die Naturschutzinseln.	(i) ELBER et al. (1991, 1997) (ii) JUSTIZDIREKTION DES KANTONS URI, PROJEKTLEITUNG SEESCHÜTTUNG (2007), SCHILTER & GEMPERLI (2002), ZURFLUH et al. (2006)
	Bieleree (Kt. Bern u. Neuenburg)	Aufnahme der Schilfbestände und bathymetrische Aufnahme der Flachwasserzone (1990)	jährliche Kontrollaufnahmen der Schilfbestände und bathymetrische Querprofile in der Flachwasserzone im Rahmen des Schilfschutzprojekts Bielersee (Stichproben 1991 – 2000) sowie Höhenmodelle im Rahmen des Forschungsprojekts EROSEE (2001 - 2006)	tendenziell positive Entwicklung der Schilfbestände und der Flachwasserzone (im Forschungsprojekts EROSEE wurden die Wirksamkeit der Lahnung als Wellenbrecher untersucht und Bemessungsgrundlagen erarbeitet)	ISELI (1995), ISELI & IMHOF (1989), MÜLLER & SCHMOCKER (2006) SAY-AH et al. (2006), URL: http://erosee.org/ , http://www.vereinbielerseeschutz.ch , http://www.landschaftswerk.ch
	Neuenburger See (Kt. Waadt)	Untersuchungen über das Ausmaß der Ufererosion und Lokalisation der betroffenen Uferabschnitte; Unterschutzstellung der Uferzone, Management-Pläne	Monitoring der Uferlinie; Seegrundaufnahme; biologisches Monitoring (Makrophyten, Fische, Avifauna), Kontrolle der Stabilität der Bauwerke	Verlangsamung des Uferückgangs, lokal auch Stillstand der Uferlinie; außer in Einzelfällen keine seewärtige Ausbreitung der Ufervegetation	MATTHEY et al. (2004)
	Genfer See (Les Granges, Kt. Waadt)	k. A.	Flächenbilanz der aquatischen Röhrichte zw. 1980 u. 2006 anhand von Luftbildauswertungen	Schilfpflanzungen nur in geschützten Lagen (Treibholz, Wellen) erfolgreich; Schilf-Bestandsrückgänge auch hinter den Wellenbrechern	DELARZE (2008), MORET (1982), OSTENDORP et al. (1995)

FR	Lac de Bourget (Dep. Savoie)	Untersuchung von Wind, Seegang, Seespiegelschwankungen, Bathymetrie, Sedimentation und Erosion, physikalische und chemische Sementeigenschaften	Untersuchung der Wiederbesiedlung und der Vegetationsentwicklung (Röhrichte)	keine Angaben	keine Angaben
	Lac d'Annecy (Dep. Haute-Savoie)	Röhricht-Zustand, Ursachen des Schilfrückgangs (SILA 2007 and BLAKE, 2003)	nach Durchführung der vorgesehenen Maßnahmen (2009-2011): Beobachtung der Vegetation u. a. ökologischer Parameter u. der Wirksamkeit der Maßnahmen	keine Angaben	BLAKE (2003), SILA (2007, 2008)

8. Danksagung

Ein besonderer Dank gilt M. DIENST, M. PEINTINGER und I. STRANG (Arbeitsgruppe Bodenseeufer e.V.) sowie W. LÖDERBUSCH für die anregenden Diskussionen und die gute Zusammenarbeit.

Weiterhin sei folgenden Personen und Institutionen für die Bereitstellung von Informationen über Renaturierungsvorhaben an den jeweiligen Seen gedankt: G. BLAKE, Université Savoie (FR), C. CLERC Groupe d'étude et de gestion Grande Carrière, Cheseaux-Noréaz (CH), O. EPARS, Fondation des Granges, Villeneuve (CH), G. HERMANNSDORFER, Wasserwirtschaftsamt Traunstein (DE), W. HILLE, Lausitzer und Mitteldeutsche Bergbau-Verwaltungsgesellschaft mbH (DE), C. ISELI, Büro Iseli & Bösi-ger, Biel (CH), P. JÄGER, Land Salzburg Ref. Gewässerschutz (AT), G. KANGLER, Wasserwirtschaftsamt Weilheim (DE), M. KRAUSS, Büro Stadt-Wald-Fluss Berlin (DE), W. SCHOENBERG, AG Angew. Pflanzenökologie Univ. Hamburg (DE), L. SCHULZ, Amt der Kärntner Landesregierung Abt. 15, Klagenfurt (AT), M. STURZENEGGER, Kompetenzzentrum am Zürichsee, Wädenswil (CH), E. SCHILTER, Amt für Umweltschutz Kt. Uri (CH), O. VON AH, Baudirektion Kt. Zug (CH).

Der Dank gilt auch zahlreichen Mitarbeitern und Mitarbeiterinnen verschiedener Wasser- und Naturschutzbehörden in Österreich, der Schweiz und Deutschland, die mit vielerlei Hinweisen behilflich waren, und die hier aus Platzgründen nicht alle namentlich aufgeführt werden können.

9. Quellen

9.1. Literatur

- ANDERSON, M. R., KALFF, J. (1988): Submerged aquatic macrophyte biomass in relation to sediment characteristics in ten temperate lakes. *Freshwater Biology* 19, 115-121.
- ANNONI, A., LUZET, C., GUBLER, E. (Hrsg.) (2003): Map Projections for Europe. EUROPEAN COMMUNITIES, Dokument EUR 20120 EN, 131 S., <http://www.ec-gis.org/sdi/publist/pdfs/annoni-et-al2003eur.pdf> (zuletzt aufgerufen im Jan. 2009).
- ARMSTRONG, W., BRÄNDLE, R., JACKSON, M. B. (1994): Mechanisms of flood tolerance in plants. *Acta Bot. Neerl.* 43, 307-358.
- ARNBERGER, A. (Hrsg.) (2003): Management of visitor flows in protected areas. *J. Nature Cons.* 11/4 (Special issue), 238-369.
- ARWEILER, F., BÜRGER, A., DINGLER, B., MITLACHER, G. (2002): Systematik der Biotoptypen- und Nutzungstypenkartierung (Kartieranleitung). *Schr.-R. Landschaftspflege u. Naturschutz* 73, 169 S., hg. vom Bundesamt für Naturschutz, Bonn-Bad Godesberg.
- ATV-DVWK (Hrsg.) (2001): Hochwasserrückhaltebecken, Probleme und Anforderungen aus wirtschaftlicher und ökologischer Sicht. *ATV-DVWK-Schriftenreihe* 26, 125 S. Hef. Hennef.
- BACKHAUS, K., ERICHSON, B., PLINKE, W., WEIBER, R. (2008): *Multivariate Analysemethoden. Eine anwendungsorientierte Einführung*. 12. Aufl., Springer Verlag, Berlin, 575 S.
- BASTIAN, O., SCHREIBER, K.-F. (Hrsg.) (1999): *Analyse und ökologische Bewertung der Landschaft*. 2. Aufl., Spektrum Verlag, Heidelberg - Berlin, 564 S.

- BATZER, D. P., SHARITZ, R. R. (2007): Ecology of Freshwater and Estuarine Wetlands. University of California Press, Berkeley, CA, USA, 691 S.
- BAW (BUNDESANSTALT FÜR WASSERBAU) (1993): Merkblatt Anwendung von Regelbauweisen für Böschung- und Sohlensicherungen an Wasserstraßen. Eigenverlag, Karlsruhe
- BAW (BUNDESANSTALT FÜR WASSERBAU) (2004): Grundlagen zur Bemessung von Böschungs- und Sohlensicherungen an Binnenwasserstraßen. Mitteilung der BAW Nr. 87, Karlsruhe.
- BERNATOWICZ, S., ZACHWIEJA, J. (1966): Types of littoral found in the lakes of the Masurian and Suwalki lakelands. Ekol. Polska Ser. A 14, 519-545.
- BERNOTAT, D., SCHLUMPRECHT, H., BRAUNS, C., JEBRAM, J., MÜLLER-MOTZFELD, G., RIECKEN, U., SCHEURLEN, K., VOGEL, M. (2002a): Gelbdruck „Verwendung ökologischer Daten“. In: PLACHTER, H., BERNOTAT, D., MÜSSNER, R., RIECKEN, U. (Hrsg.), Entwicklung und Festlegung von Methodenstandards im Naturschutz. Schr.-R. Landschaftspflege und Naturschutz 70, 109-217.
- BERNOTAT, D., JEBRAM, J., GRUEHN, D., KAISER, T., KRÖNERT, R., PLACHTER, H., RÜCKRIEM, C., WINKELBRANDT, A. (2002b): Gelbdruck „Bewertung“. In: PLACHTER, H., BERNOTAT, D., MÜSSNER, R., RIECKEN, U. (Hrsg.), Entwicklung und Festlegung von Methodenstandards im Naturschutz. Schr.-R. Landschaftspflege und Naturschutz 70, 357-407.
- BFG (BUNDESANSTALT FÜR GEWÄSSERKUNDE), BAW (BUNDESANSTALT FÜR WASSERBAU) (Hrsg.) (2006): Untersuchungen zu alternativen, technisch-biologischen Ufersicherungen an Binnenwasserstraßen (F&E-Projekt). Teil 1, Veranlassung, Umfrage und internationale Recherche, 48 S. + 3 Anl.; Teil 2, Versuchsstrecke Stolzenau/Weser km 241,550-242,300 (Textband, 155 S. u. Anlagenband). Koblenz u. Karlsruhe (BfG-Nr. 1484, BAW-Nr., 2.04.10151.00).
- BFG (BUNDESANSTALT FÜR GEWÄSSERKUNDE) (Hrsg.) (2007): Röhricht an Bundeswasserstraßen (im norddeutschen Raum). Kolloquium am 6. Juni 2007 in Hannover, BfG-Veranstaltungen 2/2007, 94 S.
- BIRD, E. C. F. (1996): Beach management. J. Wiley Sons, London, 281 S.
- BITTMANN, E. (1953): Das Schilf (*Phragmites communis* TRIN.) und seine Verwendung im Wasserbau. Angew. Pflanzensoziol. Stolzenau 7, 41 S.
- BITTMANN, E. (1968): Lebendbaumaßnahmen an Still- und Fließgewässern mit Ausnahme von Wildbächen. In: Buchwald, K., Engelhardt, W. (Hrsg.), Handbuch für Landschaftspflege und Naturschutz Bd. 4, 158-172. Bayerischer Landwirtschaftsverlag, München.
- BLAB, J., SCHRÖDER, E., VÖLKL, W. (Hrsg.) (1994): Effizienzkontrollen im Naturschutz. Schr.-R. Landschaftspflege u. Naturschutz 43, 300 S.
- BLAKE, G. (2003): La régression et la restauration des roselières dans les lacs alpins français, état de la question. In: Proceedings of European Symposium on Management and Conservation of Lake Vegetation, 23-25 October 2002, S. 49-58. Le Bourget du Lac, Savoie, France.
- BRIEM, E. (2003): Gewässerlandschaften der Bundesrepublik Deutschland – „Steckbriefe“. ATV/DVWK-Arbeitsbericht, 87 S., Hennef.
- BRINKHURST, R. O. (1974): The benthos of lakes. London, 190 S.
- BRUNNER, W., SCHMIDWEBER, A. (2007): Umweltbaubegleitung mit integrierter Erfolgskontrolle. Einbindung in den Bau und Betrieb eines Vorhabens. Umwelt-Wissen Nr. 0736, 79 S., Bundesamt für Umwelt (Hrsg.), Bern.
- BRUNS, E. (2003): Handlungsempfehlung zur Bewertung und Bilanzierung von Eingriffen im Freistaat Sachsen. 73 S., Institut für Landschafts- und Umweltplanung der TU Berlin (Hrsg.), Dresden.
- BUSKE, C., RAABE, R. (1999): Ökologische Baubegleitung. Möglichkeiten und Grenzen bei der Realisierung von Straßenbauprojekten. Naturschutz und Landschaftsplanung 31, 367 – 371.
- BUSSJÄGER, P. (2001): Österreichisches Naturschutzrecht. Neuer Wissenschaftlicher Verlag, Wien, 245 S.
- BUWAL (BUNDESAMT FÜR UMWELT, WALD UND LANDSCHAFT) (Hrsg.) (2004): Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fließgewässer. Fische Stufe F (flächendeckend). Mitteilungen zum Gewässerschutz H. 44, 63 S. Bern.
- BUWAL (BUNDESAMT FÜR UMWELT, WALD UND LANDSCHAFT) (Hrsg.) (2005): Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fließgewässer. Makrozoobenthos Stufe F (flächendeckend). Mitteilungen zum Gewässerschutz (Entwurf), 51 S., Bern.

