

DUNKER | HERRMANN | SEIDEL | COURET | HOLLAND



Handbuch Naturnaher Wasserbau

DUNKER HERRMANN SEIDEL COURET HOLLAND

Handbuch Naturnaher Wasserbau

Herausgegeben von
Ökon Vegetationstechnik GmbH
Mützdorf 31 · D-14827 Wiesenburg
Heidehofweg 60 · D-25499 Tangstedt

ISBN 978-3-00-050283-5

© 2015 Ökon Vegetationstechnik GmbH

Konzept: Dr. Volker Seidel, Lutz Herrmann
Text: Detlef Dunker, Lutz Herrmann, Dr. Volker Seidel, Stéphane Couret, David Holland
Fotos und Illustrationen: Ökon Vegetationstechnik GmbH

Layout, Satz, Prepress und Druck: www.bitters.de

Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, der Entnahme von Abbildungen, der Funksendung, der Wiedergabe auf fotomechanischem oder ähnlichem Wege und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten.

INHALT

Vorwort.....	6	5 Stillgewässer.....	122
1 Ingenieurbilogie im Spannungsfeld.....	8	Hydraulische Belastungsstufen.....	123
1.1 Gewässerentwicklung und Naturschutz.....	9	5.1 Geringe Belastung.....	127
1.2 System- und Klassische Ingenieurbilogie.....	13	5.2 Mäßige Belastung	130
1.3 Gehölze oder Röhricht.....	16	Exkurs: Verbiss durch Wasservögel	146
1.4 Europäische Wasserrahmenrichtlinie (EU-WRRL)	20	5.3 Mittlere Belastung.....	148
2 Pflanzenkunde Röhricht.....	22	Exkurs: Schwankende Wasserstände.....	162
2.1 Grundlegende Standortfaktoren	23	5.4 starke Belastung.....	166
2.2 Anwuchs und Pflanzenentwicklung im Jahreslauf	27	6 Temporäre hydraulische Belastungen	174
2.3 Pflanzenarten.....	32	6.1 Böschungen	176
3 Methoden des naturnahen Wasserbaus	50	6.2 Entwässerungsmulden.....	182
3.1 Einzelpflanzen	51	6.3 Flutmulden.....	185
3.2 Jutegewebe / Kokosgewebe	53	6.4 Rückhaltebecken	188
3.3 Kokosmatten / Filtermatten.....	53	7 Über die Ingenieurbilogie hinaus	190
3.4 Röhrichtmatte.....	54	7.1 Wasserreinigung Xylit	191
3.5 Faschinen / Weidenspreitlagen.....	56	7.2 Ersatzhabitat schwimmendes Röhricht.....	195
3.6 Kokoswalzen	57	7.3 Interstitialraum Steinmatratze	204
3.7 Xylitwalzen	58	Literaturverzeichnis	216
3.8 Röhrichtwalze	60		
3.9 Steinwalzen	62		
3.10 Steinmatratzen / Schottermatratzen	63		
4 Fließgewässer	66		
Hydraulische Belastungsstufen.....	67		
4.1 Geringe Belastung.....	72		
4.2. Mäßige Belastung	78		
4.3 Mittlere Belastung.....	91		
4.3.1 Röhrichtwalzen.....	94		
4.3.2 Xylitwalzen	98		
4.3.3 Weidenspreitlage.....	101		
4.3.4 Steinwalzen.....	102		
4.4. Starke Belastung.....	106		
4.4.1 Steinschüttung.....	110		
4.4.2 Röhricht-Gabionen	111		
4.4.3 Steinmatratze und Schottermatratze.....	112		

DUNKER HERRMANN SEIDEL COURET HOLLAND

Handbuch Naturnaher Wasserbau

VORWORT

Das vorliegende Handbuch fasst unsere 30-jährige Erfahrung auf den verschiedenen Feldern des naturnahen Wasserbaus zusammen.

Drei wesentliche Aspekte sind neu und in dieser Form in der ingenieurb biologischen Literatur noch nicht dargestellt:

So werden die Einsatzmöglichkeiten von in der Ingenieurb iologie verwendeter Röhrichtarten umfassend dargestellt.

Weiter nimmt der Bereich der Stillgewässer einen großen Raum ein: Sowohl die jeweilige Pflanzenverwendung, als auch die notwendigen baulichen Maßnahmen werden ausführlich beschrieben.

Schließlich werden nach den Einleitungen und Einordnungen die praktischen Fragen des naturnahen Wasserbaus aufgegriffen und mit Hilfe von Skizzen und Fotodokumentationen umfassend und praxisnah beantwortet.

Wir sind als Vertreter der System-Ingenieurb iologie natürlich nicht frei von Präferenzen, da wir die praktische Wirksamkeit qualitativ hochwertiger Systeme wie Röhrichtmatten oder Steinmatratzen im täglichen Umgang direkt erfahren. Da aber die System-Ingenieurb iologie auf der langen Tradition der klassischen Ingenieurb iologie beruht, sind deren bewährte Verfahren und Methoden in ausgewählter Form gleichrangig benannt.

In den letzten Jahren haben durch die Europäische Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) für die Ingenieurbiologie die Notwendigkeit und die Chancen einer länderübergreifenden Kooperation immer mehr an Bedeutung gewonnen. Nicht zuletzt haben einfache Fragen, wie „Was machen andere Länder?“ oder „Wie wird dort der gute ökologische Zustand beschrieben?“ in der Gründung der European Soil & Water Engineering Group (ESWEG) im Jahre 2006 ihren Ausdruck gefunden. An diesem Buch haben nun Stéphane Couret (Aquaterra-Solutions, Frankreich – insbesondere zum Einsatz von Röhrchinseln) und David Holland (Salix, Großbritannien – insbesondere zur Verwendung von Steinmatratzen) mitgewirkt.

Das *Handbuch Naturnaher Wasserbau* ist eine überarbeitete und aktualisierte Fortschreibung der Ausgabe, die bisher nur als Download verfügbar war. Dem Interesse durch die zahlreichen Downloads und dem vielfach geäußerten Wunsch nach einer gedruckten Ausgabe sind wir gern nachgekommen.

Das vorliegende Handbuch ist eine Momentaufnahme und beschreibt den Stand unserer gemeinsamen, europäischen Arbeit, system-ingenieurbiologische Arbeitsweisen und Techniken als interdisziplinären Lösungsansatz für Fragen des Erosionsschutzes und des naturnahen Wassermanagements weiter zu etablieren.

Wir wünschen uns, dass aus dem intensiven Gebrauch des Handbuchs im Austausch mit Anwendern in Deutschland und in Europa neue Erfahrungen und Weiterentwicklungen resultieren, die wir dann in einer Fortschreibung dieses Handbuchs gern aufgreifen.

Hinte, Wiesenburg, Wedel, Cliousclat, Swansea

August 2015

Detlef Dunker
Lutz Herrmann
Dr. Volker Seidel
Stéphane Couret
David Holland



Ingenieurbiologie im Spannungsfeld

1

1. Ingenieurbiologie im Spannungsfeld

1.1 Gewässerentwicklung und Naturschutz

Wasserbauliche Maßnahmen an unseren Gewässern finden immer häufiger in einem Spannungsfeld zwischen den unterschiedlichsten Ansprüchen und Nutzungen statt. Deutlich wird dies z. B. in jüngerer Zeit durch die Diskussion eines zeitgemäßen Hochwasserschutzes nach den Erfahrungen mit dem Elbe-Hochwasser (2002) und dem Oder-Hochwasser (1997).

Die genannten Hochwasser haben in Deutschland und unseren Nachbarländern zehntausende Menschen direkt betroffen. Dementsprechend ist das öffentliche Interesse an einem zeitgemäßen Wasserbau und naturverträglichen Konzepten des Hochwassermanagements in den Folgejahren groß gewesen. Mit größerem zeitlichen Abstand gerät der erst begonnene, langfristige Umbau unserer Gewässerlandschaft aber aus dem allgemeinen Blickfeld. Es scheint, als würde man an vielen Stellen wieder in alten Denk- und Verhaltensmustern agieren.

Wir scheinen erst am Anfang einer Diskussion zu stehen, die weit über den Hochwasserschutz hinausgeht: „Wie können wir unsere Kulturlandschaft den Ansprüchen des 21. Jahrhunderts anpassen und dabei schonend und nachhaltig mit unseren Ressourcen umgehen und sie entwickeln, um sie für nachfolgende Generationen zu erhalten?“



Abbildung 1.1.1
Oberlauf eines Flusses.

Natürlich können ingenieurbiologische Sicherungsbauten an vielen Stellen mit einer Verbesserung der ökologischen Situation einhergehen. In diesem Sinne sind diese Sicherungsbauten z. B. durch die Schaffung von Röhrrichten zugleich auch im Sinne des Naturschutzes. In anderen Fällen kann die Ingenieurbiologie zu Werkstoffen (hier

z. B. Pflanzengesellschaften) greifen, die zielgerichtet (Sicherung eines Ufers) eingesetzt werden, ohne dass sie langfristigen, landschaftspflegerischen Vorstellungen entsprechen.

Hier sind übergeordnete Konzepte der Landschaftsentwicklung und Raumordnung notwendig, die für eine Region entsprechende Leitbilder formulieren. Dies ist nicht das Arbeitsfeld der Ingenieurbiologie.



*Abbildung 1.1.2
Zielgerichtete Röhricht-
ansiedlung an erosions-
gefährdetem Ufer.*

In dem obigen Projekt wurde am exponierten Uferbereich zielgerichtet eine Flachwasserzone mit Röhrichten angelegt. Zum Schutz wurden Steinwalzen vorgelagert und der Bewuchs zielgerichtet mit Röhrichtmatten initiiert. Ohne diesen Eingriff hätte sich spontan nur an einige Stellen Röhricht ausgebreitet, an anderen hätten sich Gehölze angesiedelt; in weiteren Bereichen wäre es zu Erosion und damit zu steil ausgebildeten und vegetationslosen Uferabschnitten gekommen. Eine genaue Prognose der jeweiligen Entwicklung ist jedoch kaum möglich.

Zweifelsohne wären Uferabbrüche ein zusätzliches Strukturelement. Würde diese Ausbildungsform hingegen weite Uferabschnitte dominieren, wäre die Intention – z. B. Fischen Laich- und Aufwuchshabitat zu geben (die wasserseitige Sicherung war an verschiedenen Stellen offen geblieben) – nicht mehr gegeben.

Landschaftspflegerische Leitbilder für Flusslandschaften sind bereits für viele Regionen Deutschlands, meist auf Grundlage von Biotopkartierungen, entwickelt worden. Für deren Umsetzung werden unterschiedliche Strategien oder Techniken angewendet. So sind für den naturnahen Wasserbau Schlagwörter wie „Uferrandstreifenprogramm“ oder „Entfesselung von Fließgewässern“ zu nennen. Die Umsetzung dieser Programme kann aber ingenieurbiologische Bauweisen einschließen.

Die Uferrandstreifenprogramme der einzelnen Bundesländer haben dabei erstmals wieder den Zusammenhang des jeweiligen Fließgewässers mit seinen Auen wieder in das Bewusstsein gebracht. Fließgerinne und Aue gehören zusammen; die Aue ist Teil des Gerinnes, wird aber nur zeitweilig und meist kurzfristig für den Abfluss genutzt.

Schwachpunkt der Ausweisung von Uferrandstreifen ist die willkürliche Festlegung der Grenze zwischen hier sich entwickelndem Auenbiotop und dort vor Hochwasser zu schützender, landwirtschaftlicher Nutzung auf dräniertem Boden. Dazu kommt, dass infolge Tiefenerosion in den letzten Jahrzehnten sich viele Fließgewässer nach unten von ihren Auen entfernt haben. Deren Ufer sind sehr steil und oft nicht mehr standfest. Sie brechen ab und bewegen erheblich mehr Sediment als unter naturnahen Bedingungen.

Wo Uferrandstreifen ausgewiesen werden, steht Platz zur Verfügung, der eine „Entfesselung des Fließgewässers“ zulässt. Damit ist gemeint, dass in diesen Abschnitten, z.B. abgängige Ufersicherungen nicht mehr erneuert werden bzw. Ufersicherungen ganz geschleift werden.

Dabei muss aber sehr umsichtig und behutsam vorgegangen werden. Sonst besteht die Gefahr, dass sich durch Uferabbrüche der Geschiebehaushalt des Flusses entscheidend verändert. Die Forderung, Fließgewässern zumindest in Abschnitten ihren freien Lauf zu lassen, wird oft mit dem Argument erhoben, dass uniforme Querprofile sich auf diese Weise naturnah verändern und die Biodiversität des Gewässers gesteigert wird.

Oft werden die Folgen für die Sicherstellung des schadfreien Abflusses und den Geschiebehaushalt unterschätzt. Das folgende Beispiel macht deutlich, wie sich kleine Veränderungen an einem Fließgewässer langfristig und nachhaltig niederschlagen:

Fallbeispiel

Ein homogenes Substrat und eine ausreichend lange Entwicklungszeit vorausgesetzt, entwickeln Fließgewässer in Mitteleuropa ein gestreckt-konkaves Längsprofil. Der größte Teil der Reliefenergie wird im Oberlauf überwunden, das Sohlgefälle nimmt zur Mündung hin ab.

Unter natürlichen Bedingungen weichen infolge Tektonik und unterschiedlicher Gesteinsresistenzen Teilbereiche der Gerinne von diesem Idealbild ab:



Abbildung 1.1.3
Flussabschnitt im Flachland.

Aufeinanderfolgende Erosions- und Akkumulationsstrecken sowie Gleichgewichtsabschnitte bilden ein komplexes System, auf das sich das jeweilig oberliegende Einzugsgebiet einstellt.

Im Durchschnitt haben die holozänen Fließgewässer des norddeutschen Tieflands ein Längsgefälle von etwa 0,3 ‰ entwickelt. Die Auen und die Hänge sind von Wald bestanden, Niederschlagswasser fließt nicht oberflächlich ab, sondern versickert im Boden. Die Speisung der Gerinne erfolgt über das Grundwasser, Hochwasserwellen treten zeitlich verzögert auf, extreme Hochwasserspitzen fehlen. Suspensions- und Bodenfracht der Fließgewässer sind sehr gering; geomorphologische Aktivität findet nur entlang des Gerinnebetts statt.

Im Laufe des Holozäns sind bis zur Entstehung der heutigen Kulturlandschaft Fließgewässer und ihre Einzugsgebiete auf vielfältige Weise verändert worden.

Rodungen seit dem Neolithikum, aber vor allem im Mittelalter und in der Neuzeit, haben zu Bodenerosion und zur Ablagerung von Hochflutsedimenten (Auenlehm) geführt. Mit fortschreitender technischer Entwicklung sind die Einzugsgebiete und die Gerinne selber verändert worden. Besonders die Flussbegradigungen und in jüngerer Vergangenheit die zunehmende Versiegelung der Landschaft haben die Fließgewässer destabilisiert.

Die daraus resultierende, verstärkte Geomorphodynamik wird durch folgendes Beispiel verdeutlicht: Ein kleiner Fluss wird an einer Stelle zu einem Mühlteich aufgestaut. Im Gerinne entsteht dadurch eine lokale Erosionsbasis, auf die sich das gesamte oberliegende Einzugsgebiet, hin zu einem neuen Gleichgewichtsprofil, einstellen wird. Die Lauflänge des Bachs bis zur (lokalen) Erosionsbasis hat sich verkürzt; im neuen (lokalen) Unterlauf werden Sedimentation und Lateralerosion zu beobachten sein. Von hier aus wandert eine Erosionsstufe langsam bachaufwärts. Infolge der Laufverkürzung wird der Bach im Oberlauf verstärkt Tiefenerosion zeigen, das Längsprofil versteilt sich insgesamt.

Ohne eine weitere Störung des Systems kann sich nach einigen Jahrhunderten erneut ein Gleichgewichtszustand einstellen.

Es wird deutlich, dass bereits einzelne Eingriffe in das komplexe System „Fließgewässer“ weitreichende Folgen haben. Sich überlagernde und anhaltende anthropogene Veränderungen führen zu dem Ungleichgewicht, in dem sich viele unserer Fließgewässer heute befinden.

Aus diesem Grund ist eine Renaturierung von Fließgewässern immer von der Vorgabe eines Leitbilds abhängig, welches den historischen Zustand oder die Zielvorstellung vorgibt, in die ein Fließgewässer entwickelt werden soll.

An dieser Stelle kann die Ingenieurbiologie ansetzen und beitragen, das Entwicklungsziel eines Gewässers zu erreichen. Sie kann aber an keiner Stelle die Entwicklung eines Leitbildes ersetzen.

In Bereichen, in denen keine Entwicklungsvorgaben existieren, wird sich die Ingenieurbiologie an einer Erhöhung der Biodiversität orientieren.

1.2 System-Ingenieurbiologie und Klassische Ingenieurbiologie

Die Ingenieurbiologie nutzt erfolgreich z. T. Jahrhunderte alte Techniken zum Befestigen von Uferböschungen oder Erosionshängen. Die klassische Ingenieurbiologie basiert vorwiegend auf Verwendung von Materialien wie Weidenruten, Röhrichtsoden, Totholz in Verbindung mit biogenen Geotextilien und Steinen.

Die Techniken der klassischen Ingenieurbiologie haben sich über viele Jahrzehnte bewährt. Ein wesentlicher Vorteil ist, dass einige der Ausgangsstoffe einfach und oft auch günstig zu werben sind.

Die Sicherungselemente werden aus den Einzelkomponenten meist direkt am Ort des Einbaus hergestellt. Je nach Art des Vorhabens und der gewählten Bauweise können die Sicherungsarbeiten mit erheblichem Arbeitsaufwand auf der Baustelle verbunden sein und erfordern ein hohes Fachwissen.



*Abbildung 1.1.4
In vielen Bereichen sind bauliche Eingriffe und hydraulische Beanspruchungen so hoch, dass Strukturen wie hier die Etablierung eines Röhrichts im Tidebereich nur mit gezielten unterstützenden Maßnahmen möglich ist.*

Die Durchführung ingenieurbiologischer Arbeiten ist somit auf spezialisierte Fachbetriebe beschränkt. Dazu können zeitliche Beschränkungen kommen: So ist z. B. das Arbeiten mit Weidenruten nur während der Vegetationsruhe möglich. Dies sind in der Regel aber auch die wettermäßig unbeständigsten Monate mit häufigen Niederschlägen und Hochwassern, die ein Arbeiten an Gewässern verhindern oder zumindest erschweren.

Die Kenntnis der wichtigsten Bauweisen und Techniken der klassischen Ingenieurbiologie bildet das Grundgerüst für Sicherungsarbeiten, egal ob im Wasserbau oder im Erdbau. Einen Überblick über diese Techniken hat in jüngerer Zeit ZEH (Ingenieurbiologie – Handbuch Bautypen, 2007) gegeben.

Ergänzend und als Erweiterung der klassischen Ingenieurbiologie hat sich ab etwa 1980 im Bereich des naturnahen Wasserbaus mit der System-Ingenieurbiologie eine neue Herangehensweise entwickelt.

Grundgedanke ist, die entscheidenden Entwicklungsschritte des Pflanzenanwachses und der Pflanzenentwicklung unter optimalen und kontrollierten Bedingungen in speziellen Anzuchtstätten durchzuführen.

Die System-Ingenieurbiologie nutzt deshalb verstärkt modulare, vorkonfektionierten Bausysteme wie z. B. Röhrichtwalzen oder Röhrichtmatten mit bereits voll entwickelten Röhrichtbeständen. Wegen ihrer hohen Erfolgssicherheit haben systemingenieurbiologische Techniken in den letzten Jahrzehnten weite Verbreitung gefunden.

In den letzten Jahren hat die heimische Naturfaser Xylit in der System-Ingenieurbiologie an Bedeutung gewonnen: Durch ihre hohe Standzeit können Bereiche ingenieurbiologisch befestigt werden, die sich bisher nur mit rein technischen Lösungen sichern ließen. Neben der Verrottungsresistenz ist es vor allem die hohe Aufnahmekapazität für im Wasser gelöste Stoffe, die Xylit für die Ingenieurbiologie interessant macht.

Trotz der unterschiedlichen Ansätze stehen die traditionelle Ingenieurbiologie und die System-Ingenieurbiologie keineswegs in Konkurrenz zueinander. Je nach Aufgabenstellung ergänzen sie sich sinnvoll. Für Planer und Anwender hat sich mit der System-Ingenieurbiologie die Palette möglicher Sicherungstechniken erheblich erweitert und verbessert. Denn während viele Techniken der klassischen Ingenieurbiologie auf die Zeit der Vegetationsperiode beschränkt sind, ermöglicht die System-Ingenieurbiologie ein quasi ganzjähriges Arbeiten.

Die Vergleiche in den Tabellen 1.2.1 und 1.2.2 stellen exemplarisch ausgewählte Bauweisen beider Zweige der Ingenieurbiologie gegenüber (Angaben zu den klassischen Bauweisen nach ZEH, 2007):

Dabei wird deutlich, dass gerade in Zeiten hohen Kostendrucks und effektivem und schnellem Abwickeln einer Baustelle die Verfahren der System-Ingenieurbiologie Vorteile aufweisen können. Der Grund ist die zeit- und damit kostenintensive Handarbeit beim Herstellen der klassischen Sicherungssysteme aus Einzelbaustoffen vor Ort.

Tab. 1.2.1: Vergleich Drahtschotterwalze / Steinwalze

	Klassische Ingenieurbiologie: Drahtschotterwalze	System-Ingenieurbiologie: Steinwalze
Herstellung	Vor Ort	Vorkonfektioniert
Benötigtes Material	Drahtgeflecht (5 cm Maschenweite, ca. 1 m Breite für 30 cm Durchmesser), Bindedraht, Steine (15 – 30 cm Durchmesser), Pfähle	Fertige Steinwalze aus Natursteinen in PE-Netzschlauch (ca. 5 cm Maschenweite), Pfähle
Arbeitszeit	Ca. 20 min / m	Ca. 10 min / m
Kosten	Je nach Dicke 30 – 50 € / m	Ca. 20 € / m inkl. Verlegen (30 cm Durchmesser)

Tab. 1.2.2: Vergleich Vegetationswalze / Röhrichtwalze

	Klassische Ingenieurbiologie: Vegetationswalze	System-Ingenieurbiologie: Röhrichtwalze
Herstellung	Vor Ort	Vorkonfektioniert
Benötigtes Material	Reißfeste Geotextilien aus Naturfaser, krautige Uferstauden, Transplantate, Reisig, anstehenden Oberboden, Pfähle	Fertige Röhrichtwalze aus Kokosfaser in PPM-Netzschlauch (ca. 5 cm Maschenweite), vorkultiviert mit 10 St. Röhrichtpflanzen / m (bei 30 cm Durchmesser), Pfähle
Arbeitszeit	Ca. 30 min / m	Ca. 10–15 min / m
Kosten	Ca. 30 – 50 € / m (vor Ort hergestellt)	Ca. 20 € / m inkl. Verlegen (30 cm Durchmesser)

Die Tabellen zeigen, dass die System-Ingenieurbiologie für Planer und Anwender eine Reihe von Vorteilen bieten kann wie: einfache Kalkulierbarkeit, schnelle Baustellenabwicklung, ganzjährige Verfügbarkeit, hohe Erfolgssicherheit und Einsparungen beim Arbeitsaufwand vor Ort.

Vorkultivierte Systeme wie Röhrichtmatten oder Röhrichtwalzen bieten außerhalb der Vegetationsperiode einen wichtigen Entwicklungsvorsprung und geben Erfolgssicherheit, die sonst oft nur mit hohem technischen Aufwand erzielt werden kann.

Inzwischen hat sich die System-Ingenieurbiologie zu einem eigenständigen und internationalen Arbeitsfeld entwickelt. Die Gründung der European Soil & Water Engineering Group (ESWEG, 2006) zeigt das internationale Interesse und den Bedarf an der Entwicklung und Anwendung modularer Systeme für Aufgaben im Erosionsschutz und in der Behandlung der Wasserqualität.

1.3 Gehölze oder Röhricht

Ein Abbruchufer soll mit ingenieurb biologischen Techniken gesichert werden. Bei der Entwicklung eines geeigneten Sicherungskonzepts ist frühzeitig eine grundlegende Entscheidung zu treffen: Soll das Ufer mit Gehölzen oder mit Röhricht gesichert werden?

Diese Frage muss im Rahmen der konzeptionellen Planung beantwortet werden. Dabei sind Aspekte des Arten- und Biotopschutzes, des landschaftspflegerischen Leitbildes oder evt. historischer Vorbilder zu berücksichtigen.

Auf Grundlage dieser Entscheidung wird eine geeignete Sicherungstechnik ausgewählt und den Standortbedingungen entsprechend dimensioniert und angepasst.

Die oben zu treffende Entscheidung ist zunächst bewusst als „oder“-Frage formuliert, um die grundsätzlichen Unterschiede der ufersichernden Wirkungsweise von Röhricht und Gehölzen zu erläutern:

Geschlossene Röhrichtbestände weisen einen Bodenbedeckungsgrad von 100 % auf. Die Wurzeln und Rhizome wirken vollflächig als Bodenanker, verklammern das Ufer und schützen es vor Erosion.

Die einzelne Pflanze entwickelt ihre bodenfestigende Wirkung in einem dichten Bestand mit anderen. Bedingt durch die vergleichsweise homogene Wuchshöhe innerhalb einer Art treten keine Wuchshemmungen z. B. durch Lichtkonkurrenz auf. Röhrichte bilden stabile Pflanzengesellschaften, die an vielen Standorten auch Schlussgesellschaften sind (s. Abbildung 1.3.1).



Abbildung 1.3.1
Schilfröhricht als Uferschutz an einem See.

Gehölze weisen zum Zeitpunkt der Pflanzung nur einen Bodenbedeckungsgrad von < 10 % auf. In Abhängigkeit von der Art entwickeln sie einen flächigen und tiefgründigen Böschungsschutz erst Jahre später. Bis dahin muss die eigentliche Ufersicherung durch technische Baustoffe (z.B. eine Steinschüttung) übernommen werden (zum Vergleich Röhricht/ Gehölze s. Tabelle 1.3.1 und 1.3.2).

Um schneller eine größere Bodenbedeckung zu erzielen, können Gehölze dichter gepflanzt werden. Artenabhängig kann es dann aber rasch zur Lichtkonkurrenz unter den einzelnen Individuen kommen. Ergebnis sind dann, – besonders bei Weiden – dichte, in die Höhe geschossene Bestände, die keinerlei Unterwuchs zulassen. Für die Entwicklung eines ufersichernden Gehölzbestands sind deshalb Pflegemaßnahmen wie regelmäßiges Auslichten unerlässlich.

Das bedeutet, dass eine Uferbefestigung mit Gehölzen immer auch einen Pflegeplan und nachgelagerte Pflegemaßnahmen beinhalten muss, um dauerhaft seine Aufgabe zu erfüllen. Ein weiterer Aspekt ergibt sich aus dem Wurzelverhalten unterschiedlicher, häufig verwendeter Pflanzenarten:

Eine ingenieurbioologische Ufersicherung ist dann auf Dauer wirksam, wenn die Pflanzen das Ufer tiefgründig durchwurzeln und festhalten. Dazu ist es notwendig, dass die Wurzeln dauerhaft unter den Mittelwasserspiegel wachsen können.

Eine Reihe von Röhrichtarten sind dazu in der Lage, so z.B. *Carex acutiformis* (Sumpf-Segge) oder *Phragmites communis* (Schilfrohr). Unter den in Mitteleuropa heimischen Gehölzen ist es allein *Alnus glutinosa* (Schwarz- oder Roterle), deren Wurzeln palisadenartig unter den Wasserspiegel wachsen. Daneben bildet *Alnus glutinosa* oberhalb des Wasserspiegels flache Wurzelteller aus.

Die vielfach für Ufersicherungen benutzten Weiden (*Salix spec.*) sind dazu nicht in der Lage. Zwar bilden Weidenruten im Wasser Adventivwurzeln aus, den Hauptteil ihrer Wurzeln entwickeln sie aber oberhalb des Wasserspiegels. Weiden sind dadurch besonders bei schwankenden Wasserständen unterspülungsgefährdet.

Röhrichte als Soden oder z.B. als Röhrichtmatten besitzen durch ihre Rhizome und Ausläufer ein hohes Regenerationspotential. Sowohl Weiden als auch Erlen können aus dem Stock ausschlagen und verfügen deshalb ebenfalls über ein hohes Regenerationspotential. Bei neugepflanzten Bäumen (Heister) muss sich dieses Regenerationspotential aber erst im Laufe der Zeit entwickeln.

Sowohl Röhricht als auch Gehölze sind wertvolle landschaftsökologische Strukturelemente, die es zu erhalten und zu entwickeln gilt. Sie sind Lebens- und Bruthabitat für eine Reihe von Tierarten. Schließlich verfügen sowohl ein Auwald als auch ein Röhrichtgürtel über ein enormes Wasserretentionsvermögen und haben eine große hochwasserdämpfende Wirkung.

Über die eingangs formulierte Frage „Gehölze oder Röhricht“ kann man je nach Schule hervorragend streiten. Für die praktische Anwendung mag diese Frage akademisch sein und so zeigt das folgende Beispiel, dass das Arbeiten mit Gehölzen das mit Röhrichten nicht ausschließen muss:

So kann es zum Beispiel sinnvoll sein, ein Abbruchufer, das langfristig mit Erlen gesichert werden soll, zunächst mit Röhrichtwalzen zu fixieren.

Im Schutz dieser Ammenpflanzung werden dann Erlen gepflanzt. Das Röhricht übernimmt an dieser Stelle die Aufgabe eines temporären Erosionsschutzes, der durch Lichtkonkurrenz mit den wachsenden Erlen langsam schwächer wird.

Nach und nach übernehmen die Bäume die Ufersicherung. Dieses Verfahren ist ökologisch sinnvoll, weil es der natürlichen Sukzession nachempfunden ist. Darüber hinaus hat es ökonomische Vorteile, weil das kostenintensive Auslichten bis zum Kronenschluss der Erlen nicht notwendig ist.

In diesem Beispiel wird bewusst die eingeschränkte Schattenverträglichkeit ingenieurbologisch bedeutsamer Röhrichtarten genutzt, um eine gelenkte Entwicklung einzuleiten.

Die System-Ingenieurbilogie arbeitet bevorzugt mit Röhricht, da sie als konfektionierte, modulare Pflanzeneinheiten den Gehölzen in den ersten Jahren überlegen ist.

Auf Grundlage des landschaftspflegerischen Leitbildes ist zu entscheiden, ob der Standort langfristig durch Röhricht oder durch Gehölze gesichert werden soll. Befestigungen mit Röhrichten bieten den Vorteil, dass bei einem sofortigen, zuverlässigen Uferschutz beide Entwicklungsoptionen existieren.

Dieser Ansatz hat sich in der Praxis bewährt und ist auf die meisten Standorte anwendbar. Ausgenommen sind lediglich Gerinne mit extrem hoher Schleppspannung in Verbindung mit hohem Grobgeschiebetrieb und temporäre Gerinne:

Fließabschnitte mit diesen Charakteristika sind in Mitteleuropa natürlich nur entlang der Oberläufe der Mittel- und Hochgebirgsfließgewässer und an Wildbächen zu finden. Hier wird man auch aus klimatischen Gründen mit Gehölzen in Verbindung mit groben Steinschüttungen arbeiten.

Tab. 1.3.1: Vergleich Röhricht / Gehölze nach der Pflanzung

	<i>Röhricht (in einer Röhrichtmatte)</i>	<i>Gehölze (als einjährige Heister)</i>
Bodenbedeckung	sofort 100 %	≤ 10 %
Durchwurzelung	Wurzelfilz im Oberboden	punktuell im Oberboden
Durchwurzelung unter MW-Spiegel	div. Röhrichtarten	Schwarzerle (<i>Alnus glutinosa</i>) Einige Weiden-Arten (<i>Salix</i> sp.)
Regenerationsvermögen	hoch (Ausläufer und Rhizome)	mittel
Natürliches Landschaftselement	ja	ja
Artenvielfalt	hoch	potentiell hoch
Wasserretentionsvermögen	groß	zunächst gering

Tab. 1.3.2: Vergleich Röhricht / Gehölze nach zehn Jahren

	<i>Röhricht (in einer Röhrichtmatte)</i>	<i>Gehölze (als einjährige Heister)</i>
Bodenbedeckung	100 %	100 % nach Kronenschluss
Durchwurzelung	dichter Wurzelfilz im Oberboden, artabhängig bis ca. 60 cm Tiefe	tiefgründige Durchwurzelung (bei <i>Alnus glutinosa</i>)
Durchwurzelung unter MW-Spiegel	div. Röhrichtarten	Schwarzerle (<i>Alnus glutinosa</i>) Einige Weiden-Arten (<i>Salix</i> sp.)
Regenerationsvermögen	sehr hoch (Ausläufer und Rhizome)	hoch (Stockausschlag)
Natürliches Landschaftselement	ja	ja
Artenvielfalt	hoch	potentiell hoch
Wasserretentionsvermögen	sehr groß	sehr groß
Ökologische Amplitude	groß, wird aber durch Beschattung verdrängt	sehr groß, nahezu alle Standorte

1.4 Europäische Wasserrahmenrichtlinie (EU-WRRL)

Das Gewässermanagement und der Gewässerschutz war bis in die 90er Jahre des 20. Jahrhunderts von einer Vielzahl von Richtlinien geprägt. In Deutschland waren das z. B. Richtlinien für das Trinkwasser, Abwasser oder auch die Badewasserrichtlinie. Jede dieser Richtlinien befasste sich nur mit einem Teilaspekt des Gewässerschutzes; eine gemeinsame, übergeordnete Klammer fehlte.

Mit der Ende 2000 in Kraft getretenen Europäischen Wasserrahmenrichtlinie (EG-WRRL) wurde europaweit ein einheitlicher wasserpolitischer Ordnungsrahmen geschaffen. Die Wasserrahmenrichtlinie bildet seit Anfang dieses Jahrtausends die Grundlage für ein einheitliches wasserwirtschaftliches Handeln in der EU.

Ansatz und Zeitrahmen der EU-WRRL

Mit der WRRL werden die Gewässer erstmalig auf Ebene ihrer hydrologischen Einzugsgebiete betrachtet. Da die Einzugsgebiete der meisten europäischen Flüsse sich über die Hoheitsgebiete mehrerer Staaten erstrecken, ergibt sich die Notwendigkeit grenzüberschreitender Kooperationen zum Erreichen der WRRL-Vorgaben.

Die Europäische Wasserrahmenrichtlinie ist bis 2003 in den EU-Ländern in nationales Recht umgesetzt worden. Bis Ende 2004 sollte EU-weit eine Bestandsaufnahme aller Gewässer erfolgen, um dann daraus bis Ende 2009 konkrete Maßnahmenprogramme und Bewirtschaftungspläne zu erarbeiten.

Diese sollen für alle Oberflächengewässer in der EU einschließlich der Küsten- und Übergangsgewässer sowie des Grundwassers bis Ende 2015 soweit umgesetzt sein, dass die Gewässer einen guten, ökologischen (und chemischen) Zustand aufweisen.

Guter, ökologischer Zustand:

Einen guten, ökologischen Zustand definiert die WRRL wie folgt:

„Die Werte für die biologischen Qualitätskomponenten des Oberflächengewässertyps zeigen geringe anthropogene Abweichungen an, weichen aber nur in geringem Maße von den Werten ab, die normalerweise bei Abwesenheit störender Einflüsse mit dem betreffenden Oberflächengewässertyp einhergehen.“ (WRRL, Anhang V, S. 50)

Welchen Einfluss haben diese Vorgabe auf ingenieurbioologische Sicherungsmaßnahmen an Oberflächengewässern?

Zunächst bewertet die WRRL die Güte eines Oberflächengewässers primär über dessen Funktion als Lebensraum.

Die Anforderungen, die die WRRL an die für die Ingenieurbioologie relevanten Punkte „Durchgängigkeit des Flusses“ und „Morphologie“ stellt, können nur indirekt abgeleitet werden. Ein guter Zustand dieser beiden Parameter ist nach Anhang V, S. 53 der WRRL erreicht bei:

„Bedingungen, unter denen die [...] für die biologischen Qualitätskomponenten beschriebenen Werte erreicht werden können.“

Die hier genannten biologischen Qualitätskomponenten beziehen sich auf den Zustand „des Phytoplanktons“, der „der Makrophyten und des Phytobenthos“, „der benthischen wirbellosen Fauna“ und „der Fischfauna“.

Für einen guten ökologischen Gewässerzustand lässt die WRRL lediglich geringfügige Abweichungen in der jeweiligen Zusammensetzung und Abundanz von den typespezifischen Gemeinschaften zu.

Gewässer, deren Zustand schlechter als mäßig ist, werden durch die WRRL als unbefriedigend oder schlecht eingestuft. Das gilt auch hinsichtlich der biologischen Qualitätskomponenten.

Bedeutung der EU-WRRL für die Ingenieurbiologie

Da die WRRL eine übergeordnete Richtlinie ist, haben konkrete Handlungsvorgaben für die Ingenieurbiologie über die nationalen Umsetzungsprogramme in Form der Gewässerentwicklungspläne oder Fließgewässerprogramme der einzelnen Bundesländer zu erfolgen.

Die Ingenieurbiologie kann die nationalen Umsetzungsprogramme aber bezüglich der in der WRRL formulierten biologischen Qualitätskriterien unterstützen:

- Ingenieurbiologische Sicherungen können zur Förderung naturnaher Lebensgemeinschaften entsprechend strukturierter Gewässer und Ufer beitragen.
- Ingenieurbiologische Techniken können die Durchgängigkeit von Gewässern sichern bzw. wieder herstellen. Dadurch bleiben Wanderungsbewegungen am und im Gewässer erhalten oder werden wieder möglich.
- Die Ingenieurbiologie kann darüber hinaus auch selbst Habitatbildner sein, indem sie standortgerechte Lebensgemeinschaften initiiert und entwickelt.
- Ingenieurbiologische Systeme sind in der Lage, Stoffe im Wasser zu binden und so den ökologischen und den chemischen Zustand eines Wasserkörpers hin zu einem guten Zustand zu lenken.

Für die Ingenieurbiologie bietet die Umsetzung der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie eine Reihe von Ansatzpunkten, wie sie rein technische Bauweisen nicht oder nur teilweise erfüllen können.

Die Wahl eines geeigneten Ansatzes hat dabei großmaßstäbig am konkreten Projekt zu erfolgen, um aus vielen kleinen Verbesserungen eine positive Veränderung eines gesamten Einzugsgebietes einzuleiten.



Pflanzenkunde Röhricht

2

2. Pflanzenkunde Röhricht

Im Mittelpunkt jeder ingenieurbologischen Sicherungsmaßnahme stehen die zu verwendenden Pflanzen. In diesem Kapitel werden eine Auswahl von ingenieurbologisch gut geeigneten und deshalb häufig verwendeten Röhrichtarten vorgestellt. Zuvor sollen aber einige Grundsätze des Arbeitens mit Röhrichten am Wasser erläutert werden.

Für alle Pflanzungen gilt, dass Erfolg oder Misserfolg einer Ansiedlung von Röhrichtpflanzen in besonderem Maße von der hydraulischen Belastung des Standortes bestimmt wird. Dabei muss immer zwischen Fließ- und Stillgewässern unterschieden werden:

So unterscheiden sich die Belastungen eines Röhrichts an der Mittelwasserlinie eines Baches von denen am Ufer eines Sees auch dann, wenn dieser sich räumlich in unmittelbarer Nachbarschaft befindet.

Bachbegleitende Röhrichte werden z.B. durch die Schleppkräfte der fließenden Welle oder des Überstaus infolge Ausuferns hydraulisch anders beansprucht als Röhrichte an einem Seeufer, wo z.B. Windwellen oder Treibgut besondere Belastungen darstellen.

Deshalb wird an dieser Stelle noch einmal betont, dass dem Entwurf und der Dimensionierung einer ingenieurbologischen Sicherung immer eine sorgfältige Aufnahme und Analyse der Standortbedingungen vorausgehen muss. Nur mit Kenntnis und Abschätzung der zu erwartenden Belastungen können den später zu verwendenden Pflanzen optimale Wuchsbedingungen bereitgestellt werden, die dann zu einem Erfolg der Sicherungsmaßnahme führen.

2.1 Grundlegende Standortfaktoren

Substratverhältnisse

Röhrichte sind hinsichtlich des Wuchssubstrats nicht sonderlich wählerisch. Die für die Ingenieurbilogie bedeutsamen Arten wachsen sowohl in steinig-kiesigen Substraten als auch in schlammigen Untergrund. Wichtig ist jedoch, dass das Pflanzsubstrat eine feste Verklammerung der Pflanzenwurzeln zulässt.

Im Einzelfall kann es deshalb notwendig sein, zunächst entweder geeignetes Wurzelsubstrat ausspülsicher einzubringen, oder durch spezielle Verankerungen oder Abdeckungen ein Ausspülen der Pflanzen vor dem Anwurzeln zu verhindern. So sind z.B. Röhrichtmatten und Röhrichtwalzen einst gerade unter Berücksichtigung dieses Aspektes entwickelt worden.

Nährstoffbedingungen

Wasserpflanzen benötigen keine Nährstoffe aus dem Substrat (dies belegen nicht zuletzt Hydrokulturen). Das Substrat hat Bedeutung in Hinblick auf eine sichere Verankerung (siehe oben).

Die Nährstoffversorgung kann aus dem Wasser erfolgen. Da es bei uns in Mitteleuropa kaum noch oligotrophe Gewässer gibt, kann evt. Nährstoffmangel als Kriterium für eine Pflanzenauswahl vernachlässigt werden (s. Abbildung 2.1.1). Das bedeutet auch, dass aus pflanzenphysiologischer Sicht nur in den seltensten Fällen ein geeignetes Wuchssubstrat zusätzlich eingebracht werden muss.



*Abbildung 2.1.1
Kräftige Entwicklung der
Pflanzen schon im ersten Jahr
der Pflanzung.*

Wellenaufbau bei stehenden Gewässern

Je beruhigter der Wasserkörper ist, desto schneller können die Pflanzen anwachsen und sich ausbreiten.

Ab einer freien Wasserfläche von 50 Metern ist die Wellenbelastung für die Pflanzen zu hoch und es sind zusätzliche wellenberuhigende Maßnahmen notwendig.

Grundsätzlich sollte in den am wenigsten wind- bzw. wellenexponierten Bereichen gepflanzt werden. Dort können sich die Pflanzen etablieren und dann auch stärker beanspruchte Standorten besiedeln.



Abbildung 2.1.2: Uferanpflanzung an einem Baggersee mit konstantem Wasserstand. Ohne unterstützende Maßnahmen wäre keine Anwuchs möglich gewesen.



Abbildung 2.1.3: Vorschüttung zur Schaffung einer Flachwasserzone. Sofortige Abdeckung und Bepflanzung mit Röhrichtmatten.

Fließgeschwindigkeit und Erosion

Gesundes und wüchsiges Röhricht wird nicht durch den Sog der fließenden Welle aus dem Boden herausgezogen (s. Abbildung 2.1.3). Versucht man, eine Röhrichtpflanze mit der Hand aus dem Boden zu ziehen, so wird sie abreißen. Vielmehr gibt es zwei Ursachen für den Verlust von Pflanzen durch Erosion:

- Zum einen kann das Substrat abgespült werden. Hierdurch werden die Wurzeln der Pflanzen nach und nach freigelegt bis zum endgültigen Abspülen.
- Zum anderen kann die Pflanze als ganzes absterben und dann herausgezogen werden. Ursachen hierfür sind z. B. zu langer Überstau oder zu lange zu hohe Belastungen durch Wellen (d.h. permanenter Stress).

Am fließenden Wasser wachsen die Pflanzen nur ab Mittelwasserlinie aufwärts. Sie stabilisieren die Unterwasserböschung aber mit ihren Wurzelwachstum.



Abbildung 2.1.4
Ein bachbegleitendes
Röhricht toleriert hohe
Schlepptensionen.

Wasservögel

Auf die Problematik eines zu hohen Wassergeflügelbesatzes vor allem an innerstädtischen Gewässern wird im Exkurs unter 5.2 ausführlich eingegangen.

Zusammengefasst besteht die Schädigung vor allem aus Verbiss, Herausziehen, Vertritt (Fütterungsstellen) von Pflanzen und übermäßiger Verkotung des Uferbereichs.

Nach allen Erfahrungen werden folgende Arten kaum verbissen: *Juncus effusus* (Flutterbinse), *Iris pseudacorus* (Sumpfschwertlilie), *Acorus calamus* (Kalmus), *Lythrum salicaria* (Blutweiderich).

Auch *Carex* sp. (Seggen-Arten) und *Scirpus sylvaticus* (Wald-Simse) sind weniger gefährdet.



Abbildung 2.1.5

Insbesondere Gänse und Schwäne können eine Ufervegetation vollständig verbeißen.

2.2 Anwuchs und Pflanzenentwicklung im Jahreslauf

Pflanzzeitpunkt

Frühjahr: Die Pflanzen wachsen sofort an. Binnen 4 Wochen haben sich ausreichend Wurzeln gebildet, um ein Aufschwimmen der Pflanzen zu verhindern. Bei gutem Ausgangsmaterial bilden sich schon in der ersten Vegetationsperiode Ausläufer und es wird eine hohe Bestandsdichte erreicht.

Sommer: Pflanzungen bis Mitte August haben noch die Chance anzuwachsen. Bei Trockenheit müssen die Pflanzen bis zum Anwuchs (mind. 4 Wochen) gewässert werden. Aufmerksamkeit bei Transport und Lagerung ist gefordert.

Herbst: Nachteil: Pflanzen sind ein halbes Jahr hydraulischen Beanspruchungen ausgesetzt, ohne dass sie verwurzeln.

Vorteil: Wegen der Vegetationsruhe muss auf Beschädigung der Pflanzen durch Verknicken oder Vertrocknen nicht geachtet werden.

Einige Arten wie Sumpfschwertlilie oder Seggen entwickeln bei entsprechender Witterung schon Ende Februar / Anfang März Wurzelaktivitäten. Bei einer Herbstpflanzung sind sie schon eingebaut und können ohne Störung weiterwachsen.

Winter: Ähnlich wie Herbst. Schädlich sind länger anhaltende Kahlfröste, welche Wurzeln und Rhizome austrocknen. Auf eine sorgfältige Einbindung in den feuchten Boden ist deshalb zu achten.

Im Bereich der Wasserwechselzone (feuchter Boden) sind kaum Frostschäden zu befürchten. Unter ungünstigen Umständen kann Eisgang zu Pflanzenausfällen führen. An Ufern, die im Winter regelmäßig durch Eisschurf belastet werden, kann aus diesem Grund eine Frühjahrspflanzung günstiger sein.

Ausgangsmaterial / Herkunft

Wenn in der unmittelbaren Nähe an ähnlichen Standorten Pflanzen gewonnen werden können, sind diese am besten an den Standort angepasst und eignen sich uneingeschränkt.

Allerdings kann der Verwendung durch die verfügbare Menge dem Aufwand für das Werben der Pflanzen und der Verfügbarkeit zum benötigten Zeitpunkt enge Grenzen gesetzt sein.

Andererseits ist bei Röhrichten nur an Extremstandorten (in Bezug auf klimatische, chemische, hydraulische Besonderheiten) auf genaue Herkünfte (spezifische Anpassungen) zu achten.

Die meisten Röhrichtarten haben eine große physiologische Amplitude und wachsen unter unterschiedlichsten Standortbedingungen. Schließlich findet ihre Verbreitung in der Natur durch die Verdrift von Samen oder vegetativen Teilen mit der fließenden Welle statt, die dann an unterschiedlichsten Standorten abgelagert werden und dort neue Bestände bilden.

Pflanz- bzw. Wuchstiefe

Die maximale Ausbreitung unter Wasser ist nicht zu Verwechseln mit der optimalen Pflanztiefe.

Optimale Anwuchsbedingungen für alle Röhrichtarten sind seichte Uferbereiche (± 0 cm, d. h. direkt an der Wasserlinie). Dort können die Pflanzen einwachsen, „sich stark wachsen“ und von dort aus ausbreiten.

Ist eine Pflanzung in der Wasserwechselzone nicht möglich, können kräftig entwickelte Pflanzen von z. B. *Scirpus lacustris* (Teichsimse) bis maximal –30 cm gesetzt werden. Bei dieser Wassertiefe dürfen für einen Anwuchserfolg allerdings keine weiteren Belastungen, z. B. durch Wellenschlag oder Verbiss hinzukommen.



*Abbildung 2.2.1
Pflanzung von Röhricht-
matten (rechts und oben)
und Topfballen. Für die
Topfballen war die Pflanz-
tiefe von 20 cm schon
selektiv.*

Lichtbedürftigkeit

Die hohen Röhrichtarten sind stark lichtbedürftig und wachsen nicht unter der Krone von Bäumen.