- BWG (BUNDESAMT FÜR WASSER UND GEOLOGIE) (2001): Hochwasserschutz an Fließgewässern. Wegleitungen des B. WG. Broschüre, 72 S., Bern; Online im Internet: URL: <http://www.uvek.admin.ch/themen/umwelt/00640/00815/00837/index.html?lang=de>
- CANFIELD, D. E. J., LANGELAND, K. A., LINDA, S. B., HALLER, W. T. (1985): Relations between water transparency and maximum depth of macrophyte colonization in lakes. *J. Aquat. Pl. Mgmt* 23, 25-28.
- CARTER, R. W. G. (1988): Coastal Environments. Academic Press, London, 617 S.
- CHAMBERS, P. A., KALFF, J. (1985): Depth distribution and biomass of submersed aquatic macrophyte communities in relation to Secchi depth. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 42, 701-709.
- COHEN, A. S. (2003): Paleolimnology. The History and Evolution of Lake Systems. Oxford University Press US, 500 S.
- CONERT, H.J. (1998): *Phragmites*. In: HEGI, G., *Illustrierte Flora von Mitteleuropa*. 3. Aufl., Bd. I/3, S. 126-133. Parey Verlag, Berlin.
- DEAN, G. R. (2003): Beach Nourishment, Theory and Practice. Advanced Series on Ocean Engineering Bd. 18, 420 S. World Scientific Press, New Jersey.
- DELARZE, R. (2008): Suivi scientifique de la végétation dans les réserves naturelles gérées par la Fondation de Gangettes. Étude et gestion du Site marécageux de Noville, rapport no. 52, 9 S. + Anh., Fondation des Grangettes (Hg.), Villeneuve (CH).
- DELARZE, R., GONSETH, Y., GALLAND, P. (1999): Lebensräume der Schweiz. Ökologie – Gefährdung – Kennarten. Ott Verlag, Thun, 413 S.
- DELARZE, R., GONSETH, Y., GALLAND, P. (2000): Milieux naturels de Suisse – Lebensräume der Schweiz – Ambienti della Svizzera. Vademecum, 25 S.
- DEV (Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlamm-Untersuchung. Physikalische, chemische, biologische und bakteriologische Verfahren. Aktuelles Grundwerk) (1971): Entnahmegerate und Methoden der biologisch-ökologischen Untersuchung. DEV, M3, 5 S. Hg. von der Wasserchemischen Gesellschaft, Fachgruppe in der GDCh in Gemeinschaft mit dem Normenausschuss Wasserwesen (NAW) im DIN e.V.
- DGL AK QS (DGL-ARBEITSKREIS QUALITÄTSSICHERUNG) (2007): Empfehlungen zu Grundlagen einheitlicher Qualitätsanforderungen limnologisch tätiger Büros und Laboratorien. – Stand 12.09.2007, Online im Internet: URL: http://www.dgl-ev.de/arbeitskreise/Empfehlungen12_09_07.DOC
- DINGETHAL, F. J., JÜRGING, P., KAULE, G., WEINZIERL, W. (Hrsg.) (1998): Kiesgrube und Landschaft, Handbuch über den Abbau von Sand und Kies, über Gestaltung, Rekultivierung und Renaturierung. 3. Aufl., Auer Verlag, Donauwörth, 337 S.
- DITTRICH, A., WESTRICH, B. (1988): Bodenseeufererosion, Bestandsaufnahme und Bewertung. *Mitt. Inst. Wasserbau Univ. Stuttgart* H. 68, 167 S.
- DVWK (DEUTSCHER VERBAND FÜR WASSERWIRTSCHAFT UND KULTURBAU E.V.) (Hrsg.) (1992): Gestaltung und Nutzung von Baggerseen. Regeln zur Wasserwirtschaft H. 108, 22 S., 4. Aufl., Wirtschafts- u. Verlagsgesellschaft Gas und Wasser, Bonn.
- DVWK (DEUTSCHER VERBAND FÜR WASSERWIRTSCHAFT UND KULTURBAU E.V.) (Hrsg.) (1999): Naturnahe Entwicklung von Seen und ihres Umfeldes. *Merckblätter zur Wasserwirtschaft* H. 250, 69 S. Wirtschafts- u. Verlagsgesellschaft Gas und Wasser, Bonn
- EIDG. JUSTIZ- UND POLIZEIDEPARTEMENT (Hrsg.) (1975): Seeufer – Rives des Lacs. Bern, 182 S.
- ELBER, F., MARTI, K., NIEDERBERGER, K. (1991): Pflanzenökologische und limnologische Untersuchungen des Reussdelta-Gebietes (Kanton Uri). *Veröff. Geobot. Inst. ETH, Stiftung Rübel Zürich* 105: 1-272.
- ELBER, F., NIEDERBERGER, K., HÜRLIMANN, J. (1997): Nach der Deesanieerung die Revitalisierung der Seeufer. *gwa – Gas Wasser Abwasser* H. 5+7/97, 16 S.
- ELLENBERG, H. (1996): *Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen*. 5. Aufl., Ulmer Verlag, Stuttgart, 1095 S.
- ELLMAUER, T., TRAXLER, A., RANNER, A., PAAR, M. (1999). Nationale Bewertung des österreichischen Natura 2000-Netzwerkes. Bericht für das Umweltbundesamt GmbH, Wien, R-158, 12 S., Online im Internet: URL: <http://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/R158z.pdf> (Stand März 2009).
- EPELT, B., HARTUNG, J. (2007): *Multivariate Statistik, Lehr- und Handbuch der angewandten Statistik*. Oldenbourg Verl., 815 S.

- ESSL, F., EGGER, G., ELLMAUER, T. (2002a): Rote Liste gefährdeter Biotoptypen Österreichs - Konzept. Monographien, Band 155, 40 S., hg. vom Umweltbundesamt GmbH, Wien.
- ESSL, F., EGGER, G., ELLMAUER, Th., AIGNER, S., STARLINGER, F., FRANK, G., KOCH, G. (2002b): Rote Liste gefährdeter Biotoptypen Österreichs. Wälder, Forste, Vorwälder. Monographien M-156. Hg. vom Umweltbundesamt GmbH, Wien, 104 S. + Karten.
- ESSL, F., EGGER, G., KARRER, G., THEISS, M., AIGNER, S. (2004): Rote Liste der gefährdeten Biotoptypen Österreichs. Grünland, Grünlandbrachen und Trockenrasen, Hochstauden- und Hochgrasfluren, Schlagfluren und Waldsäume. Neuer Wissenschaftlicher Verlag, Wien, 272 S.
- FALLY, W., JÄGER, P. (Hrsg.) (1981): Projekt Vorlandseen. Ökosystemstudie Wallersee, Obertrumersee, Mattsee, Grabensee. Band 1. Raumbezogene Forschung und Planung im Land Salzburg, Raumordnung und Gewässerschutz. 110 S., Salzburg
- FEDERL, S. (1999): Begleitende Untersuchungen zu den Renaturierungsmaßnahmen an Schilfbeständen des Ammersees. (1994 bis 1999). Unveröff. Gutachten im Auftrag des Landratsamtes Landsberg, Untere Naturschutzbehörde.
- FEDERL, S. (2004): Biomonitorische Untersuchungen ausgewählter aquatischer Wasser-Schilfbestände des Ammersee-Westufers (2002 bis 2004). Unveröff. Gutachten im Auftrag des Ammersee-RAMSAR-Büros.
- FLEISCHER, P., KAYSER, J. (2006): Analyse bestehender Deckwerke für den Uferschutz an Binnenwasserstraßen. In: 31. PIANC - Schiffahrtkongress Estoril 2006, I/2 Binnenwasserstraßen - Entwurf, Bau, Betrieb und Unterhaltung, S. 51-56.
- GASSNER, H., ACHLEITNER, D., BRUSCHEK, G., MAYRHOFER, K., FREY, I. (2007): Leitfaden zur Erhebung der Biologischen Qualitätselemente. Teil B (Seen) 1 – Fische). 35 S., hg. vom Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien. Online im Internet: URL: <http://www.bmlfuw.gv.at/article/articleview/52972/1/5659> (Stand März 2009)
- GILCHER, S., D. BRUNS, M. GAEDE (1999) Renaturierung von Abbaustellen. Ulmer Verlag, Stuttgart, 355 S.
- GOUDIE, A. (Hrsg.) (2004): Encyclopedia of Geomorphology. Routledge, London, 2 Bde., 1156 S.
- GRETTLER, T., OSTENDORP, W. (1997): Die Zoobenthon-Besiedlung künstlicher Uferschutzsubstrate am Bodensee. *Carolina* 55, 23-34.
- GROSSER, S., POHL, W., MELZER, A. (1997): Untersuchung des Schilfrückgangs an bayerischen Seen. Schriftenreihe LfU Bayern 141, 1-139.
- GRÜNEBERG, B., OSTENDORP, W., LESSMANN, D., WAUER, G., NIXDORF, B. (2008): Restaurierung von Seen und Renaturierung von Seeufer. In: ZERBE, S., WIEGLEB, G. (Hrsg.), Renaturierung von Ökosystemen in Mitteleuropa. Spektrum Akademischer Verlag Springer, Heidelberg, S. 125-151.
- Grüttner, A. (2005): Biomonitoring der Uferzone des Runstedter Sees in der Zeitscheibe 2005. Teilbericht III: Die Röhrichtentwicklung im Initialisierungsbereich und am Restufer. Bericht für die Lausitzer und Mitteldeutsche Bergbau-Verwaltungsgesellschaft mbH, 93 S. + Anh.
- HACKER, E. (Hrsg.) (1997): Ingenieurbiologie und stark schwankende Wasserspiegel an Talsperren. Jahrbuch der Gesellschaft für Ingenieurbiologie 8, 240 S., Aachen
- HANSOM, J. D., MCGLASHAN, D. J. (2000): Impacts of bank protection on Loch Lomond. Bericht für Scottish Natural Heritage, RSM No., 194, 128 S., Glasgow
- HAUER, F. R., LAMBERTI, G.A. (Hrsg.) (2006): Methods in stream ecology. 2. Aufl., Elsevier, Amsterdam, 877 S.
- HAWKE, C. J., JOSÉ, D. V. (1996): Reedbed management for commercial and wildlife interests. Royal Society for the Protection of Birds (Hrsg.), London, 211 S.
- HEINZE, K., KRAUSS, M. (2007): Röhrichtansiedlung und Röhrichtentwicklung an Berliner Wasserstraßen. In: Röhricht an Bundeswasserstraßen (im nordeutschen Raum). Kolloquium am 6. Juni 2007 in Hannover. Hrsg. von der BUNDESANSTALT FÜR GEWÄSSERKUNDE (BFG), Koblenz. S. 72-81.
- HELCOM (o.J.): Manual for Marine Monitoring in the COMBINE Programme of HELCOM, PART B. General Guidelines on quality assurance for monitoring in the Baltic Sea, Online im Internet: URL: http://www.helcom.fi/groups/monas/CombineManual/en_GB/main/ (Stand März 2009)
- HEMM, M., JÖHNK, K. (2004): Datenbank stehender Gewässer in Deutschland – Beschreibung und deren Anwendungen. In: RÜCKER, J., NIXDORF, B. (Hrsg.), Gewässerreport 8, BTUC-AR 3/2004. Cottbus, S. 145-159.

- HILT, S., GROSS, E. M., HUPFER, M., MORSCHEID, H., MÄHLMANN, J., MELZER, A., POLTZ, J., SANDROCK, S., SCHARF, E. M., SCHNEIDER, S., VAN DE WEYER, K. (2006): Restoration of submerged vegetation in shallow eutrophic lakes - A guideline and state of the art in Germany. *Limnologica* 36, 155-171.
- HINTERSTOISSER, H., JERABEK, M., STADLER, S. (2006): Besucherlenkung in Schutzgebieten. Lösungsansätze für ein Miteinander unterschiedlicher Natur-Nutzergruppen. *Naturschutzbeiträge* 32/06, hg. vom Amt der Salzburger Landesregierung, Referat 13/02 Naturschutzfachdienst, Salzburg
- HÖDL, E. (2005): Wasserrahmenrichtlinie und Wasserrecht. Neue Juristische Monographien Bd. 32, 255 S., Neuer Wissenschaftlicher Verlag, Wien
- HOSPER, S. H. (1998): Stable states, buffers and switches, An ecosystem approach to the restoration and management of shallow lakes in The Netherlands. *Water Science, Technology* 37, 151-164.
- HUBER, A. (1993): Ufererosion am Neuenburger See. In: OSTENDORP, W., KRUMSCHEID-PLANKERT, P. (Hrsg.): Seeuferzerstörung und Seeuferrenaturierung in Mitteleuropa. *Limnologie Aktuell* 5, 93-102.
- HURFORD, C., SCHNEIDER, M. (Hrsg.) (2006): Monitoring Nature Conservation in Cultural Habitats, A Practical Guide and Case Studies. Springer Verlag, Berlin, 394 S.
- HUTCHINSON, G. E. (1975): A Treatise on Limnology. Bd. III Limnological Botany. J. Wiley Sons, New York, 660 S.
- IGKB (INTERNATIONALE GEWÄSSERSCHUTZKOMMISSION FÜR DEN BODENSEE) (Hrsg.) (2004 b): Aktionsprogramm Bodensee 2004 bis 2009 – Schwerpunkt Ufer- und Flachwasserzone. Eigenverlag, Bregenz, 18 S.
- IGKB (INTERNATIONALE GEWÄSSERSCHUTZKOMMISSION FÜR DEN BODENSEE) (Hrsg.) (2006): Bodensee-Uferbewertung. – Faltblatt, Bregenz, Eigenverlag
- IGKB (INTERNATIONALE GEWÄSSERSCHUTZKOMMISSION FÜR DEN BODENSEE) (Hrsg.) (2009): Renaturierungsleitfaden Bodenseeufer. Broschüre, Eigenverlag (im Druck)
- IKUB (INFORMATIONEN- UND KOORDINATIONSORGAN UMWELTBEOBACHTUNG BEIM BAFU CH) (2002): Handbuch zum Qualitätsmanagement für Daten und Informationen zur Umweltbeobachtung (QM-H2002). Broschüre, Bern, 37 S., und Online im Internet: URL: <http://www.bafu.admin.ch/umweltbeobachtung/02272/02278/02836/index.html?lang=de>, zuletzt aufgerufen im Jan. 2009
- IKUB (INFORMATIONEN- UND KOORDINATIONSORGAN UMWELTBEOBACHTUNG BEIM BAFU CH) (2005): Qualitätsmanagement von Daten und Informationen zur Umweltbeobachtung. Broschüre, Bern, 42 S., und Online im Internet: URL: <http://www.bafu.admin.ch/umweltbeobachtung/02272/02278/02836/index.html?lang=de> (Stand März 2009).
- ISELI, C. (1993): Ufererosion und Schilfrückgang am Bieler See – Möglichkeiten und Strategien der Uferrenaturierung. In: OSTENDORP, W., KRUMSCHEID-PLANKERT (Hrsg.), Seeuferzerstörung und Seeuferrenaturierung in Mitteleuropa. *Limnologie Aktuell* 5, 103-112.
- ISELI, C. (1995): Zehn Jahre Schilf- und Uferschutzmassnahmen am Bielersee. – Schriftenreihe Ver. Bielerseeschutz Bd. 4. Biel/Bienne.
- ISELI, C. (2007a): Schilfschutz Zugersee. Erfolgskontrolle über die Schilf- und Uferschutzmassnahmen 1998 - 2006 und Mehrjahresprogramm bis 2012. Gutachten für die Baudirektion des Kantons Zug.
- ISELI, C. (2007b): Uferschutzmassnahmen an Seen, Beispiele und ihre Wirkungen. *Wasser Energie Luft - Eau Energie Air* 99, 104-108.
- ISELI, C., IMHOF, T. (1989): Bielersee 1987 – Schilfschutz – Erhaltung und Förderung der Naturufer. Schriftenreihe Ver. Bielerseeschutz Bd. 2, 151 S., Biel/Bienne.
- JÄGER P. (2008): Das Wellenklima – Wichtiger Standortparameter für die Schilf- und Makrophytenbestände der Seen. 20 S., hg. vom Amt der Salzburger Landesregierung, Online im Internet: URL: www.salzburg.gv.at/downloads (Stand März 2009).
- JÄGER, P., FALLY, W. (Hrsg.) (1986): Projekt Vorlandseen. Ökosystemstudie Wallersee, Obertrumersee, Mattsee, Grabensee. Band 2. Raumbezogene Forschung und Planung im Land Salzburg. Hg. vom Amt der Salzburger Landesregierung, Raumordnung und Gewässerschutz, 507 S., Salzburg.

- JÄGER, P., HEBERLING, O. (2009): Stabilisierung der Schilfbestände des Wallersees (Salzburg, Austria) durch Anhebung des Wasserspiegels des Sees zur Verbesserung des Wellenklimas in den ufernahen Bereichen. Reihe Gewässerschutz, Bd. 4, hg. vom Amt der Salzburger Landesregierung (in Vorbereitung).
- JÄGER, P., PALL, K., DUMFARTH, E. (2004): A method of mapping macrophytes in large lakes with regard to the requirements of the Water Framework Directive. *Limnologica* 34, 140-146.
- JEDICKE, E., FREY, W., HUNDSDORFER, M., STEINBACH, E. (1996): Praktische Landschaftspflege - Grundlagen und Maßnahmen. Ulmer Verlag, Stuttgart, 310 S.
- JEPPESEN, E., SØNDERGAARD, M., SØNDERGAARD, M., CHRISTOFFERSEN, K. (Hrsg.) (1998): The structuring role of submerged macrophytes in lakes. *Ecological Studies* 131, 423 S., Springer Verlag, New York; Heidelberg.
- JUNG, G. (1990): Seen werden, Seen vergehen. Entstehung, Geologie, Geomorphologie, Altersfrage, Limnologie und Ökologie. Ott-Verlag, Thun, 207 S.
- JUPP, B. P., SPENCE, D. H. N. (1977): Limitations of macrophytes in a eutrophic lake Loch Leven, Scotland. Part 2 Wave action, sediments and waterfowl grazing. *J. Ecol.* 65, 431-446.
- JÜRGING, P., PATT, H. (Hrsg.) (2004): Fließgewässer- und Auenentwicklung. Springer Verlag, Heidelberg, 523 S.
- JUSTIZDIREKTION DES KANTONS URI, PROJEKTLEITUNG SEESCHÜTTUNG (Hrsg.) (2007): Seeschüttung Urner See. Schlussdokumentation Umweltverträglichkeit. Bericht, 88 S. + Anhänge (Entwurf Stand 2007).
- KÄGI, B., STALDER, A., THOMMEN, M. (2002): Wiederherstellung und Ersatz im Natur- und Landschaftsschutz. Leitfaden Umwelt Nr. 11, 123 S., hg. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL), Bern.
- KAISER, T., BERNOTAT, D., KLEYER, M., RÜCKRIEM, C. (2002): Gelbdruck "Verwendung floristischer und vegetationskundlicher Daten". – In: PLACHTER, H., BERNOTAT, D., MÜSSNER, R., RIECKEN, U., Entwicklung und Festlegung von Methodenstandards im Naturschutz. *Schweizerische Anzeiger für Natur- und Landschaftspflege und Naturschutz* 70, 281-329.
- KEDDY, P. A. (2000): *Wetland ecology, Principles and conservation*. Cambridge Univ. Press, 614 S.
- KENGATHARAM, T., FRANKE, J. (2005): Alternative, naturnahe Ufersicherungen an schiffbaren Gewässern. Internationale Literatur, Vorträge und Erfahrungen. Technischer Bericht der Univ. Stuttgart, Lehrstuhl für Wasserbau und Wassermengenwirtschaft Nr. 6/2005 im Auftrag der Bundesanstalt für Wasserbau Karlsruhe, Stuttgart, 43 S.
- KIRMER, A., TISCHEW, S. (2006): *Handbuch naturnahe Begrünung von Rohböden. Strategien und Beispiele für eine nachhaltige und ökologische Renaturierung*. Vieweg+Teubner Verlag, Wiesbaden, 195 S.
- KNOSPE, F. (2001): *Handbuch zur argumentativen Bewertung – Methodischer Leitfaden für Planungsbeiträge zum Naturschutz und zur Landschaftsplanung*. 2. Aufl., Dortmund der Vertriebsstelle für Bau- und Planungsliteratur, Dortmund, 399 S.
- KOLLATSCH, R.-A., KÜCHLER, A., OLBERT, C., HÖLZL, K. (2005): Bestandsaufnahme der Standgewässer nach der Wasserrahmenrichtlinie - Struktur der Standgewässeruferzonen in Mecklenburg-Vorpommern. *KA – Abwasser, Abfall* 52/10, 1085 - 1088.
- KOLLATSCH, R.-A., KÜCHLER, A., OLBERT, C., HÖLZL, K. (2006): Kartierung und Bewertung der Struktur von Standgewässeruferzonen in Mecklenburg-Vorpommern. *Wasserwirtschaft* Jg. 2006, H. 7/8, 78-82.
- KÖNINGER, J., SCHLICHTERLE, H. (2000): Reservatbildende Maßnahmen in Bodenseepfahlbausiedlungen bei Wallhausen und am Schachenhorn von Bodman. *Nachrichtenbl. Arbeitskr. Unterwasserarch.* NAU 7, 69 – 74.
- KÖNINGER, J., SCHLICHTERLE, H. (2006): Mesures de protection contre l'érosion des sites lacustres de la partie allemande des rives du lac de Constance. État actuel des expériences et nouveaux projets. In: *Archéologie et Érosion 2. Actes de la deuxième Rencontre Internationale*, Neuchâtel, 23. – 25. Sept. 2004 (Lons-le Saunier), S. 81- 87.
- KONOLD, W. (1987): *Oberschwäbische Weiher und Seen. Teil 1, Geschichte, Kultur*. Beih. Veröff. Naturschutz Landschaftspf. Bad.-Württ. 52(1): 1-200. Karlsruhe.
- KÖPPEL, J. (2004): *Einigungsregelung, Umweltverträglichkeitsprüfung, FFH-Verträglichkeitsprüfung*. Ulmer Verlag, Stuttgart, 367 S.

- KOPPITZ, H. (1999): Analysis of genetic diversity among selected populations of *Phragmites australis* world-wide. Aquatic Botany 64/3-4 (Special Issue), 185-208.
- KOPPITZ, H., DEWENDER, M., OSTENDORP, W., SCHMIEDER, K. (2004): Amin o acids as indicators of physiological stress in common reed *Phragmites australis* affected by an extreme flood. Aquatic Botany 79, 277-294.
- KRATOCHWIL, A., SCHWABE, A. (2001): Ökologie der Lebensgemeinschaften. Ulmer Verlag, Stuttgart, 756 S.
- KRAUS, N. C., MCDUGAL, W. (1996): The effect of sea walls on the beach, Part 1 An updated literature review. J. Coastal Res. 12, 619-701.
- KRAUSS, M., VON LÜHRTE, A. (in Vorbereitung.): Berliner Röhrlichtschutzprogramm – Erfassung von Veränderungen der Berliner Röhrlichtbestände und Beurteilung der Schutzmaßnahmen anhand von Luftbildern des Jahres 2005 und früherer Luftbilder. Gutachten im Auftrag von SenStadt Berlin, Berlin.
- KRAUSS, M., KÜHL, H., VON LÜHRTE, A. (2003): Berliner Röhrlichtschutzprogramm. Erfassung von Veränderungen der Berliner Röhrlichtbestände und Beurteilung der Schutzmaßnahmen anhand von Luftbildern der Jahre 1990, 1995 und 2000 sowie früherer Luftbilder. Gutachten im Auftrag von SenStadt Berlin. 366 S., Berlin.
- KRAUSS, M., VON LÜHRTE, A., RECKER, W. (2002): Berliner Röhrlichtschutzprogramm – Untersuchungen zur Siedlungsdichte von Bisam und Nutria an Berliner Gewässern und zu ihrem Einfluss auf die Röhrlichtbestände. Gutachten im Auftrag von SenStadt Berlin. 85 S. + Anhang, Berlin.
- KÜHL, H., KOPPITZ, H., ROLLETSCHEK, H., KOHL, J. G. (1999): Clone specific differences in a *Phragmites australis* stand. I Morphology, genetics and site description. Aquatic Botany 64/3-4 (Special Issue): 223-234.
- KÜHNERT, H. (2004): Ökologische Baubegleitung/Bauüberwachung – Schwerpunkt Naturschutz und Landschaftspflege. Dresdner Arbeitsmaterialien zum Umweltschutz im Eisenbahnbau Heft 1, 95 S.
- LAWA (LANDÄNDERARBEITSGEMEINSCHAFT WASSER) (2003): Arbeitshilfe zur Umsetzung der EG - Wasserrahmenrichtlinie. Teil 4, Themenbezogene Arbeitspapiere. Online im Internet: URL: www.lawa.de/pub/kostenlos/wrrl/Arbeitshilfe_30-04-2003.pdf (Stand März 2003).
- LEUTHOLD, B., LUSSI, S., KLÖTZLI, F. (1997): Ufervegetation und Uferbereich nach NHG – Begriffsklärung. Vollzug Umwelt hg. v. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL), Bern, 55 S.
- LEYER, I., WESCHE, K. (2007): Multivariate Statistik in der Ökologie. Springer Verlag, Berlin, 221 S.
- LINKE, O. (1994): Konzept und Maßnahmenplanung zur Renaturierung, Erhaltung und Pflege aquatischer Röhrlichtbestände am Beispiel des Ammersees. Unveröff. Diplomarbeit an der Limnologischen Station der TU München.
- LMBV (LANDSCHAFTS- UND BERGBAU-VERWALTUNGSGESELLSCHAFT MBH) (Hrsg.): Rekultivierung von Bergbaufolgelandschaften. Broschüre, 55 S., Senftenberg (im Druck).
- LÖSCHENBRAND, F., EDER (2007): Ammersee Schilfkataster. Entwicklung der aquatischen Röhrlichtbestände am Ammersee im Zeitraum von 1963 bis 2006. Unveröffentl. Gutachten der Limnologischen Station der TU München im Auftrag des Wasserwirtschaftsamtes Weilheim.
- LUBW (LANDESANSTALT FÜR UMWELT, MESSUNGEN UND NATURSCHUTZ BADEN-WÜRTTEMBERG) (Hrsg.) (2008a): FIREBO – Fischfreundliche Renaturierung am Bodensee. Ein Freilandexperiment zur Substratabhängigkeit von Fischen und Wirbellosen. Karlsruhe, 55 S.
- LUBW (LANDESANSTALT FÜR UMWELT, MESSUNGEN UND NATURSCHUTZ BADEN-WÜRTTEMBERG) (Hrsg.) (2008b): § 32-Kartierung Baden-Württemberg. Auszug, Biotoptypenliste. Karlsruhe, 146 S., Online im Internet: URL: <http://www.lubw.baden-wuerttemberg.de> (Stand März 2009).
- LUBW (LANDESANSTALT FÜR UMWELT, MESSUNGEN UND NATURSCHUTZ BADEN-WÜRTTEMBERG) (Hrsg.) (2009): Arten, Biotope, Landschaft. Schlüssel zum Erfassen, Beschreiben, Bewerten. Naturschutz-Praxis Allgemeine Grundlagen 1, Karlsruhe (im Druck).
- LUTZ, G. (1986): Seeuferuntersuchung Bayern. Schriftenr. Bayerisches Landesamt für Umweltschutz 67, 116 S.
- MÄEMETS, H., FREIBERG, L. (2007): Coverage and depth limit of macrophytes as tools for classification of lakes. Proc. Estonian Acad. Sci. Biol. Ecol. 56, 124-140.
- MAGURRAN, A. E. (2006): Measuring Biological Diversity. Wiley-Blackwell Verlag, 256 S.