Entscheidet man sich für eine Ufersicherung durch Röhricht, sollten Ufergehölze – wenn möglich – entfernt werden oder im Bepflanzungsplan schattentolerantere Arten in Nachbarschaft zu Bäumen gepflanzt werden.

Für diese halbschattigen Standorte bieten sich vor allem die Verwendung von Sumpfschwertlilie, Seggen und Waldsimse an.

Allerdings nimmt mit abnehmender Lichtstärke auch die Fähigkeit ab, vitale und hydraulisch belastbare Bestände zu bilden. Darüber hinaus nimmt mit zunehmender Beschattung die Blühfreudigkeit und Saatbildung und damit auch das Potential zur Bildung eines dauerhaft kräftigen, sich regenerierenden Röhrichts ab.



Abbildung 2.2.2
Weniger stark entwickelter
Seggenbestand unter dem
Kronenbereich einer Eiche.

Vegetative Ausbreitungsstrategien und Durchwurzelung

Neben der Ausbreitung durch Aussaat kommt der vegetativen Ausbreitung bei Röhrichten eine besondere Bedeutung zu (s. Abbildungen 2.2.3 und 2.2.4)

Als grobe Einteilung können zwei unterschiedliche Ausbreitungsstrategien unterschieden werden. Zum einen gibt es Arten, die sich entlang eines Wurzelstocks ausbreiten (Sumpfschwertlilie, Kalmus), zum anderen sind es die Pflanzen, die eine Fläche durch ihr artspezifisches Ausläufer- bzw. Rhizomsystem nach allen Seiten besiedeln (Schilf, Teichsimse, Rohrkolben, viele Seggenarten, Waldsimse).



Abbildung 2.2.3: *Phragmites australis* (Schilfrohr)
Rhizome und neue Triebe.



Abbildung 2.2.4: *Bolboschoenus maritimus*
(Gewöhnliche Standsime) mit Ausläufern.

Rein horstartig wachsen dagegen die Flatterbinse (*Juncus effusus*) und einige Seggenarten (z. B. *Carex paniculata*). In der Ingenieurbiologie werden sie deshalb nur für besondere Sicherungsaufgaben verwendet. Ihre Vorteile liegen unter anderem in der großen Vitalität bei Belastungen durch Vertritt oder Verbiss.

Bei geringem Nährstoffangebot, schwankenden Wasserständen und/oder Trockenheit bilden die Röhrichtpflanzen tiefgehende Wurzelsysteme aus.

Schilf wurzelt 100 cm und tiefer; die anderen Röhrichtarten bilden Wurzeln von 60–80 cm Länge (die Streupflanzen hingegen verbleiben im Bereich der oberen 25 cm). Schon 6–8 Wochen nach der Pflanzung haben sich Wurzeln mit 40 cm Länge entwickelt.

Wenn die Wasserstände konstant sind und eine gute Nährstoffversorgung gewährleistet ist, dringen die Pflanzen nicht so tief in den Boden vor; es entsteht ein dichter Wurzelfilz, der auf die obere Bodenschicht (30–40 cm) beschränkt bleibt.

Sukzession und Verdrängung

Ingenieurbioologische Pflanzungen dienen primär der Festlegung eines Standorts und dem Schutz vor Erosion. Sie können sich deshalb von Pflanzungen, die allein pflanzensoziologischen Aspekten folgen, unterscheiden.

So kann z. B. der Einsatz der Sumpfschwertlilie als sog. Ammenpflanzung zunächst der Festlegung der Uferlinie dienen. Im Schutz vor Wellenauflauf kann dann dahinter die eigentliche, dauerhafte Bepflanzung erfolgen.

Die Ingenieurbiologie berücksichtigt die sukzessive Abfolge unterschiedlicher Röhrichtgesellschaften bzw. setzt sie für spezielle Sicherungsaufgaben gezielt ein.



*Abbildung 2.2.5
Durch Sukzession kaum
veränderte Anpflanzung in
einem Park in der dritten
Vegetationsperiode.*

Bei den Überlegungen für eine Ufersicherung kommt besonders an Stillgewässern der Verwendung von Schilfrohr eine besondere Bedeutung zu. Schilf ist sowohl eine Pionierpflanze als auch eine ausdauernde Art, die im Verbund sehr stabile und wuchskräftige Schlussgesellschaften bildet. Schilfrohr bildet oftmals regelrechte Monokulturen, die nur aus dem Kronenbereich von Bäumen zurückweichen und hier Seggen oder Sumpfschwertlilie Raum zum Wachsen lassen.

Einzelpflanzung / Qualität

Gewinnung vor Ort: Wie bereits erwähnt, sind vor Ort geworbene Pflanzen am besten an den zu sichernden Standort angepasst und sollten, wo immer es möglich ist, den Vorzug vor anderen Pflanzenherkünften erhalten.

Eine in der Praxis häufig verwendete Technik des Pflanzenwerbens ist das manuelle Abstechen aus einem Bestand. Gängig sind Sodengrößen in den „Spatenabmessungen“ 20 cm × 20 cm × 20 cm. Dabei ist es wichtig, die Sode tief genug abzustechen, um die für den neuen Austrieb notwendigen vegetativen Teile (Ausläufer und Rhizome mit den entsprechenden Sprossen und Knospen) zu bergen.

Der günstigste Zeitpunkt für die Gewinnung liegt außerhalb der Vegetationsperiode. Falls die Soden groß genug sind, kann die Methode das ganze Jahr angewendet werden.

Von Juni bis September ist es sinnvoll, die Halme und Blätter zurück zu schneiden, damit die Pflanze bis zum erneuten Anwuchs keine Verdunstungsschäden erleidet. Aus diesem Grund ist auch eine ausreichende Bewässerung am neuen Standort sicherzustellen.

Der große Nachteil dieser Art des Pflanzenwerbens sind allerdings die hohen Lohnkosten. Bei der Planung ist ferner zu bedenken, ob insgesamt ausreichend Pflanzenmaterial zur Verfügung steht, wie der Transport vom Ort der Gewinnung zum Einbauort durchgeführt werden soll und ob gewährleistet werden kann, dass zum Zeitpunkt der Baustellenabwicklung auch Pflanzsoden in ausreichender Menge zur Verfügung stehen. Eventuell müssen Pflanzsoden bis Weiterverwendung zwischengelagert und gewässert werden.

Die Erfahrung zeigt, dass dabei immer wieder Schwierigkeiten auftreten können. Aus diesem Grund hat sich in der Praxis die Verwendung von Röhricht-Topfbällen in unterschiedlichen Größen als sinnvolle Alternative erwiesen (s. Abbildung 2.2.6):



Abbildung 2.2.6
Topfballen *Phragmites australis* (Schilf) in der Größe 5 × 12.

Topfballen

Die Standardware im kommerziellen Bezug hat einen Topf mit einem Durchmesser von 5–10 cm. Oftmals täuscht aber ein hochgeschossener, frisch gedüngter Spross über eine nur mangelhafte Wurzelentwicklung hinweg.

Wichtiger als die Topfgröße und die oberirdische Blatt- bzw. Halmmasse sind deshalb die Wurzel- und Rhizom Ausbildung. Nur wenn die Pflanzen Vermehrungsorgane ausgebildet haben, sind sie für einen Einsatz in der freien Natur tauglich.

Streupflanzen

Mit dem Begriff Streupflanzen bezeichnen wir Arten, die in erster Linie zur Auflockerung unter gestalterischen Aspekten innerhalb einer Röhrichtpflanzung Verwendung finden. Sie können vor allem im innerstädtischen Bereich in größerer Stückzahl vorkommen. Sie werden unter den Aspekten ausgesucht, wie sie sich im ingenieurbologisch wirksamen Pflanzenverband zu halten und zu behaupten vermögen und in welchem Maße sie selber zur Bodenfestigung beitragen können.

Da sie aber in der Regel nur eine geringe Wurzelmächtigkeit besitzen (Sumpfdotterblume, Mädesüß, Blutweiderich, Gilbweiderich) sind sie in beanspruchten Bereichen auf das Vorkommen / den Schutz der vitaleren Arten angewiesen.

2.3 Pflanzenarten

Bei der nachfolgenden Beschreibung wichtiger Röhrichtarten liegt das Hauptaugenmerk auf der ingenieurbologischen Eignung für häufig vorkommende Sicherungsaufgaben. Die Auflistung ist deshalb auf keinen Fall vollständig; projekt- und aufgabenbezogen können evt. ganz andere Arten von Bedeutung sein, die hier nicht berücksichtigt werden konnten.

Zunächst wird in der Tabelle 2.3.1 unsere praktischen Erfahrungen im täglichen Umgang mit den Pflanzen zusammengefasst. Es ist eine Kurzcharakterisierung, die auch den maximalen prozentualen Anteil einer Art innerhalb einer zu setzenden Pflanzung angibt.

Tab. 2.3.1: praktische Erfahrungen im Umgang mit den Pflanzen

	<i>Maximaler Pflanzanteil</i>	<i>Kurzbeschreibung</i>
Acorus calamus (Kalmus)	20 %	Ausbreitung am Rhizom entlang; auf konstante Wasserversorgung angewiesen; hervorragend gegen Verbiss geschützt (ätherische Inhaltsstoffe).
Butomus umbellatus (Schwanenblume)	10 %	Oft als „Gartenteichpflanze“ wenig beachtet; durchaus robust an unterschiedlichen Standorten, wichtig ist ein ausgewogenes N:P-Verhältnis.
Caltha palustris (Sumpfdotterblume)	5 %	Ebenfalls robuster als weiche Blätter und weicher Trieb vermuten lassen; gut an wechselnde Wasserstände angepasst; schattenverträglich, Frühblüher.
Carex acutiformis (Sumpfsegge)	50 %	Hier stellvertretend für Seggen, die in feuchten Bereichen wachsen; große physiologische Amplitude (von Überstau bis Trockenheit), sehr konkurrenzkräftig und halbschattenverträglich.
Filipendula ulmaria (Mädesüß)	10 %	Streupflanze, die sich auch neben sehr vitalen Arten behauptet, attraktiver Blühaspekt; Bienenweide; gut schattenverträglich.
Glyceria maxima (Wasserschwaden)	50 %	„weiche“ Pflanzen, die in nährstoffreichen Verhältnissen hohe Vitalität besitzt; vermehrt sich hauptsächlich vegetativ; kann sich auch „schwimmend“ ausbreiten; wirkt verlandend.
Iris pseudacorus (Sumpfschwertlilie)	50 %	Unser „Favorit“; toleriert langen Überstau genauso wie anhaltende Trockenperioden; wird kaum verbissen; vielseitige Einsatzmöglichkeiten; gut schattenverträglich.
Lythrum salicaria (Blutweiderich)	10 %	Streupflanze, die sich auch neben sehr vitalen Arten behauptet, attraktiver, lang anhaltender Blühaspekt; Bienenweide; gut schattenverträglich.
Phalaris arundinacea (Rohrglanzgras)	50 %	Nur an fließenden Gewässern; toleriert längeren Überstau und Übersedimentation; wirkt verlandend; im Gegensatz zur Literatur kaum in halbschattigen Bereichen.
Phragmites communis (Schilfrohr)	100 %	Dominierende Art stabiler Röhrichtschlussgesellschaften (oft als Monokultur, die sehr stabil ist) ; häufig in der Erstansiedlung schwierig.
Scirpus lacustris (Teichsimse)	40 %	Art stabiler Röhrichtschlussgesellschaften; langsamere Ausbreitungsgeschwindigkeit als Schilf; besiedelt den Standort aber sehr dicht; kann sehr tief im Wasser stehen.
Scirpus silvaticus (Waldsimse)	30 %	In der ingenieurb biologischen oft unterschätzt (vielleicht, weil sie in der Kultur nur sehr langsam wächst); schattentolerant; auch entlang fließender Gewässer einsetzbar.
Sparganium erectum (Ästiger Igelkolben)	25 %	„Schwierige“ Pflanze; neigt an nährstoffreichen Standorten zum Wuchern und wirkt hier verlandend; trägt hohe Stickstoffraten; auch an fließenden Gewässern vorkommend (z. B. Donau).
Typha angustifolia (Schmalbl. Rohrkolben)	30 %	Art stabiler Röhrichtschlussgesellschaften; nicht so starke Ausbreitungsgeschwindigkeit wie Typha latifolia; Rhizom weit unter der Oberfläche (20 cm).

Die Tabelle 2.3.2 bewertet Röhrichtpflanzen nach den Wuchseigenschaften „Vitalität“, „Schattenverträglichkeit“, „Blühaspekt“, „Toleranz gegenüber Trockenheit“, „Überstautoleranz“ und „flächige Ausbreitung“ für jede der aufgeführten Pflanzen. Diese Wuchscharakteristika wirken selektiv und können für den Erfolg einer Sicherungsmaßnahme entscheidend sein. Sie müssen deshalb bei entsprechenden Planungen immer besondere Berücksichtigung finden.

Die dabei verwendeten Symbole reichen von „o = nicht vorhanden“, über „x = schwach“, „xx = mäßig“ bis hin zu „xxx = stark“.

Tab. 2.3.2: Pflanzensteckbriefe

	<i>Vitalität</i>	<i>Schatten- verträglich- keit</i>	<i>Blüten- aspekt</i>	<i>Toleranz gegen Trockenheit</i>	<i>Überstau- toleranz</i>	<i>flächige Ausbreitung</i>
<i>Acorus calamus</i>	xx	xx	x	o	xx	x
<i>Butomus umbellatus</i>	x	x	xxx	o	x	o
<i>Caltha palustris</i>	x	xx	xxx	x	x	x
<i>Carex acutiformis</i>	xxx	xxx	o	xxx	xx	xx
<i>Filipendula ulmaria</i>	x	xx	xxx	xx	x	x
<i>Glyceria maxima</i>	xxx	o	o	o	xx	xxx
<i>Iris pseudacorus</i>	xxx	xxx	xxx	xxx	xx	x
<i>Lythrum salicaria</i>	x	xx	xxx	xx	x	x
<i>Phalaris arundinacea</i>	xxx	x	x	xxx	xx	xx
<i>Phragmites australis</i>	xxx	x	x	xx	xxx	xxx
<i>Scirpus lacustris</i>	xxx	x	o	o	xxx	xx
<i>Sparganium erectum</i>	xx	x	x	o	xx	x
<i>Typha angustifolia</i>	xxx	x	xx	o	xxx	xx

Die folgenden Pflanzensteckbriefe beschreiben die in den Tabellen aufgeführten Arten noch einmal etwas ausführlicher: Unser Augenmerk liegt hier – nach einer kurzen Beschreibung der oberirdischen Wuchsformen – auf der Darstellung der Wurzelentwicklung und auf einer Darstellung der verschiedenen Ausbreitungsstrategien.

Dies sind die wichtigsten Kriterien für die Beurteilung der ingenieurb biologischen Tauglichkeit der jeweiligen Art. Hierzu finden sich in der einschlägigen Literatur nur wenige Angaben.

Neben den Einsatzmöglichkeiten, die sich aus den Ansprüchen der jeweiligen Art an ihren Wuchsort ergeben, finden Sie hier abschließend auch Angaben in welchen Qualitäten oder Sicherungssystemen die jeweilige Art als Einzelpflanze oder im Verbund bevorzugt verwendet werden.

Acorus calamus

Kalmus

Wuchsform

- lange grundständige Blätter
- Farbe der Blätter hellgrün bis grün
- locker rasig wachsend
- bei guten Standortverhältnissen bis 1,2 m hoch
- angebrochene Halme o. Ausläufer riechen sehr stark

Wurzeln

- starkes Wurzelwachstum
- lange, dicke Hauptwurzeln mit kurzen Haarwurzeln
- Farbe der Wurzeln hellgelb bis weiß

Ausbreitung

- gute Ausläuferentwicklung (teilweise verzweigt bis 10 cm jährlich oberflächlich wachsend)
- ausschließlich generativ, in der Natur in lockeren Beständen

Standort

- meist direkt im Wasser
- halbschattenverträglich

Blüte

- unscheinbare Blüte im Juli (kommt in unseren Breiten nicht zur Fruchtbildung)

Vermehrung

- ausschließlich vegetativ

Einsatz

- an Fließ- und Stillgewässern
- aufgrund des ätherischen Öls sehr gute Verbissresistenz gegenüber Wasservögeln

Verwendung in folgenden Pflanzqualitäten

- Einzelpflanze im Tb 4 × 8 cm
- Röhrichtballen 5 × 12 cm
- Röhrichtwalze
- Röhrichtmatte



Caltha palustris

Sumpf-Dotterblume

Wuchsform

- niederliegend bis aufsteigender Stängel
- kahl, hohl, im oberen Bereich verzweigt
- Blätter dunkelgrün, glänzend, herzförmig
- bei guten Standortverhältnissen bis 0,50 m hoch
- an der Wasserlinie aufwärts

Wurzeln

- kräftiger Wurzelstock
- Wurzeln bis 40 cm Tiefe
- weiße, elastische lange Wurzeln

Ausbreitung

- fast ausschließlich generativ
- Samen schwimmfähig

Standort

- an Bächen und Gräben
- auch in Auwäldern

Blüte

- deutliche, gelbe Blüte (März–Mai und September)
- erste Frühjahrsblüher am Bach

Vermehrung

- meist vegetativ

Einsatz

- an kleineren Fließgewässern
- wird leicht unterdrückt durch vitalere Pflanzen
- Frühblüher, deshalb oft im innerörtlichen Bereich

Verwendung in folgenden Pflanzqualitäten

- Eingeschränkt als
- Einzelpflanze im Tb 4 × 8 cm
- Röhrichtballen 5 × 12 cm
- Röhrichtwalze
- Röhrichtmatte



Carex acutiformis

Sumpfssegge

Wuchsform

- schmale grundständige Blätter
- Farbe der Blätter dunkelgrün bis blaugrün
- rasig wachsend
- bei guten Standortverhältnissen bis 1 m hoch

Wurzeln

- sehr starkes Wurzelwachstum
- Hauptwurzeln mit vielen Haarwurzeln
- Wurzeln an trockenen Standorten bis 50 cm Tiefe
- Farbe der Wurzeln gelb bis hellbraun

Ausbreitung

- sehr gute Rhizomentwicklung (mehrere Rhizome je Pflanze jährlich bis 30 cm, 10 cm unter der Erdoberfläche)
- hauptsächlich vegetativ, dadurch in der Natur meist in dichten Beständen

Standort

- sowohl wechselfeucht als auch ständig im Wasser
- halbschattenverträglich

Blüte

- unscheinbare Blüte im April

Vermehrung

- meist vegetativ
- bei guten Bedingungen auch generativ

Einsatz

- an Fließ- und Stillgewässern, an größeren Stillgewässern in wellenberuhigten Bereichen
- übersteht nach dem Anwuchs auch Trockenperioden bis zu 6 Wochen
- älter Halme verbissresistent gegenüber Wasservögeln

Verwendung in folgenden Pflanzqualitäten

- Einzelpflanze im Tb 4 × 8 cm
- Röhrichtballen 5 × 12 cm
- Röhrichtwalze
- Röhrichtmatte



Carex gracilis

Schlanksegge

Wuchsform

- lange grundständige Blätter
- Farbe der Blätter dunkelgrün bis blaugrün
- rasig wachsend
- bei guten Standortverhältnissen bis 0,8 m hoch

Wurzeln

- sehr starkes Wurzelwachstum
- Hauptwurzeln mit vielen Haarwurzeln
- Wurzeln an trockenen Standorten bis 40 cm Tiefe
- Farbe der Wurzeln hellbraun

Ausbreitung

- sehr gute Rhizomentwicklung (mehrere Rhizome je Pflanze jährlich bis 30 cm, 10 cm unter der Erdoberfläche)
- sowohl vegetativ als auch generativ, in der Natur meist in dichten Beständen

Standort

- wechselfeucht bis feucht
- halbschattenverträglich Blüte
- unscheinbare Blüte im April

Vermehrung

- fast ausschließlich generativ

Einsatz

- an Fließ- und Stillgewässern, an größeren Stillgewässern in wellenberuhigten Bereichen
- übersteht nach dem Anwuchs auch Trockenperioden bis 6 Wochen

Verwendung in folgenden Pflanzenqualitäten

- Einzelpflanze im Tb 4 × 8 cm
- Röhrichtballen 5 × 12 cm
- Röhrichtwalze
- Röhrichtmatte



Filipendula ulmaria

Mädesüß

Wuchsform

- einfacher oder oben leicht verzweigter Stängel
- gefiederte Blätter
- Farbe der Blätter oberseitig dunkelgrün, unterseitig hellgrün
- bei guten Standortverhältnissen bis 1,5 m
- verholzender Sproß

Wurzeln

- geringes Wurzelwachstum
- dicker, waagrechter Wurzelstock
- Wurzeln bis 40 cm Tiefe
- Farbe der Wurzeln hellgelb bis braun

Ausbreitung

- mittlere Ausbreitungsgeschwindigkeit
- Erstbesiedlung generativ, danach generativ und vegetativ auf engerem Raum

Standort

- an Gräben nicht ständig im Wasser
- feuchte Wiesen
- Auwälder, daher Schatten vertragend

Blüte

- auffällige gelblich-weiße Blüte (Juni–August)
- Bienenweide

Vermehrung

- generativ

Einsatz

- an Fließgewässern im oberen Böschungsbereich
- an stehenden Gewässern am Rand
- häufig im innerörtlichen Bereich verwendet, da auffallenden Blütenaspekt

Verwendung in folgenden Pflanzqualitäten

- Einzelpflanze im Tb 4 × 8 cm
- Röhrichtwalze
- Röhrichtmatte



Glyceria maxima

Wasserschwaden

Wuchsform

- kurze Stängel mit wechselständigen Blättern, häufig im Wasser liegend
- Farbe der Blätter hellgrün bis grün
- rasig wachsend
- bei guten Standortverhältnissen bis 2,0 m hoch
- bis 0,5 m Wassertiefe

Wurzeln

- starkes Wurzelwachstum
- Hauptwurzeln mit kurzen Haarwurzeln
- Wurzeln bis 40 cm Tiefe
- Farbe der Wurzeln hellgelb
- gekräuselt

Ausbreitung

- gute Rhizomentwicklung (mehrere Rhizome je Pflanze jährlich bis 30 cm, 10 cm unter der Erdoberfläche oder im Wasser schwimmend)
- fast ausschließlich vegetativ, in der Natur meist in dichten Beständen

Standort

- ständig im Wasser bis feucht
- sonnig

Blüte

- unscheinbare Blüte (Juli-August)

Vermehrung

- meist vegetativ

Einsatz

- an kleineren Stillgewässern

Verwendung in folgenden Pflanzqualitäten

- Einzelpflanze im Tb 4 × 8 cm
- Röhrichtballen 5 × 12 cm
- Röhrichtwalze
- Röhrichtmatte



Iris pseudacorus Sumpfschwertlilie

Wuchsform

- schwertförmige grundständige Blätter
- Farbe der Blätter dunkelgrün
- bei guten Standortverhältnissen bis 1,2 m hoch

Wurzeln

- sehr starkes Wurzelwachstum
- kräftige Hauptwurzeln mit kurzen Haarwurzeln
- Wurzeln an trockenen Standorten bis 80 cm Tiefe
- Farbe der Wurzeln hellgelb bis weiß
- kräftiges, im Querschnitt rötliches Rhizom

Ausbreitung

- nur langsame Ausläuferbildung (wenige cm pro Jahr, oberflächlich wachsend)
- hauptsächlich generativ, dadurch in der Natur selten in dichten Beständen

Standort

- sowohl wechselfeucht als auch ständig im Wasser
- halbschattenverträglich

Blüte

- auffallende gelbe Blüte von Ende Mai bis Mitte Juni
- dadurch sehr attraktiv für innerörtliche Bereiche

Vermehrung

- fast ausschließlich generativ

Einsatz

- an Fließ- und Stillgewässern, an größeren Stillgewässern in wellenberuhigten Bereich
- übersteht nach dem Anwuchs auch Trockenperioden bis zu 6 Wochen
- verbissresistent gegenüber Wasservögeln

Verwendung in folgenden Pflanzqualitäten

- Einzelpflanze im Tb 4 × 8 cm
- Röhrichtballen 5 × 12 cm
- Röhrichtwalze
- Röhrichtmatte



Juncus effusus

Flatter-Binse

Wuchsform

- aufrechtes, gerolltes Hochblatt, mit seitlicher Blüte
- Farbe grün bis dunkelgrün und glänzend
- dicht, horstartig wachsend
- bis 0,6 m hoch, bis 0,1 m Wassertiefe

Wurzeln

- kurze, kriechende Grundachse
- Wurzeln bis 50 cm Tiefe
- Farbe der Wurzeln rotbraun

Ausbreitung

- dicht horstartige Bestände
- Erstbesiedlung generativ, danach generativ und vegetativ auf engerem Raum
- wird kaum verbissen
- meist in dichten Beständen

Standort

- Staunässe, nicht kontinuierlich unter Wasser
- häufig direkt an der Wasserlinie
- sonnig

Blüte

- Blütenstand auf der Seite (Juli–August)

Vermehrung

- generativ

Einsatz

- Pionierpflanze, die sich spontan ansiedelt
- selten als zielgerichtete Bepflanzung
- Wellenbrecher

Verwendung in folgenden

Pflanzqualitäten

eingeschränkt als:

- Einzelpflanze im Tb 4 × 8 cm
- Röhrichtballen 5 × 12 cm
- Röhrichtwalze
- Röhrichtmatte



Lythrum salicaria Blutweiderich

Wuchsform

- gerader, vierkantiger Stängel im oberen Bereich ästig und behaart
- gegenständige, lanzettförmige Blätter
- bei guten Standortverhältnissen bis 1,8 m hoch
- bis 0,2 m Wassertiefe
- verholzender Sproß

Wurzeln

- verholzende, weiße Hauptwurzel
- mittleres Wurzelwachstum
- Wurzeln bis 50 cm Tiefe
- Farbe der Wurzeln hellgelb

Ausbreitung

- mittlere Ausbreitungsgeschwindigkeit
- Erstbesiedlung generativ, danach generativ und vegetativ auf engerem Raum
- wird nicht verbissen

Standort

- ständig im Wasser bis feucht
- sonnig

Blüte

- auffällige rote Blüte (Scheinähre)
- Juli – September

Vermehrung

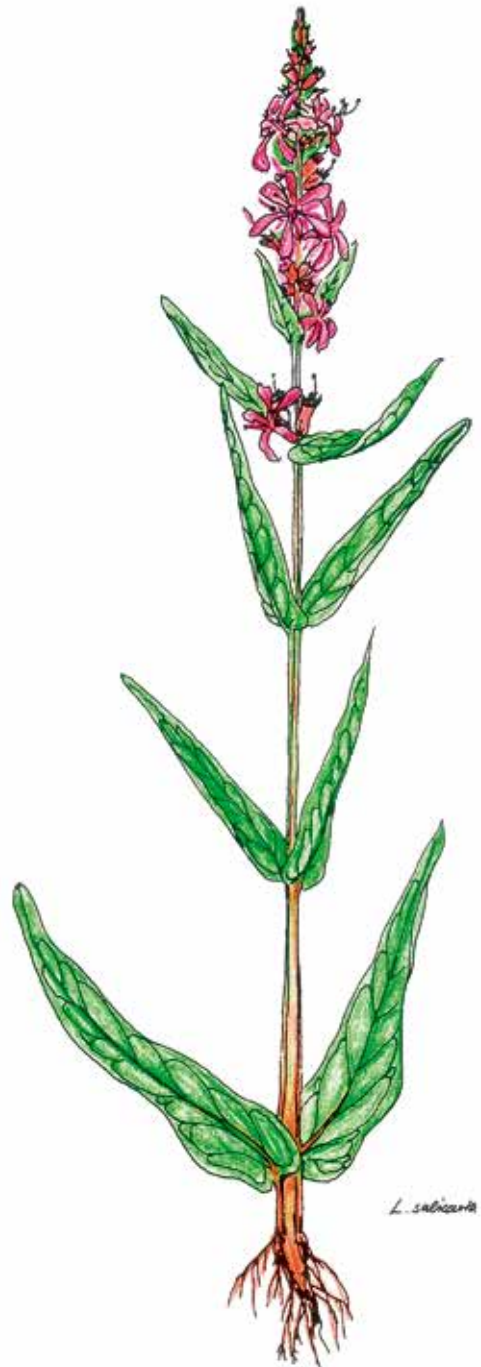
- generativ

Einsatz

- an Fließgewässern
- an stehenden Gewässern
- in innerörtlichen Bereichen wegen des auffallenden Blütenaspekts und der Verbisstoleranz

Verwendung in folgenden Pflanzqualitäten

- Einzelpflanze im Tb 4 × 8 cm
- Röhrichwalze
- Röhrichmatte



Phalaris arundinacea

Rohrglanzgras

Wuchsform

- aufrecht stehender bzw. an den Nodien geknickter Halm mit wechselständigen Blättern
- Farbe grün bis dunkelgrün
- wächst in dichten Beständen
- bei guten Standortverhältnissen 1,5 m hoch
- Blattgrund mit Blatthäutchen

Wurzeln

- starkes Wurzelwachstum
- viele Hauptwurzeln und Haarwurzeln
- Flachwurzeler, Wurzeln bis 20 cm
- Farbe der Wurzeln weiß bis hellgelb

Ausbreitung

- langsame Rhizomentwicklung (jährlich bis 10 cm, dicht unter der Oberfläche)
- überwiegend generativ, in der Natur meist in dichten Beständen
- an Fließgewässern häufig im Verlandungsbereich
- toleriert Übersedimentation

Standort

- wechselfeucht
- überwiegend sonnig

Blüte

- Blüte in Rispenform (Juni–Juli)

Vermehrung

- überwiegend generativ

Einsatz

- an kleineren Stillgewässern und fließenden Gewässern

Verwendung in folgenden

Pflanzqualitäten

- Einzelpflanze im Tb 4 × 8 cm
- Röhrlichtballen 5 × 12 cm
- Röhrlichtwalze
- Röhrlichtmatte



Phragmites australis

Schilfrohr

Wuchsform

- langer aufrecht stehender Halm mit wechselständigen Blättern
- Farbe dunkelgrün
- wächst in dichten Beständen
- bei guten Standortverhältnissen ab dem Wasserspiegel bis 3 m hoch
- bis 1 m Wassertiefe
- Blattgrund mit Haarkranz

Wurzeln

- sehr starkes Wurzelwachstum
- viele Hauptwurzeln mit kurzen Haarwurzeln
- Wurzeln bis 50 cm Tiefe (an trockenen Standorten bis 1,0 m)
- Farbe der Wurzeln weiß bis hellgelb

Ausbreitung

- gute Rhizomentwicklung (jährlich bis 1,0 m, 20 cm unter der Oberfläche)
- überwiegend vegetativ, in der Natur meist in dichten Beständen
- mehrere Meter über Leghalme
- verdrängend gegenüber anderen Arten

Standort

- ständig im Wasser bis wechselfeucht
- sonnig

Blüte

- Blüte in auffallender Rispenform (August)

Vermehrung

- überwiegend generativ

Einsatz

- an Stillgewässern und langsam fließenden Gewässern
- Wasserreinigung

Verwendung in folgenden

Pflanzqualitäten

- Einzelpflanze im Tb 4 × 8 cm
- Röhrichtballen 5 × 12 cm
- Röhrichtwalze
- Röhrichtmatte



Scirpus lacustris

Teichsimse

Wuchsform

- lange runde Stängel, am Grund bis 2 cm dick
- Farbe der Stängel dunkelgrün
- rasig wachsend
- bei guten Standortverhältnissen ab dem Wasserspiegel bis 3 m hoch
- bis 1 m Wassertiefe

Wurzeln

- sehr starkes Wurzelwachstum
- Hauptwurzeln mit vielen Haarwurzeln
- Wurzeln bis 40 cm Tiefe
- Farbe der Wurzeln rotbraun bis violett

Ausbreitung

- gute Rhizomentwicklung (jährlich bis 30 cm, 10 cm unter der Oberfläche)
- vegetativ und generativ, in der Natur meist in dichten Beständen

Standort

- ständig im Wasser
- sonnig

Blüte

- unscheinbare Blüte im Juli

Vermehrung

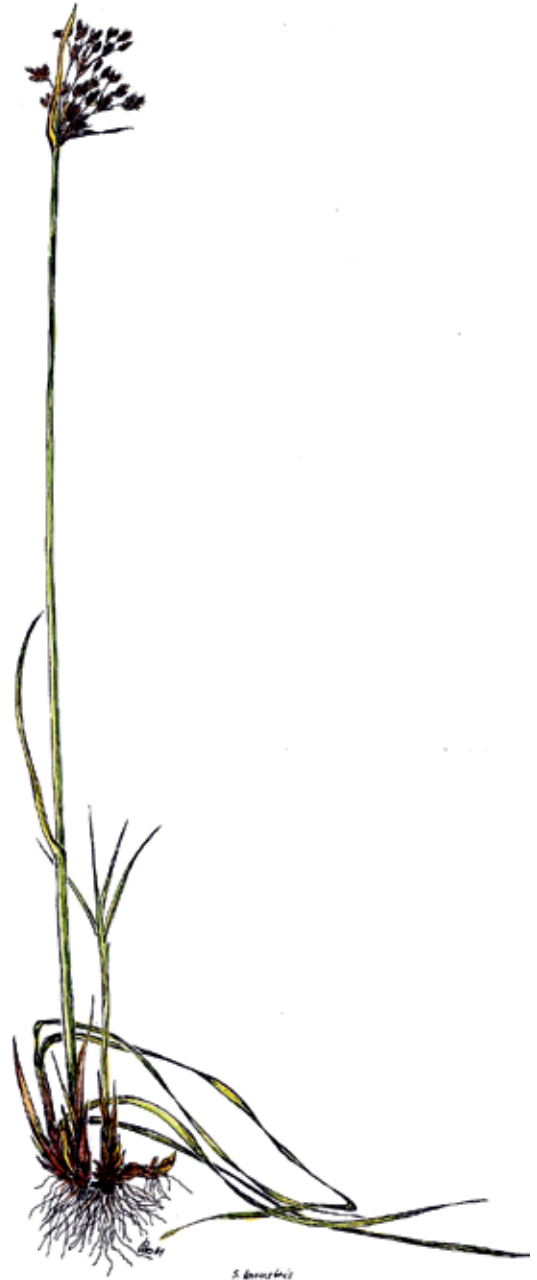
- überwiegend generativ

Einsatz

- an Stillgewässern in wellenberuhigten Bereichen (abgestorbene Halme brechen unter Wellenaufwurf außerhalb der Vegetationsperiode)

Verwendung in folgenden Pflanzqualitäten

- Einzelpflanze im Tb 4 × 8 cm
- Röhrichtballen 5 × 12 cm
- Röhrichtwalze
- Röhrichtmatte



Scirpus sylvaticus Waldsimse

Wuchsform

- lange grundständige Blätter
- Farbe der Blätter lindgrün bis grün
- rasig wachsend
- bei guten Standortverhältnissen bis 0,5 m hoch

Wurzeln

- starkes Wurzelwachstum
- Hauptwurzeln mit vielen Haarwurzeln
- Wurzeln bis 40 cm Tiefe
- Farbe der Wurzeln hellbraun

Ausbreitung

- gute Rhizomentwicklung (mehrere Rhizome je Pflanze jährlich bis 20 cm, 10 cm unter der Erdoberfläche)
- sowohl vegetativ als auch generativ, in der Natur meist in dichten Beständen

Standort

- feucht
- halbschattenverträglich

Blüte

- unscheinbare Blüte im Juni

Vermehrung

- fast ausschließlich generativ

Einsatz

- hauptsächlich an Fließgewässern

Verwendung in folgenden Pflanzqualitäten

- Einzelpflanze im Tb 4 × 8 cm
- Röhrichballen 5 × 12 cm
- Röhrichtwalze
- Röhrichtmatte



Sparganium erectum

Ästiger Igelkolben

Wuchsform

- lange grundständige Blätter, am Blattgrund viereckiger Stängel
- Farbe der Blätter grün bis dunkelgrün
- rasig wachsend
- bei guten Standortverhältnissen bis 1,5 m hoch
- bis 1 m Wassertiefe

Wurzeln

- gutes Wurzelwachstum
- Hauptwurzeln mit kurzen Haarwurzeln
- Wurzeln bis 40 cm Tiefe
- Farbe der Wurzeln hellgelb

Ausbreitung

- gute Rhizomentwicklung (mehrere Rhizome je Pflanze jährlich bis 30 cm, 10 cm unter der Erdoberfläche)
- fast ausschließlich vegetativ, in der Natur meist in dichten Beständen

Standort

- ständig im Wasser
- sonnig

Blüte

- unscheinbare Blüte (Juni–Juli)

Vermehrung

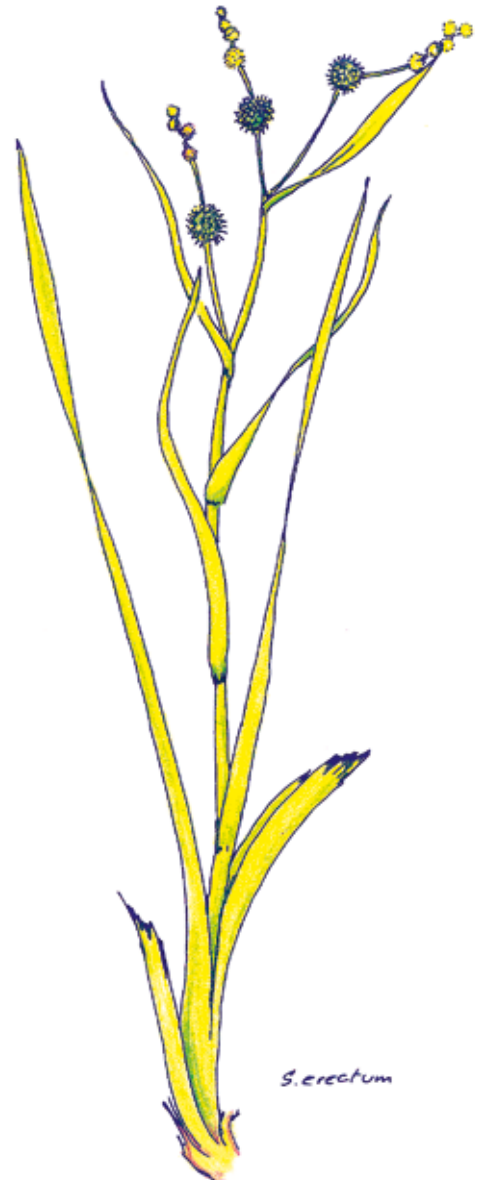
- vegetativ und generativ

Einsatz

- an kleineren Stillgewässern

Verwendung in folgenden Pflanzqualitäten

- Einzelpflanze im Tb 4 × 8 cm
- Röhrichtmatte



Typha angustifolia

Schmalblättriger Rohrkolben

Wuchsform

- lange runde Stängel, mit grundständigen Blättern
- Farbe der Stängel dunkelgrün
- rasig wachsend
- bei guten Standortverhältnissen ab dem Wasserspiegel bis 2,5 m hoch
- bis 0,5 m Wassertiefe

Wurzeln

- starkes Wurzelwachstum
- Hauptwurzeln mit kurzen Haarwurzeln
- Wurzeln bis 40 cm Tiefe
- Farbe der Wurzeln weiß bis hellgelb

Ausbreitung

- gute Rhizomentwicklung (jährlich bis 60 cm, 20 cm unter der Oberfläche)
- vegetativ und generativ, in der Natur meist in dichten, dauerhaften Beständen

Standort

- ständig im Wasser
- sonnig

Blüte

- schlanke Kolben im Juli/August
- im Gegensatz zu *Typha latifolia* zwischen männlicher und weiblicher Blüte 3–5 cm Zwischenraum

Vermehrung

- überwiegend generativ

Einsatz

- an Stillgewässern

Verwendung in folgenden Pflanzqualitäten

- Einzelpflanze im Tb 4 × 8 cm
- Röhrichtballen 5 × 12 cm
- Röhrichtwalze





Methoden des naturnahen Wasserbaus

3

3. Methoden des naturnahen Wasserbaus

In diesem Kapitel stellen wir Ihnen Systeme und Methoden des naturnahen Wasserbaus beschrieben werden, auf die in den Folgekapiteln zu Fließ- und Standgewässern Bezug genommen wird.

Bauweisen der klassischen Ingenieurbiologie (insbesondere unter der Verwendung von Gehölzen) werden dabei nur am Rande erwähnt. Sie sind in anderen Publikationen ausführlich beschrieben (zuletzt: Hacker und Johnnsen: Ingenieurbiologie, 2012). Der Schwerpunkt hier liegt auf den system-ingenieurbiologischen Materialien und der Verwendung von Röhrichten.

Die Beschreibung reicht von Methoden bei gering belasteten Böschungen bis zu den Techniken bei stark belasteten Böschungen.

3.1 Einzelpflanzen

Röhricht-Einzelpflanzen werden für Initialpflanzungen verwendet. In der Praxis werden die Ballengrößen 4×8 cm, 5×12 cm und 9×9 cm unterschieden.

Wichtiger als die Ballengröße ist für den Anwuchserfolg die Qualität der einzelnen Pflanze.



Abbildung 3.1.1
Phragmites communis
(Schilfrohr)

Links die Ballengröße 5×12 cm (d. h. ca. 230 cm^3). Sie wird häufig bei biotechnischen Maßnahmen eingesetzt wie z. B. Bodenfilter oder Klärschlamm-anlagem.

Rechts daneben die Ballengröße 4×8 cm. Deutlich ist das ausgebildete Rhizom zu sehen.

Die Pflanzen sollen eine Vegetationsperiode Entwicklungszeit aufweisen. Erkennbar ist das durch die artspezifische Ausbildung von Rhizomen und Ausläufern. Zudem müssen die Pflanzen den Ballen halten, wenn sie aus dem Topf gezogen werden. Erst wenn keine Erde mehr abfällt, haben die Pflanzen den Ballen vollständig durchwurzelt.

Die nachfolgende Auswahl listet die am häufigsten verwendeten Arten auf (ausführliche Beschreibung in Kapitel 2). Die System-Ingenieurbilogie verwendet natürlich nur heimische und standortgerechte Arten. Wichtig ist, dass die Pflanzen eine hohe Vitalität besitzen und den Pflanzort schnell besiedeln können.

Im Vorteil sind Arten, die sich über Rhizome und Ausläufer rasig zu allen Seiten ausbreiten.

Horstartig wachsende Röhrichtarten, wie z. B. Flatterbinse (*Juncus effusus*) oder Scheinzypersegge (*Carex pseudocyperus*), sind für flächige Bepflanzungen nicht geeignet. Neben der rein ingenieurbilogischen Tauglichkeit werden einige Pflanzen wie z. B. Sumpfdotterblume (*Caltha palustris*) oder Schwanenblume (*Butomus umbellatus*) aufgrund ihres attraktiven Blütenaspektes gewählt. Dies ist besonders an innerörtlichen Standorten ein wichtiges Entscheidungskriterium.

<i>Acorus calamus</i>	Kalmus
<i>Butomus umbellatus</i>	Schwanenblume
<i>Caltha palustris</i>	Sumpfdotterblume
<i>Carex acutiformis</i>	Sumpfssegge
<i>Carex gracilis</i>	Schlanksegge
<i>Carex riparia</i>	Ufersegge
<i>Filipendula ulmaria</i>	Mädesüß
<i>Glyceria maxima</i>	Wasserschwaden
<i>Iris pseudacorus</i>	Sumpfschwertlilie
<i>Lysimachia vulgaris</i>	Gemeiner Gilbweiderich
<i>Lysimachia thyrsoflora</i>	Strauß-Gilbweiderich
<i>Lythrum salicaria</i>	Blutweiderich
<i>Phalaris arundinacea</i>	Rohrglanzgras
<i>Phragmites australis</i>	Schilf
<i>Scirpus lacustris</i>	Sumpfbinsen
<i>Scirpus sylvaticus</i>	Waldsimse
<i>Typha angustifolia</i>	Schmalblättriger Rohrkolben

3.2 Jutegewebe / Kokosgewebe

Gewebe für den Einsatz im Landschafts- und Erdbau gibt es in unterschiedlichen Materialien und Qualitäten. Am gebräuchlichsten sind Gewebe aus Jute oder Kokos. Jutegewebe sind für die Verwendung an Gewässern ungeeignet, da sie sich zu schnell abbauen.

Kokosgewebe unterstützt an Gewässern die natürliche Sukzession oder schützt als Abdeckung Ansaaten. An hydraulisch kaum belasteten Standorten verwendet man Kokosgewebe häufig in Verbindung mit einer Topfballenpflanzung. Dank der nicht verschiebefesten Maschen erfolgt die Bepflanzung nach dem Auslegen des Kokosgewebes. Um die Pflanzen vor Ausspülung zu schützen, muss das Gewebe sehr sorgfältig verlegt und verankert werden. Nur unzureichend befestigte Gewebe können sonst bei Überströmung anfangen zu flattern: Sediment wird gelöst und sicherungstechnisch das Gegenteil erreicht.

Kokosgewebe besteht aus naturbelassener, chemisch unbehandelter Kokosfaser. Die Standardgewichte sind 400 g/m² (Maschenweite 20–25 mm, Bodendeckungsgrad 35–40 %) und 700 g/m² (Maschenweite 14–17 mm, Bodendeckungsgrad 50–60 %).

Die Festlegung erfolgt mit Drahtbügeln oder Holzpflocken.

3.3 Kokosmatten / Filtermatten

Kokosmatten bzw. Filtermatten bedecken – im Gegensatz zu den Geweben – den Boden vollflächig. Dadurch ist das Abschwemmen des Oberbodens weitgehend unterbunden (Filterfunktion). Allerdings erschweren sie auch eine spontane Begrünung, da der Samen, der auf den Matten liegen bleibt, keinen Kontakt zum Oberboden bekommt und häufig vertrocknet.

Kokosmatten bestehen aus einem dichten Gewebe aus Kokosfaser, die ein- oder beidseitig verstept sind. Das Standard-Gewicht beträgt 350 g/m².

Filtermatten sind ein etwa 3 cm dickes Kokosfaserkissen, das von einem Kokosgewebe umhüllt wird. Dieses Gewebe ist nicht verschiebefest und hat eine Maschenweite von ca. 20 mm. Die lose Kokosfaser ist flächig in der Matte verteilt. Die Standardlänge beträgt 5,00 m. Als Breiten sind 0,5 m, 0,75 m oder 1,00 m gebräuchlich. Das Gewicht beträgt ca. 2 kg/m².

Die Festlegung erfolgt mit Drahtbügeln oder Holzpflocken.



Abbildung 3.3.1
Schnitt durch Röhrichtmatte

- Oberirdische Pflanzenteile
- Gewebeumhüllung der Röhrichtmatte
- Wurzel-, Rhizom- und Ausläuferbildung im Fasersubstrat
- Gewebeumhüllung der Röhrichtmatte
- Wurzelbildung im Boden

3.4 Röhrichtmatte

Röhrichtmatten sind vorbepflanzte und vorkultivierte Filtermatten. Sie werden in den Abmessungen 0,75 m × 5,00 m und 1,00 m × 5,00 m angeboten.

Die äußere Gewebeeinfassung erlaubt ein robustes Hantieren und ein festes Verankern am Einsatzort. Die innenliegende Faser ist Verwurzelungssubstrat für die Pflanzen.

Die Matten werden im Anzuchtbetrieb zu Beginn der Vegetationsperiode mit Pflanzen der Ufer- und Röhrichtzone (20 Stück / m²) bepflanzt (siehe Abbildungen 3.4.3). Danach haben sie eine Vegetationsperiode lang Zeit, zu wachsen und sich zu entwickeln. Durch die Ausläufer- oder Rhizombildung bedecken sie nach und nach die gesamte Fläche der Matte (je nach den spezifischen Ausbreitungsstrategien und Wuchs-



Abbildung 3.3.2
Unten unbepflanzte
Röhrichtmatte.
Oben voll entwickelte
Röhrichtmatte nach einer
Vegetationsperiode.



Abbildung 3.4.3 zeigt den Entwicklungszustand von Röhrichtmatten etwa 6 Wochen nach der Bepflanzung. Die Pflanzen sind festgewurzelt; eine Ausläuferbildung und flächige Bedeckung der Matten hat noch nicht stattgefunden.



Abbildung 3.4.4: Im weiteren Verlauf der Vegetationsperiode bilden die Pflanzen Ausläufer und Rhizome. Der Bestand verdichtet sich und wächst zu einer kompakten Einheit zusammen.



Abbildung 3.4.5: Wichtiger als die oberirdische Pflanzenentwicklung ist die Ausbildung im Wurzelbereich (hier: Sumpfschwertlilie/Iris pseudacorus). In den Wurzeln, Rhizomen und Ausläufern sitzt das Vermögen der Pflanzen einen Standort rasch zu durchwurzeln und zu befestigen.



Abbildung 3.4.6: Dieses wichtige Qualitätskriterium ist auch im Winterzustand eindeutig zu erkennen. Da Röhrichtmatten bei frostfreiem Wetter ganzjährig verlegt werden, ist ein Blick unter die Matte ein gute Qualitätskontrolle.

charakteristiken der einzelnen Arten). Im Herbst hat sich dann ein dichter Wurzelfilz unter den Matten gebildet.

Die Auswahl der Pflanzenarten orientiert sich an der natürlichen Uferzonierung am Einbauort. Röhrichtmatten werden mit unterschiedlichen Bepflanzungsschemata vorgehalten. Deren Bepflanzungen orientieren sich an den Standortanforderungen z. B. für sonnige oder halbschattige Bereiche, für fließende oder stehende Gewässer, langen Überstauzeiten, der Betonung attraktiv blühender Arten oder dem Einsatz verbissresistenter Arten.

Gerade die Beschattung ist wachstumsbeschränkend für eine Reihe von Röhrichtarten und muss bei der Planung einer ingenieurbologischen Uferbefestigung berück-

sichtigt werden. Andersherum sind alle Röhrichte, die Halbschatten tolerieren, für den Einsatz an vollsonnigen Standorten geeignet.



Eine beispielhafte Bepflanzung für eine Röhrichtmatte für halbschattige Standorte ist wie folgt angelegt (Pflanzenanzahl für 5 m²):

30 *Iris pseudacorus*
 20 *Scirpus sylvaticus*
 15 *Carex gracilis*
 15 *Carex acutiformis*
 10 *Lythrum salicaria*
 5 *Filipendula ulmaria*
 5 *Lysimachia vulgaris*

3.5 Faschinen (Busch- oder Weiden) / Weidenspreitlagen

Die Verwendung von Weiden als Steckhölzer, Faschinen, Wippen oder Spreitlagen ist Grundlage vieler Sicherungstechniken der klassischen Ingenieurbioogie. Sie werden für ingenieurbioologische Sicherungen weltweit eingesetzt. Alle Techniken beruhen auf der Ausschlagfähigkeit des gewonnenen Weidenmaterials.

Faschinen bestehen aus einem Bündel von Ästen und haben einen Durchmesser von 15–25 cm. Die Länge beträgt zwischen 2,00 und 4,00 m. Sie sind alle 50–100 cm mit einem Draht zusammen gebunden.

Das Gehölzmaterial ist entweder Busch/Totholz (nicht ausschlagfähiges Material) oder besteht aus Weiden (ausschlagfähig).

Für die Herstellung von Buschfaschinen wird ein Faschinenbock benötigt. Da das verwendete Material möglichst frisch sein muss, ist die Herstellung und Verwendung von Buschfaschinen weitgehend auf die Zeit der Vegetationsruhe beschränkt. Dies gilt besonders für Weidenfaschinen, die ausschlagen und sich bewurzeln sollen.

Bei Buschfaschinen ist besonders auf die Qualität zu achten. Da sie nur eine geringe Filterwirkung haben, sollte das Material möglichst aus dünnen Ruten und Busch bestehen. Dickere Zweige und Äste schränken die Flexibilität der Faschinen ein.

Für eine Weidenspreitlage als Böschungssicherung werden austriebsfähige Weidenruten benötigt.

Auf der plan abgezogenen Uferböschung werden in Fallrichtung möglichst lange Weidenruten (mind. 120 cm lang) von ausschlagfähigen Baum- und Strauchweiden verlegt. Je nach Materialstärke werden 20–30 Ruten/m verwendet.

Steht nicht genügend Weidenschnitt zur Verfügung, können nicht ausschlagfähige Zweige im Wechsel verwendet werden.

Bei längeren Böschungen beginnt man am oberen Ende der Böschung mit dem Bau. Die Ruten werden so verlegt, dass deren unteres Ende jeweils von den Spitzen der darunter folgenden Lage überdeckt wird.

Die unterste Spreitlage wird in den Böschungsfuß eingebunden. Der Böschungsfuß kann mit einem Steinwurf/Steinwalze oder mit einer Buschfaschine/Kokosfaschine beschwert und vor dem Freispülen geschützt werden.

Um den für die Bewurzelung notwendigen guten Bodenkontakt sicherzustellen, werden mehrere Pfahlreihen in den Boden geschlagen, an denen parallel zur Böschung verlaufende Drahtzüge die Spreitlage gegen den Boden drücken.

Der Bodenkontakt der einzelnen Weidenruten wird intensiviert, indem man die Spreitlage abschließend schwach übererdet.

3.6 Kokoswalzen

Für die Herstellung von Kokoswalzen wird die Faser aus dem Mesokarp der Kokosnuss mit hohem Druck in einen Netzschlauch gepresst.



Abbildung 3.6.1
Kokoswalze mit 30 cm
Durchmesser.

Die Kokoswalzen haben einen Standarddurchmesser von 20, 30 oder 40 cm und eine Standardlänge von 3,0 Metern (siehe Abbildung 3.6.1). Das Gewicht schwankt je nach Feuchtigkeitsgehalt der Faser und beträgt:

- ca. 5 kg/m bei Durchmesser 20 cm
- ca. 9 kg/m bei Durchmesser 30 cm
- ca. 17 kg/m bei Durchmesser 40 cm

3.7 Xylitwalzen

Xylitwalzen haben in jüngster Zeit zunehmend Kokoswalzen als Bauelement zur Sicherung des Böschungsfußes abgelöst. Sie besitzen – bei vergleichbaren Kosten – eine deutlich längere Haltbarkeit.

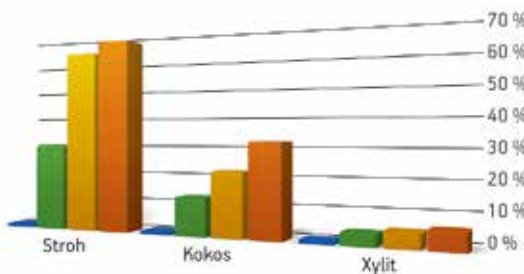


Abbildung 3.7.1: Dicht gelagerte Xylitfaser in einer Xylitwalze.



Abbildung 3.7.2: Xylitwalzen haben Standardlängen von 2,00 m und einen Durchmesser von 25 cm. Eine Xylitwalze wiegt etwa 40 kg.

Xylitwalzen bestehen aus Xylitfasern (Kohlenholzfaser, siehe Abbildung 3.7.1), die in eine Kunstfaserarmierung gepresst ist. Xylit ist eine holzartige Faser, die in die Lagerstätten von Rohbraunkohle eingebunden ist.



Die Abbildung 3.7.3 zeigt, dass Xylit nur in den ersten 6 Monaten nennenswert abgebaut wird. Dabei handelt es sich in erster Linie um Stäube, die noch an der Faser haften. Danach beträgt die Abbaurate nur noch 1 % pro Jahr.

Es besitzt die Struktur der ehemaligen Holzfaser, ist aber zäh und elastisch und hat eine starke Widerstandsfähigkeit gegenüber mechanischen Beanspruchungen und biologischen Abbauprozessen.

Durch die dichte Lagerung der Faser und das hohe Gewicht sind Xylitwalzen stabile Bauelemente. Sie besitzen eine große Filterwirkung und schützen den Böschungsfuß vor Unterspülung.

Wichtig für ingenieurblogische Anwendungen ist die hohe Standzeit der Faser; Xylit ist erst nach etwa 30 Jahren vollständig biologisch abgebaut.

Haltbarkeit von Xylit in Vergleich zu anderen Materialien

	Haltbarkeit	Besiedelbarkeit	Gewicht
Totholzfaschinen	2 Jahre	gering	4 kg / m
Kokoswalzen	5 Jahre	hoch	8 kg / m
Xylitwalzen	30 Jahre	sehr hoch	20 kg / m

Durch die dichte Lagerung der Xylitfaser sind die Walzen sehr stabil und halten über Jahre ihre Form (Abbildung 3.7.4 und 3.7.5). Dies ist wichtig für Uferbefestigungen, an denen die Pflanzen erst langsam ihre sichernde Funktion übernehmen können und über eine längere Anwuchszeit einen zuverlässigen Schutz benötigen. Xylitwalzen sind für derartige Anwendungen Alternativen zu Steinschüttungen oder Steinwalzen.

Neben der Haltbarkeit weist die Faser eine gute Besiedelbarkeit auf und hat positive Auswirkungen auf die Wasserqualität. Ausführliche Informationen dazu unter 6.1.



Abbildung 3.7.4: Xylitwalze mit 30 cm Durchmesser vor dem Einbau.



Abbildung 3.7.5: Auch bei einer Auflast von ca. 80 kg verändern die Xylitwalzen ihre Form nicht.



Abbildung 3.7.6: Xylitwalzen nach der Anlieferung.

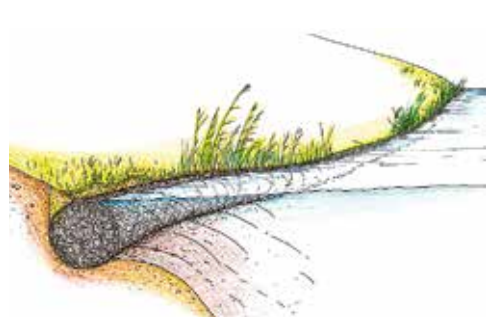
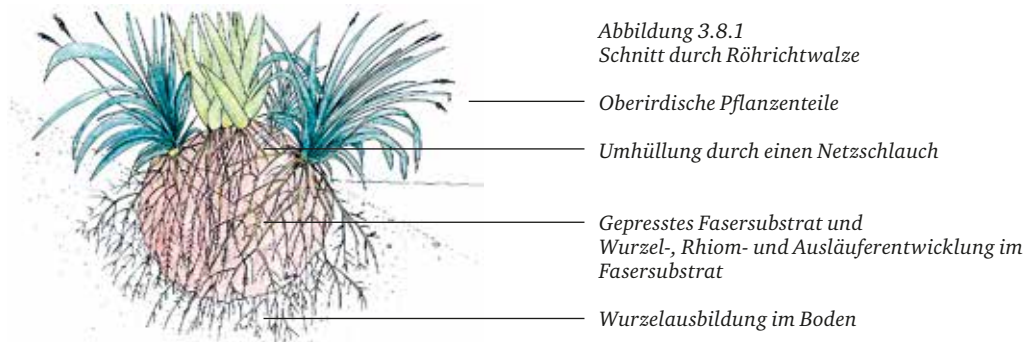


Abbildung 3.7.7: Prinzipskizze zum Einbau von Xylitwalzen zur Sicherung des Böschungsfußes.

3.8 Röhrichtwalze



Als Röhrichtwalze werden vorbepflanzte und vorkultivierte Kokoswalzen bezeichnet. Sie werden in Durchmessern von 20 bzw. 30 cm und Längen von 3 Metern angeboten. Das Abtropfgewicht gut entwickelter Röhrichtwalzen kann je nach Art der Bepflanzung etwas schwanken. Als Richtwerte können folgende Angaben gelten:

- ca. 10 kg/m bei Durchmesser 20 cm
- ca. 20 kg/m bei Durchmesser 30 cm

Röhrichtwalzen werden mit 8 St. (20 cm Durchmesser) bzw. 10 St. (30 cm Durchmesser) Pflanzen pro Meter vorbepflanzt und über eine Vegetationsperiode im Anzuchtbetrieb vorkultiviert (Abbildung 3.8.2). Nach etwa 4–6 Wochen sind die Pflanzen in der Röhrichtwalze angewurzelt. Bis zum Herbst haben sie die Walze voll durchwurzelt, sich arttypisch ausgebreitet und den Bestand auf der Walze verdichtet. Optisches Kennzeichen einer voll durchwurzelten Röhrichtwalze sind Rhizome / Ausläufer und der Wurzelbart, der seitlich und unterhalb der Walze herauswächst (Abbildung 3.8.3).



Abbildung 3.8.2: Röhrichtwalzen in Anzuchtbecken.



Abbildung 3.8.3: Wurzeln von *Iris pseudacorus*.

Pro Walze (3 Meter) werden 2–3 verschiedene Röhrichtarten gepflanzt. Dazu können, je nach geplantem Einbauort, attraktiv blühende Pflanzen kommen, die keinen wesentlichen Beitrag zur Sedimentfestlegung leisten.



*Abbildung 3.8.4
Links eine Kokoswalze und
daneben eine gut entwickelte
Röhrichtwalze.
Diese hat schon mehrere
Monate Entwicklungszeit
hinter sich und ist bereits
voll durchgewurzelt.*



*Abbildung 3.8.5
Röhrichtwalzen werden zum
Versand aus den Anzuchtbe-
cken gehoben. Die Walzen
speichern große Mengen
Wasser, das vor dem
Aufladen auf den Lkw
abtropft. In den Walzen sind
die Pflanzen mit ihren
Wurzeln gut geschützt und
ausreichend feucht. So
überstehen sie den Transport
gut und können am Einbau-
ort ohne Verzögerung
weiterwachsen.*

3.9 Steinwalzen

Steinwalzen bestehen aus einer hochfesten, UV-stabilen Kunstfaserarmierung als äußerer Umhüllung. Die Standard-Maschenweite beträgt 30×30 mm. Gefüllt sind Steinwalzen mit Wasserbausteinen 45/125 oder mit frostsicherem Schotter 32/64. Da die Steinwalzen bei der Herstellung vertikal gefüllt werden, verklammert und verdichtet sich die Lagerung der Steine in der Walze. So bleiben einzelne Steine nach dem Einbau lagestabil.

Gegenüber Gabionen oder Schotterwalzen mit Drahtarmierung besitzen konfektionierte Steinwalzen eine große Flexibilität.



Abbildung 3.9.1: Steinwalzen als Böschungsfußsicherung an einem unterschrittenen Straßendamm.



Abbildungen 3.9.2: Steinwalzen im Fertigungsbetrieb bei der Zwischenlagerung.

Beim Planen und Arbeiten mit Steinwalzen muss das Gewicht der Steine berücksichtigt werden: Steinwalzen mit einer Kunstfaserarmierung werden mit einem Nenn-durchmesser angegeben. Wegen des Gewichts der Steinfüllung und der flexiblen Armierung liegen sie etwas elliptisch. So entspricht eine Steinwalze mit dem Nenn-durchmesser 30 cm einer effektiven Einbauhöhe von ca. 27 cm.

Kenndaten für Steinwalzen

Bezeichnung	Durchmesser (cm)	Gewicht (kg/m)	Länge (m)
StW 20	20	40	1,0 oder 2,0
StW 25	25	80	1,0 oder 2,0
StW 30	30	110	1,0 oder 2,0
StW 40	40	180	1,0 oder 2,0

3.10 Steinmatratzen / Schottermatratzen

Steinmatratzen sind flächige, monolithische Sicherungselemente mit einer äußeren Kunstfaserarmierung. Die Steine (45 / 125 mm) werden vertikal eingefüllt und so verdichtet, dass der einzelne Stein auch bei hohen Schleppspannungen lagestabil bleibt.

Häufig kommt auch eine Füllung aus 32/64-Schotter zum Einsatz (sogenannte Schottermatratzen). Diese Ausführung setzt sich wegen ihrer ökologischen Vorteile immer mehr durch. Die ökologischen Vorteile von Schottermatratzen sind unter 6.3 ausführlich beschrieben.

Die Standardabmessung von Steinmatratzen beträgt $2,0 \times 2,0$ Meter bei einer Stärke von 25 cm. Alternativ werden auch Dicken von 12 cm, 20 cm, 30 cm und 40 cm angeboten (Abbildungen 3.10.1 und 3.10.2).

Neben den Standardmaßen sind auch andere Abmessungen wie z. B. $0,5 \text{ m} \times 2,0 \text{ m}$ oder $1,0 \text{ m} \times 2,0 \text{ m}$ herstellbar.

Die Kunststoffarmierung besteht aus PE HD geknotet. Dieses Material ist für Arbeiten am Wasser am besten geeignet. Es ist bis zu einer Einstrahlungsenergie von 320 KLY UV-stabilisiert.

Um auch in hydraulisch kritischen Bereichen eingesetzt werden zu können, sind für Armierungen eine Bruchlast von über 3.000 kg/m^2 und zulässige Schubspannungen von über 1.000 N/m^2 nachgewiesen.

Steinmatratzen ersetzen leichte Deckwerke und werden häufig in Verbindung mit Röhrichtmatten verwendet.



Abbildung 3.10.1
Steinmatratze, Abmessung $200 \times 200 \text{ cm}$,
Maschenweite 45 mm, Füllung 45/125,
Dicke 20 cm.



Abbildung 3.10.2
Schottermatratze, Abmessung $100 \times 100 \text{ cm}$,
Maschenweite 32 mm, Füllung 32/64,
Dicke 12 cm.



Abbildung 3.10.3

Steinmatratzen werden mit Hebebändern sicher angehoben und auf der Böschung eingepasst.

Durch die unterschiedlichen Dicken und Abmessungen sind sehr flexible Sicherungen möglich. So ist eine Dicke von 12 cm Dicke an vielen Stellen für den Erosionsschutz ausreichend. Durch die kleineren Abmessungen sind diese Elemente leichter zu transportieren und eignet sich für Standorte, die mit schwerem Gerät unzugänglich sind.

Kennndaten für Steinmatratzen

Bezeichnung	Breite (cm)	Gewicht (kg/m)	Länge (m)	Fläche des Moduls (m²)
StMa 50	50	300	2,0	1,0
StMa 75	75	450	2,0	1,5
StMa 100	100	600	2,0	2,0
StMa 150	150	900	2,0	3,0
StMa 200	200	1.200	2,0	4,0

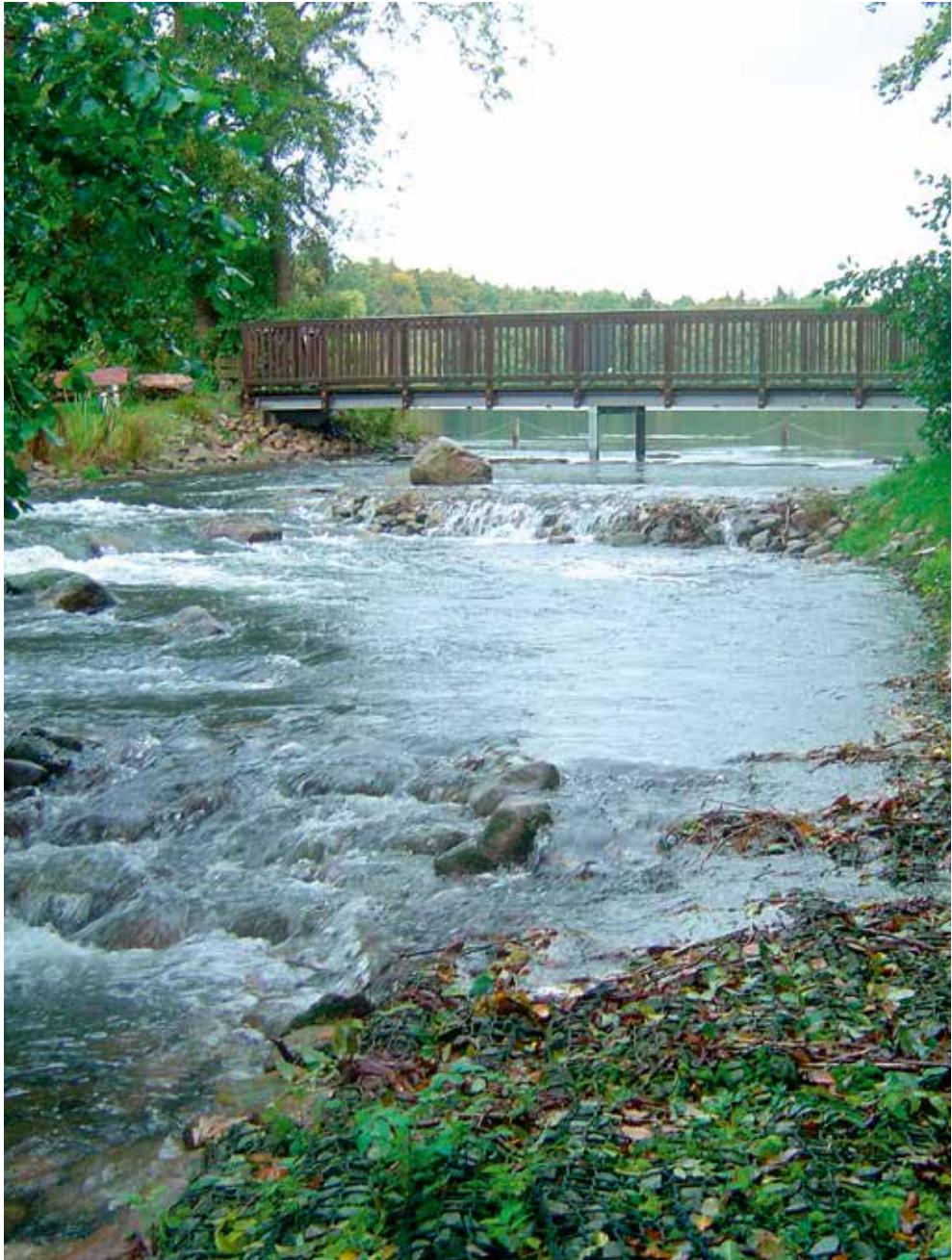


Abbildung 3.10.4
Gestaltung des Auslaufbereichs eines Sees mit Steinmatratzen und Störsteinen.



Fließgewässer

4

4. Fließgewässer

Klassifizierung von hydraulischen Belastungsstufen an Fließgewässern

Im Gegensatz zu einem natürlichen Fließgewässer, das durch eine vom Menschen unberührte Naturlandschaft fließt, sind die Bäche und Flüsse unserer Kulturlandschaft einer Vielzahl von Einflüssen ausgesetzt. Dabei sind wasserbauliche Veränderungen direkt am und im Gewässer zu unterscheiden von Baumaßnahmen, die im Einzugsgebiet durchgeführt werden.

So wird durch unterschiedlichste wasserbauliche Maßnahmen die Geschwindigkeit des abfließenden Wassers entweder verzögert (z. B. Wehre) oder beschleunigt (z. B. Begradigungen). Sowohl eine Verringerung als auch eine Beschleunigung der Abflussgeschwindigkeit wirken sich auf den Geschiebehaushalt des Gewässers aus. In fließberuhigten Abschnitten oberhalb von Wehren ist eine Sedimentation von Schwebstoffen zu beobachten, während Gerinnebegradigungen zu Abflussbeschleunigung und Tiefenerosion mit Geschiebetransport führen.

Die unterschiedlichsten Veränderungen im Einzugsgebiet haben einen großen Einfluss auf die Morphodynamik des Gewässers: Durch Versiegelungen wird dem Fließgewässer vermehrt Oberflächenwasser zugeführt. Hochwasserwellen laufen somit schneller und höher auf als unter naturnahen Verhältnissen. Gleichzeitig verändern die mit dem Oberflächenwasser ins Gewässer zusätzlich eingetragenen Schwebstoffe den Geschiebehaushalt nachhaltig. Schließlich haben die aus verschiedensten diffusen und punktuellen Quellen stammenden Nähr- und Schadstoffe großen Einfluss auf physikalische und chemische Kennwerte des Gewässers.



Abbildung 4.0.1
Fließgewässer unmittelbar
nach einer Hochwasser-
schadensbeseitigung
(Röhrichtwalzen und
Kokosgewebe).



Abbildung 4.0.2
 Derselbe Bach etwas weiter
 oberhalb ca. 6 Wochen nach
 der Baumaßnahme
 (Röhrichtwalzen und
 Kokosgewebe).

Für das ingenieurbilogische Arbeiten liegt es nahe, die hydraulische Belastung des Ufers für eine Klassifizierung der Fließgewässer zu nutzen. In diesem Kapitel werden einige Parameter zur Unterscheidung von Belastungsstufen herangezogen, die sich in unserer Beratungspraxis immer wieder als entscheidend für oder gegen eine Sicherungsvariante herausgestellt haben.

Für die Beurteilung der hydraulischen Belastung sind eine Reihe von Standortfaktoren zu analysieren. Zu ihnen gehören unter anderem:

- Abflussregime
- Gerinnegröße
- Fließgeschwindigkeit
- Böschungsneigung
- Böschungssubstrat
- Böschungsfuß
- Bewuchs
- die ans Ufer angrenzende Landnutzung

Um die praktische Handhabbarkeit einer Klassifizierung unter der Vielzahl der Standortfaktoren zu gewährleisten, ist die Beschränkung auf wenige oder einen maßgeblichen Unterscheidungsfaktor notwendig: Für die Klassifikation haben wir die „Fließgeschwindigkeit“ als das herausragende Unterscheidungsmerkmal ausgewählt.

Zur weiteren Beschreibung der Belastungssituation werden die Faktoren „Böschungsneigung“, „Böschungsfuß“, „Böschungssubstrat“ und „Böschungsbewuchs“ herangezogen. Auf diese Weise ist innerhalb einer Belastungsklasse (bestimmt durch die Fließgeschwindigkeit) die Charakterisierung eines Uferabschnitts hinsichtlich seiner hydraulischen Belastung aber auch hinsichtlich ingenieurbilogischer Maßnahmen zur Stabilisierung möglich.

Tab. 4.0.1: Klassifizierung von Fließgewässern nach hydraulischer Belastung

	Geringe Belastung	Mäßige Belastung	Mittlere Belastung	Starke Belastung
Fließgeschwindigkeit	< 0,1 m/s	0,1 – < 0,5 m/s	0,5 – 1,0 m/s	> 1,0 m/s
Grenzschleppspannung	< 10 N/m ²	10 – 30 N/m ²	30 – 60 N/m ²	> 60 N/m ²
Böschungsnéigung	< 1 : 5	1 : 5 – max. 1 : 3	1 : 3 – 1 : 2	> 1 : 2
Böschungsfuß	Stabil	Stabil, aber Erosion bei Hochwasser möglich	Stabil bei größerem Substrat, Ausspülung von Feinanteilen	Stabil bei grobem Kies/Steinen, Fußsicherung notwendig
Böschungssubstrat	Schleppspannungen < krit. Wert	Schleppspannungen bes. bei Sanden und Torflagen evt. > krit. Wert	Kritisch für feines Substrat (z. B. Schluff), mögliche Uferabbrüche	Kritisch für alle Substrate, residuale Steinanreicherung
Böschungsbewuchs	Entwicklung einer Stauden- und Gehölzflora problemlos möglich	Entwicklung einer Stauden- und Gehölzflora möglich, Einschränkungen z. B. Lichtverhältnisse	Entwicklung einer Stauden- und Gehölzflora in Verbindung mit Sicherungsmaßnahmen möglich	Entwicklung einer Stauden- und Gehölzflora in Verbindung mit Sicherungsmaßnahmen nur oberhalb der Mittelwasserlinie möglich

Den in der Tabelle genannten Grenzwerten liegt unsere wasserbauliche und ingenieurbioologische Erfahrung zugrunde; sie erheben keinen Anspruch auf wissenschaftliche Korrektheit, sondern dienen als Anhaltspunkte für eine Beurteilung der hydraulischen Belastung eines Ufers. Zwischen allen Klassen gibt es in der Praxis deshalb Übergangsbereiche und zum Teil auch Überschneidungen.

Mit Hilfe dieser Einteilung ist eine erste Einschätzung eines Abbruchufers möglich. Sie ist Ausgangspunkt für eine möglichst umfassende und gewissenhafte Analyse der Standortbedingungen vor Ort. Wichtig ist, für jeden Fall neu den oder die dominierenden Faktoren zu erkennen und zu bewerten. Da in den wenigsten Fällen die Zeit und die Mittel zur Verfügung stehen, aufwendige Messreihen durchzuführen, wird auf grundlegende Berechnungen und Erfahrungswerte zurückgegriffen. Zur Entwicklung eines ingenieurbioologischen Sicherungskonzepts ist die Abschätzung der wirkenden Schleppspannung, die sich aus der Fließgeschwindigkeit ergibt, von großer Bedeutung: Für jedes Substrat existiert eine kritische Grenzschleppspannung, bei deren Überschreitung das Substrat von der Strömung aufgenommen und transportiert wird.



Abbildung 4.0.3
 An einem Bach mit steiler Böschung erfolgt die Böschungsfußsicherung (Steinwalzen mit Begrünung durch Röhrichtmatten).

Tab. 4.0.2: Grenzscheppspannung für verschiedene Materialien

Material / Bepflanzung	Grenzscheppspannung in N/m^2
Sand bzw. feiner Kies	8 – 10
Rasen, länger belastet	15 – 18
Rasen kurz belastet	20 – 30
Röhricht	30 – 40
Spreitlage	35 – 45
Geröll, d 50 – 100 mm	40 – 60
Erosionsschutzmatte	80 – 400
Steinpflaster / Deckwerk je nach Dicke	70 – 300
Steinmatratze	1.200

Mit Hilfe der Abschätzung der Schleppspannung für verschiedene Materialien lassen sich den einzelnen Belastungsstufen geeignete ingenieurbologische Verbauarten zuordnen:

Tab. 4.0.3: Belastungsfälle und zugeordnete Bauweisen

	geringe Belastung Fließgeschwindigkeiten < 0,1 m/s, flache Böschungen	mäßige Belastung Fließgeschwindigkeiten 0,1 – 0,5 m/s, Böschungsneigung max. 1:3	mittlere Belastung Fließgeschwindigkeiten 0,5 – 1,0 m/s, Böschungsneigung 1:3 und steiler	starke Belastung Fließgeschwindigkeiten > 1,0 m/s, Wellenschlag durch Schiffsverkehr
Sukzession	xxx	x	0	0
Einzelpflanzen/ Soden	xx	x	0	0
Kokosgewebe	x	xx	0	0
Faschine	x	xx	0	0
Filtermatte	0	xx	xx	0
Röhrichtmatte	0	xxx	xx	0
Kokoswalze	0	xxx	xx	0
Röhrichtwalze	0	xx	xxx	x
Spreitlage	0	x	xxx	xx
Erosionsschutzmatte	0	0	xx	xx
Xylitwalze	0	xx	xxx	xxx
Steinwalze	0	0	xxx	xx
Steinschüttung	0	0	x	xxx
Steinmatratze	0	0	x	xxx

0 = nicht geeignet; x = bedingt geeignet; xx = gut geeignet; xxx = sehr gut geeignet



Abbildung 4.0.4: Zur Neugestaltung eines Bachlaufes werden die Ufer gesichert (Röhricht- und Kokoswalzen).



Abbildung 4.0.5: Die Abschnitte mit Kokoswalzen sind mangelhaft begrünt, eine zielgerichtete Bepflanzung ist sinnvoll.

Bislang existieren für den Einsatz ingenieurbilogischer Bauweisen noch keine exakten und allgemeingültigen Grenzwerte und Berechnungsgrundsätze. Deshalb sei noch einmal darauf hingewiesen, dass die Zuordnung auf Grundlage von Erfahrungen aus der ingenieurbilogischen Praxis vorgenommen worden ist. Der Einsatz bestimmter Techniken muss immer am konkreten Einzelfall entschieden werden.

Wesentlich für den Erfolg ingenieurbilogischer Maßnahmen sind die Standortbedingungen für die eingesetzten Pflanzen. Hierzu müssen zu den bereits genannten Voraussetzungen wie ausreichende Lichtverhältnisse auch Faktoren wie Überstauzeiten, Trockenperioden oder auch Bodenverhältnisse berücksichtigt werden. Aus diesem Grunde können die genannten Kriterien nur als grobe Richtschnur gelten.

4.1 Geringe Belastung

An kleinen Bächen mit geringen Fließgeschwindigkeiten und kleinen Abflussmengen ist es oft nicht notwendig, aufwendige Ufersicherungen durchzuführen. Unter Berücksichtigung des Hochwasserabflusses, der Böschungsneigung und des Substrates kann hier mit nur wenig Aufwand ein guter Erfolg erzielt werden.

Fallbeispiel

Ein Bach in einem vorwiegend durch Grünland- und Ackernutzung bewirtschafteten Grundmoränengebiet entwässert über ein Sandergebiet (Fichtenforste) in einen größeren Fluss. Auf seiner Lauflänge von rd. 70 km überwindet er einen Höhenunterschied von ca. 50 m. Der Mittelwasserabfluss liegt bei rd. $1,5 \text{ m}^3/\text{s}$. In den 50er und 60er Jahren des vergangenen Jahrhunderts sind für die Bewässerung landwirtschaftlich genutzter Flächen eine Reihe von Wehren eingebaut worden. Im Zuge des Rückbaus einiger Wehre ist es an verschiedenen Stellen zu Uferabbrüchen gekommen.



Abbildung 4.1.1
Bach mit Kokoswalzen
(Durchmesser 20 cm) als
Böschungsfußsicherung.

Wichtige Faktoren

- **Fließgeschwindigkeit**

Der Wert der Fließgeschwindigkeit liegt unter $0,1 \text{ m/s}$.

- **Schleppspannung**

Die Grenzsleppspannung ist kleiner als 10 N/m^2 .

- **Böschungsneigung**

Die Böschungsneigung ist flacher als $1 : 3$ herstellbar.

- **Böschungsfuß**

Der Böschungsfuß und die Gewässersohle sind stabil.

- **Substrat**

Das Gewässerbett besteht aus gewachsenem Substrat. Aufgrund der geringen hydraulischen Belastung liegt die Schleppspannung unterhalb des kritischen Wertes.

- **Bewuchs**

Die Entwicklung einer Stauden- oder Gehölzflora ist sehr gut möglich. Zu berücksichtigen sind die Lichtverhältnisse für die Pflanzen.

4.1.1 Natürliche Sukzession

Der Uferabbruch wird sich selbst überlassen. Eine Stabilisierung durch spontan auftretende Vegetation ist zwar wahrscheinlich, es ist aber zu berücksichtigen, dass zwischenzeitlich auftretende Hochwässer stabilisierende Maßnahmen notwendig machen können.

Kosten und Bewertung für die Praxis

Die Überlassung des Standorts der natürlichen Sukzession ist zunächst die preiswerteste Methode. Es entstehen aber dennoch Folgekosten, da die Entwicklung des Standorts beobachtet werden muss, um – falls notwendig – korrigierend eingreifen zu können.

4.1.2 Einzelpflanzung

Je nach Standortverhältnissen und späteren Pflegemaßnahmen sind Röhrichtpflanzungen und Gehölzpflanzungen zu unterscheiden. Beide lassen sich auf unterschiedliche Art und Weise durchführen (s. Tabelle 4.1.2.1).

Tabelle 4.1.2.1: Röhricht- und Gehölzpflanzungen im Vergleich

<i>Pflanzenart</i>	<i>Pflanzqualität</i>	<i>Pflanzzeitpunkt</i>	<i>Pflanzung bezogen auf die MW-Linie in cm</i>	<i>Licht-verhältnisse</i>
Alnus glutinosa	Ballen	Oktober – März	+ 50 – + 200	sonnig
	Container	ganzjährig		
Salix sp.	Steckholz (nicht alle Arten)	ganzjährig (nicht während der Blüte)	+ 50 – + 200 o	sonnig
	Ballen	Oktober – März		
	Container	ganzjährig		
Phragmites communis	Rhizom	März – April	- 10 – + 50	sonnig
	Halmpflanzung	Mai – Juni		
	Topfballen	ganzjährig		
Iris pseudacorus	Topfballen	ganzjährig	- 10 – + 50	sonnig – halbschattig
Carex sp.	Topfballen	ganzjährig	- 10 – + 50	sonnig – halbschattig
Phalaris arundinacea	Topfballen, Einsaat	ganzjährig	- 10 – + 25	sonnig – halbschattig

Pflanzung

Es haben sich mittlerweile unterschiedliche Größen der Pflanzballen (4×8 cm, 5×12 cm, 9×9 cm) durchgesetzt, diese sind in Punkt 3.1 näher beschrieben.

Die Pflanzung erfolgt je nach Ballengröße und Substrat mit Pflanzeisen oder Pflanzspaten. Hierbei ist darauf zu achten, dass der Pflanzballen vollständig in das Substrat eingesetzt wird und durch Andrücken einen guten Kontakt zum Boden erhält.

Bei der Kontrolle der Qualität sollte auf die Ausbildung der ober- und unterirdischen Pflanzenteile geachtet werden. Die Größe des Ballens ist nicht immer ausschlaggebend. Besonders bei Röhrichtpflanzen ist eine gute Qualität an der Ausbildung von Rhizomen und Ausläufern zu erkennen.

In der Praxis hat sich gezeigt, dass Pflanzungen am erfolgreichsten zwischen – 10 bis + 30 cm, bezogen auf die Wasserlinie, sind. Hierbei sind natürlich die jahreszeitlichen Schwankungen und der Pflanzzeitpunkt zu berücksichtigen. Insofern ist an Fließgewässern das MNW (mittleres Niedrigwasser) häufig ausschlaggebend für die Pflanzzone.

Pflege

Bei Gehölzpflanzungen sind in Abhängigkeit von der Funktion des Gewässers Finanzmittel für einen regelmäßigen Gehölzschnitt (etwa alle 4–5 Jahre) einzukalkulieren.

Bachbegleitende Röhrichte benötigen keine Pflegemaßnahmen. Im Rahmen der Gewässerunterhaltung ist eine jährliche Mahd der Uferböschungen möglich.

Kosten

Werden 5 St. Röhrichtballen (4×8 cm oder 5×12 cm) / m² gepflanzt, entstehen Kosten von ca. € 5,00–8,00 / m². Je nach Pflanzzeitpunkt und Wasserstand sind evtl. Kosten für eine regelmäßige, temporäre Bewässerung zu kalkulieren.

Bewertung für die Praxis

Die Verwendung von Einzelpflanzen ist eine preiswerte und einfache Methode der gelenkten Standortentwicklung. Gegenüber Sukzession und Ansaat entsteht ein oftmals entscheidender Wuchsvorsprung.

4.1.3 Kokosgewebe

Kokosgewebe (z. B. 700 g / m²) kann am Gewässer zur Unterstützung der natürlichen Sukzession oder als Abdeckung für Ansaaten benutzt werden. Ebenfalls gebräuchlich ist die Verwendung eines Kokosgewebes in Verbindung mit einer Topfballenpflanzung. Eine Materialbeschreibung ist im Kapitel 3.2 aufgeführt.

Einbau

Das Kokosgewebe wird auf der vorbereiteten Böschung verlegt und mit 2–3 Holznägeln je Quadratmeter befestigt. Bei längeren Böschungen werden die Stöße ca. 10–20 cm in Fließrichtung überlappt.

Röhricht-Topfballen können nach dem Festlegen des Gewebes mit einem Pflanzeisen gesetzt werden. Dabei werden zunächst die Maschen (Gewebe haben nicht verschiebefeste Maschen) geweitet, dann wird die Pflanze in den Mineralboden gepflanzt und danach die ursprüngliche Maschenweite wiederhergestellt. Außerhalb der Vegetationsperiode ist es auch möglich, die Pflanzung vor dem Verlegen des Kokosgewebes vorzunehmen.



Abbildung 4.1.3.1
 Eine relativ steile Böschung
 wird mit Kokoswalzen und
 Kokosgewebe gesichert.

Für die Pflanzung von Gehölzen in Containern wird das Gewebe im Pflanzbereich geweitet oder aufgeschnitten. Durch diese Öffnung kann der Ballen in den Boden gesetzt werden. Die Pflanzlöcher lassen sich am einfachsten vor dem Verlegen des Gewebes ausheben.

Der Einbau von Kokosgewebe ist während des gesamten Jahres möglich.

Pflege

Je nach Art der Begrünung können Pflegemaßnahmen notwendig sein (siehe Abschnitt Einzelpflanzung). Das Pflanzen von Röhrichtballen und von Gehölzen als Containerware kann ebenfalls das gesamte Jahr über erfolgen.



Abbildung 4.1.3.2
 Sicherung eines Ufers mit
 Kokosgewebe und Einzel-
 pflanzen (auch als
 „Röhrichtgewebe“
 bezeichnet).

Kosten

Die Kosten für den Einbau von Kokosgewebe liegen zwischen € 2,50– 3,50/m² und sind stark von der Anzahl und Art der Befestigung abhängig. Sollte eine zusätzliche Bepflanzung mit Röhricht erfolgen so sind die Kosten wie in Punkt 4.1.1 zusätzlich zu kalkulieren.

Bewertung für die Praxis

Die zuvor beschriebene Sicherungsmethode mit Kokosgewebe ist ein sicherer Erosionsschutz an kleinen Gewässern. Die Methode ist preiswert und unkompliziert in der Ausführung. Die Begrünung erfolgt durch durch Einsaat. Gehölzpflanzungen sind in diesen Bereichen etwas aufwendiger.

Hinweis

Der Aufbau dieser Ufersicherung wird in der Praxis teilweise auch als „Röhrichtgewebe“ bezeichnet. Entscheidend gegenüber z. B. Röhrichtmatten ist aber, dass Kokosgewebe nicht vorbepflanzt sind. Wird ein Gewebe mit Röhrichttopfballen besetzt, ist es für den Erfolg entscheidend, eine ausreichende Anzahl von Topfballen in sehr guter Qualität zu pflanzen. Ist ein sofortiger Vegetationsschluss in Verbindung mit einem flächigen Erosionsschutz gewünscht, bietet sich die Verwendung von Röhrichtmatten an.



Abbildung 4.1.3.3
Kokosgewebe und Einzel-
pflanzen als Ufersicherung
und Uferbegrünung.

4.2 Mäßige Belastung

In diese Belastungsstufe fallen kleinere Fließgewässer, die unter natürlichen Bedingungen weitestgehend stabil sind. Im Zuge von Hochwasser kann es aber zu lokalen Uferabbrüchen kommen. Besonders anfällig sind hier, je nach Nutzung, Abschnitte mit leicht erodierbaren Substraten wie Schluff, Sand oder Torflagen. Um die Gerinnestabilität zu gewährleisten, können hier stellenweise Ufersicherungen notwendig sein.

Fallbeispiel

Ein Bach entspringt aus dem Quellhorizont einer Schichtstufe und fließt durch bewaldetes Gebiet in eine weite Mulde, die wegen ihrer Lössbedeckung intensiv ackerbaulich genutzt wird. Auf einer Lauflänge von etwa 60 km wird ein Höhenunterschied von ca. 100 m überwunden. Der Mittelwasserabfluss beträgt ca. $5 \text{ m}^3/\text{s}$. Zur Verbesserung der landwirtschaftlichen Nutzbarkeit wurden seit Beginn des 20. Jahrhunderts die tiefer gelegenen Flächen drainiert. Zusätzlich wird an diversen Stellen anfallendes Oberflächenwasser aus Siedlungen und von Straßen dem Gerinne zugeführt. In den letzten Jahren ist damit begonnen worden, in Bereichen, in denen es in wenig standfestem Lösslehm zu stärkeren Uferabbrüchen gekommen war, die landwirtschaftliche Nutzung zu extensivieren und Uferrandstreifen auszuweisen. Infolge der Uferabbrüche transportiert das Gerinne verstärkt Suspensionsfracht und zeigt inzwischen an vielen Stellen durch Unterschneidung der Uferböschungen deutliche Anzeichen von Lateralerosion.



Abbildung 4.2.1
Ansiedlung eines bach-
begleitenden Röhrchits mit
gleichzeitiger Ufersicherung
mittels Röhrchtmatten.

Wichtige Faktoren

- **Fließgeschwindigkeit**

Der Wert der Fließgeschwindigkeit liegt zwischen 0,1 und 0,5 m/s. Je nach Bodensubstrat und durchflossenem Querschnitt können Schleppspannungen auch kritische Werte erreichen.

- **Schleppspannung**

Die Schleppspannung liegt im Bereich zwischen 10–30 N/m². Bei Sanden und Torflagen kann die Schleppspannung in den kritischen Bereich gelangen.

- **Böschungsneigung**

Die Böschungsneigung liegt im Bereich 1 : 3.

- **Böschungsfuß**

Die Gewässersohle ist weitestgehend stabil. Es kann aber bei Hochwässern zu Erosionserscheinungen kommen.

- **Substrat**

Gewässersohle und Böschungen bestehen aus gewachsenem Boden. Beschädigungen durch Baumaßnahmen führen zu Auskolkungen. Vor allem sandige Böden und Substrate mit Torfeinlagerungen sind kritisch zu beurteilen.

- **Bewuchs**

Die Entwicklung einer Stauden- und Gehölzflora ist sehr gut möglich. Zu beachten sind die Lichtverhältnisse für die Pflanzen.

Bauweisen

Die Belastung der Uferböschungen ist punktuell schon so hoch, dass eine natürliche Sukzession oder Einzelpflanzungen zu deren Stabilisierung nur noch bedingt möglich sind. Folgende Bauweisen lassen sich im Verhältnis von Aufwand und Nutzen sinnvoll einzusetzen:

- Kokosgewebe
- Buschfaschine
- Kokoswalze
- Filtermatte
- Röhrichtmatte

Kokosgewebe

Zur Verwendung und zum Einbau von Kokosgewebe wird auf das vorherige Kapitel verwiesen.

4.2.1 Buschfaschinen

Einbau

Ausschlaggebend für die Auswahl des Reisigmaterials ist das Sicherungskonzept bzw. das landschaftspflegerische Leitbild. Ist eine Sicherung mit Gehölzen vorgesehen, werden Weidenruten verwendet, wird eine Sicherung mit Röhrichten angestrebt, beschränkt man sich auf nicht ausschlagfähiges Material. Faschinen werden im Kapitel 3.5 beschrieben.



Abbildung 4.2.2
 Böschungsfußsicherung und
 flächiger Erosionsschutz bei
 starker Hochwasserbelas-
 tung (Buschfascine und
 Erosionsschutzmatte).

Pflanzung

Sofern ausschlagfähige Weidenruten verwendet werden, ist eine zusätzliche Begrünung nicht notwendig. Wird nicht ausschlagfähiges Reisig benutzt, ist eine begleitende Pflanzung von Röhricht-Topfballen sinnvoll.

Pflege

Weidenfaschinen sind sehr pflegeintensiv. Da der Aufwuchs gleichaltrig ist, wird er rasch in die Höhe schießen (Lichtkonkurrenz). Er muss deshalb in regelmäßigen Abständen entweder ausgedünnt oder zurückgeschnitten werden (etwa alle 4–5 Jahre).

Gewässerbegleitende Röhrichte benötigen keine Pflegemaßnahmen. Im Rahmen der Gewässerunterhaltung ist eine jährliche Mahd der Uferböschungen möglich.

Kosten

Die Kosten für den Verbau von Buschfaschinen liegen bei etwa 8,50–10,50 €/m (ca. 20 cm Durchmesser). Allerdings gibt es je nach Bezugsquelle, Jahreszeit und Art des verwendeten Reisigs starke Qualitätsunterschiede.

Bewertung für die Praxis

Die Verwendung von Buschfaschinen ist eine der am häufigsten gebrauchten Techniken der klassischen Ingenieurbilogie. Dem Vorteil des oftmals günstig zuwerbenden Rohstoffs stehen aber große Einschränkungen und Nachteile in der Verwendung und zeitlichen Verfügbarkeit (insbesondere bei Weidenfaschinen) gegenüber.

Gelagerte Buschfaschinen werden schnell brüchig, lassen sich schlecht verarbeiten und können eine ufersichernde Funktion nur noch sehr eingeschränkt übernehmen. Weidenfaschinen lassen sich nur zur Zeit der Vegetationsruhe herstellen und verarbeiten. Schließlich verfügen Buschfaschinen nur über eine sehr eingeschränkte Filterwirkung. Entlang strömungsbelasteter Ufer sind sie oft nur in Verbindung mit einem zusätzlichen Filtervlies einsetzbar.

4.2.2. Kokoswalzen

Einbau

Kokoswalzen bilden eine stabile und hoch filterwirksame Böschungfußsicherung. Gleichzeitig sind sie so flexibel, dass sie sich praktisch jedem Uferverlauf anpassen lassen. Die Beschreibung von Kokoswalzen ist unter Punkt 3.6 zu finden.

Kokoswalzen können ganzjährig entlang des Böschungsfuß verlegt werden. Sie werden so positioniert, dass die Oberkante ca. 5–10 cm über der Mittelwasserlinie liegt. Die Walze hat dabei über den gesamten Verlauf dem Gewässerboden aufzuliegen. Tiefere Bereiche und Kolke sind vorher z. B. mit Steinwalzen oder Buschfaschinen aufzufüllen. Für die Böschungsfußsicherung bei größeren Wassertiefen können mehrere Kokoswalzen übereinander oder auch Kombinationen mit Steinschüttungen oder Steinwalzen verwendet werden.

Die Festlegung der Kokoswalzen erfolgt wasserseitig durch Holzpfähle (alle 0,8 m; 1 m lang; 5–6 cm Zopfdurchmesser). Landseitig werden verbliebene Lücken zwischen der Kokoswalze und der Böschung mit Boden hinterfüllt und verdichtet. Darauf wird die neue Böschung aufgebaut. Um vor dem Schluss der Vegetation bei Hochwässern der Bildung von Parallelkolken hinter der Walze zu begegnen, wird empfohlen, die neu gestaltete Böschung mit einem Kokosgewebe oder einer Röhrichtmatte zu sichern.