- MATTHEY, F. (2006): Stratégies pour un aménagement durable des rives lacustres. In: SCHLEISS, A. (Hrsg.): Bemessungsgrundlagen für Maßnahmen zum Schutz von Flachuferrändern an Seen. Fachtagung Erosionsprozesse und Schutzmassnahmen an Seeufern. Comm. Lab. Constr. Hydraul. Ecole Polytechn. Féd. Lausanne No. 27, 153-162. Lausanne
- MATTHEY, F., PRADERVAND, R., BURRI, D., JOTTERAND, J.-P., STREHLER PERRIN, C., CLERC, C., ANTONIAZZA, M., DURAND, P., HOFMANN, F., MEYLAN, S., BEUCHAT, S., KULLING, P. (2004): Lutte contre l'érosion sur la Rive sud du lac de Neuchâtel. Bilan de mesures. Tronçon pilote de Cheseaux-Noréaz. Cahier de l'environnement Nr. 372. Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage. 70 S., Bern.
- MELZER, A., GROSSER, S., POHL, W. (1995): Der Rückgang der Röhrichtbestände an vier oberbayerischen Seen. Luftbildauswertung, Biometrie und erste Rückgangsursachen. Münchener Beiträge zur Abwasser-, Fischerei- und Flussbiologie, 48, 257-279.
- MIDDELBOE, A. L., MARKAGER, S. (2003): Depth limits and minimum light requirements of fresh water macrophytes. *Freshwater Biology* 37, 553-568.
- MINSHALL G. W. (1984) Aquatic insect-substratum relationships. In: RISH, V. H., ROSENBERG, D. M. (Hrsg.), *The ecology of aquatic insects*. Praeger, New York, S. 358-400.
- MITSCH, M. J., GOSSELINK, J. G. (Hrsg.) (2000): *Wetlands*. 3. Aufl., J. Wiley Sons, 920 S.
- MORET, J.-L. (1982): Evolution des roselières lacustres de la région des Granges entre 1976 et 1982. *Bull. Soc. Vaud. Sci. Nat.* 76, 185-195.
- MÜLLER, B., SCHMOCKER, P. (2006): BFH: Basic Principles and Methods of Field Measurements, Analysis of Wind, Wave, Bathymetry and Sediment Data. Forschungsprojekt Erosionsprozesse und Uferstabilität an Binnenseen, Schlussbericht Teil 2, 104 S. + Anh.; Online im Internet: URL: <http://erosee.org/deutsch/dokumente/berichte/berichte.htm>
- MUTH, W., ARMBRUSTER-VENETI, H., BIEDERMANN, R. (2001): Hochwasserrückhaltebecken, Planung, Bau und Betrieb. 3. Aufl., Expert-Verlag, Renningen, 273 S.
- N.N. (2003a): Übergreifender Leitfaden zur Bedeutung der Feuchtgebiete im Zusammenhang mit der Wasserrahmenrichtlinie. Dt. Übersetzung des engl. Originals des Umweltbundesamtes Berlin, Online im Internet: URL: http://www.umweltdaten.de/wasser/Feuchtgebiete_WRRRL_Endfassung_deutsch.pdf (Stand März 2003).
- N.N. (2003b): Leitfaden zur Ableitung von Referenzbedingungen und zur Festlegung von Grenzen zwischen ökologischen Zustandsklassen für oberirdische Binnengewässer. – deutsche Fassung, Broschüre, 108 S. Online im Internet: URL: http://www.wrrl-info.de/docs/REFCOND_Leitlinie_d.pdf (Stand März 2009)
- N.N. (2003c): Generelle Vorgehensweise für die Einstufung des ökologischen Zustands und des ökologischen Potenzials. Gemeinsame Umsetzungsstrategie, Arbeitsgruppe 2 A Ökologischer Zustand (ECOSTAT). 62 S. Dt. Übersetzung des engl. Originals des Umweltbundesamtes Berlin.
- OESCH, T. (2008): Seeuferregeneration Staad Ost. *Ingenieurbiologie/Genie Biologique* H. 1/2008, 21-23.
- OFENBÖCK, T., MOOG, O., HARTMANN, A., STUBAUER, I. (2008): Leitfaden zur Erhebung der Biologischen Qualitätselemente. Teil A (Fließgewässer) 2, Makrozoobenthos. - Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien (Hrsg.): 215 S., Online im Internet: URL: <http://wasser.lebensministerium.at/filemanager/download/39847/> (Stand März 2009)
- OLBERT, C., HÖLZL, K. (2004): Entwicklung eines Kartierverfahrens zur Bestandsaufnahme des Strukturzustandes der Ufer von Seen >= 50 ha in Mecklenburg-Vorpommern. Bericht für das Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg-Vorpommern, Güstrow. Berlin, 39 S. u. Anlagen.
- OSPAR COM (2002): JAMP guidelines on Quality Assurance for biological monitoring in the OSPAR area (ASMO 2002), Online im Internet: URL: http://www.ospar.org/v_ospar/strategy.asp?v0=6&lang=1
- OSTENDORP, W. (1989): 'Die-back' of reeds in Europe - a critical review of literature. *Aquatic Botany* 35, 5-26.
- OSTENDORP, W. (1991): Damage by episodic flooding to *Phragmites* reeds in a pre alpine lake, proposal of a model. *Oecologia* 86, 119-124.

- OSTENDORP, W. (1993): Schilf als Lebensraum. Beih. Veröff. Naturschutz Landschaftspfl. Bad.-Württ. 68, 173 - 280.
- OSTENDORP, W. (1995): Effect of management on the mechanical stability of reeds in Lake Constance. *Acta Oecologica* 16, 277-294.
- OSTENDORP, W. (1999): Management impacts on stand structure of lakeshore *Phragmites* reeds. *Internat. Rev. Hydrobiol.* 84, 33-47.
- OSTENDORP, W. (2004): Was haben wir aus dem Bodenseeufer gemacht? *Schr. Ver. Gesch. Bodensee* 122, 181-251.
- OSTENDORP, W. (2005): Von Brüssel nach Bregenz – Die Umsetzung der EG-Wasserrahmenrichtlinie zwischen Europäischer Kommission und Alpenrhein. *Schr. Ver. Gesch. Bodensee* 123, 217–255.
- OSTENDORP, W. (2008): Evaluierung von 90 Uferrenaturierungsmaßnahmen am Bodensee. *Wasserwirtschaft* 98, H. 12, 31–35.
- OSTENDORP, W. (2009): Nutzung des Bodenseeufers. Teil 1 – Nutzungsanalyse von Renaturierungsflächen. *Schr. Ver. Gesch. Bodensee* Bd. 127 (im Druck).
- OSTENDORP, W., BLUM, H. (1998): Hemmenhofener Methoden - Sedimentologische und paläolimnologische Methoden in der Siedlungsarchäologie. In: *Siedlungsarchäologie im Alpenvorland VI*, *Forsch. Ber. Vor- u. Frühgesch. Bad.-Württ.* 68, 243-299.
- OSTENDORP, W., ISELI, C., KRAUSS, M., KRUMSCHEID-PLANKERT, P., MORET, J.-L., ROLLIER, M., SCHANZ, F. (1995): Lake shore deterioration, reed management and bank restoration in some Central European Lakes. *Ecological Engineering* 5: 51-75.
- OSTENDORP, W., DIENST, M., SCHMIEDER, K. (2003): Disturbance and rehabilitation of lakeside *Phragmites* reeds following an extreme flood in Lake Constance (Germany). *Hydrobiologia* 506-509, 687–695.
- OSTENDORP, W., SCHMIEDER, K., JÖHNK, K. (2004): Assessment of human pressures and their hydromorphological impacts on lakeshores in Europe. *Ecohydrology and Hydrobiology* 4, 379-395.
- OSTENDORP, W., OSTENDORP, J., DIENST, M. (2008a): Hydromorphologische Übersichtserfassung, Klassifikation und Bewertung von Seeufern. *Wasserwirtschaft* 98, H.1-2, 8-12.
- OSTENDORP, W., DIENST, M., LÖDERBUSCH, W., PEINTINGER, M., STRANG, I. (2008b): Naturschutzfachliche Bedeutung von Uferrenaturierungen am Bodensee und Möglichkeiten ihrer Optimierung (RUN). *Bericht der Arbeitsgruppe Bodenseeufer (AGBU) e. V.*, 151 S., Online im Internet: URL: <http://www.bodensee-ufer.de> (Stand März 2003).
- OSTENDORP, W., DIENST, M., SPITZBARTH, H., OSTENDORP, J. (2009): Naturschutzfachliche Interpretationsmöglichkeiten geowässerstrukturer Seeuferkartierungen am Beispiel des HMS - Verfahrens. *Natur und Landschaft* (im Druck).
- OSTENDORP, W., DIENST, M., LÖDERBUSCH, W., PEINTINGER, M., STRANG, I., Naturschutzfachliche Bedeutung von Seeuferrenaturierungen am Bodensee. *Natur und Landschaft* (in Begutachtung).
- ÖWAV (ÖSTERREICHISCHEN WASSER- UND ABFALLWIRTSCHAFTSVERBAND) (Hg.) (2006): Fließgewässer erhalten und entwickeln. *Praxisfibel zur Pflege und Instandhaltung*. Wien, 220 S. Online im Internet: URL: [http://gpool.lfrz.at/gpoolexport/media/file/Praxisfibel - Fließgewaesser erhalten und entwickeln_PDF1.4.pdf](http://gpool.lfrz.at/gpoolexport/media/file/Praxisfibel_-_Fließgewaesser_erhalten_und_entwickeln_PDF1.4.pdf) (Stand März 2003)
- PALL, K., MAYERHOFER, V. (2008): Leitfaden zur Erhebung der biologischen Qualitätselemente. Teil B3, Makrophyten (Seen). *Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft*, Wien (Hrsg.): 61 S. Online im Internet: URL: <http://wasser.lebensministerium.at/filemanager/download/39066/> (Stand März 2003).
- PATT, M., JÜRGING, P., KRAUS, W. (2004): *Naturnaher Wasserbau. Entwicklung und Gestaltung von Fließgewässern*. 2. Aufl. Springer Verlag, Berlin, 432 S.
- PFLUG, W. (Hrsg.) (1998): *Braunkohlentagebau und Rekultivierung*. Landschaftsökologie, Folgenutzung, Naturschutz. Springer Verlag, Berlin, 1068 S.
- PIETSCH, W. (1998): Besiedlung und Vegetationsentwicklung in Tagebaugewässern in Abhängigkeit von der Gewässergenese. In: PFLUG, W. (Hrsg.), *Braunkohlentagebau und Rekultivierung*, Landschaftsökologie, Folgenutzung, Naturschutz. Springer Verlag, Berlin, S. 663-676.
- PLACHTER, H., BERNOTAT, D., MÜSSNER, R., RIECKEN, U. (Hrsg.) (2002): *Entwicklung und Festlegung von Methodenstandards im Naturschutz*. *Schr. r. Landschaftspfl. Naturschutz* 70, 566 S.

- RANFTL, H. (1998): Gestaltung und Renaturierung. In: DINGETHAL, F. J., JÜRGING, P., KAULE, G., WEINZIERL, W. (Hrsg.) (1998): Kiesgrube und Landschaft, Handbuch über den Abbau von Sand und Kies, über Gestaltung, Rekultivierung und Renaturierung. S. 156-191. 3. Aufl., Auer, Donauwörth, 337 S.
- RIECKEN, W., FINCK, P., KLEIN, M., SCHRÖDER, E. (1998): Schutz und Wiedereinführung dynamischer Prozesse als Konzept des Naturschutzes. Schr.-R. Landschaftspfl. Natursch. 56, 7-19.
- RIECKEN, U., FINCK, P., RATHS, U., SCHRÖDER, E., SSYMANK, A. (2003): Standard-Biotoptypenliste für Deutschland – 2. Fassung. Schr.-R. Landschaftspfl. Naturschutz 75, 65 S.
- RIECKEN, U., FINCK, P., RATHS, U., SCHRÖDER, E., SSYMANK, A. (2006): Rote Liste der gefährdeten Biotoptypen Deutschlands – zweite fortgeschriebene Fassung 2006. Naturschutz und Biologische Vielfalt 34, 318 S.
- RODEWALD-RUDESCU, L. (1974): Das Schilfröhrl. Die Binnengewässer 27, 302 S., Schweizerbart Verlag, Stuttgart.
- ROLLETSCHKE, H., ROLLETSCHKE, A., KÜHL, H., KOHL, J.-G. (1999): Clonal specific differences in a *Phragmites australis* stand. II. Seasonal development of morphological and physiological characteristics at the natural site and after transplantation. Aquatic Botany 64/3-4 (Special Issue): 247-260.
- ROTHSTEIN, H. (Hrsg.) (1995): Ökologischer Landschaftsbau. Ulmer Verlag, Stuttgart, 266 S.
- RÜCKER, A. (1993): Der Schilfrückgang am Ammersee. Untersuchungen zur Entwicklung der Röhrichtbestände in Vergangenheit und Gegenwart sowie eine Analyse der möglichen Rückgangursachen. Unveröff. Diplomarbeit an der Limnologischen Station der TU München.
- RUDOLF, M., MÜLLER, J. (2004): Multivariate Verfahren. Hogrefe Verlag, 331 S. (inkl. CD-ROM).
- RUMM, P., BLONDZIK, K. (Hrsg.) (2006): Handbuch der EU-Wasserrahmenrichtlinie. Inhalte, Neuerungen und Anregungen für die nationale Umsetzung. 2. Aufl. Schmidt Verlag, Berlin, 620 S.
- RVBO (REGIONALVERBAND BODENSEE-OBERSCHWABEN) (1984): Bodenseeuferplan. 68 S. + Kte. i. Anh. Ravensburg.
- RVHB (REGIONALVERBAND HOCHRHEIN-BODENSEE) (1984): Bodenseeuferplan. 52 S. + Kte. i. Anh., Waldshut.
- SAYAH, S., BOILLAT, J.-L., SCHLEISS, A. (2006): Mesures de protection détachées et intégrées à la rive. In: SCHLEISS, A. (Hrsg.), Bemessungsgrundlagen für Massnahmen zum Schutz von Flachufern an Seen. Communication Laboratoire de Constructions Hydrauliques, Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne 27:99-112.
- SCHÄPERCLAUS, W., VON LUKOWICZ, M. (1998): Lehrbuch der Teichwirtschaft. 4. Aufl., Parey Verlag, Berlin - Wien, 590 S.
- SCHAUMBURG, J., SCHRANZ, C., STELZER, D., HOFMANN, G. (2007): Handlungsanweisung für die ökologische Bewertung von Seen zur Umsetzung der EU-Wasserrahmenrichtlinie, Makrophyten und Phytobenthos. Broschüre, hg. von der Ländereisenarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA): München, 65 S.
- SCHNEFFER, M., VAN NES, E. H. (2007): Shallow lakes theory revisited, various alternative regimes driven by climate, nutrients, depth and lake size. Hydrobiologia 584, 455-466.
- SCHERFOSE, V. (1994): Effizienzkontrolle von Naturschutzmaßnahmen – dargestellt für Naturschutzgroßprojekte des Bundes (inkl. Gewässerrandstreifenprogramm). – Mitt. NNA 5, 50-56.
- SCHIECHTL, H. M., ROSTERN (2002): Naturnaher Wasserbau. Anleitung für ingenieurbiologische Bauweisen. Ernst u. Sohn Verlag, Berlin, 229 S.
- SCHILLINGER, H. (2001): Ingenieurbiologische Ufersicherungen an Bundeswasserstraßen - Methoden, Versuche, Ideen und ein Konzept für die Untere Havel-Wasserstraße zwischen Ketzin und Brandenburg (UHW-km 32,610 - 54,250). – Vertiefungsarbeit am Institut für Hydromechanik der Univ. Karlsruhe, 243 S.
- SCHILTER, E., GEMPERLI, H. P. (2002): Seeschüttung Reussdelta. Neuer Lebensraum im Urnersee durch Schüttung von Inseln und Flachwasserzonen mit Aufbruchmaterial. tec2 1 Heft 35/2002, 13-18.
- SCHLEISS, A. (Hrsg.) (2006): Bemessungsgrundlagen für Massnahmen zum Schutz von Flachufern an Seen. Communications du Laboratoire de constructions hydrauliques École Polytechnique Fédérale de Lausanne 27, 166 S., Lausanne. Auch Online im Internet: URL http://erosee.org/f-start_de.htm (Stand März 2009).

- SCHLUMPRECHT, H. (2002): Überblick über die planungsrelevanten Tierartengruppen. In: PLACHTER, H., BERNOTAT, D., MÜSSNER, R., RIECKEN, U. (Hrsg.), Entwicklung und Festlegung von Methodenstandards im Naturschutz. Schr.-R. Landschaftspflege Naturschutz 70, 443-525.
- SCHMIDT, E. (1996): Ökosystem See – der Uferbereich des Sees. 5. Aufl., Quelle & Meyer Verlag, Wiesbaden, 328 S.
- SCHOENBERG, W., HOLSTEN, B., JENSEN, K. (2008): Maßnahmenplanung für Röhrichtschutz und -entwicklung am Großen Plöner See und am Großen Eutiner See. Ber. des Biozentrums Klein Flottbek Univ. Hamburg für das Landesamt für Natur und Umwelt des Landes Schleswig-Holsteins Abt. 4 Gewässer, 72 S. + Anhang.
- SCHREIBER, K.-F. (1994): Auenrevitalisierung in Mitteleuropa aus landschaftsökologischer Sicht. In: BERNHARDT, K.-G. (Hrsg.), Revitalisierung einer Flusslandschaft. Zeller Verlag, Osnabrück, S. 6-40.
- SCHRENK-BERGT, C., ZWICK, A. M., SCHARF, B. W., JÜTTNER, I., SCHÖNFELDER, I., FACHER, E., CASPER, P., WILKES, H., STEINBERG, C. E. W. (1998): Paläolimnologie, Vorteile und Grenzen bei der angewandten Limnologie. In: STEINBERG, C. E. W., CALAMO, W., KLAPPER, H., WILKEN, R. D. (Hrsg.): Handbuch der angewandten Limnologie. Ecomed Verlag, Landsberg, S. 1-49.
- SCHRÖDER, H. G. (1982): Biogene benthische Entkalkung als Beitrag zur Genese limnischer Sedimente. Beispiel, Attersee (Salzkammergut; Oberösterreich). Diss. Univ. Göttingen, 179 S.
- SCHWARTZ, M. L. (Hrsg.) (2005): Encyclopedia of Coastal Science. Springer Verlag, Dordrecht, 1211 S.
- SCHWOERBEL, J. (1994): Methoden der Hydrobiologie. 4. Aufl., G. Fischer Verlag, Stuttgart, 368 S.
- SCULTHORPE, C. D. (1967): The Biology of Aquatic Vascular Plants. E. Arnold Publ., London, 610 S.
- SILA (SYNDICAT MIXTE DU LAC D'ANNECY) (Hrsg.) (2007, 2008): Etudes des roselières du lac d'Anney - Propositions de restaurations. Rapport 2007 (SAGE Environnement), 102pp. Rapport 2008 (SAGE et CNR), 35 pp + annexes.
- SIESSEGGER, B., TEIBER, P. (2001): Erfolgsmodell für Renaturierungen am Bodenseeufer. – Ingenieurbiologie/Genie Biologique Heft 03/2001, 1–14.
- SIESSEGGER, B., TEIBER-SIESSEGGER, P. (2005): Uferrenaturierungen am Bodensee. In: Naturforschende Gesellschaft Zürich (Hg.), Der Rhein – Lebensader einer Region. Neujahrsblatt auf das Jahr 2006, S. 361–382. Alpnach-Dorf (CH).
- SMOL, J. P. (2008): Pollution of Lakes and Rivers. A Paleoenvironmental Perspective. 2. Aufl., J. Wiley Sons. 396 S.
- SNEAD, R. E. (1982): Coastal Landforms and Surface Features. Hutchinson Ross Comp., Stroudsburg Pennsylvania, 249 S.
- SPENCE, D. H. N. (1982): The zonation of plants in freshwater lakes. Adv. Ecol. Res. 12, 37-125.
- SSYMANK, A., HAUKE, U., RÜCKRIEM, C., SCHRÖDER, E. (1998): Das europäische Schutzgebietssystem NATURA2000. Schr.-R. Landschaftspflege Naturschutz 53, 560 S., Bonn-Bad Godesberg.
- SUCCOW, M., JOOSTEN, H. (Hrsg.) (2001): Landschaftsökologische Moorkunde. 2. Aufl. Schweizerbart Verlag, Stuttgart, 622 S.
- SUNDERMANN, A., SCHRÖDER, U., WOLTERS, B. (2008): Die Ufervegetation der Unteren Havel - Wasserstraße (UHW-km 32,61 bis km 54,25) unter dem Einfluss des Wellenschlags – Erste Ergebnisse eines Langzeitmonitorings. Naturschutz und Biologische Vielfalt 60, 93-98.
- TEIBER, P. (2003): Zustandsbeschreibung des Bodenseeuferes – Statistische Auswertung. Studie im Auftrag der Internationalen Bodenseekonferenz (IBK): 24 S. + Anh.
- THEOBALD, W. (Hrsg.) (1998): Integrierte Umweltbewertung. Theorie und Beispiele aus der Praxis. Springer Verlag, Berlin, 293 S.
- TIEFBAUAMT, AMT FÜR RAUMPLANUNG, AMT FÜR UMWELTSCHUTZ, AMT FÜR FISCHEREI UND JAGD KANTON ZUG (2003): Schilfschutzmassnahmen am Zuger See und Ägerisee. Bericht, 11 S. + Anh., Zug.
- TIMMERMANN, T. (1999): Anbau von Schilf (*Phragmites australis*) als ein Weg zur Sanierung von Niedermooren – Eine Fallstudie zu Etablierungsmethoden, Vegetationsentwicklung und Konsequenzen für die Praxis. Arch. Naturschutz Landschaftsforschung 38, 111-143.
- TISCHEW, S., WIEGLEB, G., KIRMER, A., OELERICH, H.-M., LORENZ, A. (2008): Renaturierung von Tagebaufolgeflächen. In: ZERBE, S., WIEGLEB, G. (Hrsg.), Renaturierung von Ökosystemen in Mitteleuropa. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, S. 349-388.