Abbildung 4.2.3
 Böschungfußsicherung und
 -begrünung an einem
 innerörtlichen Bachlauf
 (Kokoswalzen und Röhricht-
 matten zur schnellen
 Besiedlung).

Bepflanzung

Das Bepflanzen von Kokoswalzen erfolgt nach dem Einbau auf der Baustelle. Da die Pflanzen in den Walzenkörper gesetzt werden, sind kräftig entwickelte Röhricht-Topfballen 4×8 cm zu verwenden.

Jungpflanzen (ca. 3 cm Ballendurchmesser) sind noch nicht ausreichend kräftig entwickelt, um den hydraulischen Belastungen am Pflanzort zu widerstehen.

Größere Töpfe bzw. in Erde vorkultivierte Pflanzen sind aufgrund des Ballenvolumens und der Gefahr der Ausspülung ungeeignet.

Das Bepflanzen der Kokoswalzen erfolgt am besten zu Beginn oder während der Vegetationsperiode. Im Herbst und im Winter wurzeln die Pflanzen nicht mehr an; es besteht die Gefahr des Pflanzenverlustes durch Ausspülung.



Abbildung 4.2.4
 Eine instand gesetzte
 Böschung an einem
 Ablaufgraben
 (Kokoswalzen).

Pflege

Kokoswalzen sind pflegefrei. Es wird an dieser Stelle aber noch einmal darauf hingewiesen, dass sich Kokoswalzen nur in Verbindung mit einer standortgerechten Bepflanzung zu einer dauerhaften Ufersicherung entwickeln können.

Ohne Bepflanzung bieten Kokoswalzen eine temporäre Schutz- und Filterfunktion, die je nach Trophiegrad des Wassers nach 5–8 Jahren deutlich schwächer wird.

Kosten

Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über die Kosten, die für das Arbeiten mit Kokoswalzen zu kalkulieren sind. Es ist zu beachten, dass je nach Auswahl der für die Bepflanzung geeigneten Röhrichtarten unterschiedliche Kosten entstehen können.

Tab 4.2.1 Kostenüberblick Kokoswalzen

<i>Durchmesser in cm</i>		<i>Kosten Kokoswalzen in €/m</i>	<i>Kosten Bepflanzung in €/m</i>	<i>Gesamtkosten in €/m</i>
Kokos- walze	20	13,00–15,00	4,00–5,00	17,00–20,00
	30	17,00–19,00	7,00–8,00	24,00–27,00
	40	26,00–29,00	10,00	36,00–39,00

Bewertung für die Praxis

Kokoswalzen sind seit Jahrzehnten in der System-Ingenieurbiologie bewährte Baukörper, die sich einfach und sicher verwenden lassen. Da Kokoswalzen erst nach dem Einbau vor Ort bepflanzt werden, benötigen sie eine ausreichende Entwicklungszeit, um ihre volle Funktionsfähigkeit zu erreichen. In Bereichen, die sofort einer stärkeren hydraulischen Beanspruchung ausgesetzt sind, wird deshalb der Einsatz von Röhrichtwalzen empfohlen.

4.2.3 Filtermatten

Filtermatten dienen als temporärer Erosionsschutz bei mäßigen Schleppspannungen. Je nach Standort bieten sie einen filterwirksamen Schutz der Uferböschung über einen Zeitraum von 2–5 Jahren. In der Regel werden sie in Verbindung mit einer Pflanzung von Röhricht-Topfbällen oder in Verbindung mit einer Steckholzpflanzung von Weiden verwendet. Die Beschreibung von Filtermatten erfolgt in Kapitel 3.3.

Einbau

Filtermatten werden mit 2–3 Holzkeilen je m² auf der vorbereiteten Uferböschung befestigt. An den Stößen werden Filtermatten so verlegt, dass sie in Fließrichtung 10–20 cm überlappen.

Röhricht-Topfballen können nach dem Verlegen der Matten mit einem Pflanzeisen gesetzt werden. Dabei werden zunächst die Maschen (nicht verschiebefest) der ober- und unterseitigen Gewebearmierung geweitet und die Faserfüllung zur Seite geschoben. Die Pflanze wird durch die Matte hindurch in den Mineralboden gesetzt und angedrückt. Danach wird die ursprüngliche Mattenstruktur um den Setzling wieder hergestellt.

Für die Pflanzung von Gehölzen in Containern wird die ober- und unterseitige Gewebearmierung der Filtermatte im Pflanzbereich geweitet oder aufgeschnitten. Durch diese Öffnung kann der Ballen in den Boden gesetzt werden. Die Pflanzlöcher lassen sich am einfachsten vor dem Verlegen der Matten ausheben.

Einbauzeit

Der Einbau von Filtermatten ist während des gesamten Jahres möglich. Das Pflanzen von Röhrichtballen und von Gehölzen als Containerware kann bei offenem Wetter ebenfalls das gesamte Jahr über erfolgen.

Pflege

Je nach Art der Bepflanzung können Pflegemaßnahmen notwendig sein (siehe Kapitel 5.2 „Einzelpflanzung“).

Kosten

Als Kosten für die Verwendung von Filtermatten sind ca. 9,00 € je m² zu kalkulieren. Für eine Bepflanzung sind je nach Pflanzdichte und Pflanzqualität zusätzlich 5,00–10,00 zu veranschlagen.

Bewertung für die Praxis

Der Einbau von Filtermatten ist eine sichere Methode mit Filterwirkung für den Erosionsschutz an Standorten mit mäßiger Beanspruchung der Ufer. Der Einbau ist preiswert und unkompliziert in der Ausführung. Ein dauerhafter Erosionsschutz ist nur in Verbindung mit einer begleitenden Bepflanzung (Röhrichte oder Gehölze) möglich.

Die Pflanzung von Gehölzen als Containerware ist in Filtermatten etwas aufwendiger.

4.2.4. Röhrichtmatten

Röhrichtmatten werden bevorzugt an Gewässern mit schwankenden Wasserständen verwendet oder in Bereichen, wo die schnelle Etablierung eines flächigen und kräftig entwickelten Röhrichts zur Ufersicherung notwendig ist. Röhrichtmatten sind im Kapitel 3.4 beschrieben.

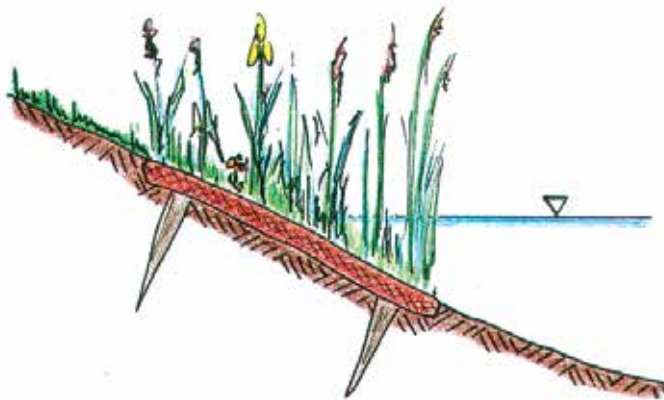


Abbildung 4.2.5
Einbauskizze Röhrichtmatte.

Einbau

Die Röhrichtmatten werden auf der vorbereiteten Böschung verlegt und mit Holzkeilen (3 St./m²) befestigt. Vor dem Verlegen der Röhrichtmatten ist die Böschung von größeren Steinen oder Wurzeln zu räumen, so dass ein guter Bodenkontakt entsteht. Um den Anwuchs der Röhrichtpflanzen zu verbessern, sollten die Matten nicht tiefer als 20 cm unter der Mittelwasserlinie und nicht höher als 40 cm über der Mittelwasserlinie verlegt werden.



Abbildung 4.2.6
Flächige Sicherung einer
von Hochwasser belasteten
Böschung unmittelbar nach
der Baumaßnahme
(Röhrichtmatten und
Kokosgewebe).



Abbildung 4.2.7
 Flächige Sicherung dieser
 Böschung ca. zwei Jahre
 später (Röhrichtmatten und
 Kokosgewebe).

Durch das Angleichen der Röhrichtmatten mit dem anstehenden Substrat verbessern sich ebenfalls die Anwuchsergebnisse. Wie in der Abbildung 4.2.8 dargestellt, lassen sich Röhrichtmatten problemlos mit verschiedenen Böschungsfußsicherungen wie Kokos- / Röhrichtwalzen, Steinwalzen oder offenen Steinschüttungen kombinieren.

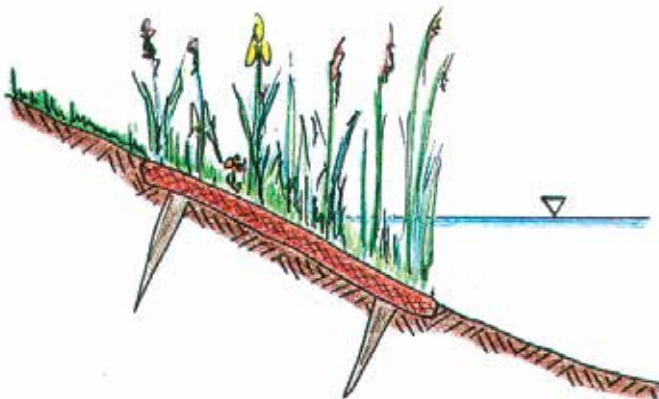


Abbildung 4.2.8
 Kombinierte Bauweise aus
 Wasserbausteinen und
 Röhrichtmatten.

Einbauzeit

Der Einbau kann während des gesamten Jahres außerhalb von Frostperioden erfolgen. Bei Gewässern mit größeren jährlichen Schwankungen des Wasserstands erfolgt die Pflanzung am besten im Herbst.

Pflege

Röhrichtmatten sind pflegefrei. Ist eine Böschungsmahd vorgesehen, sollte diese nicht öfter als zweimal jährlich erfolgen. Während der Anwuchsphase ist evtl. eine Bewässerung notwendig.



Abbildungen 4.2.9 und 4.2.10

Röhrichtmatten beim Einbau auf einer Kokoswalzen-Fußsicherung und unmittelbar danach.

Kosten

Die Kosten für den Einsatz von Röhrichtmatten belaufen sich inklusive Holznägel auf ca. 22,00–25,00 €/m²

Bewertung für die Praxis

Röhrichtmatten gewährleisten einen sofortigen Erosionsschutz. Mit der Auswahl der richtigen Pflanzenarten wird die Böschung gut durchwurzelt und somit langfristig gesichert.

Als begrenzender Faktor für die Entwicklung der Pflanzen sind vor allem die Lichtverhältnisse zu beachten.



Abbildung 4.2.11
Röhrichtmatte als Ufersicherung an einem Bach mit kurzfristig stark schwankenden Abflussmengen.

Bauen mit Röhrichtmatten, Beispiel 1



Abbildung 4.2.12



Abbildung 4.2.13



Abbildung 4.2.14



Abbildung 4.2.15

Durch die Grundstücke auf der rechten Seite waren die Möglichkeiten der Renaturierung eingeschränkt. Auch galt es zu berücksichtigen, dass es im Hochwasserfall zu starker Erosion kommen kann. So wurde der Böschungsfuß an den kritischen Stellen mit Steinwalzen gesichert und die neu aufgebaute Böschung mit Röhrichtmatten geschützt. Schon im Jahr der Baumaßnahme hat sich aus den Röhrichtmatten ein dichter Röhrichtbestand entwickelt.

Bauen mit Röhrichtmatten, Beispiel 2



Abbildung 4.2.16



Abbildung 4.2.17



Abbildung 4.2.18



Abbildung 4.2.19



Abbildung 4.2.20



Abbildung 4.2.21

An einem innerstädtischen Kanal (bei Hochwasser bis zu 2 m/s Fließgeschwindigkeit) wurden Röhrichtmatten zum Uferschutz und zur ökologischen Aufwertung verwendet. Teilweise erfolgte hierzu der Bau von Bermen, wie in den Abbildungen 4.2.4.11 und 4.2.4.12 zu sehen ist. Die Fotos in Abbildung 4.2.4.13 und 4.2.4.14 sind ca. zwei Jahre nach dem Einbau entstanden. Hier konnten flache Ufer für die Installation der Röhrichtmatten genutzt werden. Die Vegetation der Röhrichtmatten hat sich gut entwickelt, eine Besiedlung der angrenzenden Böschung findet aber nicht statt. Dies zeigt sich auch nach zehn Jahren (Abbildung 4.2.4.15). Der Röhrichtsaum verbreitet sich nur in wenigen Bereichen. Dies kann verschiedene Gründe haben (z. B. regelmäßige Mahd, zu trockene Böschung, Belastung durch Begehen der Böschung). Die damals unbepflanzten Ufer (siehe linkes Ufer in Abbildung 4.2.4.13) bleiben weiterhin vegetationslos. Aufgrund der hydraulischen Belastung bei Hochwasserereignissen kam es hier zur Erosion und die Ufer mussten in einigen Bereichen saniert werden (Abbildung 4.2.4.16).

Bauen mit Röhrichtmatten, Beispiel 3



Abbildung 4.2.22



Abbildung 4.2.23

Die Ufersicherung wurde hier durch den Einbau von Gabionen erreicht. Allerdings konnte sich aufgrund von häufig auftretenden kurzfristigen Hochwasserereignissen keine Vegetation spontan ansiedeln. Die Fließgeschwindigkeiten und Schleppspannungen waren dafür zu hoch.

Die Idee Einzelpflanzen einzusetzen, wurde aufgrund der hohen hydraulischen Belastung verworfen. Röhrichtmatten waren hierfür die richtige Alternative. Man befestigte die Röhrichtmatten an den vorhandenen Gabionen und die Pflanzen konnten in Ruhe einwurzeln und sich auch leicht ausbreiten.

4.3 Mittlere Belastung

In dieser Belastungsstufe werden Fließgewässer eingeordnet, die bei Störungen hydraulisch instabil sind. Diese Instabilität kann unter anderem in dem Bodensubstrat der durchflossenen Landschaft (z.B. mächtige Auenlehmsedimente) begründet sein, das bei Störungen des Abflussgleichgewichts umgelagert wird. Infolge der geomorphologischen Aktivität dieser Gewässer sind sie in der Vergangenheit nach Störungen oft naturfern ausgebaut worden. Die Gewässer wurden vielfach stark überformt und kanalisiert, wobei die starren Ufersicherungen einem ständigen Angriff durch das Wasser ausgesetzt sind. Je nach Art des Eingriffs können diese Gewässer eine verstärkte Tiefenerosion aufweisen.

Fallbeispiel

Ein kleiner Fluss entspringt in einem bewaldeten Höhenzug und durchfließt bis zu seiner Mündung in einen größeren Fluss ein vorwiegend dicht besiedeltes Gebiet. Auf einer Lauflänge von ca. 120 km wird ein Höhenunterschied von 170 m überwunden. Der Mittelwasserabfluss im dichter besiedelten Unterlauf beträgt $15 - 25 \text{ m}^3/\text{s}$. In diesem Bereich ist das Gewässer aus Platzgründen über weite Strecken kanalisiert worden. Durch die zusätzliche Aufnahme von rasch zugeführtem Oberflächenwasser aus den Siedlungsbereichen laufen bei Niederschlägen Hochwasserwellen schnell und hoch auf. In den letzten Jahren ist erfolgreich damit begonnen worden, die zunehmende Tiefenerosion des Flusses durch Sohlsicherungen und Sohlgleiten zu stoppen. Die Ufer sind besonders in Bereichen mit starren Sicherungen aber weiterhin einer Erosion ausgesetzt.



Abbildung 4.3.1
Zur „kanalisierten
Abwasserrinne“
ausgebauter Bach.

Mittlere Belastungen können an Fließgewässern unterschiedlichster Größe und Abflussquerschnitten auftreten. Entscheidend für die hydraulische Belastung sind Fließgeschwindigkeit und Schleppspannung. Bereits bei wesentlich kleineren Gewässern als in dem obigen Beispiel können ungünstige Standortbedingungen bereits zu einer mittleren Uferbelastung führen (Abbildung 4.3.1).

Wichtige Faktoren

- **Fließgeschwindigkeit**

Es treten Fließgeschwindigkeiten im Bereich zwischen 0,5 und 1,0 m/s auf. Die Schleppspannung für Substrate mit kleiner Körnung befindet sich im kritischen Bereich.

- **Schleppspannung**

Die Schleppspannung liegt zwischen 30–60 N/m², es besteht Erosionsgefahr für schluffige Böden.

- **Böschungsneigung**

Die Böschungsneigung erreicht ein Verhältnis von 1 : 3 und steiler.

- **Böschungsfuß**

Der Böschungsfuß ist gefährdet, da feines Substrat aus der Böschung und der Sohle ausgespült wird.

- **Substrat**

Substrat mit kleiner Körnung befindet sich in der Transportzone. Es kommt zur Bildung von Kolken.

- **Bewuchs**

Bei der Pflanzung von Gehölzen oder Stauden als Einzelpflanzen ist mit Ausfällen zu rechnen. Pflanzungen im Mittelwasserbereich sind nur mit entsprechenden Sicherungsmaßnahmen möglich. Besonders im Siedlungsbereich auf nährstoff-übersorgten Böden können Fluren mit Ruderalflora den eigentlich standorttypischen Bewuchs verdrängen. Entscheidend sind die Lichtverhältnisse und gelenkte Pflegemaßnahmen, um den Pflanzen gute Entwicklungsmöglichkeiten zu bieten.

- **Schiffsverkehr**

Auf kleinen Flüssen und Kanälen sind Freizeit- und Sportbootverkehr als besonderer Belastungsfaktor zu berücksichtigen.

Bauweisen

Meist sind etwas aufwendigere Baumaßnahmen notwendig:

- Röhrichtmatte
- Kokoswalze
- Röhrichtwalze
- Weidenspreitlage
- Steinwalzen
- Steinmatratzen
- Steinschüttungen



*Abbildung 4.3.2
Böschungssicherung
mit Kokoswalzen und
Röhrichtmatten.*

Röhrichtmatte

Zur Verwendung und zum Einbau von Röhrichtmatten wird auf das vorherige Kapitel verwiesen.

Kokoswalze

Zur Verwendung und zum Einbau von Kokoswalzen wird auf das vorherige Kapitel verwiesen.

4.3.1 Röhrichtwalzen

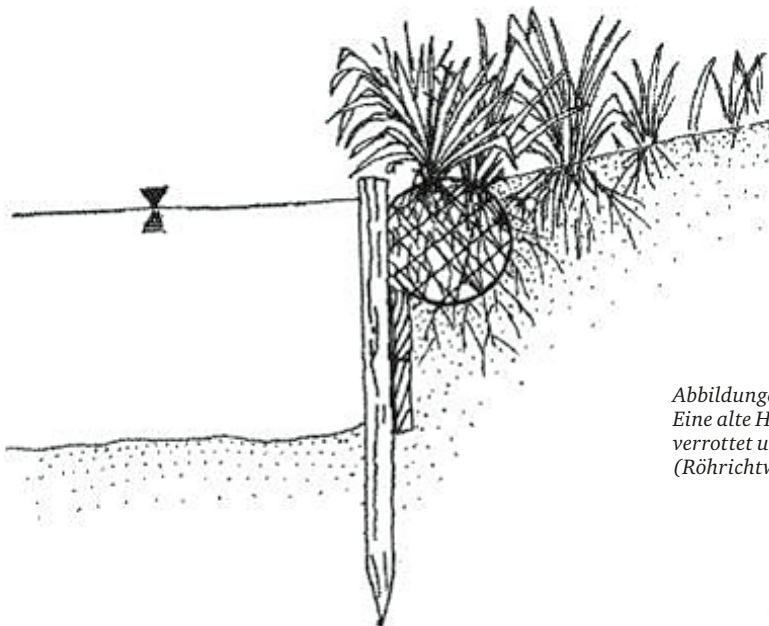
Einbau

Die Beschreibung der Röhrichtwalzen finden Sie im Kapitel 3.8.

Röhrichtwalzen eignen sich sehr gut als Böschungfußsicherung. Da sie gleichzeitig als Filter wirken, ist der zusätzliche Einbau eines Filters nicht notwendig. Voraussetzung für eine langfristige Böschungfußsicherung sind gute Entwicklungsbedingungen für die eingesetzten Röhrichtarten.

Röhrichtwalzen können ganzjährig entlang des Böschungsfußes verlegt werden. Sie werden so positioniert, dass die Oberkante ca. 5–10 cm über der Mittelwasserlinie liegt. Die Walze hat dabei über den gesamten Verlauf dem Gewässerboden aufzuliegen. Tiefere Bereiche und Kolke sind vorher z. B. mit Steinwalzen oder Buschfaschinen aufzufüllen. Für die Böschungfußsicherung bei größeren Wassertiefen können mehrere Kokoswalzen übereinander oder auch Kombinationen mit Steinschüttungen oder Steinwalzen verwendet werden.

Die Festlegung der Röhrichtwalzen erfolgt wasserseitig durch Holzpfähle (Abstand zwischen den Pfählen ca. 80 cm; 1 m lang, 5–6 cm Zopfdurchmesser). Landseitig werden verbleibende Lücken zwischen der Röhrichtwalze und der Böschung mit Boden hinterfüllt und verdichtet. Darauf wird die neue Böschung aufgebaut. Um der Bildung von Parallelkolken zu begegnen wird empfohlen, die neu gestaltete Böschung mit einem Kokosgewebe oder einer Röhrichtmatte zu sichern. Eine neu profilierte Böschung wird bis zur Entwicklung einer geschlossenen Vegetationsdecke dadurch geschützt.



Abbildungen 4.3.3 und 4.3.4
 Eine alte Holzspuntwand ist
 verrottet und wird ersetzt
 (Röhrichtwalzen).



Abbildung 4.3.4

Einbauzeit

Röhrichtwalzen können bei frostfreiem Wetter das gesamte Jahr über eingebaut werden.

Bepflanzung

Röhrichtwalzen sind zum Zeitpunkt des Einbaus bereits mit Röhricht bewachsen und vollständig durchwurzelt.



Abbildung 4.3.5

Für verschiedene Anwendungsbereiche stehen Röhrichtwalzen mit unterschiedlichen, den jeweiligen Standortbedingungen angepassten Pflanzschemata zur Verfügung. Die Tabelle 4.3.1 zeigt exemplarisch die Pflanzenarten und deren Anteile am Bewuchs einer Röhrichtwalze für strömungsbelastete und besonnte Uferbereiche.

Tab. 4.3.1: Muster-Pflanzschema Röhrichtwalze

Iris pseudacorus / Sumpfschwertlilie 30 %	Lythrum salicaria / Blutweiderich 10 %	Carex gracilis / Schlanksegge 25 %	Phalaris arundinacea / Rohrglanzgras 35 %
---	--	--	---

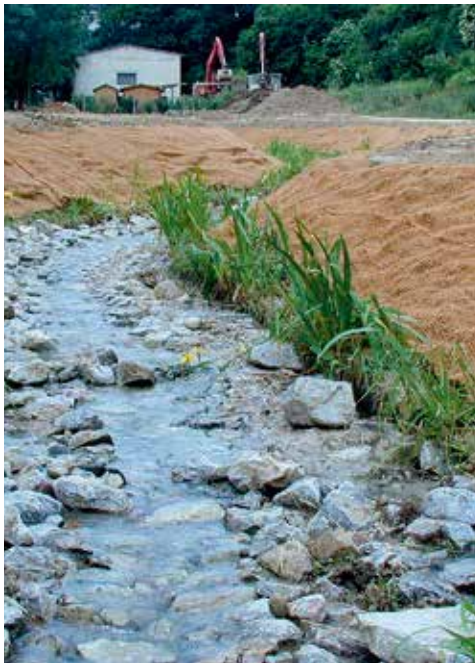


Abbildung 4.3.7 und 4.3.8

Ein ehemals begradigter Bach wird im ortsnahe Bereich naturnah gestaltet. Aufgrund der hohen Schleppspannungen ist die Sicherung der Böschungen und der Gewässersole notwendig (Röhrichtwalzen und Kokosgewebe).

Pflege

Röhrichtwalzen sind pflegefrei; eine evt. Mahd der Böschung sollte nicht öfter als zweimal jährlich erfolgen.

Kosten

Tabelle 4.3.2 gibt einen Überblick über Material- und Arbeitskosten, die für das Arbeiten mit Röhrichtwalzen zu kalkulieren sind. Zum Vergleich sind die entsprechenden Kosten für Kokoswalzen mit aufgenommen. Die Verwendung von Röhrichtwalzen ist preislich sehr attraktiv, da sie bereits zum Zeitpunkt des Einbaus einen kräftigen Röhrichtbestand aufweisen, der die Walze bereits vollständig durchwurzelt hat und nicht mehr ausgespült werden kann.

Tab. 4.3.2: Kosten für Röhricht- und Kokoswalzen

<i>Durchmesser in cm</i>		<i>Wasserspiegel- änderung länger als eine Woche in cm</i>	<i>Kosten, inkl. Holzpfehl in €/m</i>	<i>Kosten für Bepflanzung in €/m</i>	<i>Gesamtkosten in €/m</i>
Röhricht- walze	20	-20 – +20	21,00 – 24,00	0	21,00 – 24,00
	30	-30 – +20	26,00 – 29,00	0	26,00 – 29,00
	40	-40 – +20	33,00 – 37,00	0	33,00 – 37,00
Kokos- walze	20	-5 – +10	14,00 – 16,00	7,00	21,00 – 23,00
	30	-5 – +10	18,00 – 21,00	9,00	27,00 – 30,00
	40	-5 – +10	27,00 – 30,00	11,00	38,00 – 41,00

Bewertung für die Praxis

Röhrichte eignen sich sehr gut für den Einsatz entlang hydraulisch belasteter Ufer und zur Böschungsfußsicherung. Sie bieten einen sofortigen Erosionsschutz, wirken als Filter und lassen sich dank ihrer Flexibilität jeder Uferlinie anpassen. Durch die Vorbe-pflanzung mit standortgerechten Röhrichtarten bieten sie gegenüber unbepflanzten Systemen einen oft entscheidenden Wuchsvorsprung, der eine dauerhafte Ufersicherung einleitet.



Abbildung 4.3.9
Kaschierung einer Beton-
mauer nach Einbau im
Winter (Röhrichtwalze).

4.3.2 Xylitwalzen

Xylitwalzen sind in Punkt 3.7 ausführlicher beschrieben. Sie haben eine Standardlänge von 2 m. Sie können auch – wie im Foto zu sehen – nur 1 m lang geliefert werden. Da sie auch hohen hydraulischen Belastungen widerstehen und die Fasern eine lange Haltbarkeit (ca. 30 Jahre) besitzen, sind sie für die Sicherung des Böschungsfußes gut einsetzbar. Durch ihr hohes Gewicht sind sie ein konstruktives Element im Wasserbau.



*Abbildung 4.3.10
Transport von Xylitwalzen
auf der Baustelle.*

Neben diesen Aspekten des Erosionsschutzes sind auch Forderungen des naturnahen Wasserbaus erfüllt. So ermöglicht die große Oberfläche der Fasern eine intensive Besiedlung durch Mikroorganismen. Auch bietet die raue Faserstruktur der Xylitwalze die Möglichkeit von Wanderungsbewegungen. Sowohl von Wasser zu Land (bzw. Land zu Wasser), als auch Uferparallel.



*Abbildung 4.3.11
Anschließend an ein
Wasserbaupflaster erfolgte
eine ingenieurbologische
Sicherung (Xylitwalze und
Röhrichtmatte).*

Einbauzeit

Xylitwalzen können ganzjährig eingebaut werden. Wie auf dem Foto in Abbildung 4.3.11 zu sehen ist, tolerieren sie auch hohe Belastungen und bieten ein gutes Besiedlungsmedium für bachbegleitendes Röhricht.

Bepflanzung

Xylitwalzen werden zunächst unbepflanzt eingebaut. Häufig erfolgt die Begrünung und Besiedlung spontan. Auch eine zielgerichtet Bepflanzung ist möglich (häufig bei innerörtlichen Gewässern, die auch einen landschaftsästhetischen Aspekt erfüllen sollen). Eine dritte Möglichkeit ist, Böschungsseitig hinter den Walzen Pflanzen zu setzen, die dann nach und nach auch die Walzen bewachsen.

Pflege

Eine Pflege ist nicht notwendig.

Kosten

Der Einbau einer Xylitwalze inkl. Material kostet pro Meter zwischen € 18,00 und € 28,00.



Abbildung 4.3.12: Baustelle unmittelbar nach dem Einbau der Xylitwalzen



Abbildung 4.3.13: Die Vegetation hat sich gut entwickelt (Xylitwalzen und Röhrichtmatten).

Bei diesem Projekt haben die Xylitwalzen drei Funktionen:

Der alte (Holz) Uferverbau war abgängig und das steile Ufer (ca. 70 cm senkrecht) musste beibehalten werden. Durch die lange Haltbarkeit der Xylitfaser wurde eine dauerhaft Lösung gewählt.

Gleichzeitig wirkt sich die Xylitfaser positiv auf die Wasserqualität aus.

Und die Ufer sollten sich schnell begrünen. Hier wurde unterstützend noch eine Röhrichtmatte verlegt.

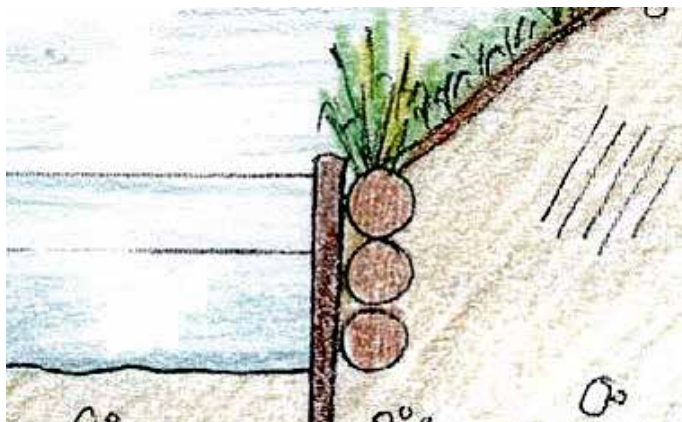


Abbildung 4.3.14
 Prinzipskizze eines 3-lagigen
 Verbaus.

In der Abbildung 4.3.15 ist eine alte Ufersicherung zu sehen. Die doppelte Pfahlreihe ist noch erhalten, die Totholzfaschine, die dazwischen eingebaut war, ist verrottet. Da sich die Pfahlreihe noch in einem relativ guten Zustand befand, wurde sie belassen um für die Xylitwalzen eine Befestigung zu haben.



Abbildung 4.3.15



Abbildung 4.3.16



Abbildung 4.3.17

Zur Vermeidung von Parallelkolken verfüllte die Baufirma den Bereich zwischen der neuen Ufersicherung und der bestehenden Böschung. Die nachträgliche Bepflanzung der Xylitwalzen breitet sich auch in die Böschung aus und sorgt somit für die dauerhafte Durchwurzelung des gesamten Ufers.

4.3.3 Weidenspreitlage

Die Verwendung von Weiden z. B. als Steckhölzer, Faschinen, Wippen oder Spreitlagen ist Grundlage vieler Sicherungstechniken der klassischen Ingenieurbiologie. Sie werden für ingenieurbologische Sicherungen weltweit eingesetzt. Alle Techniken beruhen auf der Ausschlagfähigkeit des gewonnenen Weidenmaterials. Stellvertretend für eine Vielzahl verschiedener Bauweisen wird hier die Weidenspreitlage vorgestellt. Die Beschreibung zur Herstellung einer Weidenspreitlage ist im Kapitel 3.5 aufgeführt.

Pflege

Weidenspreitlagen sind sehr pflegeintensiv. Durch den sehr dichten und gleichaltrigen Austrieb ist über lange Zeit regelmäßiges Zurückschneiden oder Auslichten des Bestands notwendig. Erfolgt keine Pflege, führt einsetzende Lichtkonkurrenz zu einem schnellen Hochschießen vergeilender Triebe; die eigentliche Böschungssicherung kann dadurch gefährdet werden.

Sicherungstechniken auf der Grundlage der Verwendung von Weiden sind vor allem in den Alpen entwickelt worden. Diese Techniken haben sich z. B. beim Wildbachverbau oder der Hangsicherung unter den dortigen Wuchsverhältnissen bewährt. Überträgt man die Techniken und Artenauswahl ohne Anpassung auf andere Standorte, führt z. B. die im Flachland längere Vegetationsperiode zu einer wesentlich stärkeren Wuchskonkurrenz der Weiden, was entsprechende Pflegemaßnahmen nach sich zieht.

Kosten

Wo das Rutenmaterial günstig vor Ort beschafft werden kann, sind etwa 19,00– 35,00 €/m² anzusetzen. Entscheidender Kostenfaktor sind die hohen Herstellungskosten: Je nach Böschungsneigung und Erfahrung benötigen zwei Arbeiter etwa 15–30 min für die Herstellung eines Quadratmeters mit diesem Material. Am unteren Ende der Böschung ist zusätzlich der Einbau einer Fußsicherung einzukalkulieren.

Bewertung für die Praxis

Der Bau von Spreitlagen ist in den verschiedensten Variationen eine häufig gebrauchte Sicherungstechnik der klassischen Ingenieurbiologie. Vorteile bieten sich dort, wo günstig Weidenruten erworben werden können. Austreibende Weidenbestände bilden elastische Gürtel, die erheblich zur Hochwasserretention beitragen können.

Diesen Vorteilen stehen einige oft entscheidende Nachteile gegenüber: Für Spreitlagen wird viel Rutenmaterial benötigt. Die Herstellung ist sehr aufwendig und verlangt erfahrene und fachkundige Arbeitskräfte. Die Arbeiten sind nur außerhalb der Vegetationsperiode möglich. Durch die hohe Wuchsdichte des Austriebs sind langfristig regelmäßige Pflegemaßnahmen notwendig. Durch den dichten Aufwuchs wird kaum eine Krautflora aufkommen können. Wurden die Ruten vom selben Baum gewonnen, besteht schließlich die Gefahr einer Monokultur genetisch identischer Weiden.

4.3.4 Steinwalzen

Steinwalzen werden in verschiedenen Längen (1,0 m und 2,0 m) und Durchmessern (30 cm und 40 cm) angeboten. Sie kommen dort zum Einsatz, wo z. B. aufgrund hoher Schleppspannungen herkömmliche ingenieurbioologische Bauweisen als Erosionsschutz allein nicht ausreichen. Häufig werden Steinwalzen alternativ zu Steinschüttungen eingesetzt. Sie bieten gegenüber Steinschüttungen den Vorteil, dass bei gleicher Wirksamkeit wesentlich geringere Mengen an Gesteinsmaterial benötigt werden. Im Kapitel 3.9 sind Steinwalzen eingehend beschrieben.

Einbau und Einbauzeit

Steinwalzen können das gesamte Jahr über eingebaut werden. Beschränkungen können sich aus dem Gewicht einer Steinwalze (je nach Art der Füllung ca. 100 kg/m bei 30 cm Durchmesser; ca. 130 kg/m bei 40 cm Durchmesser) ergeben. Dies macht in der Regel die Zugänglichkeit der Einbaustelle für entsprechende Baustellenfahrzeuge (Radlader, Bagger) notwendig.



Abbildung 4.3.18
 Aufgrund der dichten
 Bebauung ist eine lang
 fristige Sicherung der steilen
 Böschung notwendig
 (Steinwalzen dreilagig).

Eine Fixierung der Steinwalzen mit Holzpfählen ist nur an stark hydraulisch belasteten Ufern notwendig. In der Regel reicht das Eigengewicht der Steinwalzen aus (s. Abbildung 4.3.18).

Beim Einbau ist darauf zu achten, dass ein Hinter- oder Unterspülen durch geeignete Baustoffe wie z. B. Filtervliese oder Mineralkornfilter verhindert wird.

Bepflanzung

Sofern Steinwalzen im Mittelwasserbereich eingebaut und nur geringe Wasserspiegelschwankungen auftreten, lassen sich Tb 5×6 cm einpflanzen. Steinwalzen lassen sich sehr gut mit Röhrichtwalzen kombinieren. Dadurch wird eine schnelle Begrünung und Durchwurzelung der Uferbereiche erreicht.

Kosten

Tab. 4.3.2: Kosten zum Einbau von Steinwalzen

Durchmesser in cm	Kosten, Befüllung mit Körnung 45/125 mm in € / m ²	Kosten, Befüllung mit Körnung 32/64 mm in € / m ²
12	–	9,00 – 11,00
20	12,00 – 14,00	13,00 – 15,00
25	14,00 – 17,00	16,00 – 18,00
30	18,00 – 21,00	20,00 – 24,00
40	25,00 – 29,00	27,00 – 31,00



Abbildungen 4.3.19 und 4.3.20
Böschungssicherung eines Baches unmittelbar nach Einbau und ca. zwei Jahre später
(Steinwalzen und Bepflanzung mit Einzelpflanzen)

Bewertung für die Praxis

Steinwalzen sind hochflexible Baukörper, mit denen sich hydraulisch stark beanspruchte Ufer schnell und sicher festlegen lassen. Gegenüber Steinschüttungen wird für die gleiche Wirksamkeit wesentlich weniger Material und Transportvolumen benötigt. Gleichzeitig bieten Steinwalzen einen größeren, ökologisch bedeutsamen Interstitialraum und sind schließlich dauerhaft standortgerecht bepflanzenbar.

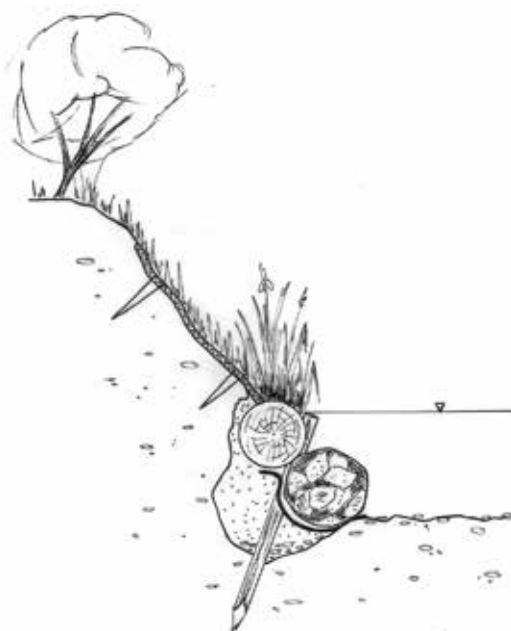


Abbildung 4.3.21
Kombination aus Steinwalze
und Röhrichtwalze.



Abbildung 4.3.22
Anpassung an die
vorhandene Uferlinie
(Steinwalzen, doppellagig).

Bauen mit Steinwalzen, Beispiel 1



Abbildung 4.3.23



Abbildung 4.3.24

Aufgrund des anstehenden Bodens war eine Sicherung mit einer Steinschüttung nicht erfolgreich. Die Einzelsteine der Steinschüttung versanken nach und nach im Substrat. Erst der Einsatz von Steinwalzen führte zum gewünschten Erfolg. Aufgrund des Aufbaus der Steinwalzen verteilte sich das Gesamtgewicht der Steinwalze gleichmäßig über größere Abschnitte. In den relativ kleinen Hohlräumen zwischen den Steinen in der Steinwalze lagerte sich Sediment ab. Eine nachträgliche Bepflanzung mit Röhrichtmatten führte zu einer dauerhaften Begrünung.

Bauen mit Steinwalzen, Beispiel 2



Abbildung 4.3.25



Abbildung 4.3.26

Ein vormals begradigter Bach wurde naturnah gestaltet. Aufgrund der angrenzenden Straße und der hohen hydraulischen Belastung musste der Böschungsfuß gesichert werden. Um auch die Begrünung des unmittelbaren Ufers zu ermöglichen und somit die Wanderungsbewegungen verschiedener Lebewesen zu unterstützen entschied man sich für Steinwalzen als Baumaterial. Abschnittsweise kamen Röhrichtmatten zum Einsatz, um eine schnellere Besiedlung des neu gestalteten Querschnitts zu ermöglichen. In Abbildung 4.3.25 ist gut zu erkennen, dass selbst bei Mittelwasserabfluss höhere Fließgeschwindigkeiten vorhanden sind. Auf dem rechten Foto (Abbildung 4.3.26) ist der Bachlauf im Jahr nach der Baumaßnahme zu sehen. Die Ufervegetation hat sich schon gut ausgebreitet.

Steinschüttung

Die Verwendung von Steinschüttungen wird im folgenden Kapitel 4.4 beschrieben.

4.4. Starke Belastung

Unter natürlichen Abflussbedingungen treten im Oberlauf der Bäche und Flüsse die höchsten Fließgeschwindigkeiten und Schleppspannungen auf. Durch vielfältigste wasserbauliche Veränderungen treten aber auch in anderen Abschnitten Uferabschnitte auf, die starken hydraulischen Belastungen unterliegen.

Die Ursachen hierfür können z. B. erhöhte Schleppspannungen durch Flussbegradigungen oder Wellen aus der Schifffahrt sein. Zur Sicherung dieser besonders beanspruchten Ufer werden im Wasserbau Deckwerke verwendet. Sie schützen das Ufer vor den mechanischen Belastungen durch Windwellen und Wellen vorbeifahrender Schiffe.

Bei einer Vorbeifahrt eines Schiffes ist an der Uferböschung ein rasches Absinken des Wasserspiegels zu beobachten (sog. Absunk). Das Deckwerk muss den daraus resultierenden Wasserdruck in der Uferböschung aufnehmen und ableiten können.

Daneben hat ein Deckwerk das Ufer gegen den Wellenschlag (sog. Schwall) zu schützen. Je nach Gewässerart und Belastungsstufe werden unterschiedliche Deckwerkstypen unterschieden:

Fallbeispiel

Mitteleuropa verfügt über ein dichtes Netz bedeutender, künstlicher Wasserstraßen an denen der Belastung aus der Berufsschifffahrt eine große Rolle zukommt: Im Zuge von Unterhaltungsarbeiten an einem Kanal soll ein altes Steindeckwerk aufgenommen und ersetzt werden. Die alte Steinschüttung ist für den gestiegenen Schiffsverkehr zu leicht und nicht ausreichend dick gewesen. Aufgrund der relativ geringen Breite des Kanals (bes. beim Begegnungsverkehr und in Kurven) und der steilen Böschung (1 : 2) ist eine offene Steinschüttung in ausreichender Dicke nur schwer zu realisieren. Darüber hinaus wird für das neue Deckwerk eine ökologisch günstige Variante angestrebt.

Wichtige Faktoren

- **Fließgeschwindigkeit**

Die Fließgeschwindigkeit liegt über 1 m/s. Die Schleppspannung erreicht Werte, bei denen auch größere Steine und Geröll transportiert werden. Entsprechende Belastungen können an Kanälen zeitweilig durch Wellenschlag auftreten.

- **Böschungsneigung**

Die Böschungsneigung ist steiler als 1 : 3.

- **Böschungsfuß**

Der Böschungsfuß muss gesichert werden, um Auskolkungen zu vermeiden.

- **Substrat**

Bei Gebirgsbächen sind hauptsächlich gröbere Körnungen zu finden. An schiffbaren Gewässern besteht die Sohle meist aus einer gemischten Körnung. Die Ufer sind hier mit Deckwerken gesichert.

- **Bewuchs**

Ein Bewuchs mit Stauden und Gehölzen unterhalb der Mittelwasserlinie ist nicht mehr möglich.

- **Schifffahrt**

Zu beachten sind sowohl die Berufsschifffahrt als auch der Sportbootverkehr. Durch den entstehenden Sog und Druck sind vor allem die Ufer sehr stark beansprucht.



Abbildung 4.4.1
Röhricht-Gabionen an einem nordfranzösischen Kanal.

Besonderheit: Kanalufer

In Mitteleuropa gibt es viele schiffbare Kanäle. Deren Querschnitt ist im Vergleich zu dem der sie befahrenden Schiffe viel kleiner als der eines Flusses. An diesen Kanälen kommt dem Squat-Effekt eine besondere, die Sohle und die Uferböschungen beanspruchende Bedeutung zu, die im Folgenden kurz erläutert werden soll:

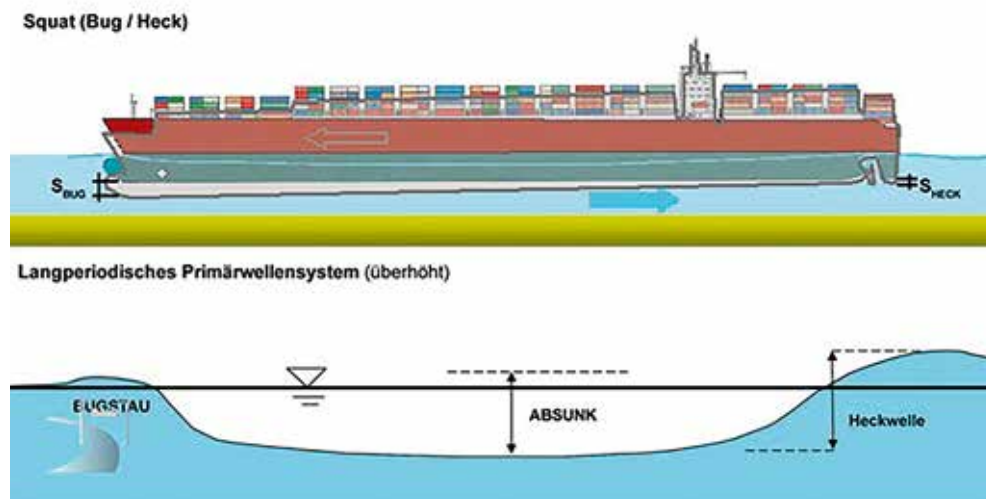


Abbildung 4.4.2

Schematische Darstellung der Veränderung des Wasserstandes bei Vorbeifahrt eines Schiffes (sog. „Squat“)

Quelle: BAW 2013, (http://www.baw.de/de/wasserbau/methoden/wasserbauliches_versuchswesen/schiffserzeugte_belastungen/index.html).

Bei einer Vorbeifahrt eines Schiffes ist an der Uferböschung mit dem Bugstau ein kurzzeitiges Ansteigen (Bugwelle) des Wasserspiegels festzustellen. Während des darauf folgenden Absunks strömt das vom Schiffskörper verdrängte Wasser mit hoher Geschwindigkeit heckwärts. Der plötzliche Absunk stellt eine große Belastung für die Uferböschungen und ihre Befestigung dar (Gefahr des Abgleitens des Deckwerks). Der am Heck wieder abgebremste Wasserstrom türmt sich hier zur Heckwelle auf, die als Schwall das Ufer erneut mechanisch beansprucht. Dieser hier vereinfacht dargestellte Vorgang wird in der „Squat“ bezeichnet. Der Begriff kommt aus dem Englischen und bedeutet „Hinhocken“ oder „Niederkauern“, da durch den im Zuge des Absunks unter dem Schiff erzeugten Unterdruck bei zu geringer Kieflfreiheit die Gefahr einer Grundberührung besteht.

Die mit einem Deckwerk befestigte Uferböschung muss den aus dem Squat resultierenden, wechselnden Wasserdruck aufnehmen und ableiten können. Daneben hat ein Deckwerk das Ufer gegen den Wellenschlag (sog. Schwall) zu schützen.

Bauweisen

Die für diesen Bereich eingesetzten Bauweisen leiten zu den rein technischen Verbauvarianten des schweren Wasserbaus über.

- Röhrichtwalze (nur in Kombination mit anderen Techniken)
- Weidenspreitlage
- Steinwalze
- Steinschüttung
- Röhricht-Gabione
- Steinmatratze und Schottermatratze



Abbildungen 4.4.3 und 4.4.4: Röhricht-Gabionen an der Maas in den Niederlanden

Röhrichtwalze

Röhrichtwalzen reichen als alleinige Sicherung in dieser Belastungsstufe nicht aus. Zu Verwendung von Röhrichtwalzen wird auf Punkt 4.3.1 verwiesen.

Weidenspreitlage

Weidenspreitlagen sind eine Technik der traditionellen Ingenieurbiologie, die in Verbindung mit Steinen auch an stark belasteten Ufern z. B. an Flüssen eingesetzt wird. In dieser Betrachtung der system-ingenieurbiologischen Techniken wird sie nur genannt. Zu Verwendung und Herstellung von Weidenspreitlagen wird auf Punkt 4.3.3 und die in der Literaturliste aufgeführten Quellen verwiesen (z. B. Begemann und Schiechl: Ingenieurbiologie-Handbuch zum ökologischen Wasser- und Erdbau).

Steinwalze

Steinwalzen sind als lineare Sicherung in dieser Belastungsstufe weniger geeignet. Durch Wellenschlag oder schwankende Abflüsse sind hier flächige Systeme wie Steinmatratzen sinnvoller. Zur Verwendung und zum Einbau von Steinwalzen wird auf 4.3.4 verwiesen.

4.4.1 Steinschüttung

Offene Steinschüttungen zählen nur in Verbindung mit einer Bepflanzung zu den ingenieurb biologischen Bautechniken. Da sie meistens zusammen mit Weidenruten verbaut werden, werden sie in dieser system-ingenieurb biologischen Betrachtung nur kurz angeschnitten.