- TRAUTNER, J. (Hrsg.) (1992): Arten- und Biotopschutz in der Planung. Methodische Standards zur Erfassung von Tierartengruppen. Margraf Verlag, Weikersheim, 254 S.
- TÜXEN, J. (1984): Definition wesentlicher Begriffe in der Moor- und Torfkunde - Im Gedenken an Siegfried Schneider. *Telma* 14, 101-112.
- UEBERBACH, J. (1993): Inseln und Steilufer bei stehenden Gewässern - Bewertungen aus ökologischer Sicht. DVWK Schriften H. 103, 118 S., Parey Verlag, Hamburg, Berlin.
- UMWELTBUNDESAMT GmbH (Hg.) (2005): Rote Liste der gefährdeten Biotoptypen Österreichs. Moore, Sümpfe und Quellfluren, Hochgebirgsrasen, Polsterfluren, Rasenfragmente und Schneeböden, Äcker, Ackerraine, Weingärten und Ruderalfluren, Zwergstrauchheiden, Geomorphologisch geprägte Biotoptypen. Neuer Wissenschaftlicher Verlag, Wien, 286 S.
- UMWELTBUNDESAMT GmbH (Hrsg.) (2008): Rote Liste der gefährdeten Biotoptypen Österreichs. Binnengewässer, Gewässer- und Ufervegetation, Technische Biotoptypen und Siedlungsbiotoptypen. Neuer Wissenschaftlicher Verlag, Wien, 316 S.
- USHER, M.B., ERZ, W. (1994) Erfassen und Bewerten im Naturschutz – Probleme – Methoden – Beispiele. Quelle & Meyer Verlag, Heidelberg - Wiesbaden, 340 S.
- VAN DE WEYER, K. & SCHMIDT, C. (2007): Bestimmungsschlüssel für die aquatischen Makrophyten (Gefäßpflanzen, Armeleuchteralgen und Moose) in Deutschland. Bericht, 128 S. + 348 Seiten Anhang mit 332 Abb., Online im Internet: URL: <http://www.lanaplan.de/public/index/rubrik/Ver%F6ffentlichungen>, <http://www.mluv.brandenburg.de/cms/detail.php/bb2.c.416666.de>
- VAN DEN BERG, M.S., SCHEFFER, M., VAN NES, E. H., COOPS, H. (1999): Dynamics and stability of *Chara* sp and *Potamogeton pectinatus* in a shallow lake changing in eutrophication level. *Hydrobiologia* 409, 335-342.
- VAN DER TOORN, J., HEMMINGA, M. A. (1994): Use and management of common reed (*Phragmites australis*) for land reclamation (The Netherlands). In: PATTEN, B. C. (Hrsg.), *Wetlands and shallow continental water bodies*. Bd. 2, Case studies. S. 363-371. SPB Academic Publishing bv, Amsterdam
- VEREIN FÜR INGENIEURBIOLOGIE (2006): *Ingenieurbiologie – Bautypen*. Hochschul-Verlag, ETH Zürich, 448 S.
- VUBD (VEREINIGUNG UMWELTWISSENSCHAFTLICHER BERUFSVERBÄNDE DEUTSCHLANDS E.V.) (Hg.) (1999): *Handbuch landschaftsökologischer Leistungen. Empfehlungen zur aufwandsbezogenen Honorarermittlung*. Veröff. VUBD Bd. 1, 259 S. Nürnberg
- WARD J. V. (1992): *Aquatic insect ecology*. Bd. 1 *Biology and habitat*. J. Wiley Sons, New York, 438 S.
- WASSERWIRTSCHAFTSAMT MÜNCHEN (Hrsg.) (2005): *Gewässerentwicklungsplan Starnberger See*. Textteil, 80 S., 18 Pläne i. Anh., München.
- WELLMITZ, J., GLUSCHKE, M. (2005): *Leitlinie zur Methodendvalidierung*. UBA-Berichte 01/05, 22 S. + Anh., hg. vom Umweltbundesamt Berlin.
- WETZEL, R. G. (2001): *Limnology*. 3. Aufl., Academic Press, San Diego, 1006 S.
- WEY, H., HAMMER, D., HANDEWERK, J., SCHOPP-GUTH, A. (1994): Möglichkeiten der Effizienzkontrolle von Naturschutzgroßprojekten des Bundes. *Natur und Landschaft* 69, 300-306.
- WIEGLEB, G., BERNOTAT, D., GRIEHN, D., RIECKEN, U., VORWALD, J. (2002): Gelbdruck "Biotope und Biotoptypen". In: P LACHTER, H., BERNOTAT, D., MÜSSNER, R., RIECKEN, U. (Hrsg.), *Entwicklung und Festlegung von Methodenstandards im Naturschutz*. Schr.-R. Landschaftspflege Naturschutz 70, 281-329.
- WIESNER, A. (1995): *Analyse und Klassifikation von Struktur und Zustand der Schilfbestände am Wallersee*. Dipl.arb., Institut für Pflanzenphysiologie der Univ. Wien, eingereicht an der Univ. für Bodenkultur, Wien, 170 S.
- WOLF, H. 1992, *Ökologische Gesichtspunkte - Hochwasserrückhaltebecken mit Dauerstau*. In MUTH, W. (Hrsg.): *Hochwasserrückhaltebecken. Planung, Bau und Betrieb*, 3. Aufl., Expert-Verlag, Renningen, S. 83-118.
- ZANINI, E., REITHMAYER, B. (Hrsg.) (2004): *Natura 2000 in Österreich*. Neuer Wissenschaftlicher Verlag, Wien, 344 S.
- ZEH, H. (2004): *Ingenieurbiologische Bauweisen*. Studienbericht Nr. 4, 2. Aufl., hrsg. vom Bundesamt für Wasser und Geologie (BWG), 59 S. Bern.
- ZERBE, S., WIEGLEB, G. (Hrsg.) (2008): *Renaturierung von Ökosystemen in Mitteleuropa*. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, 495 S.

- ZERBE, S., WIEGLEB, G., ROSENTHAL, G. (2008): Einführung in die Renaturierungsökologie. – In: ZERBE, S., WIEGLEB, G. (Hrsg.): Renaturierung von Ökosystemen in Mitteleuropa. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, S. 1-21.
- ZOGG, J. M. (2007): Essentials of Satellite Navigation – Compendium. – u-blox AG Thalwil (CH) (Hrsg.): 132 S., Online im Internet : URL: [http://www.u-blox.com/customersupport/docs/GPS_Compndium\(GPS-X-02007\).pdf](http://www.u-blox.com/customersupport/docs/GPS_Compndium(GPS-X-02007).pdf) (Stand März 2009)
- ZURFLUH, Ch., SCHILTER, E., GEMPERLI, H.P. (2006): Neuland – Die Inseln im Urner See. Gisler Druck AG Altdorf, 88 S.

9.2. Rechtsbestimmungen

9.2.1. Europäisches Recht

- FFH-RL: Richtlinie 92/43/EWG des Rates vom 21. Mai 1992 zur Erhaltung der natürlichen Lebensräume sowie der wildlebenden Tiere und Pflanzen (FFH-Richtlinie) (ABl. EG Nr. L 206 vom 22. Juli 1992, S. 7), zuletzt geändert durch Richtlinie des Rates 97/62/EG vom 27. Oktober 1997 (ABl. EG Nr. L 305 vom 28.11.1997, S. 42)
- WRRL: 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. ABl. EG Nr. L 372/1.
- EG-HWR: Richtlinie 2007/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2007 über die Bewertung und das Management von Hochwasserrisiken. ABl. EG L 288/27.

9.2.2. Deutschland

- BArtSchV: Verordnung zum Schutz wild lebender Tier- und Pflanzenarten (Bundesartenschutzverordnung BArtSchV) vom 16. Februar 2005 (BGBl. I S. 258 (896)), geändert durch Artikel 2 des Gesetzes vom 12. Dezember 2007 (BGBl. I S. 2873).
- BBauG: Baugesetzbuch in der Fassung der Bekanntmachung vom 23. September 2004 (BGBl. I S. 2414), zuletzt geändert durch Artikel 4 des Gesetzes vom 24. Dezember 2008 (BGBl. I S. 3018).
- BBergG: Bundesberggesetz vom 13. August 1980 (BGBl. I S. 1310), zuletzt geändert durch Artikel 11 des Gesetzes vom 9. Dezember 2006 (BGBl. I S. 2833)
- BbgWG: Brandenburgisches Wassergesetz (BbgWG) in der Fassung der Bekanntmachung vom 08. Dezember 2004 (GVBl. I/05, [Nr. 05], S. 50)
- BNatSchG: Gesetz über Naturschutz und Landschaftspflege (Bundesnaturschutzgesetz BNatSchG) vom 25. März 2002 (BGBl. I S. 1193), zuletzt geändert durch Artikel 3 des Gesetzes vom 22. Dezember 2008 (BGBl. I S. 2986)
- BWG BLN: Berliner Wassergesetz (BWG) in der Fassung vom 17. Juni 2005, GVBl. S. 357, zuletzt geändert am 6. Juni 2008, GVBl. S. 139.
- HOAI: Honorarordnung für Architekten und Ingenieure in der Fassung der Bekanntmachung vom 4. März 1991 (BGBl. I S. 533), zuletzt geändert durch Artikel 5 des Gesetzes vom 10. November 2001 (BGBl. I S. 2992)
- LWAG MV: Wassergesetz des Landes Mecklenburg-Vorpommern (LWAG) vom 30. November 1992 (GVBl. M-V 1992, S. 669, zuletzt geändert durch Artikel 2 des Gesetzes vom 10. Juli 2008 (GVBl. M-V S. 296)
- NatSchG Bln: Gesetz über Naturschutz und Landschaftspflege von Berlin (Berliner Naturschutzgesetz – NatSchGBln) in der Fassung vom 9. November 2006.

- REWas 1998: Richtlinien für den Entwurf von wasserwirtschaftlichen Vorhaben. StAnz (BY) Nr. 43/1983
- ROG: Raumordnungsgesetz vom 18. August 1997 (BGBl. I S. 2081, 2102), zuletzt geändert durch Artikel 10 des Gesetzes vom 9. Dezember 2006 (BGBl. I S. 2833), zuletzt geändert durch Art. 10 G v. 9.12.2006 I 2833.
- VwVfG: Verwaltungsverfahrensgesetz in der Fassung der Bekanntmachung vom 23. Januar 2003 (BGBl. I S. 102), geändert durch Artikel 4 Abs. 8 des Gesetzes vom 5. Mai 2004 (BGBl. I S. 718).
- WaStrG: Bundeswasserstraßengesetz in der Fassung der Bekanntmachung vom 23. Mai 2007 (BGBl. I S. 962; 2008 I S. 1980), zuletzt geändert durch § 2 der Verordnung vom 18. März 2008 (BGBl. I S. 449)
- WHG: Wasserhaushaltsgesetz in der Fassung der Bekanntmachung vom 19. August 2002 (BGBl. I S. 3245), zuletzt geändert durch Artikel 2 des Gesetzes vom 10. Mai 2007 (BGBl. I S. 666), Neugefasst durch Bek. v. 19.8.2002 I 3245; zuletzt geändert durch Art. 2 G v. 10.5.2007 I 666.
- WPBV 2000: Verordnung über Pläne und Beilagen in wasserrechtlichen Verfahren (WPBV) vom 13. März 2000 (GVBl S. 156, BayRS 753-1-6-UG), zuletzt geändert durch § 1 der Verordnung vom 23. Juni 2008 (GVBl S. 397).

9.2.3. Österreich

- Bgl d NLschpfg: Gesetz vom November 1990 über den Schutz und die Pflege der Natur und Landschaft im Burgenland (Burgenländisches Naturschutz- und Landschaftspflegegesetz - NGS 1990).
- DMSG: Bundesgesetz betreffend den Schutz von Denkmalen wegen ihrer geschichtlichen, künstlerischen oder sonstigen kulturellen Bedeutung (Denkmalschutzgesetz - DMSG), StF: BGBl. Nr. 533/1923, zuletzt geändert durch BGBl. I Nr. 170/1999.
- Krnt NschG: Kärntner Naturschutzgesetz 2002 - K-NSG 2002, StF: LGBl Nr 79/2002 (WV), i.d.F. LGBl Nr 63/2005, LGBl Nr 103/2005.
- Nö NschG: Niederösterreichisches Naturschutzgesetz 2000 (Nö NSchG 2000), zuletzt geändert am 28.06.2008, 5500-6.
- Oö NLSchG: Landesgesetz über die Erhaltung und Pflege der Natur (Oö. Natur- und Landschaftsschutzgesetz 2001 - Oö. NSchG 2001), i.d.F. LGBl.Nr. 138/2007.
- Sbg NSchG: Salzburger Naturschutzgesetz 1999 (SNSchG; LGBl. Nr. 73/1999), i.d.F. LGBl Nr 109/2003.
- Stmk NSchG: Gesetz vom 30. Juni 1976 über den Schutz der Natur und die Pflege der Landschaft (Steiermärkisches Naturschutzgesetz 1976 - NschG 1976), i.d.F. LGBl. Nr. 71/2007 (XV. GPStLT RV EZ 1224/1 AB EZ 1224/2)
- T NschG: Kundmachung der Landesregierung vom 12. April 2005 über die Wiederverlautbarung des Tiroler Naturschutzgesetzes 1997, LGBl. Nr. 26/2005, i.d.F. LGBl. Nr. 57/2007.
- UFG: Umweltförderungsgesetz ausgegeben am 10. Dezember 2008 Bundesgesetzblatt Nr. 185/1993 vom 16. März 1993 in der Fassung des Bundesgesetzblattes I Nr. 78/2008 vom 4. Juni 2008.
- Vlbg GNL: Gesetz über Naturschutz und Landschaftsentwicklung in Vorarlberg (LGBl. Nr. 22/1997, 58/2001, 38/2002, 1/2008).
- WBFG: Bundesgesetz über die Förderung des Wasserbaues aus Bundesmitteln (Wasserbautenförderungsgesetz 1985 -WBFG), StF: BGBl. Nr. 148/1985 (WV), zuletzt geändert durch BGBl. I Nr. 82/2003
- WRG: Wasserrechtsgesetz 1959 (WRG 1959), i.d.F. BGBl. I Nr. 123/2006.