Bepflanzungen mit großen Röhrichtballen haben meist nur eingeschränkte Entwicklungsmöglichkeiten. Aus den Lücken zwischen den Steinen wird durchwurzelbarer Boden ausgespült. Sofern sich Röhrichte trotzdem halten können, steht die Verklammerung von Steinschüttungen der weiteren Ausbreitung auf der Böschung entgegen.

Zudem ist die Bepflanzung von Deckwerken sehr arbeitsaufwändig und hat oft den Charakter einer „Balkonkastenbepflanzung“ (siehe Abbildung 4.4.1.1).



Abbildung 4.4.1.1
Einzelpflanzen in Deckwerken
fehlt durchwurzelbares
Substrat.

4.4.2 Röhricht-Gabionen

Gabionen bzw. Röhricht-Gabionen werden alternativ zu Steinschüttungen eingesetzt. Wasserbausteine der Klassen CP 45 / 125 und CP 63 / 180 werden in eine Draht- oder Kunstfaserarmierung gefüllt und kommen als Deckwerksmatratze zum Einsatz. Gegenüber herkömmlichen Steinschüttungen wird bei vergleichbarer Wirkung wesentlich weniger Material benötigt.



Abbildungen 4.4.2.1 und 4.4.2.2: Röhricht-Gabionen erlauben eine standortgerechte Begrünung auch unter hydraulischer Belastung.

Die Zone des Wellenschlags ist für Röhrichtpflanzen kritisch. Durch die Verwendung von vorgezogenen Röhrichtmatten in Gabionenmatratzen wird dieser Bereich mit kräftig entwickelten Pflanzenverbänden begrünt. Da das Wurzelsubstrat aus der Gabione nicht ausgespült werden kann, sind die Erfolgchancen für eine dauerhafte Röhrichtentwicklung gut.

In Abschnitten, wo aufgrund des starken Schiffsverkehrs auf rein technische Lösungen vertraut wird, bilden Röhricht-Gabionen in weniger Beanspruchten Aufweitungen eine ökologisch wertvolle Kontaktzone zwischen Land und Wasser.



Abbildung 4.4.2.3
Röhricht-Gabionen an einer
Kanalaufweitung.

Bewertung für die Praxis

Bei gleicher Wirksamkeit werden im Vergleich zu Steinschüttungen wesentlich weniger Wasserbausteine benötigt. Röhricht-Gabionen besitzen aufgrund ihrer Begrünung eine wesentlich größere ökologische Wirksamkeit (z. B. ungehinderter Organismenaustausch zwischen Land und Wasser möglich). Dies ist besonders in dicht besiedelten Abschnitten, ökologisch sensiblen Bereichen oder z. B. an Wildausstiegen von großer Bedeutung.

Aufgrund der äußeren Metallarmierung verfügen Röhricht-Gabionen aber nur über eine eingeschränkte Flexibilität und passen sich nur schwer Unregelmäßigkeiten der Böschung an.

4.4.3 Steinmatratze und Schottermatratze

Steinmatratzen und Schottermatratzen sind komplett vorgefertigte Elemente (Standardgröße 2,0 m × 2,0 m × 0,25 m). Die einzelnen Kammern der Steinmatratzen werden durch hochreißfeste Kunstfasernetze ummantelt. Dank der speziell entwickelten Kompakt-Fülltechnik und des kleinen Steinmaterials (CP 45/125, bei Schottermatratzen 30/60) lassen sehr kompakte und doch flexible Bauelemente herstellen.



*Abbildung 4.4.3.1
Steinmatratzen als
Böschungssicherung an
einer steilen und hohen
Uferböschung.*

Pflege

Eine Pflege der Begrünung in Form einer anfänglichen Bewässerung kann eventuell notwendig sein. Im Betrieb sollten die Ufer in Abständen auf Treibgut und Fremdkörper kontrolliert werden, die durch die Wellenbewegung zu einer mechanischen Beschädigung oder Zerstörung von Pflanzen führen können.

Bewertung für die Praxis

Bei gleicher Wirksamkeit werden im Vergleich zu Steinschüttungen wesentlich weniger Wasserbausteine benötigt. Durch die Kompakt-Fülltechnik ist die Bildung größerer Hohlräume und die Gefahr von Umlagerungen innerhalb der Matratze ausgeschlossen. Aufgrund ihrer Struktur ermöglichen Stein- und Schottermatratzen auch an hydraulisch stark beanspruchten Punkten wie in Abbildung 4.4.3.2 einen Organismenaustausch zwischen Land und Wasser (Durchgängigkeit im Sinne der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie).



*Abbildung 4.4.3.2
Die Böschung im Einlaufbereich ist besonders durch die Strömung belastet.*

Begrünung

Zur Begrünung der Steinmatratzen werden diese übererdet und eingeschlämmt. Je nach Standort erfolgt eine Raseneinsaat oder eine Begrünung mit Röhrichtmatten (Abbildungen 4.4.3.3 und 4.4.3.4)

Hydraulisch stark belastete Bereiche sind für Pflanzen schwer zu besiedeln. Durch die Morphodynamik des Gewässers werden Pflanzen ausfallen und andere sich halten oder einwandern. Röhrichtmatten in Verbindung mit Stein und Schottermatratzen bieten den Pflanzen bestmögliche Anwuchsbedingungen. Letztlich sind es die Standortfaktoren in ihrer Gesamtheit, welche die Artenzusammensetzung und die Dichte der Vegetation bestimmen. So konnte bei relativ konstanter Wasserführung zwei Jahre nach dem Einbau der Steinmatratzen in den aufliegenden Röhrichtmatten ein strukturiertes Röhricht bilden (Abbildung 4.4.3.6).



Abbildung 4.4.3.3



Abbildung 4.4.3.4



Abbildung 4.4.3.5



Abbildung 4.4.3.6
Gute Röhrichtentwicklung
bei konstanter Wasser-
führung.

Bauen mit Steinmatratzen, Beispiel 1:

Das in den Abbildungen 4.4.3.7–4.4.3.9 vorgestellte Beispiel stammt aus dem Hamburger Hafen. Die Einbaustelle an einem Kanal steht in direkter Verbindung zur Elbe und steht unter Tideeinfluss (mittlerer Tidenhub ca. 3,50 m). Das mittlere Tidehochwasser erreicht die Steinmatratzen in ihrem unteren Bereich.

Die Steinmatratzen wurden auf einem Wasserbauvlies verlegt. Als Bepflanzung kamen auf den Standort angepasste Röhrichtmatten zum Einsatz. Die Abbildung 4.4.3.8 zeigt den Einbau nach der Fertigstellung. Wie in der Abbildung 4.4.3.9 zu sehen ist, hat sich im ersten Jahr ein standorttypisches Röhricht entwickelt, das im oberen Bereich in eine Hochstaudenflur mit Blutweiderich überleitet. Die darüber liegende Böschung des Deichs wird mehrfach im Jahr gemäht.



Abbildung 4.4.3.7



Abbildung 4.4.3.8



Abbildung 4.4.3.9

Bauen mit Steinmatratzen, Beispiel 2:

Viele Flüsse im Mittelgebirgsraum haben eingeeengte Abflussquerschnitte. Durch Verkehrswege, die oft direkt an die Uferböschung anschließen sind Uferabbrüche hier unerwünscht. Im vorliegenden Beispiel ist eine steile Uferböschung wiederhergestellt und gesichert worden, die durch Hochwässer entlang eines Prallhangs immer wieder beansprucht wird.

An der Böschung wurden zunächst von Erosionsschäden ausgeglichen und profiliert. Die Steinmatten wurden zwischen der Mittelwasserlinie und der wassergebundenen Decke des Wirtschaftswegs verlegt.



Abbildung 4.4.3.10



Abbildung 4.4.3.11



Abbildung 4.4.3.12

Im Bereich der Gehölzgruppen ist die Uferböschung stabil. Sie wurden beim Verlegen der Steinmatratzen ausgespart (Abbildungen 4.4.3.10 und 4.4.3.11).

Die Abbildung 4.4.3.12 zeigt die Situation im Sommer des folgenden Jahres. Die standortgerechte Ruderalflora konnte im Schutz der Steinmatratzen keimen und leitet eine sukzessive Begrünung ein. An einigen Stellen wächst Indisches Springkraut (*Impatiens glandulifera*), das als Neophyt in mitteleuropäischen Flüssen zwar unerwünscht ist, aber sich nur schwer wieder verdrängen lässt.

Bauen mit Steinmatratzen, Beispiel 3:

Das dritte Beispiel einer Böschungssicherung mit Steinmatratzen stammt vom Oberrhein. Der Rhein ist durch starke Abflussschwankungen geprägt. Das führt besonders in den Sommermonaten zu geringen Abflussmengen und niedrigen Wasserständen.

Entsprechend liegt das Hauptaugenmerk des Einbaus auf der Sicherung der Böschung und erst zweitrangig auf einer gezielten Bepflanzung.



Abbildung 4.4.3.13



Abbildung 4.4.3.14


 Abbildung 4.4.3.15
 Vegetationsgrenze entlang
 der Hochwasserlinie

Trotzdem wurden, wie in Abbildung 4.4.3.13 zu sehen, in Teilbereichen auch vorkulti-vierte Röhrichtmatten in die Böschungssicherung integriert. Die verwendeten Röh-richtarten wurde unter dem Gesichtspunkt „Trockenheitstoleranz“ bereits in der An-zucht zusammengestellt. Es zeigte sich aber, dass die Bodentrockenheit im Sommer auch für gut entwickelte Seggen zu lange andauert und sich diese Bestände langsam auflösen. Sie werden durch eine an dieser Stelle standortgerechtere, lückige Flur u. a. aus Süßgräsern, Rainfarn, Schafgarbe und Pionieren wie dem Gänsefingerkraut ver-drängt (s. Abbildung 4.4.3.13 und Abbildung 4.4.3.14).

Abbildung 4.4.3.15 zeigt die Bodentrockenheit als limitierender Faktor für die Pflan-zenentwicklung. Im höher gelegenen Abschnitt der Böschung entwickeln sich boden-trockenheitstolerante Ruderalpflanzen.

Der untere Teil der Böschung ist vegetationsfrei. Durch die Schleppspannungen, die bei Überströmung im Winter und Frühjahr auftreten konnte sich bisher noch keinerlei Vegetation in diesem Bereich entwickeln.

Arbeiten mit Steinmatratzen, Beispiel 4:

In einem Einmündungsbereich in einen Schifffahrtskanal wurde eine neue Brücke gebaut. Zum Schutz der Böschung und als Böschungswiderlager für die Brücke wurden Steinmatratzen verwendet.

Die Böschung hat eine Neigung von 1 : 2; die einzelnen Elemente mit einer Größe von 2,0 m × 2,0 m decken die Böschung von 80 cm unter bis 120 cm über Mittelwasserspiegel ab (Abbildungen 4.4.3.16 bis 4.4.3.18).



Abbildung 4.4.3.16



Abbildung 4.4.3.17



Abbildung 4.4.3.18

Nach der Übererdung werden die Steinmatratzen entlang der Wasserlinie mit Röhrichtmatten bepflanzt und die Böschung darüber angesät.

Arbeiten mit Steinmatratzen, Beispiel 5:

Auch an kleineren Gewässern, die bei Normalwasser keinerlei Schleppkräfte aufzuweisen scheinen, ist die Verwendung von Steinmatratzen möglich – insbesondere, wenn diese Gewässer bei Starkregen aufgrund der Versiegelung (hier in einem innerstädtischen Bereich) schnell anschwellen und sich hohe Schleppkräfte entwickeln.

Falls nun wegen der eingeschränkten räumlichen Bedingungen eine Gewässerdynamik nur in stark eingeschränktem Maße zugelassen werden kann, stellt das folgende Beispiel eine mögliche Lösung dar: Die Linienführung ist festgelegt, aber in diesem Rahmen ist eine vielfältige pflanzliche und tierische Besiedlung gegeben und Wanderungsbewegungen finden im Gewässer sowie am Gewässerrand statt.



*Abbildung 4.4.3.19
Das gesamte Gewässerbett
wird mit Steinmatratzen
(mit Schotterfüllung)
ausgekleidet.*



*Abbildung 4.4.3.20
In diesem Fall wurde die
Mittelwasserlinie zielgerichtet
mit einer Röhrichtmatte
(0,5 m breit) bepflanzt.*



*Abbildung 4.4.3.21
Die Röhrichtmatte ist
bereits nach einem Monat
festgewachsen und das
bachbegleitende Röhricht
hat sich entwickelt.*



*Abbildung 4.4.3.22
Bereits am Ende der ersten Vegetationsperiode ist auch der obere Böschungsbereich spontan begrünt.
Die technische Sicherung ist praktisch nicht mehr zu erkennen.*



Stillgewässer

5

5.0 Stillgewässer

Klassifizierung von hydraulischen Belastungsstufen an Stillgewässern

Seen, Teiche und Weiher sind wesentliche Bestandteile unserer Kulturlandschaft. Sie unterliegen vielfältigen Nutzungen und Ansprüchen. So sind sie z. B. Lebens- und Brutraum für viele Tierarten, Regenrückhaltebecken, Trinkwasserreservoir, Freiraum für Erholung und Freizeit, Speicher zur Energiegewinnung oder lokale Klimaregulatoren.

Interessant ist dabei, einmal zu überlegen, wo in der näheren Umgebung und wo in Deutschland es überhaupt natürlich entstandene Seen gibt und welche Stillgewässer anthropogenen Ursprungs sind.

Schnell wird man feststellen, dass sich die Hauptzahl der natürlichen Seen auf die Bereiche der weichsel- / würmzeitlichen Vereisung Nordeuropas und des Alpenraums beschränkt (z. B. Müritzsee, Großer Plöner See, Bodensee, Genfer See).

Im übrigen Bereich sind natürliche Seen die Ausnahme: Sie sind meist an geologische Besonderheiten gebunden, wie z. B. der Arendsee in der Altmark, der Seeburger See im Eichsfeld (beide durch Zechsteinauslaugung entstanden), Deflationswannen wie das Steinhuder Meer oder der Dümmer, die Maare der Eifel (Vulkankrater), das Große Meer in Ostfriesland (Marschrandsee), oder sie entstehen als Altwasser durch die rezente Morphodynamik der großen Flüsse in den Auen.



Abbildung 5.0.1
Röhricht als Uferschutz am
Aasee in Münster – Pflanzung
mit Röhrichtmatten.

Die meisten Seen unserer Kulturlandschaft sind aber anthropogenen Ursprungs. Dazu gehören die Talsperren (Edertalsperre, Möhnetalsperre), die Tagebaurestseen (Senftenberger See), Seen, deren Wasser für die Energiegewinnung genutzt wird (Silven-

steinspeicher), Mühlenteiche (Alster) oder die zahlreichen Fischteiche sowie Kies- und Sandgewinnungsgruben in den Talauen der Flüsse.

Unabhängig von der Genese des Sees unterliegen aber alle Stillgewässer einem Alterungsprozess, der unter natürlichen Bedingungen zu einer langsamen Verlandung und schließlich zum Verschwinden der Gewässer führt.

Die Verlandungsgeschwindigkeit ist je nach Standortverhältnissen für jeden See unterschiedlich und wird durch das Einwirken des Menschen wesentlich beeinflusst (z. B. durch Eutrophierung beschleunigt bzw. durch Ausbaggern verlangsamt).

Viele der in historischer Zeit durch Menschen geschaffenen Seen wirken heute längst nicht mehr künstlich und sind zu ökologisch wertvollen Strukturelementen der Landschaft geworden. Im Idealfall sind die Ufer durch einen breiten Röhrichtgürtel vor Erosion geschützt (Abb. 5.0.1).

Die Ufervegetation und hier insbesondere das Röhricht haben an stehenden Gewässern vielfältige Funktionen:

- Röhrichte dissipieren auflaufende Wellen und schützen das Ufer vor Wellenschlag.
- Wurzeln und Rhizome verklammern das Bodensubstrat und verhindern die Erosion des Ufers.
- Röhrichte sind als verbindende Biotope zwischen Land und Wasser wichtige landschaftliche Strukturelemente.
- Die amphibische Kontaktzone ist Ort hochproduktiver biochemischer Umwandlungen.
- Röhrichte bilden einen artenreichen amphibischen Lebensraum.
- Röhrichte erhöhen die Selbstreinigungskraft des Wassers.
- Schließlich sind Röhrichte wichtige landschaftsästhetische Elemente.

Röhrichte sind eine charakteristische Vegetationsformation der amphibischen Übergangszone. Ob die Ufer eines Stillgewässers mit Röhricht bestanden sind, hängt unter anderem von der hydraulischen Belastung, der sie unterliegen, ab.



Abbildung 5.0.2
 Röhrichtpflanzung mit
 Röhrichtmatten an einem
 Sandentnahmesees.

Hydraulische Belastungsstufen

Entsprechend den unterschiedlichen Belastungsarten und ihrer Ausprägung und Stärke lassen sich verschiedene Belastungsstufen unterscheiden. Die dafür verwendeten Kriterien haben sich im Rahmen unserer Beratungspraxis bei der Bearbeitung von Sicherungslösungen für Abbruchufer an Seen immer wieder als entscheidend herausgestellt.



Abbildung 5.0.3
Ufergestaltung an einem
innerörtlichen Teich mit
Röhrichtmatten und
Röhrichtwalzen.

Die für die Beurteilung der hydraulischen Belastung eines Ufers zu analysierenden Standortfaktoren umfassen für die vorgenommene Klassifizierung die folgenden Parameter:

- Windstreichfläche
- Uferböschung / Böschungsneigung
- Submerse Böschung
- Vertritt / Verbiss
- Schifffahrt / Bootsverkehr
- Beschattung
- Die an das Ufer angrenzende Landnutzung

Für die Klassifikation haben wir die Windstreichfläche als das herausragende Unterscheidungsmerkmal ausgewählt. Dieses Kennntnis gibt eine Orientierung zu geeigneten Techniken und Maßnahmen und schließt bereits Ufersicherungen aus, die nicht zum Erfolg führen werden.



Abbildung 5.0.4: Typische Erosionserscheinungen an einem neu gestalteten Uferbereich. Hier mit ungeeigneter Pflanzenauswahl: *Juncus effusus* wächst horstartig und entwickelt keine flächige Abdeckung des Uferbereichs.



Abbildung 5.0.5: Innerörtliches Parkgewässer mit eingeschränkten Möglichkeiten der Ufergestaltung (steile Unterwasserböschung): Hier ausgeführt mit Steinwalzen und Röhrichtmatten.

Zur weiteren Beschreibung der Belastungssituation werden die übrigen Faktoren herangezogen.

Auf diese Weise ist innerhalb einer Belastungsklasse die Charakterisierung eines Uferabschnitts hinsichtlich seiner hydraulischen Belastung, aber auch hinsichtlich möglicher ingenieurbioologischer Maßnahmen zur Stabilisierung, möglich.

Den aufgeführten Grenzwerten und den daraus resultierenden Belastungsstufen „gering belastet“ bis „stark belastet“ liegen wasserbauliche und ingenieurbioologische Erfahrungen zugrunde; sie erheben keinen Anspruch auf wissenschaftliche Korrektheit, sondern dienen als Anhaltspunkte für eine Beurteilung der hydraulischen Belastung eines Ufers. Zwischen allen Klassen gibt es in der Praxis deshalb Übergangsbereiche und zum Teil auch Überschneidungen.

Den besten Erosionsschutz für ein Seeufer bildet ein möglichst breiter und dichter Röhrichtgürtel. In ihm wird die Energie der auflaufenden Wellen wirkungsvoll dissipiert. Darüber hinaus sind Röhrichte prägende und gliedernde Landschaftselemente von hohem ökologischem Wert. Sie sind Nahrungs- und Brutraum für eine Reihe von Tieren und für einige sogar ausschließlicher Lebensraum. So ist z. B. der Teichrohrsänger (*Acrocephalus scirpaceus*) an das Vorkommen von Schilfbeständen (*Phragmites communis*) gebunden.

Ziel ingenieurbioologischer Ufersicherungen ist deshalb meist, mit einem möglichst breiten und strukturierten Röhricht einen optimalen und natürlichen Uferschutz zu schaffen. Die Möglichkeiten dazu sind aber von Fall zu Fall sehr unterschiedlich. Wesentlichen Einfluss auf die Breite eines potentiellen Röhrichtgürtels haben Form und Ausbildung der submersen Uferböschung.

Unter jeweiliger Berücksichtigung der hier genannten Standortfaktoren werden in den folgenden Abschnitten für jede Belastungsstufe Tipps zur baulichen und vegetationsstechnischen Umsetzung gegeben.

5.1 Geringe Belastung

Wo es möglich ist, sollten eine möglichst flache Uferböschung und eine submerse Berme hergestellt werden (0–10 cm unter dem Wasserspiegel). Bei einer geringen hydraulischen Belastung des Ufers sind keine unterstützenden technischen Maßnahmen notwendig. Eventuelle lokale Substratumlagerungen werden durch die Sukzession bzw. die nachfolgende Bepflanzung aufgefangen.

Wichtige Faktoren:

- **Windstreichfläche**

Die Windstreichfläche ist < 25 m

- **Uferböschung**

Die Neigung der Uferböschung ist $\leq 1 : 5$

- **Submerse Uferböschung**

Die Neigung der submersen Uferböschung ist $< 1 : 10$

- **Wellenhöhe**

Auflaufende Wellen haben Höhen von 0–10 cm

- **Kein Vertritt/Verbiss**

Es findet keine zusätzliche Belastung durch Vertritt oder Verbiss von Pflanzen statt

- **Kein Bootsverkehr**

Es findet keine zusätzliche Belastung durch Bootsverkehr statt

- **Sonniger Standort**

Röhrichtwachstum ist ohne Einschränkungen möglich

5.1.1 Natürliche Sukzession

Der Uferabbruch wird sich selbst überlassen. Die Stabilisierung erfolgt durch spontan auftretende Vegetation oder durch ein Schließen der Lücke von den Seiten her. Dazu ist es notwendig, dass in direkter Nachbarschaft Röhricht steht, welches ohne Probleme die neu hergestellte Uferböschung besiedeln kann.

Kosten und Bewertung für die Praxis:

Die Überlassung des Standorts der natürlichen Sukzession ist zunächst die preiswerteste Methode. Folgekosten entstehen evtl., wenn die Entwicklung des Standorts beobachtet werden muss, um – falls notwendig – korrigierend eingreifen zu können.

5.1.2 Einzelpflanzen

Beschleunigen und gezielt steuern lässt sich die Entwicklung eines Röhrichts durch eine Initialpflanzung mit Einzelpflanzen.

In der Praxis haben sich Pflanzballen (4×8 cm, 5×12 cm oder 9×9 cm) für Initialpflanzungen bewährt. Siehe genaue Materialbeschreibung unter 3.1.

Die Ballen lassen sich einfach und schnell im Ufersubstrat verkeilen, so dass – bei geringer Belastung – kein Abspülen der Töpfe zu befürchten ist.

Für die Qualität der Pflanze und für den Anwuchs ist nicht die Topfgröße wichtig, sondern die Ausbildung von Wurzeln, Rhizomen und Ausläufern.

Je nach Standort und Entwicklungsziel werden 2–10 Pflanzen je Quadratmeter gesetzt. Zur schnellen Entwicklung eines dichten Bestands sollten mindestens 5 Röhrichtballen/ m^2 gesetzt werden.

Die Bepflanzung erfolgt bis in eine Wassertiefe von maximal 10 cm. Röhrichtpflanzen können zwar bis zu einer Wassertiefe von ca. 25 cm anwachsen. Dazu bedarf es allerdings gut entwickelter Röhrichtmatten.



Abbildung 5.1.2.1
Setzen von Einzelpflanzen.

Die Abbildung zeigt eine Pflanzung mit *Carex gracilis* / Schlanksegge. Sie wurde hier zum zusätzlichen Schutz in ein Strukturgewebe gepflanzt.

Durch ein Hochwasser wurden Sedimente eingeschwemmt und mit ihnen Samen, die binnen kurzer Zeit zu einer Spontanvegetation führten.



Abbildung 5.1.2.2: Setzen von Schilfbällen 5 × 12 cm mit Hilfe eines Pflanzdorns.



Abbildung 5.1.2.3: Unmittelbar nach der Pflanzung.

Bei diesem Projekt soll sich der Schilfbestand wieder flächig schließen. Die Pflanzdichte beträgt hier 8 Pflanzen/Quadratmeter.

Da im wechselfeuchten Bereich etwas über der Wasserlinie die Anwuchschance höher ist, wurde der Großteil des Schilfs dort eingesetzt und nur ein kleiner Teil im Wasser selbst.

Im Flachwasserbereich könnten sich Algenwatten bilden, die sich dann in die Halme der frischen Pflanzung hängen könnten. Dies bedeutet nicht selten den Ausfall der gesamten Pflanzung.

Pflege

Pflegemaßnahmen sind bei einer Initialpflanzung mit Röhrichtballen nicht notwendig. Um den Erfolg sicherzustellen, sollte die Pflanzung aber regelmäßig auf Treibgut oder Anzeichen von Vertritt und Verbiss kontrolliert werden.

Kosten

Werden 5 Stk. Röhrichtballen (4 × 8 cm oder 5 × 12 cm) / m² gepflanzt, entstehen Kosten von ca. € 5,00–8,00 / m² (je nach Zugänglichkeit und Bodenbeschaffenheit).

Für welche Topfqualität man sich auch entscheidet: Ausschlaggebend ist immer die Vitalität (Entwicklung der oberirdischen Blattmasse) der Pflanzen und ein gut entwickelter Ballen mit ausgebildeten, kräftigen vegetativen Vermehrungsorganen (Ausläufer, Rhizome).

Bewertung für die Praxis

Die Verwendung von Einzelpflanzen ist eine preiswerte und einfache Methode der gelenkten Standortentwicklung. Gegenüber einer natürlichen Sukzession entsteht ein oftmals entscheidender Wuchsvorsprung.

5.2 Mäßige Belastung

Zunächst müssen geeignete Anwuchsbedingungen für Röhricht geschaffen werden. Da eine Röhrichtpflanzung nur im Bereich + 15 cm bis max. –30 cm erfolgreich ist, sollte die Böschung in diesem Bereich durch eine Berme gegliedert sein.

Die Unterwasserböschung sollte bis 100 cm Wassertiefe flach ausgezogen werden (Neigung 1 : 5 oder flacher).

Wichtige Faktoren:

- **Windstreichfläche**

Die Windstreichfläche beträgt 25 m–50 m.

- **Uferböschung**

Die Neigung der Uferböschung liegt zwischen 1 : 4 und 1 : 3.

- **Submerse Uferböschung**

Die Neigung der submersen Uferböschung liegt zwischen 1 : 10 und 1 : 5.

- **Wellenhöhe**

Auflaufende Wellen haben Höhen von 10–20 cm.

- **Kaum Vertritt/Verbiss**

Es findet kaum eine zusätzliche Belastung durch Vertritt oder Verbiss von Pflanzen statt.

- **Kein Bootsverkehr**

Es findet keine zusätzliche Belastung durch Bootsverkehr statt.

- **Zeitweise schattiger Standort**

Röhrichtwachstum kann durch zeitweilige Beschattung eingeschränkt sein.

5.2.1 Röhricht-Topfballen mit Abdeckung aus Kokosgewebe

Sind Einzelpflanzen hydraulischer Belastung ausgesetzt, kann eine zusätzliche Sicherung notwendig sein. Einzelne Pflanzen können mit Steinen geschützt werden oder durch eine Abdeckung der Pflanzfläche mit einem Kokosgewebe.



*Abbildung 5.2.1.1
Anlage einer Berme. Zum See
hin wurden Röhrichtmatten
zum Dämpfen der Wellen
verwendet. Der Flachwasser-
bereich im Vordergrund
wurde mit einem Kokosgewe-
be gesichert. Durch dessen
Maschen sind die Röhricht-
Topfballen gesetzt worden.*

5.2.2 Soden

Werbung und Pflanzung

Wenn möglich werden Soden vor Ort geworben. Der optimale Zeitraum der Gewinnung ist die Vegetationsruhe. Die Abmessungen ergeben sich aus der Gewinnungstechnik. Beim manuellen Werben mit dem Spaten sollte die Mindestgröße einer Sode $20 \times 20 \times 20$ cm (eine Spatenbreite) betragen.

Die Tiefe von 20 cm ist notwendig, da die wichtigen Ausläufer und Rhizome sich in dieser Tiefe befinden. Zum Setzen werden Pflanzlöcher so groß ausgehoben, dass die Soden mit dem umgebenden Niveau bündig abschließen.

Pflege

Pflegemaßnahmen sind bei einer Sodenpflanzung nicht notwendig. Um den Erfolg sicherzustellen, sollte die Pflanzung aber regelmäßig auf Treibgut oder Anzeichen von Vertritt und Verbiss kontrolliert werden.

Qualität

Wesentlich für die Qualitätsbeurteilung einer Sode sind die im gewonnenen Ballen enthaltenen Speicherorgane der Pflanzen (Rhizome, Ausläufer, Knollen u.ä), aus denen die neuen Triebe entstehen.

Kosten

Die Kosten variieren in Abhängigkeit von der Gewinnungstechnik und der Zugänglichkeit des Gewinnungsorts. Bei manueller Werbung mit dem Spaten ist mit Kosten von € 2,00–3,00 pro Sode zu rechnen. Bei schlechter Zugänglichkeit, nicht tragfestem Boden oder aufwändigem Transport vom Entnahme- zum Einbauort können die Kosten deutlich höher sein.

Bewertung für die Praxis

Vorteil dieser Methode ist, dass die Pflanzen sehr gut an den Standort angepasst sind. Zudem bilden die Soden eine kompakte Einheit von Wurzeln und Substrat und können nur schwer ausgespült werden.

Dem gegenüber stehen der große Arbeitsaufwand und die damit verbundenen hohen Kosten dieser Pflanzmethode.

Die Methode ist geeignet, um Pflanzenbestände zu nutzen, die im Zuge von anstehenden Baumaßnahmen ohnehin verschwinden würden. Ansonsten ist die Entnahme von Soden immer mit der Störung oder Zerstörung eines intakten Röhrichts verbunden.

5.2.3 Röhrichtmatten

Röhrichtmatten sind flächige Vegetationsträger, die über eine Vegetationsperiode vor-kultiviert werden.

Durch die Verwurzelung mit dem Trägermaterial entstehen kompakte Pflanzstreifen, die mit Holzkeilen oder durch Auflast (z. B. Steine) sicher festgelegt werden können. Eine genauere Beschreibung findet sich in Kapitel 3.3.



*Abbildung 5.2.3.1
Röhrichtmatten werden
aufgerollt angeliefert und
zwischengelagert. Die
Entwicklung von Wurzeln
und Ausläufern ist gut zu
erkennen.*

Einbauzeit

Röhrichtmatten können bei offenem Wetter ganzjährig eingebaut werden. Der optimale Zeitpunkt ist das Frühjahr, da die Pflanzen dann genügend Zeit haben anzuwachsen und sich noch in der ersten Vegetationsperiode auszubreiten.

Bei Pflanzungen ab Ende August werden die Röhrichtmatten nicht mehr im selben Jahr anwurzeln. Deshalb ist beim Arbeiten mit Röhrichtmatten außerhalb der Vegetationsperiode der sicheren Befestigung besondere Aufmerksamkeit zu schenken.



Abbildung 5.2.3.3: Röhrichtmatten werden an der Wasserlinie verlegt.

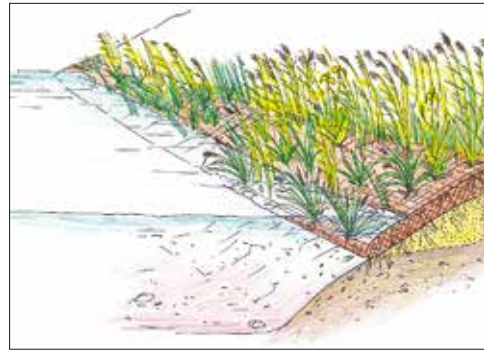


Abbildung 5.2.3.4: Prinzipskizze zu einem Einbau an einem steileren Uferbereich.



Abbildung 5.2.3.5: Einbau von Röhrichtmatten im Herbst bei abgesenktem Wasserstand.



Abbildung 5.2.3.6: Entwicklung des Standorts im Sommer des darauf folgenden Jahrs.

Pflegemaßnahmen sind bei der Verwendung von Röhrichtmatten nicht notwendig. Um den Erfolg sicherzustellen, sollte die Pflanzung aber regelmäßig auf Treibgut oder Anzeichen von Vertritt und Verbiss kontrolliert werden.

Um den Austrieb im zweiten Jahr zu erleichtern und die dauerhafte Etablierung des Röhrichts zu gewährleisten, kann im zeitigen Frühjahr das abgestorbene Laub von dichten Seggenbeständen (bes. bei *Carex gracilis*/Schlanksegge) heruntergeschnitten werden. Bei Schilfpflanzungen kann ein Schnitt im Frühjahr den Austrieb der Pflanzen fördern.

Qualität

Eine gut entwickelte Röhrichtmatte hat an der Unterseite eine flächige und dichte Bewurzelung. Alle auf der Matte verwendeten Arten weisen eine artspezifische Ausläuferbildung auf.

Kosten

Die Kosten für Röhrichtmatten inklusive Befestigungsmaterial und Einbau belaufen sich auf ca. € 18,00–25,00 / m².

Bewertung für die Praxis

Röhrichtmatten gewährleisten einen sofortigen, flächigen Erosionsschutz. Sie sind im Sicherungseffekt einer Einzelpflanzung überlegen. Mit der Auswahl geeigneter Röhrichtarten wird die Böschung / submerse Berme gut durchwurzelt und langfristig vor Erosion geschützt.

Je nach Exposition des Ufers ist eine mögliche Beschattung des Pflanzbereichs durch am Ufer stehende Bäume zu berücksichtigen und die Artenauswahl in dieser Hinsicht zu treffen.

Die nachfolgenden Beispiele zeigen die Verwendung von Röhrichtmatten an verschiedenen Stillgewässern.

Bauen mit Röhrichtmatten, Beispiel 1

Der Teich in der Abbildung 5.3.2.7 hat eine Folienabdichtung. Die Ufer sind mit einem Wirtvlies ausgelegt, in dem sich aber kein Boden und Pflanzen halten konnten. Entsprechend war der Ufersaum vegetationsfrei und trennte als schwarzer Streifen Wasserkörper und Umgebung von einander.



Abbildung 5.2.3.7



Abbildung 5.2.3.8



Abbildung 5.2.3.9

Die Lücke in der Wasserwechselzone wurde mit Röhrichtmatten geschlossen. Da die Röhrichtmatten direkt auf der Folie und dem Wirtvlies ausgelegt wurden, sind zum Festlegen statt Holzkeilen Steine verwendet worden.

Die Abbildung 5.2.3.7 zeigt die Ausgangssituation, Abbildung 5.2.3.8 die Entwicklung im zweiten Jahr nach der Pflanzung und Abbildung 5.2.3.9 die Situation nach 10 Jahren. Der Pflanzenbestand und die Artenzusammensetzung haben sich kaum verändert. In Uferbereichen, die nicht zielgerichtet bepflanzt wurden, hat sich auch nach 10 Jahren auf Folienabdichtung und Wirtvlies noch keine schützende Vegetation entwickeln können.

Bauen mit Röhrichtmatten, Beispiel 2

Abbildung 5.2.3.10 zeigt ebenfalls einen Teich mit Foliendichtung. Da die Uferberme beim Bau zu tief angelegt wurde, musste vor dem Auslegen der Röhrichtmatten der Pflanzbereich mit Schotter bis knapp unter den Wasserspiegel aufgehöhht werden.



Abbildung 5.2.3.10



Abbildung 5.2.3.11

Die Abbildung links zeigt die Situation nach Einbau der Röhrichtmatten im Februar und die Abbildung 5.2.3.11 die Entwicklung im Juli desselben Jahres. Die Röhrichtmatten wurden bewusst „auf Lücke“ zum Ufer verlegt, um eine Ausbreitung der Pflanzen von der Matte zu allen Seiten zu ermöglichen.

Bei diesem Projekt handelt es sich um einen Teich in einem Golfplatz. Die Anlage einer Röhrichtzone hat hier nicht nur eine gestalterische Funktion; gleichzeitig soll die Wasserqualität verbessert werden. Hierfür sind die vielfältigen biologischen Aktivitäten, die sich in diesem Bereich entwickeln, von entscheidender Bedeutung.

Auch gelangt das nährstoffreiche Oberflächenwasser bei Regenereignissen nicht direkt in die Freiwasserzone, sondern wird ufernah „behandelt“.

Bauen mit Röhrichtmatten, Beispiel 3

Die Rasenfläche des Parks in der Abbildung 5.2.3.12 ging mit einer kleinen Erosionsstufe in den Teich über. Spontan konnte sich über lange Zeit kein standorttypisches Röhricht entwickelt. Das Ufer sah monoton aus und war einer fortschreitenden Erosion ausgesetzt. Diese Situation ist typisch für viele innerörtliche Parkgewässer.



Abbildung 5.2.3.12



Abbildung 5.2.3.13



Abbildung 5.2.3.14

In diesem Fall wurde die Böschung etwas abgeschrägt, mit Substrat unterfüttert und mit Röhrichtmatten belegt. So entstand aus dem monotonen Ufer mit wenig Aufwand

ein röhrichtbestandener Gewässersaum. Das pflanzenbestandene Ufer verbessert die Teichökologie und trägt zur Steigerung des Erholungs- und Freizeitwertes der Parkanlage bei. Abbildung 5.2.3.14 zeigt „trennscharf“, dass ohne unterstützende Maßnahmen der Röhrichtbereich sich nicht spontan ausbreitet.

Bauen mit Röhrichtmatten, Beispiel 4

Die relativ flache Unterwasserböschung in der Abbildung 5.2.3.15 ermöglichte es, einen breiten Flachwasserbereich auszubilden. Die rot markierten Pfähle zeigen das Ende der Flachwasserzone, die bis zu 10 Meter tief in das Gewässer hinein gestaffelt ist.



Abbildung 5.2.3.15



Abbildung 5.2.3.16

Das Ufer hat sich wenige Monate nach dem Verlegen der Röhrichtmatten stabilisiert und wird auf eine ökologisch und gestalterisch hochwertige Weise gesichert. Die sich schließende Grasnabe (rechts) ist ein deutlicher Hinweis, dass durch den nun fehlenden, direkten Zugang an das Wasser der Vertritt durch Wasservögel unterbleibt.

Bauen mit Röhrichtmatten, Beispiel 5

Abbildung 5.2.3.17 zeigt ein teilerodiertes Ufer. Hier standen im Uferbereich noch einige Pflanzenbestände aus einer vorherigen Pflanzung. Das Ufer war allerdings so steil und teilweise unterspült, dass sich die Hochstaudenrudimente langsam auflösten und langfristig durch Erosion zu einem vegetationslosen Ufer geführt hätten.



Abbildung 5.2.3.17



Abbildung 5.2.3.18

Hier wurde die Böschung neu aufgebaut und mit Röhrichtmatten belegt. Nach einem Jahr ist der Bestand gut entwickelt (Abbildung 5.2.3.18).

5.2.4. Röhrichtwalzen

Nicht überall steht ausreichend Platz zur Verfügung, um die Uferböschung flach zu profilieren.

Fällt die Unterwasserböschung steil ab, können Röhrichte nur in einem schmalen Saum wachsen.

An diesen Stellen sind Röhrichtwalzen eine sinnvolle Lösung. Sie stabilisieren die Uferlinie und schaffen einen schmalen Röhrichtsaum. Eine ausführliche Beschreibung von Röhrichtwalzen findet sich unter 3.8.

Einbau

Röhrichtwalzen werden so positioniert, dass die Oberkante ca. 5–10 cm über der Mittelwasserlinie liegt. Wichtig ist, dass beim Einbau unter der Walze keine Hohlräume bleiben. Auskolkungen und Untiefen sind vor dem Einbau der Röhrichtwalzen z. B. mit Steinen oder Buschfaschinen auszugleichen.

Wasserseitig werden Röhrichtwalzen durch Holzpfähle festgelegt. Der Abstand zwischen den Pfählen beträgt im Normalfall ca. 80 cm. Eine Länge von 1 m und ein Pfahldurchmesser von 5–6 cm im Zopf sind in den meisten Fällen ausreichend. Bei nicht standfestem Boden oder hohem Böschungsdruck können längere und dickere Pfähle notwendig sein. Wo es möglich ist, werden die Pfähle unter dem Netzschlauch in den Untergrund geschlagen. Netzschlauch und Pfahl werden dann mit einer Krampe verbunden. Für einen festen Sitz des Böschungsfußes werden die Pfähle noch einmal nachgeschlagen.

Landseitig verbleibende Lücken zwischen der Röhrichtwalze und der Böschung werden mit Boden hinterfüllt und verdichtet. Steht ausreichend Platz zur Verfügung, kann die Böschung abgeflacht werden, um eine Ausbreitung des Röhrichts aus der Walze heraus zu erleichtern.

In der Praxis haben sich Röhrichtwalzen mit Durchmessern von 20 cm und 30 cm bewährt. Bei größeren Höhen ist es sinnvoll, mehrere Lagen (schräg) übereinander anzuordnen.

Einbauzeit

Röhrichtwalzen können bei frostfreiem Wetter ganzjährig eingebaut werden.

Bepflanzung

Röhrichtwalzen sind zum Zeitpunkt des Einbaus bereits mit Röhricht bewachsen und vollständig durchgewurzelt.

Für verschiedene Anwendungsbereiche stehen Röhrichtwalzen mit unterschiedlichen Pflanzschemata zur Verfügung. Die jeweilige Artenzusammenstellung berücksichtigt unterschiedliche Wuchsorte und Standortbedingungen. Standardmäßig angebotene Röhrichtwalzen sind mit Röhrichtarten vorkultiviert, die sich bei ingenieurb biologischen Befestigungen bewährt haben.

Die Abbildung 5.2.4.1 zeigt exemplarisch den Pflanzplan einer Röhrichtwalze. Die Arten und deren Anteile an der Bepflanzung sind auf ein besonntes Seeufer zugeschnitten. Durch die Verwendung von Blutweiderich und Sumpfschwertlilie wird dieses Pflanzschema auch gesteigerten gestalterischen Anforderungen eines innerörtlichen Ufers gerecht.

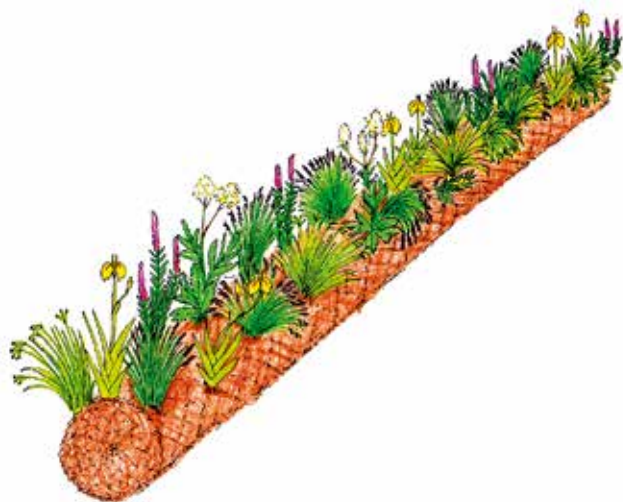


Abbildung 5.2.4.1
 Beispiel einer Bepflanzung einer
 Röhrichtwalze

30 % *Scirpus lacustris*
 30 % *Iris pseudacorus*
 30 % *Carex gracilis*
 10 % *Lythrum salicaria*

Pflege

Röhrichtwalzen sind pflegefrei; eine Mahd der Böschung sollte nicht öfter als zweimal jährlich erfolgen.

Kosten

Ohne Nebenarbeiten sind für Röhrichtwalzen mit 20 cm Durchmesser € 13,00–20,00 / m anzusetzen; für Röhrichtwalzen mit 30 cm Durchmesser sind etwa € 15,00–25,00 / m zu kalkulieren.

Bei der Verwendung von unbepflanzten Kokoswalzen können vom Einbaupreis ca. € 4,00 abgezogen werden. Allerdings müssen Kokoswalzen in der Wasserwechselzone nach dem Einbau bepflanzt werden, um langfristig eine Uferbefestigung sicherstellen zu können.

Der große Vorteil der Röhrichtwalzen liegt in dem bereits zum Zeitpunkt des Einbaus kräftig entwickelten Röhrichtbestands, der die Walze vollständig durchwurzelt hat und nicht mehr ausgespült werden kann. Dies macht Röhrichtwalzen zu einer fachlich und ökonomisch interessanten Alternative zu anderen Techniken.

Bewertung für die Praxis

Röhrichtwalzen bieten einen sofortigen Erosionsschutz. Sie wirken als Filter und lassen sich durch ihre Flexibilität jeder Uferlinie anpassen. Die Vorbepflanzung mit standortgerechten Röhrichtarten bietet gegenüber anderen Techniken wie z.B. Einzelpflanzungen einen oft entscheidenden Wuchsvorsprung, der eine dauerhafte Ufersicherung einleitet.

Die Vorkultivierung macht die Verwendung von Röhrichtwalzen auch ökonomisch interessant: Der Zukauf und das Setzen der Pflanzen entfällt. Gleichzeitig wird Anwuchszeit gespart und die Gefahr von Pflanzausfällen minimiert. Teure Nachpflanzungen entfallen.

Bauen mit Röhrichtwalzen, Beispiel 1

Je nach Exposition des Ufers ist eine Beschattung des Pflanzbereichs durch am Ufer stehende Bäume zu berücksichtigen und die Artenauswahl entsprechend zu treffen. Die Abbildung 5.2.4.2 zeigt ein lückig mit Bäumen bestandenes Ufer, das langsam immer weiter unterspült wurde. Zur Sanierung wurde die neue Uferlinie in das Gewässer vorgezogen und durch eine Röhrichtwalze modelliert.



Abbildung 5.2.4.2



Abbildung 5.2.4.3



Abbildung 5.2.4.4

Für die Vorbepflanzung der Röhrichtwalzen wurden vor allem Sumpfschilf (*Carex acutiformis*) und Sumpfschwertlilie (*Iris pseudacorus*) verwendet, da beide Arten halbschattige Lichtverhältnisse tolerieren.

Der Bereich zwischen der neuen Uferlinie und dem alten Ufer wurde mit grobem Kies aufgefüllt. So können sich die Pflanzen aus der Röhrichtwalze in den feuchten Kies ausbreiten. Abbildung 5.2.4.3 zeigt die Entwicklung im nächsten Jahr.

Abbildung 5.2.4.4 zeigt einen anderen Uferabschnitt, der stärker besonnt ist und an dem sich die Röhrichte schneller entwickelt haben.

Bauen mit Röhrichtwalzen, Beispiel 2

Viele Gewässer innerstädtischer Parkanlagen sind früher mit Bongossi-Flechtmatten befestigt worden, Inzwischen sind diese Gewässereinfassungen abgängig und oft nur noch in Resten vorhanden. Alte Pfahlreihen (s. Abbildung 5.2.4.5), die oft als Grundlage für das neu aufzubauende Ufer dienen können, markieren den ehemaligen Uferverlauf.



Abbildung 5.2.4.5

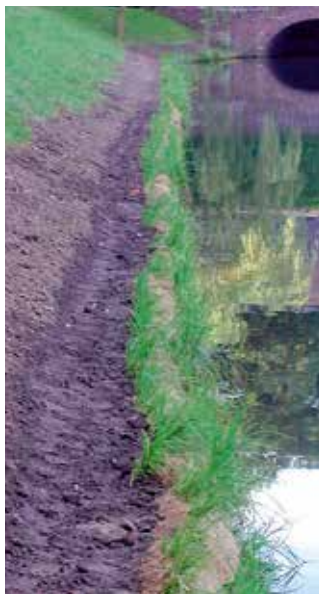


Abbildung 5.2.4.6



Abbildung 5.2.4.7

Oft ist es notwendig, Untiefen z.B. durch eine unter Wasser einzubauende Kokoswalze auszugleichen. Darauf werden die Röhrichtwalzen entlang der Pfahlreihe eingebaut. Landseitig verbleibende Lücken aufgefüllt, profiliert und angesät (s. Abbildung 5.2.4.6).

Abbildung 5.2.4.7 zeigt die Entwicklung des Ufers zwei Jahre nach der Sanierung. Die Bepflanzung der Röhrichtwalze (hier insbesondere *Carex gracilis*/Schlanksegge) hat sich ausgebreitet und vollständig den Schutz des Ufers übernommen.

Bauen mit Röhrichtwalzen, Beispiel 3

Mit Zunahme der Gewässergröße nimmt auch die Windstreichfläche zu. Dementsprechend sind die Ufer stärkeren Belastungen durch Wellenauflauf ausgesetzt. Im Beispiel oben erreichen Röhrichtwalzen ohne zusätzliche wellendämpfende Strukturen ihre Einsatzgrenzen. Denn die Kokosfaser der Röhrichtwalzen unterliegt einem biologischen Abbauprozess. Unter mäßiger Belastung können die Pflanzenentwicklung und der Zuwachs an Biomasse den Abbau der Fasern kompensieren und die Ufersicherung dauerhaft gewährleisten.