9.2.4. Schweiz

- BGF: Bundesgesetz über die Fischerei (BGF) vom 21. Juni 1991 SR 923.0
Gesetz über den Natur- und Landschaftsschutz Kt. Luzern: Gesetz über den Natur- und Landschaftsschutz SRL 709a Kt. Luzern.
Gesetz über den Wasserbau Kt. Thurgau: Gesetz über den Wasserbau 721.1 Kt. Thurgau.
Gesetz zum Schutz und zur Pflege der Natur und der Heimat Kt. Thurgau: Gesetz zum Schutz und zur Pflege der Natur und der Heimat vom 8. April 1992, Kt. Thurgau 450.1
GewG Kt. Zug: Gesetz über die Gewässer (GewG) 731.1 Kt. Zug
GSchG: Bundesgesetz über den Schutz der Gewässer (Gewässerschutzgesetz, GSchG) vom 24. Januar 1991 SR 814.20
GSchV: Gewässerschutzverordnung (GSchV) vom 28. Oktober 1998 (Stand am 7. November 2006) SR 814.201
Naturschutzgesetz Kt. Bern: Naturschutzgesetz Kt. Bern 1992 BSG 426.11
NHG: Bundesgesetz über den Natur- und Heimatschutz (NHG) vom 1. Juli 1966 SR 451.0
NHV: Verordnung vom 16. Januar 1991 über den Natur- und Heimatschutz (NHV) SR 451.1
NSchV Kt. Bern: Naturschutzgesetz Kt. Bern 1993, BSG 426.111
RPG: Bundesgesetz über die Raumplanung (Raumplanungsgesetz, RPG) vom 22. Juni 1979 (Stand am 1. August 2008), SR700
SFG Kt. Bern: Gesetz über See- und Flussufer (See- und Flussufergesetz, SFG) v. 6. Juni 1982, Fassung vom 5. 9. 2000] 704.1 Kt. Bern
Wasserwirtschaftsgesetz Kt. Zürich: Wasserwirtschaftsgesetz vom 2. Juni 1992 Kt. Zürich, LS 724.11
WBG Kt. Bern: Gesetz über Gewässerunterhalt und Wasserbau (Wasserbaugesetz, WBG) 14. Februar 1989 Kt. Bern BSG 751.11.
WBG Kt. Luzern: Wasserbaugesetz Kt. Luzern: Wasserbaugesetz vom 30. Januar 1979 Kt. Luzern, SRL 760
WBG: Bundesgesetz über den Wasserbau vom 21. Juni 1991, SR 721.100
WBV Kt. Bern: Wasserbauverordnung Kt. Bern: Wasserbauverordnung vom 15. Nov. 1989 Kt. Bern BSG 751.111.1
WBV Kt. Luzern: Wasserbauverordnung vom 23. März 2004 G 2004 231 (WBV) SRL 760a
WNG Kt. Bern: Wassernutzungsgesetz (WNG) 23. November 1997 Kt. Bern BSG 752.41.
WRG: Bundesgesetz über die Nutzbarmachung der Wasserkräfte (Wasserrechtsgesetz, WRG) vom 22. Dezember 1916, SR 721.80

9.3. Normen

- DIN 18123:1996-11: Baugrund, Untersuchung von Bodenproben - Bestimmung der Korngrößenverteilung
DIN 4049: Hydrologie; Teil 2 Begriffe der Gewässerbeschaffenheit, Teil 3: Begriffe zur quantitativen Hydrologie, Stand Oktober 1994.
DIN 52 098: Prüfverfahren für Gesteinskörnungen - Bestimmung der Korngrößenverteilung durch Nasssiebung. 2005-06 (2005)
DIN 55350-11 bis -33: Begriffe der Qualitätssicherung und Statistik.
EN 1097-5: Prüfverfahren für mechanische und physikalische Eigenschaften von Gesteinskörnungen - Teil 5: Bestimmung des Wassergehaltes durch Ofentrocknung; Stand 2008.
EN 12789 (2000): Charakterisierung von Schlämmen - Bestimmung des Glühverlustes der Trockenmasse. in DEV, 2001, S3a
EN 12880 (2000): Charakterisierung von Schlämmen - Bestimmung des Trockenrückstandes und des Wassergehaltes. – In: DEV, 2001, S2a (Ersatz für DIN 38414-2:1985)

- EN 14011 (2003-07): Wasserbeschaffenheit - Probenahme von Fischen mittels Elektrotrichternetzen; Deutsche Fassung EN 14011: 2003
- EN 14184: Wasserbeschaffenheit - Anleitung für die Untersuchung aquatischer Makrophyten in Fließgewässern; Deutsche Fassung EN 14184:2003
- EN 14757 (2005 -11): Wasserbeschaffenheit - Probenahme von Fischen mittels Multi-Maschen-Kiemennetzen; Deutsche Fassung EN 14757: 2005
- EN 14962 (2006-07): Wasserbeschaffenheit - Anleitung zur Anwendung und Auswahl von Verfahren zur Probenahme von Fischen; Deutsche Fassung EN 14962: 2006
- EN 14996: Wasserbeschaffenheit - Anleitung zur Qualitätssicherung biologischer und ökologischer Untersuchungsverfahren in der aquatischen Umwelt; Deutsche Fassung EN 14996:2006
- EN 25667 Teil 1: Wasserbeschaffenheit - Probenahme - Hinweise zur Probenahme von Sedimenten
- EN 27828: Wasserbeschaffenheit; Probenahme für biologische Untersuchungen; Anleitung zur Probenahme aquatischer, benthischer Makro-Invertebraten mit dem Handnetz (ISO 7828:1985); Deutsche Fassung EN 27828:1994
- EN 28265: Wasserbeschaffenheit; Probenahmegeräte für die quantitative Erfassung benthischer Makro-Invertebraten auf steinigem Substrat in flachem Süßwasser (ISO 8265:1988); Deutsche Fassung EN 28265:1994
- EN 752-1 (1996-01) Entwässerungssysteme außerhalb von Gebäuden Teil 1: Allgemeines und Definitionen Deutsche Fassung EN 752-1:1995
- EN 933-1: Prüfverfahren für geometrische Eigenschaften von Gesteinskörnungen - Teil 1: Bestimmung der Korngrößenverteilung - Siebverfahren; Deutsche Fassung EN 933-1:1997 + A1:2005
- EN ISO 16665: Wasserbeschaffenheit - Anleitung für die quantitative Probenahme und Probenbearbeitung mariner Weichboden-Makrofauna (ISO 16665:2005); Deutsche Fassung EN ISO 16665:2005
- EN ISO 17025: General requirements for the competence of testing and calibration laboratories
- EN ISO 19493: Wasserbeschaffenheit - Anleitung für meeresbiologische Untersuchungen von Hartsubstratgemeinschaften (ISO 19493:2007); Deutsche Fassung EN ISO 19493:2007
- EN ISO 5667-1: Wasserbeschaffenheit - Probenahme - Teil 1: Anleitung zur Erstellung von Probenahmeprogrammen und Probenahmetechniken (ISO 5667-1:2006); Deutsche Fassung EN ISO 5667-1:2006
- EN ISO 5667-19 (2004): Wasserbeschaffenheit - Probenahme - Teil 19: Anleitung zur Probenahme mariner Sedimente (ISO 5667-19:2004); Deutsche Fassung (DIN)
- EN ISO 9391: Wasserbeschaffenheit - Probenahme von Makro-Invertebraten in tiefen Gewässern - Anleitung zum Einsatz von qualitativen und quantitativen Sammlern und Besiedlungskörpern (ISO 9391:1993); Deutsche Fassung EN ISO 9391:1995
- ISO 565: Analysensiebe - Metalldrahtgewebe, Lochplatten und elektrogeformte Siebfolien - Nennöffnungsweiten (ISO 565:1990)
- ÖNORM M6231: Richtlinie für die ökologische Untersuchung und Bewertung von stehenden Gewässern. Stand 1.10.2001
- VSS-NORM UMWELTBAUBEGLEITUNG [SN 640610a] 2002, Normenwerk Bd 2 Nachhaltigkeit, Planung und methodische Grundlagen: Umweltbaubegleitung (UBB), inkl. Anhänge 1 bis 4 hrsg. vom Schweizerischen Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute.

10. Glossar

ABC-Analyse: Die ABC-Analyse teilt eine Menge von Objekten in die Klassen A, B und C auf, die nach absteigender Bedeutung geordnet sind (A – sehr wichtig oder dringlich, B – wichtig oder dringlich, C – weniger wichtig oder dringlich). Mit ihrer Hilfe ist es möglich, das „Wesentliche“ vom „Unwesentlichen“ zu trennen und begrenzte (finanzielle, zeitliche, personelle) Ressourcen so zu lenken, dass eine für den gesamten See maximale Wirkung erzielt wird.

- Bewertung:** die Auslegung und Anwendung der umweltbezogenen Tatbestandsmerkmale der einschlägigen Fachgesetze auf den entscheidungserheblichen Sachverhalt.
- Biotop:** der konkrete, räumlich abgrenzbare Lebensraum einer spezifischen Lebensgemeinschaft (Biotozönose) von einer bestimmten minimalen räumlichen Ausdehnung (vgl. auch ↷Habitat).
- Biotoptyp:** abstrahierter Typus aus der Gesamtheit gleichartiger Biotope auf der Basis einer Klassifikation und eines Biotoptypenkatalogs (entspricht dem Lebensraumtyp nach FFH-RL).
- Determinationsniveau:** taxonomisches Niveau (...Ordnung, Familie, Gattung, Art, Unterart), das bei einer bestimmten Vorgehensweise der Bestimmung von Organismen normalerweise erreicht wird (vgl. EN 14996, 3.22).
- Dynamik:** siehe ↷Seeuferdynamik.
- eigendynamische Entwicklung:** die durch direkte menschliche Einflussnahme nicht beeinträchtigte Eigenschaft eines Biotops oder einer Biotozönose, sich nach inneren (z. B. ontogenetisches Wachstum, Populationsveränderungen, Konkurrenz u. a.) und äußeren Gesetzmäßigkeiten (z. B. Standortsfaktoren, zufällige Störungen u. a.) dynamisch zu verändern (s. ↷Seeuferdynamik).
- Eingriff:** Veränderung der Gestalt oder Nutzung von Grundflächen inkl. Grundwasser, Gewässer und Boden, der die Leistungs- und Funktionsfähigkeit des Naturhaushalts oder des Landschaftsbildes erheblich beeinträchtigt (vgl. BNatSchG [DE]).
- Eingriffsregelung (= Eingriffs-/Ausgleichs-Regelung):** Instrument des Naturschutzrechts, mit dem negative Folgen von Eingriffen in Natur und Landschaft innerhalb und ausserhalb von Naturschutzgebieten vermieden, minimiert oder kompensiert (Ausgleich Ersatz, Geldzahlungen) werden sollen (DE).
- Epilitoral:** Lebensraum des selten überschwemmten Seeufers zwischen der Linie des episodischen Hochwassers (für ein angegebenes Wiederkehrintervall) und der landseitigen Grenze der Uferzone, in dem Pflanzen und Tiere leben, deren Populationen Bodennässe und seltene Überflutungen tolerieren.
- Erholung:** das natur- und landschaftsverträglich ausgestaltete Natur- und Freizeiterleben einschließlich natur- und landschaftsverträglicher sportlicher Betätigung in der freien Natur (vgl. BNatSchG [DE] und die Kriterien des Beirats für Umwelt und Sport beim Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit [DE]).
- Eulitoral:** Lebensraum der Wasserwechselzone des Sees zwischen dem episodischen Niedrigwasser und dem episodischen Hochwasser (jeweils für ein angegebenes Wiederkehrintervall), der von Pflanzen und Tiere besiedelt ist, die an wechselnden Überschwemmungs- und Trockenphasen und die Belastungen durch Wellengang angepasst sind.
- Experteneinschätzung/-urteil:** Methode zur synoptischen Klassifikation, fachlichen Beurteilung und Prognose von Zuständen und Prozessen in der Umwelt, die stärker durch den Wissens- und Erfahrungshintergrund eines/einer ausgewiesenen Experten/Expertin als durch nachprüfbare Daten bestimmt wird.
- Fetch (Fetch-Länge):** maximale freie Weglänge, die ein Wind aus einer gegebenen Richtung über der freien Wasseroberfläche zurücklegen kann, um am gegenüberliegenden Ufer Oberflächenwellen zu erzeugen; die Fetch-Länge kann durch abschattende hohe Bäume oder Gebirgszüge gegenüber einer ebenen Landschaft verringert sein.
- FFH-Verträglichkeitsprüfung (FFH-VP) [AT, DE]:** Prüfung der Verträglichkeit von Projekten und Plänen, die auf FFH-Schutzgebiete (NATURA 2000-Gebiete) einwirken und die Erhaltungsziele erheblich beeinträchtigen können; wird unabhängig von einer eventuell zusätzlich erforderlichen Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) und unabhängig von der Abarbeitung der Eingriffsregelung durchgeführt.
- FFH-Vorprüfung (FFH-Screening):** Prüfung, ob die Möglichkeit einer erheblichen Beeinträchtigung eines Vorhabens auf das FFH-Gebiet entstehen kann; lässt sich eine erhebliche Beeinträchtigung nicht nachweislich ausschließen, muss eine FFH-VP erfolgen (s. ↷FFH-Verträglichkeitsprüfung).
- flachscharig:** Ufer mit geringer Hangneigung
- Flachwasserwelle:** Welle, deren Ausbreitungsgeschwindigkeit im Wesentlichen von der Wassertiefe abhängig ist, d.h. die Wellenhöhe ist kleiner als die halbe Wellenlänge (DIN 4044, 1.21 und DIN 4049-3, 3.2.6.12).
- Flachwasserzone:** Tiefenbereich, in dem typischerweise Flachwasserwellen auftreten.