Abbildung 5.2.4.8



Abbildung 5.2.4.9



Abbildung 5.2.4.10

In Bereichen mit starker hydraulischer Beanspruchung sind die Grenzen für eine einfache Röhrichtwalze überschritten:

Der Standort zeigt nach der Bepflanzung (Abbildung 5.2.4.8) und Profilierung der Böschung eine gute Entwicklung des Röhrichts im ersten Jahr (Abbildung 5.2.4.9). Die Abbildung 5.2.4.10 zeigt die Situation nach 10 Jahren. Auf den ersten Blick erscheint das Ufer dicht bewachsen. Eine genaue Betrachtung zeigt Lücken zwischen den Pflanzen, die in den nächsten Jahren zu deutlichen Erosionserscheinungen führen können. Es zeigt sich, dass bei größeren hydraulischen Belastungen die Pflanzen den Standort alleine nicht halten können.

An solchen Standorten benötigen ingenieurblogische Pflanzungen eine zusätzliche, permanente Sicherung in Form eines Wellenbrecher. Oder man greift auf ingenieurblogische Techniken zurück, die keinem oder nur einem sehr geringen biologischem Abbau unterliegen (5.2.5 und 5.2.6).

5.2.5 Xylitwalzen

Wie bereits in Kapitel 3.7 ausgeführt, sind Xylitwalzen wie die Röhrichtwalzen zylindrische Baukörper. Der Durchmesser von Xylitwalzen beträgt 25 cm. Eine Xylitwalze in der Standardlänge von 2 m wiegt etwa 40 kg gegenüber 15–18 kg bei einer Kokoswalze (jeweils Trockengewicht, unbepflanzt).

Diese Zahlen charakterisieren die Xylitwalze als ein deutlich schwereres Bauelement im Vergleich zur Kokoswalze. Der entscheidende Vorteil gegenüber Kokos- und Röhrichtwalzen für den Einsatz an stärker belasteten Ufern liegt in der hohen Standzeit der Faser, die bei mehreren Jahrzehnten liegt.

Somit verbindet Xylit als natürliche Faser Vorteile wie Besiedelbarkeit und Durchgängigkeit für Organismen mit einer dauerhaften Resistenz gegen hydraulische Belastungen und einer hohen Lebensdauer der Walze.

Da sie kaum teurer als Kokoswalzen sind, werden sie zunehmend zum Uferschutz verwendet und ersetzen die traditionelle Kokoswalze.

Einbauzeit

Xylitwalzen können ganzjährig und auch bei Frost eingebaut werden. Da oft anhängende, ingenieurbioologische Arbeiten aber frostfreies Wetter benötigen, ist die Koordination mit diesen Gewerken zu berücksichtigen.

Bepflanzung

Neben der hohen Standzeit hat Xylitfaser positive Auswirkungen auf die Wasserqualität. Xylit ist in großem Maße fähig, dem Wasser gelöste Nährstoffe zu entziehen und diese zu speichern.

Xylitwalzen werden im Normalfall unbepflanzt eingebaut. Würden Xylitwalzen vorkultiviert eingebaut werden, wären sehr hohe Düngegaben erforderlich.

Um die volle Aufnahmekapazität der Xylitfaser für gelöste Nährstoffe zu erhalten und erst am Einbauort zu nutzen, werden sie nach dem Verlegen bepflanzt.

Hierzu werden Topfballen 4 × 8 cm in die Walze und in das Substrat der Böschung landseitig hinter der Walze gepflanzt. Durch die Wurzelentwicklung verklammert das Röhricht rasch die Xylitwalze mit der dahinter liegenden Böschung.

Pflege

Eine Pflege ist nicht notwendig.

Kosten

Eine Xylitwalze kostet pro Meter eingebaut zwischen € 18,00 und € 28,00.

Bewertung für die Praxis

Mit ca. 20 kg/m sind die Xylitwalzen ein dauerhaftes, technisches Element zum Schutz des Böschungsfußes und der Mittelwasserlinie.

Die Faserstruktur des Xylits bietet Organismen eine große besiedelbare Oberfläche. Mit Xylitwalzen befestigte Ufer verfügen über eine große Rauigkeit, erlauben Wandlungsbewegungen und erfüllen die Anforderungen der EWRRL.



Abbildung 5.2.5.1: Xylitwalze 3 Jahre nach dem Einbau. Es entwickelt sich langsam eine Spontanvegetation.

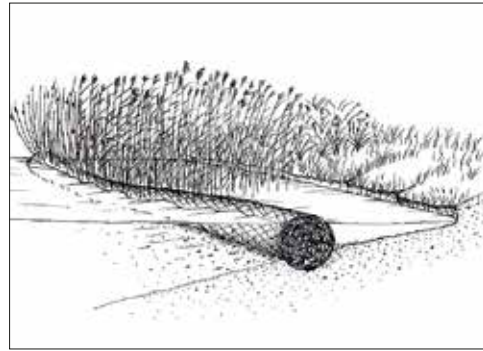


Abbildung 5.2.5.2: Prinzipskizze. Xylitwalzen können auch etwas vor die Uferlinie gesetzt werden. Zwischen Walze und Ufer kann sich dann eine geschützte Röhrichtzone entwickeln.



Abbildung 5.2.5.3



Abbildung 5.2.5.3

Der Einbau von Xylitwalzen erfolgt analog dem von Kokos- und Röhrichtwalzen. Dank des geringen biologischen Abbaus und der langen Standzeit der Xylitfaser lassen sich der Einbau der Walzen und eine nachfolgende Bepflanzung zeitlich trennen:

So kann z. B. die eigentliche Uferbefestigung mit Xylitwalzen im Winter ausgeführt werden. Auf eine gezielte Bepflanzung wird zunächst verzichtet, um die Entwicklung der natürlichen Sukzession abzuwarten. Ergibt sich nach einer festgelegten Zeit kein gestalterisch ansprechendes Bild, wird die Röhrichtentwicklung durch eine Initialbepflanzung eingeleitet. So zeigt die Abbildung 5.2.5.4 die Entwicklung einer Initialpflanzung zwei Jahre nach Abschluss der Arbeiten.

5.2.6 Steinwalzen

Steinwalzen unterliegen keinen biologischen Abbauprozessen. Der Netzschlauch der Steinwalzen ist langfristig UV-stabilisiert. Da Steinwalzen unter Wasser oder im Bereich der Wasserlinie verwendet werden, bleibt die äußere Armierung dauerhaft intakt.

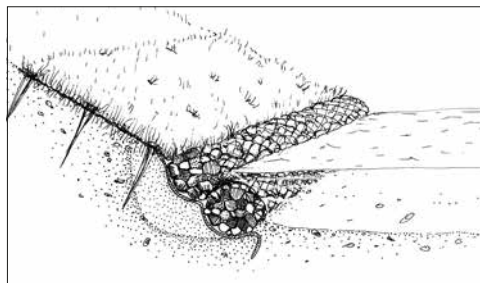


Abbildung 5.2.6.1: Zwei Steinwalzen schräg übereinander, darüber eine Gräsermatte.

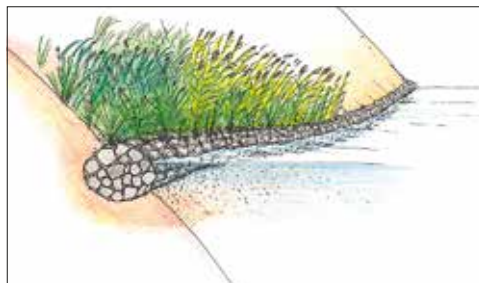


Abbildung 5.2.6.2: Steinwalze mit Röhrichtpflanzung oberhalb.

Steinwalzen können wasserseitig mit Holzpfählen festgelegt werden. Durch das Gewicht von über 100 kg/m (30 cm Nenndurchmesser) ist dies nur bei steilen Böschungen oder besonderen Belastungen auf der Böschungsschulter erforderlich.

Bei sehr erosionsanfälligem Substrat wie Schluffen kann zur Sicherheit die Filterkapazität der Steinwalze böschungsseitig durch ein Filtervlies erhöht werden. Schotterwalzen (Steinwalzen mit einer Steingröße von 32–64 mm und engerer Maschenweite) kommen dank der hohen Filterwirkung ganz ohne Vlies aus.

Um Kolke aufzufüllen oder größere Geländesprünge zu überwinden, werden zwei oder mehr Steinwalzen übereinander gelegt. Sie werden im Winkel von 10–15 Grad leicht versetzt übereinander eingebaut.

Wie bei den Kokos- und Röhrichtwalzen gilt auch für Steinwalzen, dass größere Geländesprünge flexibler und besser mit mehreren Walzen von 20 oder 30 cm Durchmesser überwunden werden als mit 40 cm Durchmesser.

Einbauzeit

Steinwalzen können ganzjährig und auch bei Frost eingebaut werden. Da oft anhängende, ingenieurbio-logische Arbeiten aber frostfreies Wetter benötigen, ist die Koordination mit diesen Gewerken zu berücksichtigen.

Bepflanzung

Steinwalzen werden nicht mit Pflanzen vorkultiviert. Eine Bepflanzung erfolgt vor Ort unmittelbar hinter der Steinwalze. Auf Übererdung und Ansaat kann häufig verzichtet werden. Steinwalzen käm-men durch die Rauigkeit der Steine Sediment aus dem Wasser und bieten gute Voraussetzungen für eine sukzessive Spontanbegrünung.

Pflege

Eine Pflege ist nicht notwendig.

Kosten

Eine Steinwalze kostet je nach Dimensionierung pro Meter eingebaut zwischen € 15,00 und € 30,00.

Bewertung für die Praxis

Steinwalzen sind flexibel und unverwüstlich. Bedenken bestanden lange Zeit bezüglich des optischen Eindrucks und der Begrünbarkeit. An stark belasteten Standorten ist bei der Steingröße 45 / 125 mm sowohl eine Spontanbegrünung als auch eine gezielte Bepflanzung schwierig. Steinwalzen können an solchen Stellen kahl bleiben.

Durch die Verfüllung mit einer Korngröße von 32 / 64 mm tritt dieses Problem in den sogenannten Schotterwalzen nicht mehr auf.



Abbildung 5.2.6.3



Abbildung 5.2.6.4

Unterstützt wird die Vegetationsentwicklung durch das Einschlämmen von Bodensubstrat. Diese Maßnahme fördert die Pflanzenansiedlung besonders an stehenden Gewässern, da anders als bei vielen Fließgewässern nur wenig Schwebfracht im Wasser suspensiert ist.

Bei dem oben in Abbildung 5.2.6.3 und 5.2.6.4 gezeigten Beispiel fand die Begrünung spontan statt. Allerdings existiert oberhalb der erodierten Uferlinie ein dichtes Röhricht, das sich dann binnen 2 Jahren in die Steinwalze ausbreiten konnte. So wurde an dem vormals erodierten Ufer wieder eine wertvolle und durchgängige Kontaktzone zwischen Wasser und Land geschaffen.



Abbildung 5.2.6.5



Abbildung 5.2.6.6



Abbildung 5.2.6.7

Entlang des Ufers in Abbildung 5.2.6.5 wurden die Steinwalzen ohne eine zusätzliche Pfahlreihe verlegt und an den Stößen miteinander verrödelt. Die zum Ufer verbleibende Lücke wurde hinterfüllt, die Steinwalzen wurden etwas übererdet. Regen und kleine Wellen haben das Substrat schnell in die Hohlräume der Steinwalzen eingespült.

Zum Abschluss sind auf der Böschung hinter den Steinwalzen Röhrichtmatten mit einem halben Meter Breite verlegt worden. Abbildung 5.2.6.7 zeigt, dass sich innerhalb von 2 Jahren ein dichtes Röhricht entwickelt hat, das auch in den Hohlräumen der Steinwalzen wächst. Die Steinwalzen sind allenfalls noch bei abgesenktem Wasserstand im Winter zu erkennen

Exkurs: Verbiss durch Wasservögel

Vertritt und Verbiss durch Wasservögel ist insbesondere an innerörtlichen Teichen ein häufig auftretendes Problem.

Ursache ist neben einer meist zu hohen Population an Wasservögeln das immer noch beliebte „Enten füttern“. Auch wenn dies an vielen innerstädtischen Gewässern inzwischen nicht mehr gern gesehen bzw. verboten ist, wird man es nie ganz unterbinden können. Auf verschiedene Maßnahmen zur Bestandsregulierung soll hier nicht näher eingegangen werden. Sie stehen im Spannungsfeld zwischen Notwendigkeit und emotionaler Domestizierung eigentlich wildlebender Tiere.

Im Schadbild kann man zwischen Beständen an Stockenten/Blesshühnern und Gänsen/Schwänen unterscheiden:

Bei Stockenten und Blesshühnern sind die Verbisschäden weniger gravierend als die Schäden durch Vertritt. Hier kann mit Zäunen lenkend eingegriffen werden. Beliebte Fütterungsstellen, deren Ufer entsprechend vertreten sind, lassen sich festlegen und seitlich begrenzen.



Abbildung 1



Abbildung 2

Die Abbildung 1 zeigt eine Abzäunung, wie sie sich bei Stockenten und Blesshühnern bewährt hat: Es ist ausreichend, einen Zaun zum Weg hin zu ziehen. Dadurch kommen Spaziergänger nicht direkt an das Wasser heran, um die Tiere zu locken. Das Röhricht, hier gepflanzt mit Röhrichtmatten, kann ungestört anwachsen und sich ausbreiten.

Leben an einem Gewässer Gänse oder Schwäne, ist mit massivem Verbiss zu rechnen, der Neuanpflanzungen innerhalb kurzer Zeit vollständig zerstören kann.

Da Gänse und Schwäne für ihren Start bzw. ihre Landung auf dem Wasser eine größere Strecke benötigen, meiden sie Abschnitte, die ihnen zu eng erscheinen.

In dem in Abbildung 2 gezeigten Beispiel wurde die Neuanpflanzung auf eine Breite von zwei Metern eingezäunt. Gänse und Schwäne meiden den bepflanzten Uferstreifen, so dass auf eine Überspannung des Bereichs verzichtet werden konnte.

Die Maschenweite eines herkömmlichen Zauns ist mit 50–100 mm als Schutz ausreichend. Es ist allerdings schon vorgekommen, dass Küken in den Maschen stecken geblieben sind. Um aufgeregte Reaktionen der Öffentlichkeit zu vermeiden, kann die Abspernung im unteren Bereich noch zusätzlich mit einem Karnickelzaun verdichtet werden.

Als Schutz gegen Vertritt durch Wasservögel würde ein Zaun mit 50 cm Höhe ausreichen. Da abgesperrte Bereiche aber auf einige Menschen eine große Anziehungskraft ausüben, sollten diese Zäune mindestens einen Meter hoch sein und oben mit einem Querholz gegen Niederdrücken und Niedertreten gesichert werden.



Abbildung 3



Abbildung 4



Abbildung 5

Eine gute Möglichkeit ist die Absperrung mit Gabionengittern. Sie werden in ca. 25 cm Höhe umgebogen und dann über die Neuanpflanzung gesetzt. Als Maschenweite wird am besten 50 mm × 100 mm gewählt. Die Abbildung 4 zeigt, dass die Pflanzen das Gitter mühelos durchwachsen: Die Abbildungen 3–5 stammen aus einer Vegetationsperiode und dokumentieren die Entwicklung von der Pflanzung im März bis zum August des Jahres.

Neben geeigneten Schutzmaßnahmen sei an dieser Stelle noch einmal auf die dem Vorhaben angemessene Qualität der verwendeten Pflanzen und Pflanzensysteme hingewiesen. Das verwendete Pflanzmaterial muss bereits gut entwickelte Rhizome bzw. Ausläufer aufweisen, aus denen sie nach einem eventuellen Verbiss nochmals austreiben können.

Zu Beeinträchtigungen wird es auch bei Schutzmaßnahmen kommen. Schwache und zu kleine Pflanzen haben dann keine Reserven und nur geringe Überlebens- und Entwicklungschancen.

Nähere Erläuterungen zu Pflanzenqualitäten sind im zweiten Kapitel dargestellt.

5.3 Mittlere Belastung

Bereits Gewässer mit mittlerer hydraulischer Belastung weisen häufig steile Uferabbrüche auf. Oft fehlt den Ufern eine Flachwasserzone, in der ein schützendes Röhricht wachsen könnte.

Es ist dann notwendig, zunächst eine flache Uferböschung bzw. eine submerse Berme aufzubauen, die bepflanzt werden kann. In vielen Fällen ist für die Entwicklung des Röhrichts ein zusätzlicher Schutz gegen Wellenschlag notwendig.

Da die beschriebene Situation typisch für viele Gewässer ist, stehen in diesem Kapitel die Herstellung und der Schutz submerse Bermen und Ufervorschüttungen im Mittelpunkt.

Wichtige Faktoren:

- **Windstreichfläche**
Die Windstreichfläche beträgt > 50 m.
- **Uferböschung**
Die Neigung der Uferböschung liegt zwischen $1 : 3$ und $1 : 2$.
- **Submerse Uferböschung**
Die Neigung der submersen Uferböschung liegt zwischen $> 1 : 5$ und $< 1 : 3$.
- **Wellenhöhe**
Auflaufende Wellen haben Höhen von $20 - 30$ cm.
- **Deutlicher Vertritt/Verbiss**
Es findet deutliche Belastung durch Vertritt oder Verbiss von Pflanzen statt.
- **Freizeitschiffahrt**
Es findet eine zusätzliche Belastung vorwiegend durch Motor- und Sportbootsverkehr statt.
- **Halbschattiger Standort**
Röhrichtwachstum ist durch Lage im Halbschatten nur eingeschränkt möglich.

Bauweisen

Voraussetzung für die Entwicklung eines schützenden Röhrichts ist die Schaffung geeigneter Wuchsbedingungen. Da eine Röhrichtpflanzung nur im Bereich $+ 15$ cm bis maximal $- 30$ cm erfolgversprechend ist, muss die Böschung in dieser Höhe zum Wasserspiegel durch eine Berme strukturiert sein. Davor sollte die Unterwasserböschung bis in eine Tiefe von etwa 100 cm Wassertiefe flach ausgezogen werden (Neigung $1 : 5$ oder flacher).

Eine wasserseitige Begrenzung kann durchgeführt werden mit folgenden Maßnahmen:

- Vorschüttung
- Steinschüttung
- Kokoswalzen
- Xylitwalzen
- Steinwalzen

5.3.1 Vorschüttung/Schüttkegel

Oft steht nicht genügend Platz zur Verfügung, um das Ufer landseitig flach zu profilieren. Hier bietet der Aufbau einer Berme durch eine Ufervorschüttung eine praktikable und unkomplizierte Lösung.

Je nach Exposition zum Wellenauflauf und verwendetem Substrat werden sich unterschiedliche Neigungen des submersen Schüttkegels einstellen (s. Abbildung 5.3.1.2):

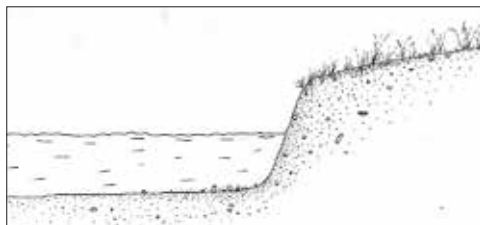


Abbildung 5.3.1.1

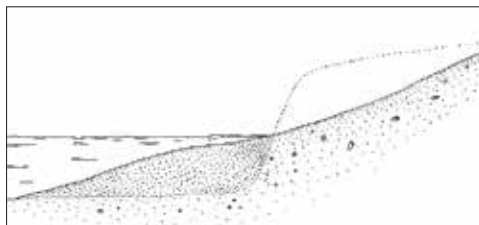


Abbildung 5.3.1.2

Sandige Substrate bilden unter Wasser Neigungen von 1 : 5 bis 1 : 10 aus. Wird kiesiges Material verwendet, kann auch eine Neigung von 1 : 5 stabil sein. In der Praxis ist es aber oftmals schwierig, die Neigung einer stabilen, submersen Böschung zu prognostizieren. Je nach Gewässertiefe werden infolge Abdrift und Teilchensuspension für Vorschüttungen große Mengen Substrat benötigt.

Meist ist es technisch und ökonomisch sinnvoller, eine feste submerse Begrenzung der Berme anzulegen (s. auch 5.3.2).

5.3.2. Steinschüttung

Steinschüttungen werden häufig als wasserseitige Begrenzungen zum Aufbau submerser Bermen verwendet (s. Abbildung 5.3.2.1).

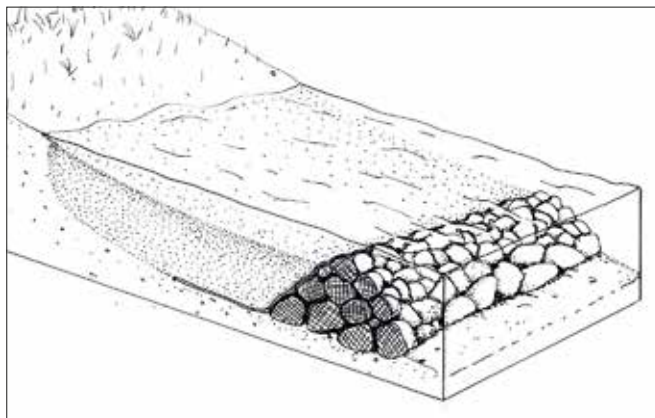


Abbildung 5.3.2.1
Schematische Darstellung eines Steinwalls zur Begrenzung einer submersen Berme. Je größer die verwendeten Steine sind, desto eher lässt sich ein steiler Steinsatz verwirklichen.

Das Beispiel in Abbildung 5.3.2.2 zeigt eine Berme, die durch eine Steinschüttung begrenzt wird. Hier wurden Steine mit 10 cm Kantenlänge und größer verwendet. Die obere Lage bildet lokales Bodensubstrat, das mit Röhrichtmatten bepflanzt wurde (Abbildung 5.3.2.3).



Abbildung 5.3.2.2



Abbildung 5.3.2.3

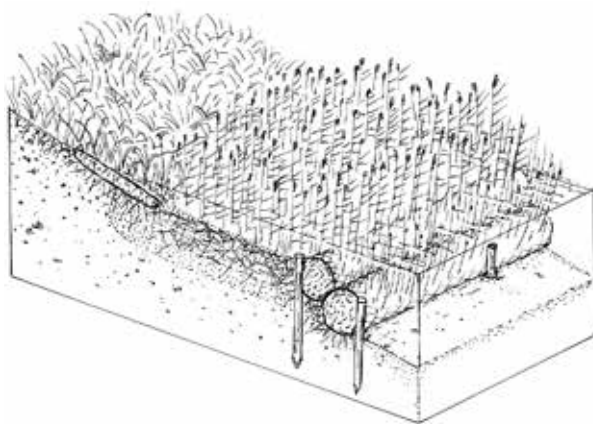


Abbildung 5.3.2.4
Der Klärteich ist als Folienteich angelegt. Um auf der glatten Folie eine breite Pflanzzone zu sichern, wurde das Ufer entsprechend flach profiliert und die Sumpfzone durch eine Verwallung mit Schottern gesichert.



Abbildung 5.3.2.5
Wenn größere Steine verfügbar sind, können diese für den Aufbau eines massiven Wellenbrechers verwendet werden. Das Substrat der Flachwasserzone kann z. B. durch einen kornabgestuften Aufbau vor einer Ausspülung durch die Lücken zwischen den großen Steinen gesichert werden.

5.3.3 Kokos-/Röhrichtwalzen



*Abbildung 5.3.3.1
Die Skizze zeigt den Aufbau einer kompletten Ufersicherung: Kokoswalzen begrenzen die Pflanzberme zur Wasserseite und sorgen für eine Wellenberuhigung. Die Berme ist mit Röhrichtmatten und Einzelpflanzen bepflanzt.*



Abbildung 5.3.3.2



Abbildung 5.3.3.3



Abbildung 5.3.3.4

Abbildung 5.3.3.2 zeigt einen typischen Uferverbau aus Bongossi-Flechtmatten. Diese Art der Einfassung wird heute nur noch an historischen Wasserläufen – mit Eichen- oder Lärchenbrettern – eingesetzt.

Neben dem Problem der Verwendung tropischer Hölzer sind die senkrecht aus dem Wasser ragenden Bongossi-Flechtmatten für viele Tiere ein unüberwindbares Hindernis. Diese Uferbefestigung erfüllt nicht die zentrale Forderung des Naturschutzes nach Durchgängigkeit und Passierbarkeit der wichtigen Kontaktzone zwischen Wasser und Land.

In diesem Fall entschied man sich für einen vollständigen Rückbau der alten Befestigung (s. Abbildung 5.3.3.3). Danach wurde eine etwa 5 Meter breite Flachwasserzone (Wassertiefe ca. 10–15 cm) mit einem Schotter der Körnung 32/64 dem Ufer vorgeschüttet. Als wasserseitige Begrenzung der submersen Berme kamen Röhrichtwalzen zum Einsatz.

Abbildung 5.3.3.5 zeigt die Berme mit den frisch verlegten Röhrichtmatten. Gut ist die Breite der Berme zu erkennen, die sich zu einem ausgedehnten Röhricht entwickeln wird.



Abbildung 5.3.3.5



Abbildung 5.3.3.6

Die Röhrichtpflanzung hat sich bereits im ersten Jahr sehr gut entwickelt. In Abbildung 5.3.3.5 ist die wasserseitig verlegte Röhrichtwalze noch zu erkennen.

Das tief gestaffelte Röhricht ist nun ein wirksamer Erosionsschutz. Noch wichtiger ist an dieser Stelle seine Bedeutung als Lebensraum für eine Vielzahl an Organismen und als „Kraftwerk“ zu Erhöhung der Selbstreinigungskraft des Teiches.

Abbildung 5.3.3.6 zeigt die Entwicklung 5 Jahre nach dem Einbau. Gut ist zu erkennen, dass durch die vegetationsfreundliche Bauweise auch für Gehölze gute Entwicklungsbedingungen geschaffen wurden: In den Randbereichen haben sich Erlen spontan angesiedelt. Mit der Zeit werden sie Teile des Röhrichts beschatten.

Entsprechend des langfristigen Entwicklungsziels wird dann korrigierend eingegriffen:

Um das Röhricht als hochaktiven Lebensraum für die Selbstreinigungskraft des Gewässers zu erhalten, werden die Gehölze alle 3–5 Jahr auf den Stock gesetzt. Gleichzeitig bleiben so die freie Sicht der Parkbesucher auf das Gewässer und der Charakter der Feuchtwiese in der baumbestandenen Umgebung des Parks erhalten.

5.3.4 Xylitwalzen

Xylitwalzen werden für Sicherungen an Abbruchufern genauso verwendet wie Kokoswalzen. Gegenüber den beliebten Kokoswalzen bieten sie eine Reihe von Vorteilen für Uferbefestigungen:

Xylitwalzen besitzen eine um ein Vielfaches längere Lebensdauer. Die Xylitfaser baut sich nur sehr langsam ab und bleibt als dauerhaftes Sicherungselement langjährig erhalten. Das kann Kokosfaser nicht. Je nach Trophiegrad des Gewässers kann Kokosfaser schon nach wenigen Jahren vollständig verrotten sein.

Darüber hinaus haben Xylitwalzen durch ihr höheres Gewicht (ca. 20 kg/m bei 25 cm Durchmesser) Vorteile bei technisch-konstruktiven Ufereinbauten. Kokoswalzen

sind dagegen auf eine rasche Besiedlung mit festigendem Röhricht ausgelegt und wiegen etwa 6–7 kg/m (30 cm Durchmesser).

Nicht vergessen werden darf die Fähigkeit der Xylitfaser, in hohem Maße gelöste Nährstoffe aus dem Wasser aufzunehmen. Auch wenn dies für eine Uferbefestigung nicht im Vordergrund steht, ist es ein wichtiger Nebeneffekt, da im Durchschnitt von nährstoffbegünstigten Standorten auszugehen ist.

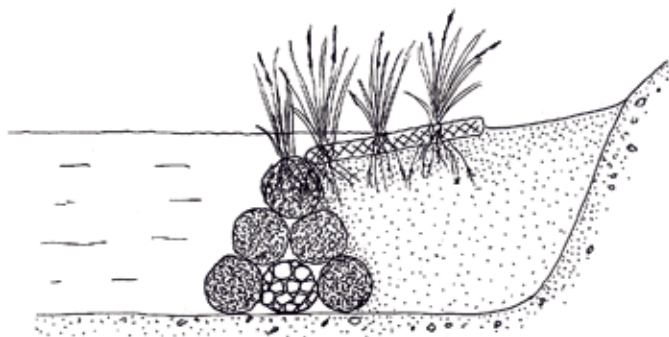


Abbildung 5.3.4.1
Schnitt der vormontierten
„Pyramiden-Konstruktion“.



Abbildung 5.3.4.2
Neu angelegte submerse
Berme.

In der Abbildung 5.3.4.2 wurden Xylitwalzen als Begrenzung einer submersen Berme verwendet. Da die Gewässersohle am Einbauort betoniert war, schied eine Fixierung der Walzen mit Pfählen aus. Stattdessen wurden eine „Pyramiden“-Konstruktion vorgefertigt abgesetzt (s. Abbildung 5.3.4.1).

Um sicher zu stellen, dass die Begrenzung beim Hinterfüllen des neuen Ufersubstrats nicht verschoben wird, wurde in der untersten Lage zusätzlich eine Steinwalze eingebaut.



Abbildung 5.3.4.3

Mit dieser Konstruktion war es möglich, ca. 60 cm Wassertiefe zu überwinden. Die Pflanzberme wurde danach mit Schotter 32/64 und in den obersten 5 cm mit Schotter 0/16 aufgebaut.

Die Bepflanzung wurde mit Röhrichmatten durchgeführt. Damit war sicher gestellt, dass schon im ersten Jahr eine geschlossene Bepflanzung entstehen konnte. Dies war nicht zuletzt wegen des hohen Bestandes an Wasservögeln notwendig.

Durch die Verwendung der Xylitwalzen stellte sich unmittelbar eine verbesserte Wasserqualität ein, die durch größere sommerliche Sichttiefen ins Wasser zum Ausdruck kommt.

Werden Xylitwalzen mit Pfählen festgelegt, sieht die Sicherung wie in der nebenstehenden Abbildung 5.3.4.4 aus.

Die Verwendung von zwei Xylitwalzen nebeneinander erfolgt hier zur Verbesserung der Wasserqualität. Für die Standsicherheit der Berme reicht eine Lage Xylitwalzen aus.

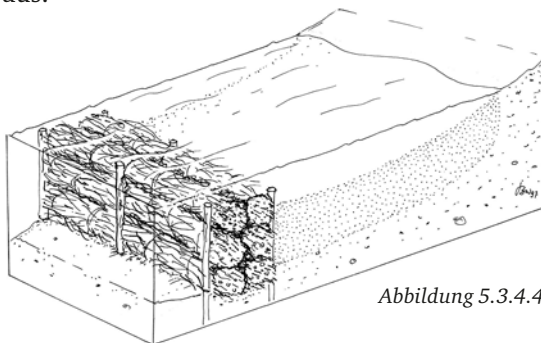


Abbildung 5.3.4.4

5.3.5 Steinwalzen

Steinwalzen sind in Stabilität und Wirksamkeit mit Steinschüttungen zu vergleichen, bieten aber eine Reihe von Vorteilen:

Für die gleiche Sicherung wird erheblich weniger Material benötigt. Steinwalzen werden in kompakten Einheiten von 1 m oder 2 m eingebaut. Entscheidend ist dies an schwer zugänglichen Stellen und in Bereichen, in denen ein Maschineneinsatz nicht möglich ist.

Mit Steinwalzen lassen sich auch bei steilen Unterwasserböschungen uferschützende Bermen aufbauen. Steinwalzen können zielgenau ins Wasser abgesenkt werden. Im Bereich des Wasserspiegels lässt sich eine wasserseitige Begrenzung einer Berme genau definieren.

Die Walzen werden in einer hochreißfesten und flexiblen Netzaarmierung vorgefertigt. Dadurch passen sie sich jedem Untergrund an und sind in allen erdenklichen Konfigurationen auslegbar.

Bei Bedarf können sie wieder aufgenommen und an anderer Stelle neu verlegt werden.

In wellenexponierten Bereichen werden Steinwalzen als seeseitige Begrenzung so angeordnet, dass sie aus dem Wasser herausragen. Der wellenberuhigte Bereich steht für die Entwicklung eines Röhrichts z. B. mit Röhrichtmatten zur Verfügung.



Abbildung 5.3.5.1

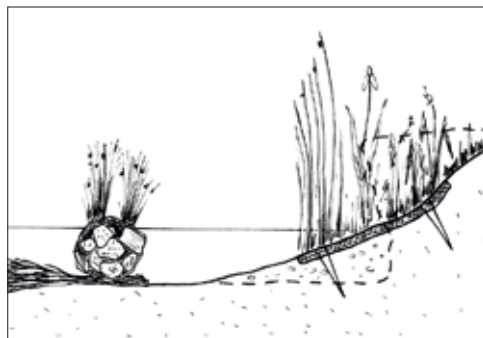


Abbildung 5.3.5.2

Die Abbildungen 5.3.5.1 und 5.3.5.2 zeigen, wie mit Hilfe von Wellenbrechern aus Steinwalzen am Ufer eine wellenberuhigte Zone zur Röhrichtentwicklung geschaffen wird:

Die bestehende Abbruchlinie wurde bei diesem Seeufer nicht angetastet. Ziel war es, davor in einer Flachwasserzone ein schützendes Röhricht zu entwickeln.

Auf der Abbildung 5.3.5.1 ist der Wasserstand etwas erhöht. Dadurch sind nur die Spitzen des Steinwalzensaums sichtbar und die wellenberuhigende Funktion temporär eingeschränkt.



Abbildung 5.3.5.3



Abbildung 5.3.5.4

In Abbildung 5.3.5.3 wird die Struktur deutlich: Bei Normalwasserstand ragen die Steinwalzen etwa 10–15 cm aus dem Wasser und schaffen im wellenberuhigten Ufer-saum gute Wuchsbedingungen für die ausgerollten Röhrichtmatten. Die Vegetations-entwicklung profitierte in diesem Fall von vor Ort noch vorhandenen Röhrichtresten (in der Abbildung am Ufer).

Im Schutz der Steinwalzen konnte sich das Röhricht schnell ausbreiten. Schon im 2. Jahr nach der Pflanzung (Abbildung 5.3.5.4) hat sich ein geschlossener Röhrichtgürtel etabliert.



Abbildung 5.3.5.5



Abbildung 5.3.5.6

Die Abbildungen 5.3.5.5 und 5.3.5.6 zeigen den Neuaufbau eines erodierten Ufers in einem Park. Hier wurde die submerse Uferböschung durch mehrere Steinwalzen-lagen übereinander abgetrepppt.

Die Bepflanzung mit Röhrichmatten im Bereich der Wasserlinie hat sich auch hier bewährt. Das sich entwickelnde Röhrich steht in einem Kontrast zum gemähten Rasen der angrenzenden Parkfläche.

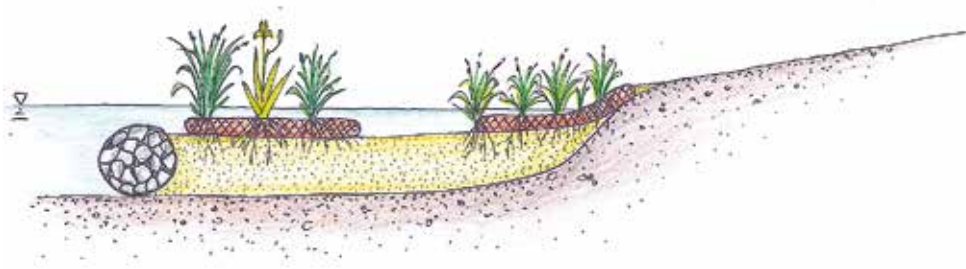


Abbildung 5.3.5.7: Prinzipdarstellung Ufersicherung und Anpflanzung.

Ein abschließendes Beispiel zu Baumethoden mit Steinwalzen.

Die Ausgangssituation ist typisch für viele innerörtliche Teiche und Seen. Die Uferbereiche sind weitestgehend vegetationslos. Das Ufer ist teilweise unterspült und weist einen Höhengsprung von etwa 100 cm auf. Es besteht ein Geländesprung von bis 50 cm zum Wasser und noch einmal 50 cm von Wasserlinie bis zur Gewässersohle.



Abbildung 5.3.5.8



Abbildung 5.3.5.9

Für die Neuanlage des Ufers wurde der Wasserstand um etwa 15 cm abgesenkt und eine lückige Pfahlreihe gedrückt (Abbildung 5.3.5.9). Dahinter wurden Steinwalzen verlegt und die Lücken mit Erde aufgefüllt.

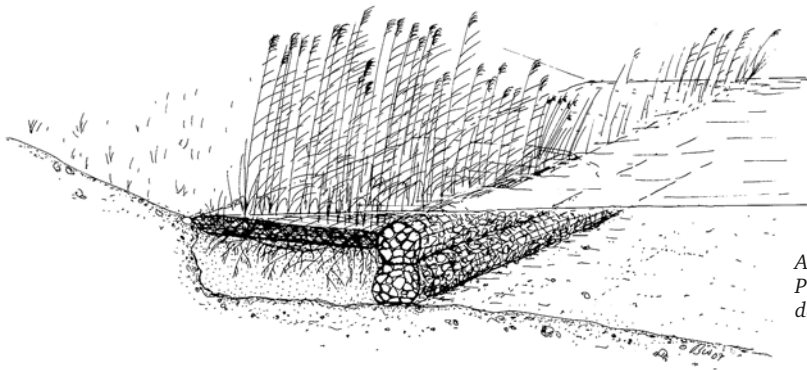


Abbildung 5.3.5.10
Prinzipskizze zum
dargestellten Projekt.



Abbildung 5.3.5.11



Abbildung 5.3.5.12

Zu Beginn der Vegetationsperiode wurden Röhrichtmatten verlegt. Die Abbildung 5.3.5.11 zeigt den Zustand im April. Die Röhrichtmatten wurden 2 Wochen vorher verlegt und sind gerade dabei auszutreiben.

Abbildung 5.3.5.12 zeigt die Entwicklung im August des gleichen Jahres. Die Pflanzen haben sich kräftig entwickelt. Der Blutweiderich steht in voller Blüte.

Da die Böschung aus der regelmäßigen Mahd des Rasens rausgenommen wurde, haben die Pflanzen die Möglichkeit, sich in die Böschung auszubreiten.

Die Steinwalzen werden ebenfalls langsam durch das Röhricht besiedelt. Hier wird die Entwicklung eines dichten Bestandes aber in Abhängigkeit von der Sedimentation in die Hohlräume noch einige Jahre benötigen.

5.3.6. Bepflanzung

Wenn die Berme komplett unter Wasser ist, wird sich eine spontane Vegetation kaum oder nur sehr langsam und spärlich entwickeln. Allenfalls können sich Röhrichte am Uferbereich festsetzen und dann in die Flachwasserbereiche vordringen.

Soden und Einzelpflanzen (z. B. Topfballen 4×8) sind für die Bepflanzung wellenberuhigter Bereiche gut geeignet. Hinweise zu Pflanztechnik und Kosten wurden im vorherigen Kapitel gegeben.

Es kann im Einzelfall notwendig sein, die Pflanzen bis zum Anwachsen zusätzlich festzulegen. Dies kann durch die Abdeckung der Pflanzberme mit einem Kokosgewebe erfolgen oder durch die Verankerung der einzelnen Pflanzen mit z. B. Holzkeilen / Moniereisen / Metallstiften.

Schnelleres Anwachsen und sichereren Erfolg erzielt man mit Röhrichtmatten. Röhrichtmatten tragen ein vollflächig kräftig entwickeltes Röhricht mit einer Vielzahl von Rhizomen und Ausläufern. Sie verfügen über ein hohes Anpassungsvermögen und Regenerationspotential an den neuen Standort. Hinweise zu Einbautechnik und Kosten wurden im vorherigen Kapitel gegeben.

Für die Bepflanzung von submersen Bermen sind, unabhängig von der verwendeten Technik, einige Besonderheiten zu beachten. Grundsätzlich gilt: Je beruhigter der Wasserkörper, desto schneller und sicherer der Anwuchs und desto geringer die Gefahr der Erosion der Aufschüttung.

Daneben sollten folgende Punkte für eine erfolgreiche Pflanzung berücksichtigt werden:

- **Wassertiefe**

Optimal sind Wuchstiefen bis max. – 10 cm. Bei größeren Tiefen wird der Anwuchserfolg unsicherer; Pflanztiefen über 30 cm sind zu vermeiden.

- **Optimaler Pflanzzeitpunkt**

Günstig ist das Frühjahr. Die Pflanzen sind bis zum Frühsommer festgewachsen, bilden während des Sommers Ausläufer und haben bis zum Herbst den Standort vollständig besiedelt. Bei Pflanzungen ab Mitte / Ende August erfolgt der Anwuchs erst im Folgejahr. Hier kann überlegt werden, ob die Pflanzmaßnahme bis zum folgenden Frühjahr verschoben wird.

- **Lichtverhältnisse**

Insbesondere die hohen Röhrichtarten (Schilf, Rohrkolben, Teichsimse) benötigen sonnige Standorte. Dagegen können Sumpfschwertlilie und verschiedene Seggen-Arten auch in halbschattigen Abschnitten gepflanzt werden.

- **Nährstoffverhältnisse**

Die verschiedenen Röhrichtarten verfügen über eine große physiologische Amplitude. Je nach Nährstoffgehalt und Zusammensetzung der Pflanzarten kann die einsetzende Sukzession aber differenziert verlaufen. Einschränkungen können bei nährstoffarmen Gewässern auftreten. Da oligotrophe Gewässer in Deutschland selten und schützenswert sind, werden hier die Belange des Landschaftsschutzes frühzeitig in die Planungsarbeit eingebunden. Pflanzungen tragen hier möglicherweise zu einer „Verschmutzung“ der Gewässer bei.

- **Substrate zur Verfüllung**

Das verwendete Schüttgut dient den Röhrichtpflanzen als Wuchs- und als Verankerungsmedium:

Falls im Gewässer genügend Nährstoffe gelöst sind (der Normalfall), sollte nährstoffarmes Substrat (humusfreier Sand oder Kies) verwendet werden. Es ist zu vermeiden, durch nährstoffhaltige Substrate (z. B. humoser Oberboden) die Gewässereutrophierung zu beschleunigen.

Kiese und Sande sind gute Verankerungsmedien für Röhrichte. Es kann auch von Verunreinigungen freier Bauschutt verwendet werden. Allerdings muss bei stark kalkhaltigem Bauschutt besonders in kleineren Gewässern der pH-Wert des Wassers kontrolliert werden, um fischtoxische Werte zu vermeiden. Zu beachten ist außerdem, dass Ziegelmateriale nicht frostbeständig ist und langfristig zerfällt.

- **Pflanzenqualität**

Die Qualität des verwendeten Pflanzenmaterials ist von zentraler Bedeutung für den Erfolg einer Maßnahme.

Jungpflanzen, die noch keine oder nicht hinreichend Rhizome und Speicherorgane gebildet haben, sind ungeeignet. Sie werden den Beanspruchungen durch Wellen bei Pflanzung unter der Wasserlinie und durch mögliche Verbissschäden nicht standhalten.

- **Verankerung:**

Die Pflanzung (bes. unter Wasser) hat so zu erfolgen, dass die Basalzone und die Wurzelbereiche der Pflanzen fest in den Boden eingebunden sind. Wo mechanische Belastungen z. B. durch Wellen zu erwarten sind, sollten die Ballen zusätzlich fixiert werden.

Exkurs: Schwankende Wasserstände

Eine Sonderstellung unter den Stillgewässern nehmen Speicherbecken mit stark schwankenden Wasserständen ein. Dazu gehören vor allem die großen Talsperren, Wasserreservoirare z. B. für die Energieerzeugung, große Regenrückhaltebecken ohne Dauerstau aber auch Gewässer mit Pump- oder Sielbetrieb.

Gerade Tiefs und Entwässerungskanäle mit Sielbetrieb weisen, obwohl sie wegen ihrer linearen Ausdehnung auch zu den Fließgewässern gezählt werden können, entscheidende Merkmale der stehenden Gewässer auf. Ihre Abflussgeschwindigkeit kann bei kräftigen Sielzügen 1 m/s und mehr betragen. Wird dagegen nicht gepumpt oder gesielt, kann der Wasserkörper längere Zeit auch stagnieren.

Saisonale Schwankungen des Wasserstands

Kurzzeitige Wasserstandsschwankungen wie sie z. B. durch das Ausufern eines Gewässers bei Hochwasser entstehen, werden von allen Röhrichtarten toleriert. Teilweise sind sie sogar notwendig, um die Röhrichtgesellschaft gegen den Konkurrenzdruck terrestrischer Artengemeinschaften zu schützen.

In Mitteleuropa kommen jahreszeitliche Schwankungen an fast allen Gewässern vor. Sie sind geprägt von höheren Wasserständen im Frühjahr und Niedrigwasserständen im August / September.

Bei Schwankungen bis 100 cm wird dies von Röhrichtpflanzen toleriert.

Grundlegend anders ist die Situation bei Gewässern mit einer ausgeprägten jährlichen Wasserstandsganglinie wie z. B. Talsperren. Einem maximalen Einstau, der in der Regel im Februar / März erreicht wird, steht eine lange Zeit des Absinken des Wasserspiegels im Dekameterbereich bis zum Niedrigwasserstand im August / September entgegen. Mit dem Ende der Vegetationsperiode steigt dann in den feuchten Herbst- und Wintermonaten die Staulinie wieder an.



Abbildung 5.3.1
Typischer Uferbereich an
einem Baggersee mit stark
schwankenden Wasser-
ständen.

Versuche an Talsperren haben ergeben, dass auch ein monatelanger Überstau von bis zu mehreren Metern im Winter (während der Vegetationsruhe) die Pflanzen nicht schädigt.

Erfahrungen zeigen, dass bei klarem Wasser einige Arten wie Kalmus (*Acorus calamus*) bereits unter Wasser anfangen, zu assimilieren. Allerdings müssen Röhrichte spätestens bis Mitte / Ende Juni mit Halmen und Blättern zumindest teilweise aus dem Wasser herausragen. Die nach dem Trockenfallen der Pflanzen oftmals einsetzende edaphische Trockenheit (bes. in steinig-kiesigem Substrat) ist für das Überleben des Röhrichts von geringerer Bedeutung als eine zu lange Überstauzeit.

Unter den beschriebenen Bedingungen erreichen aber die ingenieurbologisch interessanten Röhrichtarten ihre physiologischen Wachstumsgrenzen. Sollen an einem Gewässer mit starken und langanhaltenden saisonalen Wasserstandsschwankungen Röhrichte eingesetzt werden, sind die übrigen Wuchsbedingungen (z.B. Wellenschutz, Besonnung, Bodensubstrat) optimal auf die Bedürfnisse der Pflanzen auszurichten.

Unregelmäßige größere Wasserstandsschwankungen (1–2 Meter) über Jahre machen eine Röhrichtansiedlung meist unmöglich. Versuche an Talsperren zeigen zwar, dass die Überstautoleranz vieler Röhrichtarten oft unterschätzt wird. Allerdings ist bei mehrjährigem Überstau die Grenze überschritten, unter der man Röhrichte zum Wachsen unter Wasser „zwingen“ kann (natürlich würden diese Arten hier unter diesen Bedingungen sowieso nicht vorkommen).

Tab. 5.3.1.: Gewässer mit schwankenden Wasserständen

	<i>Größe / Fläche</i>	<i>Wasserstands-schwankungen</i>	<i>Amplitude</i>	<i>Dauer der Schwankung</i>	<i>Problem</i>	<i>Begrünbarkeit der Ufer</i>
Talsperren	0,1–10 km ²	regelmäßig, saisonal	bis 15 m	bis 8 Monate	Wellenaufbau, Überstau-dauer, danach edaphische Trockenheit	Ja, aber oft aufwendig
Regenrückhalte-becken	1–100 ha	episodisch	bis 2 m	wenige Tage bis Wochen	Wellenaufbau, Überstau in der Vegetations-periode	Ja
Kanäle und Tiefs	1–20 km	ganzjährig, regelmäßig	bis 1 m	wenige Tage	Wellenaufbau	Ja, z. T. mit Wellenbrecher

Bodenabtrag in die Tiefe

Charakteristisch für Gewässer mit regelmäßigen Wasserstandsschwankungen sind Sedimentumlagerungen im Bereich der jeweiligen Uferlinie. So gibt es z. B. bei Talsperren ein Stauziel, das etwa von November bis März erreicht wird. Im übrigen Jahr weicht der Wasserstand erheblich vom Stauziel ab, kann aber über längere Zeit auf einem bestimmten Niveau darunter festliegen.