- Funktion** (von Natur und Landschaft): Service-Leistungen der Natur für den Menschen und das Wohl der Allgemeinheit nach deren Maßstäben (vgl. § 1 Abs. 1 BNatSchG [DE]); davon unterschieden sind ☞ Ökosystemfunktionen.
- Funktionskontrolle:** im Zusammenhang mit ☞ ökologischen Begleituntersuchungen die empirische Überprüfung der Zielerfüllung einer Renaturierungsmaßnahme.
- Geotextil**, pl. **Geotextile:** großflächige, meist wasser- und luftdurchlässige Vliesstoffe, Gewebe, Gewirke oder Verbundstoffe aus natürlichen oder künstlichen Materialien, die im Erdbau, Tiefbau, Wasserbau, Straßenbau und Gleisbau für Aufgaben wie Trennen, Drainieren, Filtern, Bewehren, Schützen, Dichten und Erosionsschutz eingesetzt werden.
- Gerölle:** abgerundete Gesteinsstücke von über 63 bis 200 mm Durchmesser (DIN 4047-3, 2.72)
- Habitat:** der konkrete Lebensraum der Individuen einer Art
- Herstellungskontrolle:** im Zusammenhang mit ☞ ökologischen Begleituntersuchungen die Kontrolle der Umsetzung einer Renaturierungsmaßnahme nach Art und Umfang im Sinne einer Bauabnahme.
- Hydromorphologie (Oberflächengewässer):** die wissenschaftliche Beschreibung und kausale Analyse und Modellierung der Eigenschaften eines Oberflächengewässers, die sich aus der wechselweisen Beeinflussung von (i) strömendem oder ruhendem Wasser, (ii) dem Substrat und (iii) der Oberflächengestalt des Gewässers und seiner Sohle ergeben; die Hydromorphologie greift auf Erkenntnisse vor allem der Hydrologie, der Geomorphologie und der Limnologie zurück.
- Kies:** abgerundete Gesteinsstücke von 2 bis 63 mm Durchmesser (DIN 4047-3, 2.78 u. DIN 4047-10, 1.10)
- Lastenheft:** beschreibt die Gesamtheit der Anforderungen des Auftraggebers an die Lieferungen und Leistungen eines Auftragnehmers (vgl. ☞ Pflichtenheft); es kann vom Auftraggeber für eine Ausschreibung sowie für die spätere formelle Abnahme verwendet werden (vgl. DIN 69905).
- Lebensräume:** Überbegriff für ☞ Habitate und ☞ Biotope, wobei offen bleibt, ob sich der Begriff auf einzelne Arten oder Artengemeinschaften (Biozöosen) bezieht.
- Leitart (Leitform):** Tier- oder Pflanzen-Art, die in den Beständen eines bestimmten Biotoptyps mit signifikant höherer Stetigkeit, Individuendichte oder Biomasse vorkommt als in den Beständen aller anderen Biotoptypen.
- Leitbild, abstraktes:** sehr guter Zustand (hier: eines Uferabschnitts), der einem aktuellen oder früheren Zustand entspricht, der durch sehr geringe menschliche Eingriffe oder Belastungen gekennzeichnet ist, insbesondere ohne Auswirkungen bedeutender Industrialisierung, Urbanisierung, Erholungsnutzung und Intensivierung der Landwirtschaft und mit nur sehr geringfügigen Veränderungen der physikalisch-chemischen, hydromorphologischen und biologischen Bedingungen (vgl. N.N. 2003b, S. 41 u. Toolbox No. 1).
- Leitbild, konkretes:** Wertebereiche, die die morphologischen, hydrologischen, hydrochemischen, pedologischen, Substrat- und biotischen Mess- und Erhebungsgrößen eines konkreten Uferabschnitts im sehr guten Zustand (☞ Referenz) einnehmen.
- Litoral:** Lebensraum der ☞ Uferzone eines Sees; es gliedert sich in das ☞ Sublitoral, das ☞ Eulitoral und das ☞ Epilitoral.
- Makrophytobenthos:** substratgebundene Unterwasser- und Schwimmblattpflanzen, die mit dem Auge erkannt und meist auch ohne optische Hilfsmittel bis zur Gattung oder Art determiniert werden können.
- Makrozoobenthos:** substratgebundene Tiere oberhalb einer anzugebenden Mindest-Körpergröße, die noch mit dem bloßen Auge erkannt werden können.
- Norm:** in der menschlichen Gesellschaft oder in bestimmten Bereichen als verbindlich anerkannte Festlegungen, Regeln oder Maße (technische Normen, Verfahrensnormen, klassifikatorische Normen u. a.), die in einem formalisierten oder nicht-formalisierten Regelwerk dargestellt werden (vgl. auch DIN EN 45020); Beispiele: Internationale Normen des ISO (International Organisation for Standardisation), Europäische Normen (EN) des Comité Européen de Normalisation (CEN), nationale Normen der wichtigsten Normungsinstitutionen Österreichs (ON), der Schweiz (SNV), Deutschlands (DIN).
- Nullvariante** (= Planungsnullfall, = Beibehaltung des status quo): Variante eines Vorhabens, die darin besteht, ein Projekt oder einen gefassten Plan (hier: aus Umweltschutzgründen) nicht umzusetzen und die Konsequenzen dieser Vorgangsweise auf Umwelt und Gesellschaft abzuschätzen.

- ökologische Begleituntersuchungen:** wissenschaftliche Untersuchung der Auswirkungen eines Vorhabens auf die ökologischen Bedingungen der betroffenen Lebensräume, bestehend aus Voruntersuchungen, ökologischer Begleitung der Umsetzung und Kontrolluntersuchungen.
- Ökoton** (= Randbiotop): in der Ökologie ein Übergangsbereich zwischen zwei verschiedenen Ökosystemen mit deutlich wahrnehmbaren Gradienten der abiotischen und biotischen Standortfaktoren.
- Pflichtenheft:** umfasst die vom Auftragnehmer erarbeiteten Realisierungsschläge aufgrund der Umsetzung des vom Auftraggeber vorgegebenen Lastenhefts (vgl. DIN 69905; vgl. Art. 83, 4 UVPV [CH]).
- Planungssperimeter** (= Vorhabensgebiet): räumlich abgrenzbares Gebiet, das durch ein Vorhaben unmittelbar (z. B. durch Überbauung) beeinflusst wird.
- Referenz(-fläche):** (a) im Naturschutz: ein räumlich abgegrenztes Gebiet mit abiotischen und biotischen Merkmalen, die als Bezugshorizont für die Beurteilung der Auswirkungen eines speziellen Vorhabens dienen; die Referenzfläche muss nicht im natürlichen/naturnahen Zustand sein (vgl. EN ISO 16665, 2.5); (b) im Gewässerschutz (Umsetzung der WRRL): ein räumlich abgrenzbares Gebiet (Wasserkörper), dessen physikalisch-chemische, hydromorphologische und biotische Qualitätskomponenten keine oder nur sehr geringe anthropogenen Änderungen gegenüber den Werten aufweisen, die normalerweise bei Abwesenheit störender Einflüsse bei diesem Gewässertyp anzutreffen sind („sehr guter Zustand“, vgl. Anh. V Tab. 1.2 WRRL).
- Referenzzustand:** im Gewässerschutz (Umsetzung der WRRL) der Wertebereich, den eine Mess- oder Erhebungsgröße im „sehr guten“ Zustand (☞ konkretes Leitbild) einnimmt.
- Rekultivierung:** Wiederherstellung einer neuen Kulturlandschaft nach schwerwiegender Störung oder Zerstörung der alten Kulturlandschaft durch menschliche Eingriffe mit dem Ziel der Wiedernutzbarmachung.
- Renaturierung** (eines Seeufers): leitbildorientierte Wiederherstellung oder Entwicklung eines bereits vorher anthropogen beeinträchtigten Seeuferabschnitts in Richtung auf einen naturnäheren Zustand (vgl. DIN 4047 Teil 10 7.28 in Verbindung mit der Begriffsfassung der ‚Naturnähe‘ in N.N. 2003b Textbox No. 1).
- Renaturierungspotenzial:** das durch Umsetzung einer Renaturierung erreichbare Maß der Wiederherstellung des ☞ konkreten Leitbilds unter Berücksichtigung aller Strukturen, Nutzungen und Beeinträchtigungen, die auch nach Umsetzung der Maßnahme erhalten bleiben können, außerdem aller rechtswirksamen Planungen; Nutzungsansprüche, die eventuell zukünftig an die renaturierte Fläche herangetragen werden könnten (Folgenutzungen, z. B. Ausweitung von Freizeitnutzungen) werden nicht berücksichtigt.
- repräsentativ** (Statistik): Eigenschaft einer Erhebung, dass sie Aussagen über eine Grundgesamtheit zulassen; mit repräsentativen Stichproben sind häufig Zufallsstichproben oder Quotenstichproben (= geschichtete Zufallsstichprobe) gemeint.
- Sand:** Sediment aus unverfestigten Mineralen, die vorwiegend durch fließendes Wasser oder durch Wind abgelagert wurden (vgl. DIN 4047-3, 2.79) mit einer Korngröße von 0,063 bis 2 mm Durchmesser (DIN 4047-10, 1.11).
- Scoping:** Erörterung der Inhalte, des Umfangs und der Methoden von Untersuchungen sowie der räumlichen Abgrenzung des Untersuchungsgebiets, z. B. bei der Durchführung einer Umweltverträglichkeitsstudie, ☞ FFH-Verträglichkeitsstudie (AT, DE) oder eines Gutachtens im Rahmen der naturschutzrechtlichen ☞ Eingriffsregelung (DE, AT, CH).
- Screening:** Verfahren, bei dem die Genehmigungsbehörde die Frage klärt, ob eine bestimmte fachgesetzlich vorgesehene Vorgehensweise (z. B. Umweltverträglichkeitsprüfung, ☞ FFH-Verträglichkeitsprüfung) erforderlich ist.
- See:** natürliche, künstliche oder gegenüber ihrem natürlichen Zustand erheblich veränderte Vertiefung der Erdoberfläche (Seebucken) des Binnenlandes, d. h. ohne hydraulischen Kontakt zum Meer, die (i) allseitig von festem Land umgeben ist, und (ii) die zumindest zeitweise mit Wasser gefüllt ist, und (iii) deren Durchflussmenge im Vergleich zum Volumen gering ist, und (iv) in denen zeitunabhängig gleichgerichtete Strömungen von untergeordneter Bedeutung für die Ausbildung der Biozönosen sind; zweckmäßigerweise wird eine freie Wasserfläche von mindestens 0,01 km² sowie an der tiefsten Stelle eine Wassertiefe vorausgesetzt, bei der im Substrat wurzelnde Sumpf- oder Wasserpflanzen nicht über die Wasseroberfläche hinausreichen.

Seeufer: die gürtelförmig um den See reichende Zone beiderseits der Wasserlinie, in der der landseitige Abschnitt durch die Hochwasserstände des Sees beeinflusst wird und deren wasserseitiger Abschnitt so weit in den See reicht wie Flachwasserwellen oder die zum Aufbau pflanzlicher Biomasse notwendigen Strahlungsmengen auf dem Gewässergrund wirksam werden; das Seeufer beinhaltet als Lebensraum das ☞Litoral.

Seeuferdynamik: fortwährende Veränderung der Biotope und Biozöosen des Seeufers als Resultat der Fe ststoff-, hydrolo gischen, m orphologischen und Vegetationsdynamik unter dem Einfluss zeitveränderlicher Standortfaktoren und natürlicher Störungen.

Seeuferrenaturierung: siehe ☞Renaturierung

Seeuferschutz: aktive Maßnahmen zur Erhaltung eines naturnahen Seeufers, die die uferotypischen Lebensräume vor menschlichen Belastungen schützen, die ihre rseits geeignet sind, die räumliche Ausdehnung der Lebensräume, ihre Qualität, ihre räumlichen Beziehungen (Vernetzung) und ihr Potenzial zur ☞eigendynamischen Entwicklung bedeutend herabzusetzen.

Selbstreinigung: Vorgang, bei dem (organische) Inhaltsstoffe durch biologische, chemische oder physikalische Vorgänge aus dem Wasserkörper ausgeschieden werden oder so verändert werden, dass ihre nachteilige Einwirkung auf die Wassergüte vermindert ist (vgl. DIN 4049, Teil 2, 1.17).

Sublitoral: dauernd überschwemmter Lebensraum des Seeufers zwischen dem episodischen Niedrigwasser und der seeseitigen Grenze des Litoral, der von Pflanzen und Tiere besiedelt ist, die an die Lebensbedingungen unter Wasser angepasst sind.

Tiefwasserwelle: Oberflächenwelle in einem Teilgebiet des Sees, deren Ausbreitungsgeschwindigkeit nahezu unabhängig von der Gewässertiefe an der betrachteten Stelle ist; dies ist der Fall, wenn die Wellenlänge kleiner ist als die doppelte Wassertiefe (vgl. DIN 4049-3 2.6.14)

Ufer: siehe ☞Seeufer.

Untersuchungsgebiet: Vereinigungsgebiet von ☞Planungsperimeter und ☞Wirkungsperimeter

Validierung: Bestätigung durch Bereitstellung objektiver Nachweise, dass die Anforderungen für einen spezifischen beabsichtigten Gebrauch erfüllt worden sind (vgl. auch EN 14996, 3.24); die Validierung von Werten (hier nicht: Methoden) beinhaltet im Wesentlichen die Plausibilitätskontrolle.

Wirkungsperimeter (= Wirkungsgebiet): räumlich abgegrenztes Gebiet in der Umgebung eines Vorhabens, das sich nach den erheblichen Wechselwirkungen bemisst, die das ☞Planungsgebiet bereits vor der Vorhabensumsetzung mit der Umgebung hat, sowie nach den mutmaßlichen Auswirkungen nach Umsetzung des Vorhabens; entsprechend der unterschiedlichen Aktionsradien von Organismengruppen (z. B. Makrozoobenthos, Vögel) kann das Wirkungsgebiet schutzgutbezogen unterschiedliche Ausmaße annehmen.

Zielart: Pflanzen- oder Tierart, die das Ziel einer Schutz-, Pflege- oder Entwicklungsmaßnahme des Naturschutzes oder der Landschaftsplanung darstellt; üblicherweise handelt es sich um Arten, die mindestens in der Gruppe der gefährdeten Arten der jeweiligen „Roten Liste“ eingestuft sind (vgl. auch ☞Leitart).