Entsprechend wird die langsam auftauchende Uferböschung über die gesamte Höhe der Stauamplitude dem Wellenaufbau und der Wellenerosion ausgesetzt. Über die Jahre wird das durch Wellenschlag aufgenommene Sediment nach unten bewegt und sammelt sich im Bereich der Tiefenlinie am Gewässergrund.

In Bereichen mit Festgestein kann dieser langsame, „schleichende“ Prozess dazu führen, dass über die gesamte Stauamplitude kaum noch durchwurzelbarer Boden für eine Röhrichtansiedlung zu Verfügung steht.

Länge des Überstaus und edaphische Trockenheit

Stark schwankende Wasserstände bilden einen großen Stressfaktor, besonders für Röhrichtneupflanzungen. Aus diesem Grund sollten durch geeignete bauliche Maßnahmen die übrigen Stressfaktoren wie z. B. Wellenaufbau oder Trockenfallen des Bodens ausgeschaltet bzw. minimiert werden.

Tab. 5.3.2: Maximale Überstaudauer ausgewählter Röhrichtarten

Röhrichtart	maximale Überstaudauer
Acorus calamus / Kalmus	9 Monate
Scirpus maritimus / Strandsimse	9 Monate
Carex acutiformis / Sumpfssegge	8 Monate
Iris pseudacorus / Sumpfschwertlilie	6 Monate
Phragmites australis / Schilfrohr	5 Monate
Phalaris arundinacea / Rohrglanzgras	5 Monate

Bei Wasserstandsschwankungen von mehr als 2 Metern über längere Zeiträume ist eine Röhrichtansiedlung nur mit differenzierten, begleitenden baulichen Maßnahmen möglich.

Ein Absinken des Wasserniveaus und damit ein trockener Standort kann für einige Jahre überstanden werden. Allerdings ist ein Einwandern terrestrischer Pioniervegetation (z. B. Zweizahn, Disteln, Wolliges Honiggras) zu erwarten, welche stellenweise das Röhricht verdrängen wird.

Wahl des Einbauzeitpunkts

Die Wahl des optimalen Zeitpunkts für eine Neupflanzung hängt von der Gesamtheit der Stressfaktoren am Einbauort ab:

Im Frühjahr – dem pflanzenphysiologisch günstigsten Termin – sind die Pflanzbereiche noch hoch überstaut und damit nicht zugänglich.

Mit sinkendem Wasserstand im Frühsommer werden die Bereiche unter dem Stauziel zugänglich und können sukzessiv bepflanzt werden. Dabei ist auf eine ausreichende Wasserversorgung in der Anwuchsphase zu achten; das Röhrlicht muss dem weiter absinkenden Wasserstand hinterher wachsen können.

Eine alternative Lösung ist, die Pflanzung zu Ende der Vegetationsperiode durchzuführen. Wichtige Erfolgsbedingungen einer Herbstpflanzung sind die Auswahl geeigneter Arten, das sichere Festlegen der Pflanzen und die Verwendung vitalen Ausgangsmaterials, damit ein längerer Überstau während der Anwuchsphase nicht zu Ausfällen führt.

Im Gegensatz zu einem zeitweiligen Trockenfallen tolerieren Röhrlichte einen zu hohen Wasserstand über die gesamte Vegetationsperiode nicht. Ein zu hoher Überstau kann bis zu einem Totalausfall führen. Dies gilt, unabhängig von der gewählten Pflanztechnik, insbesondere für Neuanpflanzungen von Röhrlichten.

Lokale Umlagerungen und Wellenbrecher

An Talsperren und bei größeren Böschungsneigungen kann es notwendig sein, eine Pflanzung in autochthones Bodenmaterial durch isohypsenparallel angelegte Wellenbrecher zu schützen und zu unterstützen.

Dies kann z.B. durch Reihen (temporär) verlegter Steinwalzen geschehen. Die Steinwalzen schützen die dahinter als Bermen angelegten Pflanzflächen zum einen vor Wellenschlag und Erosion. Zum anderen wirken sie als Sedimentfallen und kämmen suspendiertes Feinmaterial aus.

Dort, wo für eine Röhrlichtpflanzung erst das notwendige (wasserspeichernde) Bodenmaterial aufgebracht werden muss, ist ohnehin ein aufwendigerer Aufbau mit Wellenbrechern notwendig. Hier ist durch geeignete Techniken das aufgeschüttete Bodenmaterial vor einem erneuten Abtrag zu schützen.

5.4 starke Belastung

Ingenieurbioologische Uferbefestigungen haben in dieser Belastungsstufe vor allem den Wellenauflauf durch große Windstreichflächen, aber auch infolge Freizeitbootsverkehrs und Berufsschifffahrt zu berücksichtigen. Unter diesen Bedingungen ist eine Röhricht-Spontanbesiedlung nicht zu erwarten. Vielmehr können Röhrichte so hohen mechanischen Belastungen ausgesetzt sein, dass sie sich auflösen.

An dieser Stelle resultiert die Belastung hauptsächlich aus Wellenauflauf aufgrund großer Windstreichflächen und/oder Berufsschifffahrt bzw. intensivem Freizeitbootsverkehr.

Wichtige Faktoren

- **Windstreichfläche**
Die Windstreichfläche beträgt > 50 m.
- **Uferböschung**
Die Neigung der Uferböschung ist steiler als 1 : 2.
- **Submerse Uferböschung**
Die Neigung der submersen Uferböschung liegt zwischen $> 1 : 3$.
- **Wellenhöhe**
Auflaufende Wellen haben Höhen > 30 cm.
- **Übermäßiger Vertritt/Verbiss**
Es findet eine starke Belastung durch Vertritt oder Verbiss von Pflanzen statt.
- **Freizeit- und Berufsschifffahrt**
Es findet eine starke Belastung durch Motor- und Sportbootsverkehr, aber auch durch die Berufsschifffahrt statt.
- **Schattiger Standort**
Röhrichtwachstum ist durch Lage im Schatten nur sehr eingeschränkt möglich.

Bauweisen

- Steinschüttung
- Flussmatratzen / (Röhricht-) Gabionen
- Steinmatratzen

5.4.1 Steinschüttung

Offene Steinschüttungen sichern das Ufer allein durch das Gewicht der einzelnen Bruchsteine. Aufgrund der Kornform findet eine Verklammerung der Steine untereinander nur sehr eingeschränkt statt. Eine offene Steinschüttung gilt solange als stabil, bis sich einzelne Steine bei Belastung gegeneinander bewegen.

An großen Seen wird nur selten mit Steinschüttungen gearbeitet. Bei Gewässern in Festgestein wie z. B. Talsperren reichern sich große Steine durch Abspülung des Feinmaterials an und bilden so ein natürliches Deckwerk.

Natürliche Stillgewässer in Lockergestein besitzen in der Regel flache Uferzonen, die durch Gehölze oder Röhrichte geschützt sind. An Kiesgruben mit steilen Unterwasserböschungen fehlt oft der Halt für eine Steinschüttung. Hier werden Steinschüttungen zur Begrenzung von Röhricht-Pflanzbermen eingesetzt.

5.4.2 Bauen mit Röhricht-Gabionen / Flussmatratzen:

Bei Röhricht-Gabionen werden die klassischen Gabionenmatratzen mit vorkultivierten Röhrichtmatten kombiniert. Bei Abdeckung durch die Röhrichtmatte und die insgesamt kleineren Steine wird eingebrachter Boden besser zurückgehalten. Die Bedingungen für das Wachstum des Röhrichts sind besser als bei Steinschüttungen.

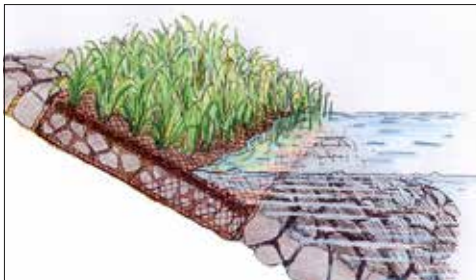


Abbildung 5.4.2.1: Prinzipskizze einer Röhricht-Gabione.



Abbildung 5.4.2.3: Die Flussmatratzen werden eingeschlämmt.



Abbildung 5.4.2.4



Abbildung 5.4.2.5

Die Abbildungen 5.4.2.1–5.4.2.5 dokumentieren den Bau und die Entwicklung von Röhricht-Gabionen ab einem großen Speicherbecken mit schwankenden Wasserständen: nachdem die Flussmatratzen verlegt sind, werden sie eingeschlämmt. Danach werden die Röhrichtmatten auf den Matratzen befestigt. Bereits im darauffolgenden Jahr hat sich ein dichter Röhrichtgürtel gebildet (Abbildung 5.4.2.5).

5.4.3 Steinmatratzen

Wesentliche Kenndaten zu Steinmatratzen sind bereits im Kapitel 3.10 genannt worden.

An dieser Stelle werden Beispiele zu Einsatzmöglichkeiten von Steinmatratzen an stark belasteten Ufern verschiedener Stillgewässer vorgestellt:

Bauen mit Steinmatratzen, Beispiel 1:

Große Windstreichflächen und Beweidung bis an die Böschungsschulter haben an diesem Speicherbecken in der norddeutschen Marsch steile Uferabbrüche verursacht (Abbildung 5.4.3.1). Eine Befestigung wurde notwendig, als die Wellenerosion die Standfestigkeit eines Dammes gefährdete.



Abbildung 5.4.3.1



Abbildung 5.4.3.2



Abbildung 5.4.3.3

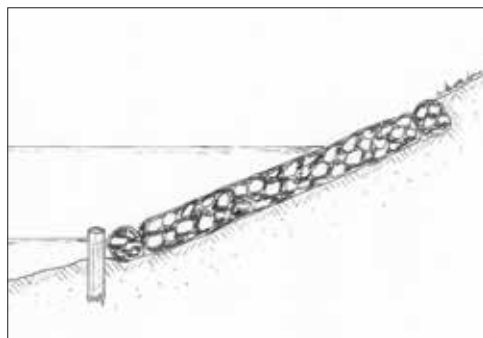


Abbildung 5.4.3.4

Die Steinmatratzen wurden bei Winterwasserstand eingebaut. Dieser liegt hier 60 cm unter dem des Sommers.

Da der Wellenaufbau bis zu 50 cm beträgt, wurden die Steinmatratzen entsprechend hoch an der Böschung verlegt. Nur so ist ein Uferschutz über die gesamte Einstauamplitude sichergestellt.

An dieser Stelle stand die technische Sicherung im Vordergrund, auf eine Bepflanzung wurde bewusst verzichtet. Eine Begrünung soll sich durch Sukzession einstellen

Bauen mit Steinmatratzen, Beispiel 2:

Entlang der Ufer großer Klei-Entnahmeseen (sog. Kleipütten) am Jadebusen bei Wilhelmshaven haben sich infolge der großen Windstreichflächen und der Lage direkt hinter dem Seedeich steile Uferabbrüche gebildet. Um angrenzend verlaufende öffentliche Versorgungsleitungen der Halbinsel Butjadingen nicht zu gefährden, war eine Festlegung der Ufer notwendig (s. Abb. 5.4.3.5).

Zunächst wurde versucht, die bis zu 1,5 m hohen Abbrüche mit Baumstümpfen zu stabilisieren. Es hat sich allerdings gezeigt, dass diese Maßnahme ungeeignet war und die Erosion der Ufer unvermindert fortschritt (Abb. 5.4.3.6).



Abbildung 5.4.3.5: Hohe Uferabbrüche.



Abbildung 5.4.3.6: Verankerte Baumstümpfe konnten die Erosion nicht stoppen.

Für die Befestigung wurden die Ufer aufwändig profiliert. Danach sind bei abgesenktem Wasserstand auf einem Filtervlies Steinmatratzen verlegt worden. Bei normalem Wasserstand liegt das Ufer im unteren Bereich der Matratzen, so dass die Wellen darauf auslaufen können.

Die Sandabdeckung wurde durch nachfolgende Niederschläge in die Steinmatratzen eingewaschen und nach dem Wiederhochfahren des Wasserspiegels durch Wellenschlag z. T. auch abgespült.



Abbildung 5.4.3.7: Einbau der Steinmatratzen auf der profilierten Uferböschung.



Abbildung 5.4.3.8: Übererdete Steinmatratzen mit darüber verlegten Röhrichtmatten

Landseitig schließen Röhrichtmatten an die Steinmatratzen an. Zusammen mit bereits in der Böschung vorhandenen Rhizomen sollen sie für eine möglichst rasche Entwicklung einer stabilen Röhrichtgesellschaft entlang des Ufers sorgen.

Um eine möglichst durchwurzelungsfähiges Milieu herzustellen, wurden die Steinmatratzen danach mit Sand abgedeckt worden (s. Abb. 5.4.3.8).

Die Sandabdeckung wurde durch nachfolgende Niederschläge in die Steinmatratzen eingewaschen und nach dem Wiederhochfahren des Wasserspiegels durch Wellenschlag z. T. auch abgespült.



Abbildung 5.4.3.9: Entwicklung zwei Jahre nach dem Einbau.



Abbildung 5.4.3.10: Pionierpflanzen breiten sich in den Steinmatratzen aus.

Trotzdem hat sich das Röhricht sehr gut entwickelt: Abbildung 5.4.3.9 zeigt die Röhrichtentwicklung zwei Jahre nach Fertigstellung der Baumaßnahme. Die aus der Böschung austreibenden Rhizomen und die von oben aus den Röhrichtmatten einwachsenden Pflanzen bedecken an vielen Stellen schon vollständig die Steinmatratzen.

Der Bereich des direkten Wellenschlags ist zwar (noch) vegetationsfrei, aber stabil und bietet dem Röhricht die Möglichkeit, sich wasserwärts auszubreiten.

Abbildung 5.4.3.10 veranschaulicht, wie in hydraulisch nicht so stark belasteten Bereichen eine Begrünung durch natürliche Sukzession in den Steinmatratzen einsetzt: Pestwurz besiedelt offen Flächen und zählt genauso wie verschiedenen Hahnenfußgewächse oder Schachtelhalm zu den Pionieren auf verdichteten, nassen Böden (hier Klei).

Bauen mit Steinmatratzen, Beispiel 3:

Ingenieurbilogisches Arbeiten ist selbst bei starken Belastungen ohne gezielte Bepflanzung möglich. Das mag zunächst widersinnig klingen. Aber es markiert den Grenzbereich in dem ingenieurbilogischen Bauweisen rein technischen Befestigungen überlegen sind. Und das macht das Projekt so interessant:

Es zeigt, dass ein technisches, ökologisch durchgängiges Bauelement wie die Steinmatratze der natürlichen Sukzession Möglichkeiten bietet, diesen Standort langfristig auf natürliche Weise zu besiedeln.

Der Kiesabbausee hat sehr steile submerse Böschungen, an denen sich bisher keine ingenieurbilogisch wirksame Bepflanzung entwickelt hat. Neben den Windwellen, die auf die übersteilen Uferböschungen wirken, werden Teilabschnitte durch den Wellenschlag einer Wasserskianlage belastet.



Abbildung 5.4.3.11: Schottermatratzen an einer Kiesgrube mit Wasserskibetrieb.



Abbildung 5.4.3.12: Entwicklung der Sukzession nach zwei Jahren.

Die Böschung wurde im Bereich des Wasserspiegels etwas abgeflacht und Schottermatratzen (Steinmatratzen mit einer Körnung 32/64) als Erosionsschutz eingebaut.

Die Schottermatratzen haben eine Breite von zwei Metern, um Schwankungen des Wasserstands und Wellenschlag aufzufangen.

Ganz bewusst ist hier auf eine gezielte Röhrichtpflanzung verzichtet worden. Der technische Schutz der Ufer stand im Vordergrund. Eine Begrünung sollte durch spontane Vegetation und natürliche Sukzession erfolgen.

Ohne Pflanzung verläuft die Begrünung der Schottermatratzen natürlich langsamer. Dies ist bei stehenden Gewässern aber auch darauf zurückzuführen, dass das

Wasser weniger Suspensionsfracht als fließende Gewässer führt, die sich absetzen könnte.

Nach zwei Jahren ist die Begrünung zwar noch lückig, aber entscheidend ist, dass die Schottermatratten den Pflanzen an den vormals steilen und vegetationlosen Ufern Halt zum Möglichkeiten zum Wachsen bieten.

Der Bereich der Wasserlinie ist weiterhin vegetationsfrei. Ursachen können die permanente hydraulische Belastung, durch die das Feinsubstrats erodiert wird.

Hier kann sich der Röhrichtbestand oberhalb der Wasserlinie entwickeln. Rhizome im Boden können die Steinmatratze durchwachsen und sich das Röhricht so langsam zum Wasser hin ausdehnen (Abbildung 5.4.3.12).

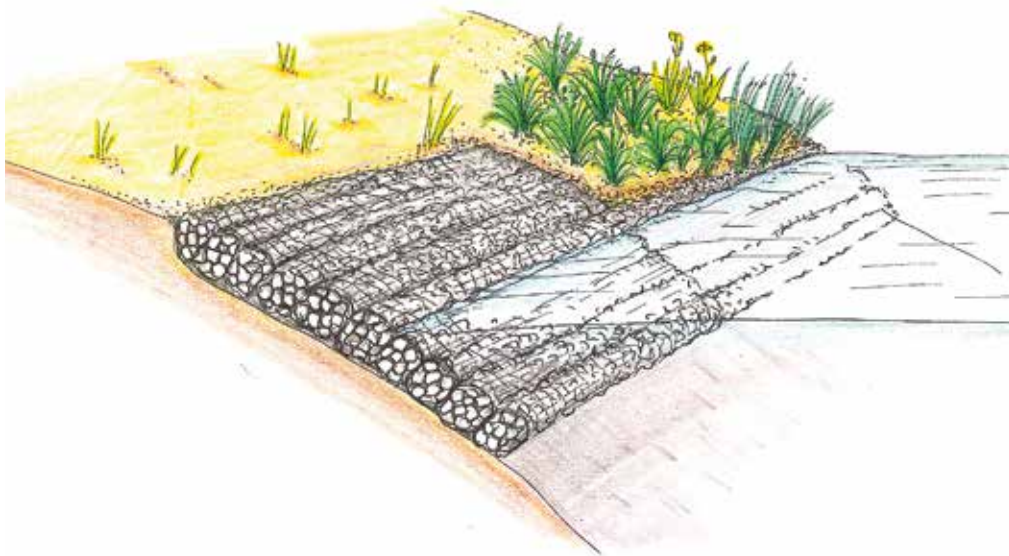


Abbildung 5.4.3.13:
Schemazeichnung zur Begrünung von Steinmatratzen.



Abbildung 5.4.3.14:
Böschungssicherung mit Steinmatratzen an einem Altarm. Die technische Sicherung ist nach zwei Jahren gänzlich unter dem dichten Bewuchs an der Uferböschung verschwunden.



Temporäre
hydraulische
Belastungen

6

6.0 Temporäre hydraulische Belastungen

In diesem Kapitel sollen verschiedene Einsatzbereiche der Ingenieurbiologie behandelt werden, die nicht immer im Fokus stehen. Die Belastungen treten nur zeitweise auf, können dann aber überaus heftig sein. Ursache dafür sind meist Niederschläge in Form von Regen.

Durch die Flächenversiegelung in unserer heutigen Kulturlandschaft kann Niederschlagswasser nicht mehr versickern und muss dann entweder zwischengespeichert oder in die Vorflut abgeleitet werden. Das bedeutet teilweise starke Belastungen für Böschungen und Entwässerungsmulden. Auch unsere Fließgewässer werden stärker durch Hochwasser belastet und es müssen Rückhaltebecken und Flutmulden geschaffen werden. Im Gegensatz zu Bächen und Flüssen sind hier besondere Bedingungen zu beachten.

Hierbei sind vor allem für eine Sicherung mit Pflanzen verschiedene Punkte zu beachten.

Wasserangebot

Für die Pflanzenansiedlung und damit auch die Sicherung der Ufer und Böschungen stellt die stark wechselnde Verfügbarkeit von Wasser ein besonderes Problem dar. Hier sind nicht nur Trockenperioden, die auch mal mehrere Wochen dauern können, sondern auch längere Einstauzeiten zu berücksichtigen. Natürlich gibt es Pflanzengesellschaften, die auf Trockenstandorten existieren. Diese wurzeln aber meist nicht sehr stark und dienen dem Erosionsschutz nur bedingt. Ebenso schwierig ist die Ansiedlung von Röhricht oder Pflanzen, die einen höheren Wasserbedarf haben.

In Rückhaltebecken und Flutmulden lassen sich durch die Schaffung tieferer Bereiche Rückzugsmöglichkeiten schaffen. Ansonsten können parallel zur Pflanzenansiedlung unterstützende Maßnahmen angewendet werden. Das kann der Auftrag von Oberboden sein, aber ebenso die Verlegung von Erosionsschutzmatten bis hin zur massiven Sicherung mit Steinmatratzen.

Böschungsneigung / Gefälle

Neigung und Gefälle sind natürlich auch bei temporär belasteten Gerinnen und Böschungen wichtige Faktoren. Bei Böschungen wirkt sich natürlich noch die Länge aus, die bei der Wahl der Sicherungsbauweise berücksichtigt werden muss.

Das Gefälle ist relevant bei Entwässerungs- und Flutmulden. Hier gilt es, vergleichbar mit Fließgewässern, eine Sohlerosion zu vermeiden. Dabei können die verschiedensten Maßnahmen in Abhängigkeit der Topographie zum Tragen kommen.

Abflussmengen und -dauer

Die Abflussmengen sind natürlich ein entscheidender Faktor für die bauliche Gestaltung und größenmäßige Berechnung der Querschnitte. Die korrekte Ermittlung ist Voraussetzung für die weitere Planung. In Abhängigkeit von Abflussmengen und Böschungsneigung bzw. Gefälle kann auch eine Einschätzung vorgenommen werden, welche Sicherungsbauweisen möglich sind.

Die errechneten hydraulischen Werte ermöglichen die Entscheidung, ob ingenieurbio-logische Bauweisen möglich sind, ob eine Kombination gewählt werden muss, oder ob ausschließlich mit toten Materialien gebaut wird.

Tab. 6.0: Temporär hydraulisch belastete Bauwerke

	Gefälle	Böschungs- neigung	Abfluss- mengen	Abfluss- dauer	Wasser- angebot	Sonnen- einstrahlung	Boden- verhältnisse
Böschung	—	xx	xx	x	x	x	xx
Entwässerungsmulde	xx	x	xx	xx	x	x	x
Flutmulde	xx	x	xx	xx	x	x	x
Rückhaltebecken	0	0	xx	xx	xx	0	x

Prioritäten für eine ingenieurbio-logische Sicherung: - gering; o mittel; x hoch; xx sehr hoch

6.1 Böschungen

Mit der Sicherung von Böschungen hat sich die klassische Ingenieurbio-logie schon sehr intensiv beschäftigt. Es sind in vielen Bereichen die unterschiedlichsten Varianten getestet worden, sowohl im Hinblick auf eine sofortige Sicherung nach der Profilierung als auch auf eine dauerhafte Sicherung mit Vegetation. Wir möchten dieses Thema nur kurz behandeln und Beispiele aus unserer Praxis beschreiben, wobei hochwasserbelastete Böschungen im Kapitel Fließgewässer beschrieben sind.

Für die Überlegung, ob und wenn ja welche Sicherungsmaßnahmen notwendig sind, bedarf es wie bei jeder anderen Baumaßnahme der Überlegung, welche Bedingungen zu berücksichtigen sind:

- Böschungsneigung
- Böschungslänge
- Statische Belastung
- Bodenverhältnisse
- Geografische Ausrichtung
- Anfallendes Regenwasser
- Zusätzliche Flächenentwässerung
- Schichtenwasser



Abbildung 6.1.1
Böschungssicherung mit
Erosionsschuttmatten.

Sobald diese Einflussfaktoren quantifiziert sind, kann die Auswahl einer geeigneten Begrünung und Sicherung erfolgen.

Für den Erosionsschutz und den Böschungsaufbau gibt es natürlich sehr unterschiedliche Methoden, Materialien und Hilfsmittel. Angefangen von der natürlichen Sukzession über den Einsatz von Erosionsschuttmatten, Anspritzbegrünung, Einsaat, Böschungsverbau mit Faschinen oder Kokoswalzen bis hin zu Steinmatratzen oder Krainerwänden gibt es verschiedene ingenieurbologische und auch kombinierte Bauweisen. Unter Berücksichtigung der besonderen Bedingungen können natürlich auch Methoden und Materialien aus dem Wasserbau zum Einsatz kommen.

5.1.1 Erosionsschuttmatten

Erosionsschuttmatten sind das einfachste Material zum Erosionsschutz. Sie werden ausschließlich zum Schutz gegen Oberflächenerosion eingesetzt und parallel mit einer Begrünung versehen. Sie verhindern den oberflächigen Abtrag von Substrat und schaffen somit bessere Bedingung für eine Pflanzenansiedlung, welche den dauerhaften Erosionsschutz gewährleistet.

Materialien

Es werden häufig biologisch abbaubare Fasern verwendet, welche unterschiedlich lange Verrottungszeiten haben. Auch Kombinationen verschiedener Materialien kommen zum Einsatz.

Man kann grundsätzlich zwei Typen von Erosionsschuttmatten unterscheiden, die sich vor allem in der Herstellung unterscheiden. Zum einen sind das die Gewebe, die auf Webstühlen im Kette-Schuss-Verfahren hergestellt werden. Der andere Typ sind versteppte Erosionsschuttmatten, bei dem das Fasermaterial auf einem Träger versteppt wird.

Tab. 6.1.1: Zusammensetzung und Eigenschaften von Erosionsschutzmatten

Eigenschaften	Gewebe	Verstepte Matten
Material	Jute, Kokos	Stroh, Kokos, Xylit
Trägermaterial	–	PP- oder Jutenetz
Steppfaden	–	PP, Jute
Befestigung	Holznägel, Stahlagriffen, -bügel	Holznägel, Stahlagriffen, -bügel
Einsaat	vor oder nach Verlegung	nur vor Verlegung, wirkt wie Mulchmaterial
Verrottungszeit	Jute innerhalb eines Jahres, Kokos je nach Boden mind. 3 Jahre	abhängig von Trägernetz, Jute wie nebenstehend, PP durch UV-Strahlung
Abmessungen (Standard)	Jute 1,22 u. 2,44 m Breite, Kokos 1,0 u. 2,0 m Breite, verschiedene Längen	Breiten: 1,0; 1,2; 2,0; 2,4; 3,0 m, verschiedene Längen
Gewicht (Standard)	Jute 520 g/m ² , Kokos 400 g/m ² u. 700 g/m ²	360 g/m ²

Als Sonderform existieren Erosionsschutzmatten mit eingearbeitetem Saatgut, d.h. der Samen ist auf einem unterseitigen Trägerpapier fixiert. Diese sog. Saatmatten haben einen Nachteil: Nach dem Einbau muss das Papier so stark durchnässt werden, dass es sich auflöst und der Samen in den Boden fällt.

Einsatz

Die Grundbedingungen für den Einsatz der Erosionsschutzmatten sind eine statisch stabile Böschung sowie der Erfolg für eine flächige Vegetationschicht. Im Falle eines Oberbodenauftrag muss zwischen der abgezogenen Böschung und dem Oberboden eine ausreichende Reibung/Verzahnung vorhanden sein, so dass ablaufendes Wasser nicht den Oberboden unter der Erosionsschutzmatte abschwemmen kann.

Sind diese Bedingungen gegeben, können Erosionsschutzmatten auf jeder beliebigen Böschung Verwendung finden. Je nach Böschungsneigung, -länge und Bodenbeschaffenheit ist die Art und Häufigkeit der Befestigung zu wählen.

Einbau

Der Einbau erfolgt am vorteilhaftesten in Böschungsfallrichtung, da dadurch die Überlappungen der einzelnen Bahnen besser und dauerhafter zu gewährleisten sind. Wie oben beschrieben eignen sich sowohl Holznägel als auch Stahlagriffen/-bügel zur Befestigung. Je nach Böschungsneigung, -länge und Bodenbeschaffenheit werden je m² 2–3 Holznägel (30 cm lang), im Extremfall auch 4 St. je m² oder 4–5 Stahlagriffen/-bügel je m² eingesetzt.

Bei versteppten Erosionsschutzmatten muss die Einsaat unbedingt vor der Verlegung erfolgen, eine nachträgliche Einsaat hat nur mangelhaften Erfolg. Lediglich auf Kokosgewebe kann auch nachträglich eingesät werden.

Begrünung

Gräser, Stauden oder Sträucher haben dieselben Ansprüche wie in anderen Bereichen und sind entsprechend auszuwählen. Im Blickpunkt muss natürlich die ingenieurbio-logische Eignung stehen.

Im Hinblick auf die Wasserversorgung der Pflanzen können sehr steile Böschungen kritisch sein. Regen fließt sehr schnell ab, kann somit schlecht einsickern und ist für die Pflanzen nicht verfügbar. Auch die geografische Ausrichtung ist zu beachten, da z. B. nach Süden ausgerichtete Böschungen durch eine teilweise senkrechte Sonne-neinstrahlung erhöhte Verdunstungsraten aufweisen.

Kurz erwähnt sei noch die Anspritzbegrünung, die häufig auch in Kombination mit Erosionsschutzmatten zur Ausführung kommt. Ein Gemisch aus Kleber, Mulchmateri-al (Stroh oder Heu) und Saatgut wird mit Schläuchen auf die Böschung gespritzt. Je nach Bodenbeschaffenheit kann auch ein Dünger beigemischt werden.

Pflege

Eine Pflege ist in Form einer regelmäßigen Mahd sinnvoll, da dies zur schnelleren Ausbildung einer geschlossenen Grasnarbe führt.

Kosten

Erosionsschutzmatten sind eine vergleichsweise günstige Variante des flächigen Ero-sionsschutzes. Je nach Art der Erosionsschutzmatte und der Befestigungsmittel liegt der Preis je verlegtem m² zwischen 2,00 und 5,00 €.

Bewertung für die Praxis

Erosionsschutzmatten sind eine preiswerte Variante, um Oberflächenerosion zu ver-meiden und die Ansiedlung von standorttypischen Pflanzen zu unterstützen. Sie sind einfach zu verlegen und bei richtiger Anwendung sicher in Ihrer Funktion.

Statische Probleme in der Böschung können mit Erosionsschutzmatten nicht gelöst werden.

6.1.2 Kokoswalzen

Kokoswalzen im Böschungsverbau stellen eine Sonderform dar und werden bei besonderen Bedingungen eingesetzt. Diese Bedingungen liegen vor, wenn die Böschung mittels eines bindigen Bodens aufgebaut wurde. Da hier für eine Begrünung häufig ein Oberboden notwendig ist, kann es bei Starkniederschlägen zur Ausbildung einer Gleitschicht zwischen der eigentlichen Böschung und dem Oberboden kommen. In Folge dessen rutscht der aufgetragene Boden, manchmal auch inkl. einer schon ausgebildeten Vegetationsschicht, ab. Kokoswalzen sind in Kapitel 3.6 beschrieben.

Einsatz

Bei diesen Bedingungen kann der Einbau von Kokoswalzen in der Böschung Abhilfe schaffen. Sie unterbrechen die Gleitschicht und verhindern somit das Abrutschen des Oberbodens. Ein weiterer Effekt ist eine Dränierung der Böschung, abfließendes Wasser wird innerhalb der Kokoswalze langsam abgeführt.

Einbau

Vor dem Auftragen von Oberboden werden die Kokoswalzen schräg zu Böschungsfalllinie mit Holzpfählen befestigt. Zum einen ergibt sich durch die schräge Verlegung eine bessere Lastverteilung und zum anderen wird abfließendes Wasser in den Kokoswalzen zum Böschungsfuß abgeleitet. Als ausreichend haben sich Kokoswalzen mit einem Durchmesser von 20 cm erwiesen.

Bei sehr steilen und/oder hohen Böschungen können die Kokoswalzen auch in Rautenform eingebaut werden. Der anschließende Oberbodenauftrag schafft die Bedingungen für die dauerhafte Begrünung der Böschung. Eine effektive Begrünung kann durch den Einsatz von Erosionsschutzmatten Unterstützung finden.



Abbildung 6.1.2.1
Böschungssicherung
unterhalb einer
Lärmschutzmauer
(Kokoswalzen).

Begrünung

Die Begrünung ist unter vergleichbaren Gesichtspunkten wie bei den Erosionsschutzmatten durchzuführen.

Pflege

Ähnlich wie bei Erosionsschutzmatten beschränkt sich die Pflege auf eine regelmäßige Mahd.

Kosten

Die Kosten für den Einbau der Kokoswalzen liegen je lfdm bei ca. 11–14 €. Bei einem Abstand der Kokoswalzen von 3 m ergibt sich für einen m² Böschung ein Preis von 3,70–4,70 €.

Bewertung für die Praxis

Da diese Bauweise vergleichsweise aufwendig ist, kommt sie nur in Ausnahmefällen zur Anwendung. Sie ist jedoch eine sichere Methode, um das Abrutschen von Oberböden zu vermeiden.



Abbildung 6.1.2.2: Nach dem Abrutschen des Oberbodens wird die Böschung wieder gesichert (Steinmatratzen und Kokoswalzen).



Abbildung 6.1.2.3: Böschungssicherung oberhalb der Steinmatratzen (Steinmatratzen und Kokoswalzen).



Abbildung 6.1.2.4
Ca. zwei Jahre nach der Neugestaltung hat sich die Böschung begrünt (Steinmatratzen und Kokoswalzen).

6.2 Entwässerungsmulden

Als typischste Vertreter sind die so genannten „Straßengräben“ zu nennen. In den meisten Fällen bedürfen diese Straßengräben keiner gesonderten Sicherung, kritisch wird es erst dort, wo diese Entwässerungsmulden ein entsprechendes Gefälle aufweisen.

Entwässerungsmulden werden aber auch in vielen anderen Bereichen gebraucht, um bei Niederschlägen Oberflächenwasser der Vorflut zuzuführen. Die Anwendungsgebiete sind sehr unterschiedlich. Neben den schon erwähnten Straßengräben sind typische Beispiele Deponien oder Wohn- und Gewerbegebiete, also Bereiche, wo wenig Platz für eine Versickerung bleibt oder bauliche Anlagen zu schützen sind.

Entwässerungsmulden entsprechen aufgrund ihres Profils und den auftretenden Belastungen kleineren Fließgewässern. Da es aber keinen Niedrig- oder Mittelwasserabfluss gibt, sind die Belastungssituationen vor allem bei Starkniederschlägen abzuschätzen und zu berechnen.

Am Anfang steht also die Berechnung der maximal zeitgleich anfallenden Wassermenge. Mit dieser Größe und dem vorhandenen Gefälle kann dann die Berechnung des Abflussprofils erfolgen. Daraus ergeben sich dann die Fließgeschwindigkeit und die Schleppspannung und im Ergebnis dieser Berechnungen können dann notwendige Sicherungsmaßnahmen ausgewählt werden.

Hinsichtlich der Begrünung sind diese Faktoren natürlich zu berücksichtigen, ebenso die Bedingungen, die für eine erfolgreiche Pflanzenansiedlung nötig sind. Hier verweisen wir auf das Kapitel Böschungen, in dem dies schon beschrieben wurde.

Welche Bauweisen bieten sich hier an? Da es hier um temporär belastete Gerinne geht, muss natürlich der gesamte Querschnitt einer Entwässerungsmulde soweit notwendig gesichert werden.

Materialien für den Erosionsschutz:

- Erosionsschutzmatten
- Steinwalzen
- Steinmatratzen

6.2.1. Steinwalzen

Einbau als Querriegel

Steinwalzen als Material sind im Kapitel Fließgewässer beschrieben worden. An Bächen und Flüssen erfolgt der Einbau meist parallel zum Ufer als Böschungsfußsicherung. Eine Beschreibung von Steinwalzen ist im Kapitel 3.9 zu finden.

In Entwässerungsmulden werden die Steinwalzen quer zur Fließrichtung eingebaut. Bei geringen Abflussmengen fließt das Wasser durch die Steinwalze, dadurch kommt es innerhalb der Walze zu Verwirbelungen und zur Verringerung der Fließgeschwindigkeit. In Folge dessen setzt sich mitgeführtes Sediment in oder vor der Steinwalze ab. Bei höheren Fließgeschwindigkeiten kommt es zusätzlich zu einer Überströmung. Der Effekt der Minderung der Fließgeschwindigkeit tritt auch hier, aber in abgeschwächter Form, auf.

Je nach Gefälle und Abflussmengen können sowohl der Durchmesser als auch der Abstand der Steinwalzen angepasst werden.

Pflege

Eine Pflege ist nicht notwendig. Zur Neuprofilierung der Mulde und zur Reinigung können Steinwalzen problemlos aufgenommen werden.

Kosten für den Einsatz von Steinwalzen

Je nach Durchmesser belaufen sich die Kosten je lfdm Steinwalze inkl. Lieferung und Einbau zwischen 11,00 und 25,00 €.

Bewertung für die Praxis

Steinwalzen sind sehr einfach einsetzbar und sicher in der Anwendung. Nachteilig ist zu erwähnen, dass eine Mahd mit Schlegelmähern im Bereich von Steinwalzen problematisch ist, da hierdurch die Armierung beschädigt werden kann.

6.2.2 Steinmatratzen

Flächige Sicherung

Besonders bei Entwässerungsmulden mit starkem Gefälle und hohen Abflussmengen stellt sich die Frage der Sicherung. Hier kommt häufig ein Wasserbaupflaster zum Einsatz. Als Alternative hierzu lässt sich auch eine Steinmatratze verwenden, eine Beschreibung dieses Materials ist im Kapitel 3.10. zu finden.

Aufgrund ihres Aufbaus und Eigengewichts eignen sich Steinmatratzen sehr gut zur Sicherung von Entwässerungsmulden auch bei sehr starkem Gefälle. Beginnend am Auslauf oder im Übergangsbereich zu einem flachen Abschnitt können die Steinmat-

matratzen eine über der anderen verlegt werden, sie stützen sich somit gegenseitig und können nicht nach unten abgleiten. Wichtig ist die Ausbildung und Sicherung am Fuß der Mulde.



*Abbildung 6.2.2.1
Ein typisches Beispiel
einer Entwässerungsmulde
an einem Berghang
(Steinmatratze).*

Je nach Abflussmenge und anstehendem Substrat ist ein Filter unter der Steinmatratze notwendig, um das Ausspülen feinen Substrates zu vermeiden. Dieser Filter kann als abgestufter Kornfilter ausgebildet werden, häufig kommt aber ein Filtervlies zum Einsatz.

Pflege

Eine Pflege ist nicht notwendig, sich ansammelnde Biomasse wird bei entsprechenden Niederschlagsereignissen abgeschwemmt.

Kosten für den Einsatz von Steinmatratzen

Je m² sind zwischen 40 und 55 € für die Lieferung und die Verlegung zu kalkulieren. Die Kosten für Erdarbeiten sind separat zu kalkulieren.

Bewertung für die Praxis

Der Einsatz der Steinmatratzen ist einfach und sicher. Bedingt durch den Aufbau der Steinmatratzen können relativ kleine Steine (Körnung 32 – 64 mm oder 45 – 125 mm) verwendet werden, dadurch lagert sich besser Sediment ab und die Steinmatratzen begrünen sich besser.



Abbildung 6.2.2.2: Auslauf eines Regenwasser-sammlers (Steinmatratzen).



Abbildung 6.2.2.3: Nach der Fertigstellung wurde der Oberboden teilweise wieder abgetragen (Steinmatratzen).



Abbildung 6.2.2.4
Es hat sich eine geschlossene Grasnarbe entwickelt (Steinmatratzen).

6.3 Flutmulden

Flutmulden sind dort notwendig, wo im vorhandenen Gewässerbett der Abfluss von Hochwässern nicht schadlos möglich ist und der Ausbau / die Erweiterung des Profils aufgrund von Bebauung oder anderer Bedingungen nicht möglich ist.

An Elbe oder Rhein sind solche Flutmulden häufig in entsprechenden Dimensionen zu sehen, um vor allem Städte zu entlasten. Aber auch an kleineren Fließgewässern werden sie zu vergleichbaren Zwecken gebaut.

Abflussquerschnitt

Im Gegensatz zu Entwässerungsmulden springen Flutmulden erst ab bestimmten Abflussmengen an, d. h. das kann ein 5-jähriges Hochwasser aber auch ein 100-jähriges Hochwasser sein, das hängt davon ab, wie belastbar das Gewässerprofil, welches entlastet werden muss, ist. Somit sind die Sohle und die Böschungen entsprechend der Fließgeschwindigkeiten und Schleppspannungen zu sichern.

Um dauerhaft den Abflussquerschnitt und damit das Abfließen von Hochwasser zu gewährleisten, sind z. B. Gehölzpflanzungen nicht erwünscht, da diese ein Abflusshindernis darstellen. Somit sind ingenieurbioologische Bauweisen mit Gehölzen meist ungeeignet.

Sicherungsbauweisen / Erosionsschutz

Die Bandbreite an Systemen und Bauweisen für die Sohl- und Böschungssicherung ist natürlich sehr groß. Je nach Geländebedingungen und Abflussmengen werden Flutmulden unterschiedlich belastet.

Belastungsfaktoren:

- Abflussmenge
- Fließgeschwindigkeit / Schleppspannung
- Überstauzeiten
- Bodenverhältnisse

Die Auswahl geeigneter Bauweisen und Baumaterialien erfolgt entsprechend der Berechnung von Fließgewässern. Wie schon beschrieben, ist die Besonderheit der relativ seltenen Durchströmung und somit unter Umständen recht trockener Böden für den Einsatz von Pflanzen zu berücksichtigen.

Bauweisen / Baumaterialien:

- Graseinsaat
- Erosionsschutzmatten
- Faschinen
- Weidenspreitlage
- Steinschüttung
- Steinwalze
- Steinmatratze

Auf die nähere Beschreibung der einzelnen Bauweisen und Baumaterialien wird hier verzichtet. Entsprechend der Belastungsstufen sind diese Bauweisen im Kapitel Fließgewässer ausführlich beschrieben.



Abbildung 6.3.1
Sicherung der Böschung
eines Umflutkanals
(Steinmatratzen).



Abbildung 6.3.2
Nach dem Einbau erfolgt eine
Übererdung und Einsaat
(Steinmatratzen).



Abbildung 6.3.3
Ca. vier Wochen nach der
Fertigstellung hat die
Raseneinsaat gekeimt.

6.4 Rückhaltebecken

Rückhaltebecken stellen eine Sonderform stehender Gewässer dar, bei denen teilweise auch Bedingungen wie an Fließgewässern herrschen. Somit bedürfen sie einer gesonderten Betrachtung.

Aufgrund ihrer Funktion werden zwei Typen unterschieden, zum einen Regenrückhaltebecken (RRB) und zum anderen Hochwasserrückhaltebecken (HRB). Die Bezeichnung beschreibt hierbei sehr gut die Funktion und die dadurch resultierenden Unterschiede.

Faktoren für den Bau von Rückhaltebecken

Regenrückhaltebecken:

- Speichervolumen
- Niederschlagsmengen
- Entleerung (Versickerung oder Abgabe an Vorflut)
- Dauerstau
- Sedimentablagerung

Hochwasserrückhaltebecken:

- Speichervolumen
- Häufigkeit von Hochwasser
- Fließgeschwindigkeit (Ein- und Auslauf)
- Evt. Überströmung des Rückhaltebeckens
- Dauerstau
- Sedimentablagerung

Bauweisen und Baumaterialien für die Böschungssicherung

Regenrückhaltebecken entsprechen in ihrer Dimensionierung häufig kleineren bis mittleren Stillgewässern. Der wesentliche Unterschied liegt in ihrer Funktion und somit ihrer Belastungen. Die Belastungen sind im Wesentlichen die starken Wasserstandsschwankungen und die Nährstoff- und Sedimentbelastung.



Abbildung 6.4.1
Auslauf eines Hochwasserrückhaltebeckens, (Steinmatratzen).

A landscape photograph of a pond. In the foreground, there are tall purple flowers (likely Salix) growing in the water. The pond reflects the sky and the surrounding greenery. In the background, there is a white building with a blue roof, surrounded by lush green trees and a line of tall, thin trees. The sky is overcast with grey clouds. The image is framed by a solid green border at the top and bottom.

Über die Ingenieurbiologie hinaus

7

7. Über die Ingenieurbiologie hinaus

Wasserreinigung / Ersatzhabitat / Durchgängigkeit

Ingenieurbiologische Methoden und der Einsatz von Pflanzen wurden in den vorhergehenden Kapiteln unter dem primären Aspekt des Erosionsschutzes behandelt.

In diesem Kapitel wird der Nutzen in Hinblick auf Wasser- und Naturschutz abgehandelt.

7.1 Wasserreinigung Xylit

Bedeutung von Pflanzen für die Wasserreinigung

Häufig wird die These vertreten, dass Pflanzen für die Wasserqualität eines Wasserkörpers sinnvoll sind, da sie für ihr Wachstum Nährstoffe benötigen und diese aus dem Wasser aufnehmen. Sie reduzieren dadurch die Nährstoffbelastung (bes. Phosphat und Stickstoff) eines Gewässers.

Allerdings wurzeln Röhrichte an natürlichen Ufern im Mineralboden und nehmen über die Bodenlösung ihre Nährstoffe auf. Eine Nährstoffreduktion im Wasser durch Röhricht ist so kaum zu erwarten, zumal dem Gewässer über die Luft und Zuflüsse ständig neue Nährstoffe zugeführt werden.

Eine Reduktion ist nur dann möglich, wenn Röhricht als Hydrokultur dazu gezwungen wird, die Nährstoffe direkt aus dem Wasser aufzunehmen. Dabei kann die Menge der durch Pflanzen gebundenen Nährstoffe, abhängig von der Größe und Art des Gewässers, gering sein.

Gegen ein Ernten innerhalb der Vegetationszeit sprechen oft auch naturschutzfachliche Gründe.

Somit ist die Ernte der Biomasse zur Verringerung der Nährstoffmengen zurückhaltend zu beurteilen. Wenn eine Ernte der Biomasse erfolgen soll, ist dies aber nur während der Vegetationsperiode sinnvoll, da zum Herbst die Nährstoffe in den Ausläufern, Rhizomen und anderen Überwinterungsorganen gespeichert werden, aus denen die Pflanzen im nächsten Frühjahr wieder austreiben.

Mit einer Ernte der emersen Biomasse außerhalb oder zum Ende der Vegetationszeit werden dem System keine Nährstoffe entzogen, da in erster Linie Zellulose entnommen wird.

An dieser Stelle soll nicht die Ernte von Biomasse grundsätzlich in Frage gestellt werden. Es geht nur darum, die Bedeutung und den Stellenwert dieser Maßnahmen jeweils richtig einzuschätzen.

Die Wirkung von Röhricht für die Wasserreinigung liegt in erster Linie in der Besiedlungsfläche an Halmen und Wurzeln. Zusätzlich beeinflussen diese Pflanzenteile das Mikroklima im Wasser und im Substrat. Durch Schattendruck wird Algen das

Licht zum Wachsen genommen und Lebensraum für Organismen entsteht (z. B. für Kleinkrebse, die wiederum Algen fressen).

Es geht also darum, mit Röhrriecht die Grundlagen für ein möglichst komplexes Gefüge zu legen, das dann weitgehend stabil ist. Das schließt Algenwachstum ein, verhindert aber eine Massenentwicklung von Algen.

An vielen Gewässern sind zunächst die baulichen und pflanztechnischen Voraussetzungen für die Entwicklung eines Röhrriechts (und Wasserpflanzen) zu schaffen. Zu Flachwasserzonen und zu Möglichkeiten der Besiedlung an steilen Uferbereichen werden unter Punkt 5 Lösungen aufgezeigt.

Bei der Verwendung verschiedener Röhrriechtarten nimmt Schilfrohr eine Sonderstellung ein.

Schilf ist eine äußerst vitale Pflanze und hervorragend geeignet für biotechnische Anwendungen; es erzeugt die größte Biomasse heimischer Röhrriechtpflanzen und wurzelt am tiefsten.

Schilf ist aber – wenn es sich etabliert hat – auch unduldsam gegenüber anderen Pflanzenarten. Die Art ist stark verdrängend und bildet eine stabile Schlussgesellschaft. Neben möglichen optischen Einschränkungen („Schilffront oder Sicht- und Erlebbarkeit des Wassers“) kann es zur „Artenverarmung“ des Standorts führen.

Eine Beschreibung der wichtigsten heimischen Röhrriechtarten finden Sie unter Punkt 2.

Wirkungsweise von Xylitfaser

Beim Xylit handelt es sich um holzartige Fasern, die in der Rohbraunkohle eingebunden sind. Sie können in Deutschland in großen Mengen gewonnen werden. In Folge der vor Millionen Jahren eingesetzten bio- und geochemischen Umwandlungsprozesse besitzt Xylit eine hohe Anzahl polarisierter Gruppen, die gelöste Nährstoffe, Spurenelemente aber auch Schadstoffe binden können.

In Untersuchungen durch die TU Cottbus (2011) wurde ermittelt, dass Xylitfaser über eine bei organischen Stoffen unvergleichbar große Oberfläche und ein hohes Adsorptionsvermögen verfügt (siehe Abbildung 7.1.1 und Tabelle 7.1.1).

Große innere Oberfläche

Xylitfasern sind stark gegliedert. Die einzelnen Faserbündel sind stark aufgeschlossen und besitzen eine viel größere spezifische Oberfläche als andere organische Fasern wie z. B. Holzwolle oder Kokosfaser.

Die innere Struktur der Faser ist rau und die Faserbündel sind grob strukturiert. Das Ladungspotential der inneren Oberfläche besitzt eine große Ionenaustauschkapazität. In Versuchen mit Phosohat wurden hohe Adsorptionsraten gemessen: Von einer Düngergabe waren nach drei Tagen nur noch 10 % im Wasser nachweisbar; 90 % waren an der Xylitfaser adsorbiert (siehe Tabelle 7.1.1).



Abbildung 7.1.1

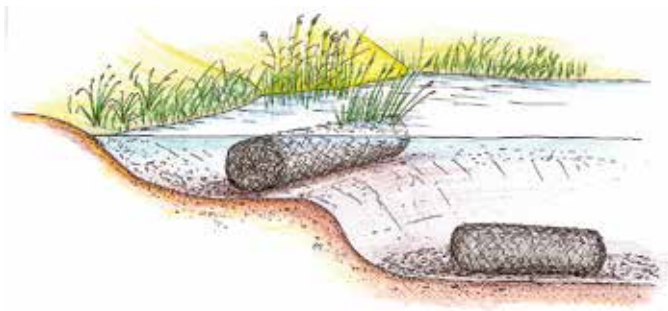


Abbildung 7.1.2

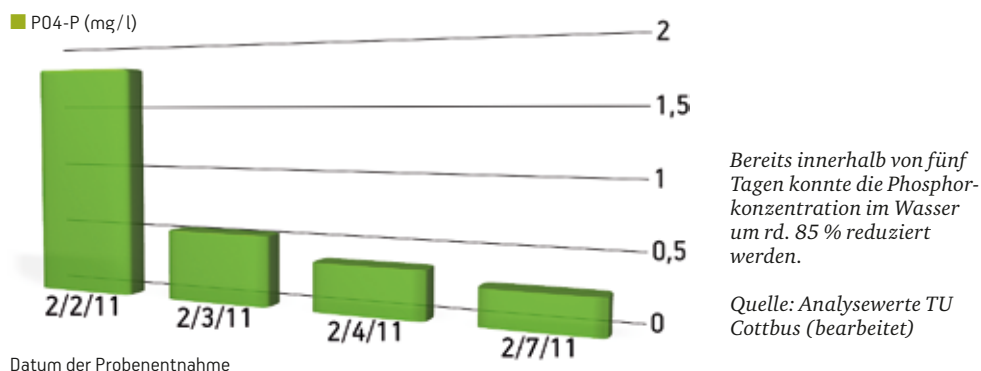
Abbildung 7.1.1 zeigt die große Aufgeschlossenheit der Faser, d.h. die oben benannte starke Strukturiertheit der Fasern. Sie enthalten die Kapillaren der ehemaligen Pflanzenfasern.

Optimale Reinigungseffekte ergeben sich bei einer hohen Packungsdichte (Aufbereitungsform der Xylit-Walzen, siehe Abbildung 7.1.2).

Hohe Adsorptionfähigkeit:

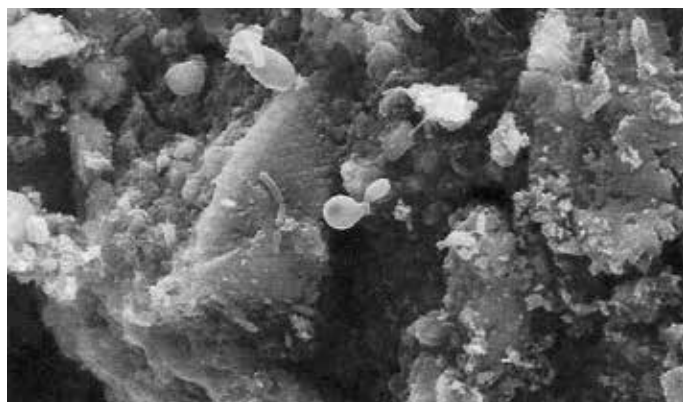
Durch die große Aufwuchsfläche können sich organische Stoffe sehr schnell und in hoher Konzentration anlagern (siehe Tabelle 7.1.1). Dieses erhöhte Nahrungsangebot macht Xylit für Bakterien „attraktiv“.

Tab. 7.1.1: Phosphatadsorption im Wasser durch Xylit



Mikrobielle Besiedlung und Biofilm:

Die große spezifische Oberfläche der Xylitfaser ist am ehesten mit der eines Tropfkörpers vergleichbar und bietet ausgezeichnete Voraussetzungen für eine mikrobielle Besiedlung.



Die Abbildung 7.1.3 zeigt die mikrobielle Besiedlungsfähigkeit von Xylitfasern. Schon nach kurzer Zeit bildet sich auf den Fasern ein dichter Biofilm.

Dieser sogenannte biologische Rasen aus Mikroorganismen ist Grundlage für den Abbau von Nährstoffverbindungen, die dann auf der inneren Oberfläche adsorbiert werden (insbesondere Stickstoff und Phosphat).

Das gute Adsorptionsverhalten bietet dem Zooplankton optimale Nahrungsbedingungen und sichert so die Nahrungskette der höheren Lebewesen. Damit werden Grundlagen für die Erholung von geschädigten Ökosystemen im und am Wasser geschaffen.

Bei unseren Untersuchungen hat sich die Besiedlung von Xylitwalzen mit Mikroorganismen innerhalb weniger Monate um den Faktor 1.000 erhöht.

Struktur-Habitat:

Die offenporige Faserstruktur der einzelnen Xylitwalze bietet einen vor Strömung und Fressfeinden geschützten Lebensraum für Kleinstlebewesen, Insektenlarven, Amphibien, aber auch für Fische und deren Laich.

Zusätzlich reduziert die Rauheit der Walzen die Strömungsgeschwindigkeit des Wassers und verringert das passive Verfrachten des Zooplanktons. Der Schutz vor Verdrift, Fressfeinden und das gute Nahrungsangebot unterstützen eine Konzentration des Zooplanktons in der Xylitwalze.

7.2 Ersatzhabitat schwimmendes Röhricht

Röhrichtzone

Das ideale Stillgewässer hat eine breite Röhrichtzone, in der wichtige biologische Prozesse stattfinden:

Hier ist insbesondere die Aufwuchsfläche von Bedeutung, die Halme und Wurzeln (und das umgebende Milieu im Substrat) für Mikroorganismen bieten. Dies ist die eigentliche Grundlage für die Selbstreinigungskraft des Gewässers. Mit ihnen entsteht ein komplexes biologisches Gefüge aus pflanzlichen und tierischen Organismen.

Alles Oberflächenwasser, das von den Seiten in das Gewässer gelangt, passiert den Röhrichtgürtel. Es durchfließt einen Bereich mit hoher biologischer Aktivität und einer Vielzahl komplexer Umsetzungsprozesse. Idealtypisch können die biologischen Prozesse wie folgt beschrieben werden:

Bakterien bauen die im Wasser gelöste organische Substanz ab und mineralisieren sie (z. B. zu Nährsalzen aus Phosphor und Stickstoff). Diese werden dann wieder von Pflanzen (Phytoplankton, Algen und höhere Pflanzen) aufgenommen, auf deren Oberfläche Bakterien wachsen. Ebenfalls idealtypisch bilden diese Bakterien die Nahrungsgrundlage für Wimperntierchen, diese für Rädertierchen und die für Kleinkrebse. Dieses Zooplankton ernährt sich auch von Algen (dies soll hier nicht weiter differenziert werden, sondern nur die allgemeinen Tendenzen herausgestellt werden). Besonders wichtig als effektiver Algenfiltrierer sind die größeren Kleinkrebsformen (z. B. Ruderfußkrebs, Wasserflöhe).

Sie bewirken schließlich eine zeitweilige Verringerung der Algenbiomasse und verbessern die Sichttiefen.

An vielen Gewässern sind durch die Nutzung und Veränderung der Ufer Röhrichtsäume und die daran gebundenen Kleinlebewesen verschwunden. Zudem besitzen viele Stillgewässer keine oder nur sehr schmale Flachwasserzonen. Röhricht als vielfältig strukturierter Lebensraum mit großer besiedelbarer Oberfläche kann sich hier nur eingeschränkt entwickeln. Das Gleiche gilt für Totholz im Gewässer, dessen Fehlen einen Verlust an Oberfläche, Nische und Nahrung für Organismen bedeutet.

Mit Hilfe von vegetationstechnischen Systemen im oder am Wasser können an beeinträchtigten Gewässern geschützte Lebensräume für Kleinstlebewesen (z. B. Zooplankton), Insektenlarven, Amphibienn aber auch für Fische und deren Brut etabliert werden.



Abbildung 7.2.1
 Röhrichtinseln können in kleinen Gartenteichen, wie auch in großen Seen eingesetzt werden.

Röhricht als Strukturelement

Viele stehende Gewässer besitzen keine oder nur eine ungenügend ausgebildete Röhrichtzonen.

Ursachen hierfür können z. B. in der Ufermorphologie, der Zerstörung bestehenden Röhrichts infolge baulicher Veränderungen, hydraulischer oder biobiologisch-chemischer Einflüsse oder stark schwankender Wasserstände liegen.

Zu einem guten ökologischen Zustand eines stehenden Gewässers (mesotrophe oder eutrophe Trophiestufen) gehört eine gut ausgebildete Röhrichtzone. Dort finden wesentliche Umsetzungsprozesse statt, die Grundlagen für ein vielfältig und artenreich strukturiertes Gewässer und dessen Selbstreinigungskraft sind.

Wenn das Strukturelement „Röhricht“ mit landschaftsbaulichen Methoden nicht oder nur mit unverhältnismäßigem Aufwand hergestellt werden kann, bieten schwimmende Röhrichtinseln als Ersatzlebensraum eine Alternative.

Die oberirdische Biomasse eines Schwimmenden Röhrichts (siehe Abbildung 7.2.2) ist Lebensraum für Insekten und Vögel, die Halme und Blätter im Unterwasserbereich sind Aufwuchsfläche für Mikroorganismen.



Abbildung 7.2.2
Schwimmendes Röhricht als Lebensraum über
und unter Wasser.

Die unterirdischen Pflanzenteile – hier insbesondere die frei ins Wasser hängenden Wurzeln – ermöglichen die Entstehung eines komplexen Nahrungsgefüges, das vom Phytoplankton, über herbivores Zooplankton, carnivores Zooplankton, zum pelagischen Friedfisch und pelagischen Raubfisch führt (siehe Abbildung 7.2.2).



Abbildung 7.2.3: Röhrichtinsel in einem
innerörtlichen Teich.



Abbildung 7.2.4: Wurzelbildung unterhalb
einer Röhrichtinsel.

Untersuchungen der faunistischen Besiedlung des Wurzelraums haben eine sehr hohe Besiedlungsdichte des frei im Wasser hängenden Wurzelraums ergeben (über 5.000 Individuen pro Kubikzentimeter). Die Lebensgemeinschaft „Wurzelraum“ (Biozönose) bietet so sehr gute Nahrungsbedingungen sowohl für räuberisch lebende Arten als auch für Weidegänger.

Insbesondere Fische benötigen natürliche Schutzräume, die ihnen als Versteck dienen. Röhrichtinseln decken Teile der Wasseroberfläche ab und bieten mit ihrem dichten Wurzelfilz Fischen Unterstand und (Sicht)Schutzzone. Fische halten sich zudem gern unter Röhrichtinseln auf, weil es Lebensraum einer Vielzahl von Fischnährtieren ist.

Für Teichwirtschaften bieten sich Vorteile, weil sich die Fische unter den Röhrichtinseln oberflächennah aufhalten können, ohne Gefahr zu laufen, gejagt zu werden (Kormoranschutz). Besonders an Fütterungsstellen können Röhrichtinseln dazu beitragen, dass hier zumindest ein Teil der Nahrungsaufnahme ohne „Stress“ erfolgen kann.

Röhrichtinseln und Wasserreinigung

Frei auf dem Wasser schwimmende Röhrichtinseln nehmen ihre Nährstoffe direkt aus dem Wasser auf. Ohne artspezifisch-quantitative Angaben kann grundsätzlich gesagt werden, dass ins Wasser wurzelnde Pflanzen zwangsläufig Einfluss auf dessen Nährstoffgehalt haben.

Unter dem Schwimmenden Röhricht entwickelt sich ein weit verzweigtes Wurzelsystem. Die Länge und Dichte des Wurzelsvorhangs hängt von den Pflanzenarten und den Nährstoffverhältnissen ab (bis 1 Meter Länge, wobei die ersten 30–50 cm am dichtesten verzweigt sind).

Alleine unter einem Quadratmeter Schwimmenden Röhricht entwickeln sich Wurzeln von über 100 km Länge und einer Oberfläche von über 100 m². Diese große, für Mikroorganismen besiedelbare Oberfläche ist von zentraler Bedeutung für die Selbstreinigungskraft eines Gewässers.

Unter diesem Aspekt wurden auf dem in Abbildung 7.2.5 gezeigten Wasserbehandlungsteich in Frankreich eine Röhrichtinsel von 1.000 m² Größe installiert. Ziel ist die langfristige Verringerung der Algenbildung durch die Umwandlung und Festlegung von Nährstoffen, bevor das Wasser in die Vorflut abgeleitet wird.

Phosphate werden an Sedimente oder Organismen gebunden in ein Gewässer eingetragen und sinken langsam zum Grund und werden dort im Sediment fixiert. Da die Deposition ein physikalischer Vorgang ist, unterstützen Röhrichtinseln die Phosphatfestlegung, da der Wasserkörper unter der Insel ruhiger ist.



*Abbildung 7.2.5
1.000 m² Röhrchinseln zur
Abwasserbehandlung.
Untersuchung in Frankreich.*

Der Abbau von Stickstoffverbindungen läuft über die Nitrifikation und die Denitrifikation. Hier bieten die Wurzelsystem von Röhrchinseln ausreichender Größe genügend Oberfläche für sessile, Stickstoff umsetzende Mikroorganismen.

Somit ist der Einsatz von Röhrchinseln bezüglich der Nährstoffumsetzung in einem Gewässer positiv zu bewerten. Da nur ein kleiner Teil eines Gewässers mit Röhrchinseln bedeckt wird, kann auch der in diesem Bereich durch die Wasserberuhigung verringerte turbulente Sauerstoffeintrag in den Wasserkörper vernachlässigt werden.

Anders ist das bei Klärsystemen, die vollflächig mit schwimmenden Röhrchinseln arbeiten. Hier muss für den Betrieb und die Unterhaltung berücksichtigt werden, dass sich unter den Inseln ansammelndes Sediment problemlos entnommen werden kann.

Röhrchinseln und Landschaftsbild

Röhrchinseln gliedern eine offene Wasserfläche und steigern die Attraktivität innerstädtischer Teiche.

Sie kaschieren unschöne Ufermauern und schaffen zusätzlichen Lebensraum. Auch wenn sie primär nicht darauf ausgelegt sind, ermöglichen sie an senkrechten Mauern und Spundwänden Tieren und Menschen im Notfall die Selbstrettung.



Abbildung 7.2.6 zeigt an einem Beispiel aus England, wie Röhrchinseln als landschaftsästhetisches Element in einem Park eingesetzt werden.



Abbildung 7.2.7 zeigt eine Röhrchinsel auf einem Kanal in Amsterdam. Sie kaschiert die Ufermauer und wertet den innerstädtische Bereich optisch wie ökologisch auf.



*Abbildung 7.2.8
Frankfurt/Oder.*



Abbildung 7.2.9
Röhrichtinseln bilden einen
Sichtschutz für Brutvogel-
kolonien mit großer
Fluchtdistanz.

Die Abbildung 7.2.9 zeigt Röhrichtinseln in Kombination mit schwimmenden Kiesinseln auf einem „Baggersee“. Typisch für offengelassene Kies- und Sandgruben sind die steilen Unterwasserböschungen, oft fehlenden Flachwasserzonen und Besucherdruck von Badegästen an den Ufern. Das Schwimmende Röhricht bietet hier einen Sichtschutz, um die brütenden Vögel durch den Betrieb am Ufer nicht unnötig aufzuschrecken und zu stören.

Röhrichtinseln und Erosionsschutz

Eine Beruhigung des Wasserkörpers ist häufig eine Vorbedingung für erfolgreiche Pflanzmaßnahmen im Uferbereich. An anderer Stelle benötigen Röhrichte infolge des Wellenschlag vorbeifahrender Schiffe oder Sportboote einen Schutz, um sich zu behaupten (siehe Abbildung 7.2.10).

Röhrichtinseln sind eine mögliche Lösung. Sie werden dem Ufer vorgelagert installiert und verringern den Energieeintrag im Uferbereich. Wenn sich die Vegetation im Wellenschatten stabilisiert hat, können Röhrichtinseln problemlos an eine andere Stelle verholt werden.

Messungen im Wellenkanal haben ergeben, dass Röhrichtinseln die Wellenenergie wirksam dämpfen. Bei für Binnenseen typischen Wellenlängen von etwa 1 Meter wird eine Wellendämpfung von rund 90 % erreicht. Hinter einer Röhrichtinsel reduziert sich der Energieeintrag auf das Ufer auf erosionsunwirksame Werte.



Abbildung 7.2.10
Röhrichtinseln schützen das
dahinterliegende Ufer vor
direktem Wellenschlag.

Aufbau einer Röhrichtinsel

Die Röhrichtinseln bestehen aus vollständig mit Röhricht bewachsenen, schwimmfähigen Elementen. Das Trägermaterial aus stabilen und unverrottbaren, technischen Baustoffen ist umweltneutral sowie frost- und UV-beständig.

Die einzelnen Elemente sind steif genug, dass Röhrichtpflanzen auf ihnen unter schwierigen hydraulischen Bedingungen anwachsen und die Haltbarkeit der Konstruktion dauerhaft gewährleisten. Dabei helfen die Pflanzen der Röhrichtinsel mit, denn bereits in der ersten Vegetationsperiode bilden z. B. einige Seggenarten Ausläufer, durch die einzelnen Elemente einer Röhrichtinsel zusätzlich miteinander verknüpft werden.



Abbildung 7.2.11
Schematischer Aufbau einer Röhrichtinsel.



Abbildung 7.2.12
Wurzelvorhang unter einer Röhrichtinsel nach einem Jahr.

Pflanzen für Röhrichtinseln

Die Pflanzen einer Röhrichtinsel nehmen als Hydrokultur ihre Nährstoffe direkt aus dem Wasser auf. In Mitteleuropa ist die ausreichende Nährstoffversorgung einer Röhrichtinsel auf nahezu allen Gewässern sichergestellt. Sofern keine pflanzentoxischen Stoffe gelöst sind, entwickelt und regeneriert sich der Bestand kontinuierlich. Eine Pflege ist nicht nötig. Allerdings sollten Röhrichtinseln routinemäßig z. B. auf den Eintrag von Treibgut oder Müll kontrolliert werden.

Um den besonderen Wuchsbedingungen und der hydraulischen Belastung standzuhalten, müssen die für eine Schwimminsel verwendeten Pflanzensysteme bereits beim Einbau gut entwickelt sein und artspezifische Ausbreitungsorgane ausgebildet haben. Für die Verwendung auf Röhrichtinseln eignen sich besonders Arten wie z. B. Sumpfschwertlilie (*Iris pseudacorus*), Blutweiderich (*Lythrum salicaria*) und ausläuferbildende Seggen wie Schlangensegge (*Carex gracilis*) und Sumpfsegge (*Carex acutiformis*).

Bei einem verstärkten Populationsdruck durch Wasservögel, besonders bei einem hohen Besatz mit Gänsen oder Schwänen, sind ergänzende Maßnahmen zum Schutz von Röhrichtinseln ratsam.

Auftrieb von Röhrichtinseln

Röhrichtinseln bilden ein komplexes Auftriebssystem. Halme und Blätter der Pflanzen besitzen ein ausgeprägtes System von luftführenden Leitungsbahnen. Dadurch sind die einzelnen Pflanzen bzw. der gesamte Pflanzenbestand leichter als Wasser und schwimmen an der Oberfläche.

Gleichzeitig drückt das Gewicht der sich entwickelnden oberirdischen Blattmasse den Verband in das Wasser. Durch die größere Verdrängung steigt wieder der Auftrieb.

Die Basalzone des Röhrichts, die für die Vitalität und Erneuerung eines Röhrichts entscheidend ist, liegt bei Röhrichtinseln einige Zentimeter unter Wasser. Diese Lage ist sowohl optimal für die Entwicklung der Röhrichtpflanzen als auch für die Wellendämpfung.

Aufgrund des Auftriebs wird das Gewicht, das durch die Verankerung und durch abgestorbene Biomasse in das Wasser drückt, aufgefangen. Um den Auftrieb aber jederzeit verlässlich sicherzustellen, sind Röhrichtinseln mit zusätzlichen, technischen Auftriebeskörpern ausgestattet.

Verankerung/Einbau

Ballastgewichte und Ankerseile verankern Röhrichtinseln auf dem Gewässergrund. Die Länge des Ankerseils wird an auftretenden Wasserstandsschwankungen angepasst. Diese einfache Art der Verankerung wird angewandt, wenn die Elemente durch Wind oder Strömung einige Meter hin und her pendeln können, ohne an das Ufer getrieben zu werden. Bei größeren hydraulischen Belastungen ist es zweckmäßig, die Ansatzpunkte der Ankerseile mit Bojen zu markieren.

7.3 Interstitialraum Steinmatratze

Die Europäische Wasser-Rahmenrichtlinie (EWRL):

Gegenstand der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie (EWRR, 2000) sind der Schutz und die Verbesserung des Zustandes aquatischer Ökosysteme und des Grundwassers einschließlich der Landökosysteme, die direkt vom Wasser abhängen. Das Ziel ist ein (definierter) guter ökologische Zustand des jeweiligen Wasserkörpers (siehe dazu auch Punkt 1.4).

Der ökologische Zustand eines Gewässers wird über die Lebensbedingungen für Gewässerorganismen (wirbellose Gewässertiere, Fische, Wasserpflanzen) definiert. Als Referenz gilt die natürlich mögliche Vielfalt an Pflanzen und Tieren eines Gewässers, seine unverfälschte Gestalt und Wasserführung und die natürliche Qualität des Oberflächen- und Grundwassers.

Von besonderer Bedeutung für den guten ökologischen Zustand ist eine ungehinderte Durchgängigkeit und Passierbarkeit. Wo diese aus baulichen oder anderen Gründen nicht gegeben sind, sind Maßnahmen einzuleiten, die Durchgängigkeit wieder herzustellen und dauerhaft zu sichern (siehe Abbildung 7.3.1).

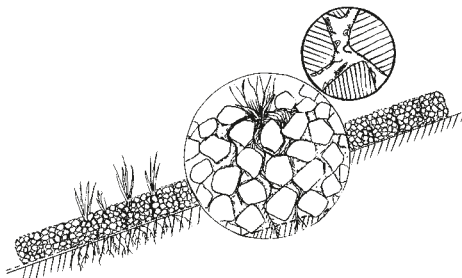


Abbildung 7.3.1 Steinmatratzen bieten Tieren und Pflanzenwurzeln Durchgängigkeit.

Durchgängigkeit und Vernetzung von Gewässern

An dieser Stelle wird der Stellenwert der Durchgängigkeit eines Gewässers kurz erläutert. Zu deren Bedeutung für einzelne Organismen und die verschiedenen Gewässertypen verweisen wir auf die entsprechende Fachliteratur. Vielmehr geht es um allgemein gültige Aussagen, die für alle Baumaßnahmen an Gewässern gelten.

Kontaktzone Wasser-Land

Die Kontaktzone Wasser-Land ist am artenreichsten und weist eine hohe biologische Aktivität auf. Eine Vielzahl von Tieren wechselt vom aquatischen zum terrestrischen Lebensraum und umgekehrt.

Notwendige Ufer- und Sohlbefestigungen, die diese natürlichen Wanderbewegungen ermöglichen, sind anderen Verbautechniken vorzuziehen.

So haben z. B. Fasermatten eine vielfältige und große Oberfläche. Sie bieten an hydraulisch beanspruchten Ufern Organismen Schutz vor Verdrift und ermöglichen Wanderungsbewegungen längs und quer zum Ufer. Sogar der Längsverbau mit toten Bäumen als Uferbefestigung kann in diesem Sinne ein unüberwindliches Hindernis für Organismen sein. Im Idealfall wachsen an der Uferlinie abwechselnd bachbegleitendes Röhricht und Gehölze.

Gewässersohle

Die Gewässersohle hat eine wichtige Funktion im Stoffhaushalt des Gewässers. Je nach Fließsituation ist sie Quelle oder Ablagerungsort für Sedimente. Viele Organismen verbringen dort zumindest einen Teil ihres Entwicklungszyklusses. Auf den jeweiligen Substraten bildet sich ein Biofilm (Bakterien, Pilze, Ein- und Mehrzeller). Auf dem Sohlsubstrat werden organische Verbindungen um- und abgebaut.

Besonders bei Hochwässern ist die Gewässersohle für viele Organismen ein wichtiger Rückzugsort. Von dort findet nach dem Hochwasserereignis die Wiederbesiedlung des Gewässers statt.

Longitudinale Durchgängigkeit im Wasserkörper und Ufer

Die Durchgängigkeit eines Gewässers in dessen Längsachse ist von zentraler Bedeutung für die naturnahe Entwicklung und (Wieder-) Vernetzung getrennter Fließabschnitte zu einem übergeordneten und zusammen hängenden Biotopverbund (siehe Abbildung 7.3.2).

Mit dem Rückbau von Quereinbauten wie Wehren oder Sohlabstürzen ist der vorhandene Sohlprung zu sichern. Er ist so zu gestalten, dass er den Austausch und die Bewegung von Organismen (stromabwärts und stromaufwärts) problemlos ermöglicht.

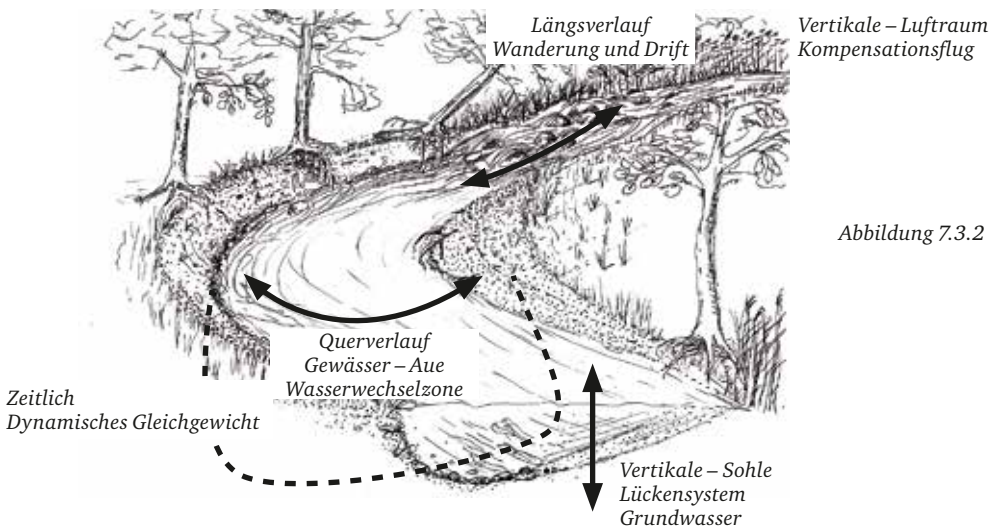


Abbildung 7.3.2

Querriegel, die eine unüberwindbare Sperre für Organismen sind, sollen beseitigt und möglichst eine naturnahe Laufentwicklung eingeleitet werden.

Wo Zwangspunkte oder Vorgaben eine natürliche Gewässerdynamik verhindern, sollten Sicherungstechniken gewählt werden, die den technischen Erfordernissen entsprechen und den Forderungen der WRRL Rechnung tragen. Kleinräumig strukturierte Lösungen sind hier im Vorteil, da sie dem natürlichen Ufer- und Sohlsubstrat am ähnlichsten sind.

Potential und Einsatz von Steinmatratzen

Steinmatratzen werden in stark beanspruchten Fließabschnitten eingesetzt, an denen sonst eine technische Sicherung wie Steinschüttung und Steinsatz zum Einsatz kommen.



Abbildung 7.3.3
Steinmatratzen und
Röhrichtmatten
ermöglichen
Wanderungs-
bewegungen.

Für den Aufbau von Steinmatratzen wird die Korngröße 45/120, für Schottermatratzen sogar die Korngröße 32/64 verwendet. In den meisten Fällen ist dieses Größenspektrum näher an der natürlich vorkommenden Korngröße als die Steine einer offenen Steinschüttung oder eines Steinsatzes.

In einer Steinschüttung beträgt, analog zum Mineralboden, der Anteil der Lücken/Poren etwa ein Drittel des Volumens. Die mittlere Größe der Lücken/Poren in einer Steinschüttung entspricht etwa einem Drittel der Korngröße.

Steinmatratzen weisen demnach einen Lückendurchmesser zwischen den Steinen von 1,5–4,0 cm auf; Schottermatratzen haben einen mittleren Porendurchmesser von 1,0–2,0 cm.

Im Vergleich mit Wasserbausteinen mit z. B. 45 cm Kantenlänge (Lückendurchmesser 1–15 cm) bieten diese engen Hohlräume Organismen des Interstitialraums viele Schutz- und Unterschlupfmöglichkeiten.

Zudem fördern kleine Hohlräume die Sedimentation, die auch bei stärke Strömung und Hochwässern nicht ausgespült wird.

Interstitial und Gewässersohle

Übermäßiger Tiefenerosion von Fließgewässern versucht man durch das Wiederanheben der Gewässersohle zu begegnen. Der Einbau von Sohlgurten oder Sohlriegeln sind geeignete Mittel. Je nach Breite und Abflussvolumen können Sohlgurt bzw. Sohlriegel aus einfachen Holzpalisaden, über Steinmatratzen bis hin zu massiven Schüttungen aus Wasserbausteinen bestehen.

Fließgewässer, an denen Maßnahmen zum Schutz vor Tiefenerosion bzw. ein Wiederanheben der Gewässersohle notwendig sind, weisen in der Regel einen erheblich gestörten Interstitialraum am Gewässergrund auf. Tiefenerosion zerstört durch den Geschiebeabtrag kontinuierlich den Interstitialraum. Beim Wiederanheben der Gewässersohle baut sich das Substrat des späteren Interstitialraums erst zeitverzögert wieder auf.

Der Interstitialraum erstreckt sich über eine maximale Tiefe von mehreren Dezimetern unter der Gewässersohle. Die intensivsten Aktivitäten erfolgen aber bis zu einer Tiefe von 20–30 cm. Somit decken Steinmatratzen mit einer Körnung von 32/64 (Schottermatratzen) und einer Stärke von 25 cm den wesentlichen Sohl- und Böschungsbereich für biologische Aktivitäten ab.

Der Aufbau des Interstitialraums durch Steinmatratzen kann ungehindert erfolgen, da in den meisten Fällen auf ein unterliegendes Geotextil verzichtet werden kann. Aber auch mit geotextilem Unterbau stellt die Steinmatratze unter den verschiedenen Sicherungssystemen diejenige Lösung dar, die die Funktionsfähigkeit des Interstitials am wenigsten beeinträchtigt.

Fließabschnitte, die z. B. durch eine Betonverschalung befestigt waren, verfügen mit Steinmatratzen erstmals überhaupt über einen Interstitialraum als Lebensraum. In naturfernen Gerinnen oder in Gerinnen mit erheblich veränderter Sohlstruktur übernehmen Steinmatratzen die wichtige Funktion von Trittssteinbiotopen. Denn gerade der Interstitialraum ist ein wesentliches Element des anzustrebenden Biotopverbundes innerhalb eines Fließgewässers.

Für die feinen, lehmig-sandigen Substrate vieler Tieflandflüsse bieten Steinmatratzen eine zusätzliche, interessante Biotopstruktur.

Verbindung von Steinmatratzen/Schottermatratzen mit Xylit

Durch die Gewässerunterhaltung und die Gewährleistung eines geregelten Hochwasserabflusses sind viele unserer Gerinne arm an Totholz. Totholz hat für das Gewässer neben seiner laufverändernden Funktion auch ökologische Bedeutung. Es ist Lebens- und Rückzugsraum einer Reihe von Organismen.

Weil die notwendige, geregelte Wasserabfuhr Totholz nur in sehr eingeschränktem Rahmen im Fließgewässer zulässt, kann Xylit als Ersatzhabitat die Funktionen des Totholzes übernehmen.

Xylitfaser ist langlebig und lässt sich gut zwischen den Steinen verklemmen. Durch seine geologische Herkunft als Holzfaser bietet es dem Totholz vergleichbare Eigen-

schaften. Es ist ohne Probleme in bestehende Sicherungssysteme zu integrieren und ergänzt die Biotopstruktur eines Fließgewässers.

Röhricht in Steinmatratzen

Zum Wachsen benötigt Röhricht eine Möglichkeit zur festen Verwurzelung / Verankerung, ausreichend Wasser und Nährstoffe. Offene Steinschüttungen haben zu große Lücken und Boden wird rasch wieder ausgespült. Verklammerte Steinschüttungen kommen zwar mit kleineren Steinen aus, aber Pflanzen können sich durch die Verklammerung (Bitumen, Beton) nicht ausbreiten.

Je kleiner die Steine sind, desto besser sind die Entwicklungsbedingungen für Röhricht. In den Hohlräumen von Steinmatratzen sammeln sich Sedimente, die den Wurzeln Halt bieten. Dazu speichert das Feinmaterial Feuchtigkeit mit Nährstoffen, so dass eine 25 cm dicke Steinmatratze in wenigen Wochen durchwurzelt wird.

Versuche mit verschiedenen, in der Ingenieurbiologie verwendeten Arten haben ergeben, dass sich folgende Arten für das Bepflanzen von Steinmatratzen gut eignen:

Iris pseudacorus* und *Acorus calamus

Diese beiden Arten halten sich in Steinschüttungen, wenn der Wasserstand konstant ist (z. B. an Kanalstrecken in Stauhaltung). Ihr Rhizom als Ausbreitungsorgan verläuft oberirdisch. Beide Arten finden in Steinmatratzen gute Anwuchs- und Entwicklungsbedingungen. Sie wurzeln bis ca. 50/60 cm tief.

Carex acutiformis*, *Carex gracilis*, *Scirpus sylvaticus

Diese Arten breiten sich durch Ausläufer zu allen Seiten aus. Die Wurzeln reichen bis zu 70/80 cm tief. Im Bereich der Steinmatratzen können sie auch höhere, trockenere Bereiche an den Böschungen besiedeln. Da sie aus den wechselfeuchten Seggenrieden bzw. dem Auwald stammen, sind sie an Phasen mit Bodentrockenheit gut angepasst. Deshalb können diese Arten im Verband bis auf die Böschungskrone wachsen, die eher ein Trockenstandort ist.

Phalaris arundinacea

Diese typische Pflanze am Rand von Fließgewässern kann unter Umständen verwendet werden. Die Bedingungen in den Steinmatratzen sind allerdings für sie nicht optimal. Der große Vorteil des Rohrglanzgrases liegt in seinem Vermögen, Sedimente auszukämmen und durch Auflandungen wieder durchzuwachsen. Aufgrund dieses großen Regenerationspotentials hat Rohrglanzgras unter vegetationstechnischen Aspekten seine Berechtigung in Steinmatratzen.

Lythrum salicaria

Die Verwurzelung und die Wurzeltiefe des Blutweiderichs ist eher gering. Er wird in der Ingenieurbiologie dennoch aufgrund seiner Trockenheitsverträglichkeit und sei-

ner hohen Vitalität wegen benutzt. Zudem sind die Bedeutung als Bienenweide und die leuchtende und langanhaltende Blüte als optische Auflockerung wichtige Gründe, die für den Blutweiderich sprechen.

Phragmites communis

Schilfrohr ist die vitalste heimische Röhrichtpflanze. An vollsonnigen Wuchsorten wird es alle anderen Röhrichtarten verdrängen. Da andererseits die Pflanze im Anwuchs nicht einfach ist, sollten Anstrengungen zur Schilfansiedelung vom jeweiligen landschaftspflegerischen Leitbild abhängig gemacht werden.

Standort und Pflanztiefe von Röhricht an fließenden Gewässern

Keine der uferbegleitenden Röhrichtarten wächst an Fließgewässern unterhalb der Mittelwasserlinie (bzw. an Kanälen mit Schiffsverkehr unterhalb des mittleren Wasserstands). Das gilt auch für Pflanzenarten, die unter anderen Bedingungen (stehende Gewässer, flachere Uferböschung, geringe hydraulische Belastung) weiter unterhalb der Wasserlinie wachsen können.

Der Grund liegt nicht darin, dass die Pflanzen durch Hochwasser mit entsprechenden Schleppspannungen herausgerissen werden. Diese Belastung tolerieren Röhrichte schadfrei über mehrere Wochen. Ursache ist vielmehr die Belastung, der die Pflanzen durch den permanenten Wellenschlag ausgesetzt sind.

Entscheidend für eine erfolgreiche Röhrichtpflanzung ist die Anwuchsphase. Bis die Pflanzen eine Steinmatratze (25 cm dick) nach unten durchwurzelt haben, muss der Standort bei Trockenheit und niedrigen Wasserständen gewässert werden. Innerhalb der Vegetationsperiode dringen die Wurzeln des Röhrichts innerhalb von 4 – 6 Wochen etwa 30 cm in den Boden ein.

Beispiel für natürliche Sedimentation und spontane Besiedlung



Abbildung 7.3.4: Uferbefestigung mit Steinmatratzen an einer Gefällestrecke.



Abbildung 7.3.5: Entwicklung der Gefällestrecke durch Spontanvegetation.

Die Abbildung 7.3.4 zeigt den Einbau von Steinmatratzen an einem Gefälleabschnitt. Hohe Schleppspannungen führten zu instabilen Böschungen und Uferabbrüchen. Schon zwei Monate nach dem Einbau haben Gräser aus der Böschung die Steinmatratze von unten durchwachsen. Die Wasserlinie bleibt vegetationsfrei, ist aber durch die Matratze vor weiterer Erosion geschützt.

Im Mai des Folgejahres (Abbildung 7.3.5) hat sich in diesem Bereich ein kleinstrukturiertes Muster aus Süßgräsern und Röhricht sowie offenen Schotternischen gebildet.

Beispiel für zielgerichtete Übererdung und Bepflanzung

In Parks oder entlang von Privatgrundstücken ist oft eine gezielte Bepflanzung unter gestalterischen Aspekten gewünscht. Um die Entwicklung eines Röhrichts zu beschleunigen und die Steinmatratzen zu verdecken, werden sie mit bindigem Boden übererdet.



Abbildung 7.3.6



Abbildung 7.3.7



Abbildung 7.3.8



Abbildung 7.3.9

Die Abbildungen 7.3.6–7.3.9 zeigen verschiedene Bauphasen einer Uferbefestigung mit Steinmatratzen. Die alte Uferbefestigung aus Holzpfählen und Eichenbrettern war abgängig. Zudem unterband die Stufe von etwa 60 cm die Durchgängigkeit des Ufers.

Im Zuge der Sanierung wurde das Ufer mit Steinmatratzen befestigt, die nun einen sanften Übergang zwischen Wasser und Böschung bilden. Um die Begrünung zu beschleunigen, wurden die Steinmatratzen übererdet und eingeschlämmt. Die Wasserlinie ist mit Röhrichtmatten bepflanzt worden; die Böschung darüber ist angesät worden.

Die letzte Abbildung zeigt die Situation etwa 1 ½ Jahre nach Fertigstellung. An der Wasserlinie hat sich ein bachbegleitendes Röhricht entwickelt. Die Böschung ist ebenfalls begrünt und bildet einen optisch reizvollen Kontrast zur gepflegten Rasenfläche des Gartens.

Wo Steinmatratzen nicht eingeschlämmt werden, erfolgt die Ablagerung von Feinsubstrat über die natürliche Sedimentation aus der fließenden Welle. Dieser natürliche Prozess kann länger dauern, hat aber den Vorteil, dass Sediment auf am Ufer auftretenden Fließgeschwindigkeiten und Schleppspannungen aufeinander abgestimmt sind.

Gegenüber einer gezielten Bepflanzung wird sich durch natürliche Sukzession zeitlich verzögert ein standortgerechter Bewuchs entwickeln. Durch fehlendes Feinsubstrat ist die Steinmatratze oberhalb der Wasserwechselzone in den ersten Jahren mit einem Schotterrassen vergleichbar.

Tiere

Anders als Steinsätze oder Betonwände sind Steinmatratzen für Tiere keine unüberwindbaren Hindernisse. Steinschüttungen, deren Größe sich aus den hydraulischen Berechnungen zur Lagestabilität des einzelnen Steins ergibt, bietet Tieren kaum Halt oder Unterschlupf. Vielmehr entstehen im Hochwasserfall starke Strömungen zwi-

schen den Steinen, die vorhandene pflanzliche oder tierische Strukturen mitreißen können.

Steinmatratzen haben durch die kleineren Steine eine geringere Rauigkeit. Die Strömung fließt über sie hinweg.

Anders als Steinschüttungen können Stein- und Schottermatratzen ohne unterliegendes Filtervlies eingebaut werden. Zusammen mit der kleinräumigen Rauigkeit finden Organismen in ihnen Schutz. Durch den ungehinderten Anschluss an den unterliegenden Interstitialraum können Organismen zu starker Strömung in vertikaler Richtung ausweichen. Die Hohlräume der Stein- und Schottermatratzen sind für die Organismen des Interstitials „ausspülsichere Schutzräume“.

Nach Hochwassern können Ufer, Sohle und der Wasserkörper selber schnell wiederbesiedelt werden.

Auf Grundlage der bisherigen Erfahrungen mit verschiedenen Deckwerkstypen sind bezüglich der Durchgängigkeit folgende Aspekte von Bedeutung:

- Viele Tiere nutzen die ungehinderte Durchgängigkeit des Röhrichtsraums für Wanderungsbewegungen in oder ans Wasser und zurück. Welche Tiere das Röhricht als Lebensraum nutzen hängt stark von der Art des Röhrichts ab und somit vom Standort und der Belastungssituation.
- Für jede Verbautechnik ist von zentraler Bedeutung, welche amphibischen Organismen welche Rauigkeiten für ihre Wanderbewegungen tolerieren bzw. benötigen. Eine Einschätzung der Durchgängigkeit ist durch eine vergleichende faunistische Kartierung von a) steilem Uferabbruch, b) Steinschüttung und c) Steinmatratze möglich.
- Steinmatratzen und Schottermatratzen bestehen aus unterschiedlichen Steingrößen (45 / 125 mm bzw. 32 / 64 mm). Besonders das engere Kornspektrum wird häufig mit dem Verweis auf die große Ähnlichkeit des Sohlsubstrats verwendet. Eine interessante Frage ist, welche Aufwirkungen auf Artenvielfalt und Besiedlungsdichte ein möglichst weites Kornspektrum von z. B. 32 / 125 hätte.

Zur Besiedlung unterschiedlicher Uferbefestigungen mit Steinen wurden jüngst in Großbritannien erste Erhebungen durchgeführt (Dodkins IR; Mendzil A., 2014). Zwar liegen die Ergebnisse nur auf einer eingeschränkten Datenmenge zugrunde, sind aber in der Tendenz deutlich und können als Basis für weitergehende Untersuchungen genutzt werden.

Für die Untersuchung wurde eine Abbruchstrecke entlang eines Fließgewässers mit verschiedenen Verbauvarianten gesichert: Neben einer offenen Steinschüttung wurden Steinwalzen mit einer Steingröße 30 / 50, Steinwalzen mit einer Steingröße 50 / 100 sowie das Sohlsubstrat unterhalb der Verbaustrecke auf ihre Besiedlung hin untersucht.

Die Sicherungsarbeiten wurden im Juni 2014 ausgeführt. Eine erste Probenahme fand Ende Oktober 2014 statt. Auf ihr basieren die hier vorgestellten Ergebnisse. Bis in das Frühjahr 2015 sind drei weitere Probenahmen geplant, um die Entwicklung zu dokumentieren. Die Beprobung wurde wie folgt durchgeführt:

Sohlprobe:

Die Entnahme der Probe erfolgte an der Sohle direkt unterhalb der Sicherungsstrecke. Die Organismen wurden gesiebt (500 μ) und in Ethanol konserviert.

Steinwalzen (große und kleine Steine):

Aus der Wasserlinie wurde eine 0,5 m lange Steinwalze ausgebaut und in einer Plastikwanne ins Labor gebracht. Gleichzeitig werden am Entnahmeort aufgewirbelte Organismen mit einem Kescher gefangen und ebenfalls konserviert.

Erst im Labor werden die Steinwalzen in den Transportwannen aufgeschnitten und die einzelnen Steine gewaschen. Sediment und Organismen werden aufgefangen und durch ein 1-mm- und 500- μ -Sieb gesiebt und anschließend konserviert. Die Lücke wird mit einem neuen Steinwalzenstück wieder verschlossen.

Steinschüttung:

Auf einem halben Meter Länge werden die Steine des Deckwerks aufgenommen. Sediment und Organismen werden abgespült und aufgefangen. Gleichzeitig werden am Entnahmeort aufgewirbelte Organismen mit einem Kescher gefangen und der Boden unter den Steinen 10 Sekunden per Hand durchwühlt. Dies wird gemacht, da anders als bei den Steinwalzen, die Steinschüttung nicht in den unterliegenden Boden eingebunden ist. Alle aufgefangenen Organismen wurden konserviert und die Steine wieder eingebaut.

Auswertung im Labor:

Die Laborauswertung erfolgt am Tag der Probennahme. Aus den vier Proben werden verbliebene Blätter entfernt. Danach werden sie in Petrischalen bestimmt. Um alle Wirbellosen zu finden, ist bei einigen Proben ein erneutes Sieben und Trennen von Fremdkörpern notwendig. Schließlich werden die Proben bei 10-facher Vergrößerung unter dem Mikroskop auf noch nicht identifizierte Individuen untersucht.

Die Wirbellosen werden bis auf ihre Familien identifiziert und danach für spätere Untersuchungen konserviert.

Erste Ergebnisse:

Die Ergebnisse der ersten Oktoberbeprobung sind in den Tabellen 7.3.1 bis 7.3.2 dargestellt. Proben aus den Steinwalzen zeigen eine höhere Arten- und Individuenzahl als die aus der Steinschüttung und der Sohle. Der Grund kann der große Interstitialraum in Verbindung mit eingespültem Sediment sein.

Tabelle 7.3.1: Ergebnisse der Beprobung

	<i>Sohlprobe</i>	<i>Steinwalze</i>		<i>Steinschüttung</i>
		<i>kleine Steine</i>	<i>große Steine</i>	
Anzahl erfasster Familien	18	29	27	21
Standardfehler	—	5	4	4
Anzahl erfasster Individuen	119	318	494	103
Standardfehler	—	182	147	66

Ergebnisse der Beprobung aus dem Oktober 2014, Dodkins IR; Mendzil A, 2014

Die Steinwalzen mit den kleinen Steinen weisen eine größere Artenzahl aber geringere Individuenzahlen auf (siehe Tabelle 7.3.2 und 7.3.3). In ihnen hatte sich mehr feines Sediment akkumuliert. Ob dies generell so ist, soll bei den folgenden Probenahmen gesondert berücksichtigt werden.

Durch den höheren Feinmaterialgehalt ist das Volumen des Interstitialraums zwar kleiner, scheint den Tieren aber besseren Schutz vor Fressfeinden zu bieten.

Die Standardabweichungen der beiden Steinwalzenproben unterscheiden sich kaum. Es ist zu erwarten, dass mit den nachfolgenden Beprobungen Unterschiede auftreten werden.

Als vorläufiges Ergebnis kann festgehalten werden, dass in den Steinwalzen mit kleineren Steinen Sediment schneller akkumuliert wird als in der Steinschüttung oder den Steinwalzen mit größeren Steinen. Die erhöhte Sedimentation scheint sich positiv auf die Artenvielfalt auszuwirken.

Zum jetzigen Zeitpunkt zeigen beide Steinwalzentypen gegenüber der Steinschüttung eine größere Artenvielfalt und Individuenzahl. Die weitere Entwicklung bleibt abzuwarten. Es kann sein, dass mit zunehmender Sedimentation in den Steinwalzen Artenvielfalt und Individuenzahlen wieder sinken und sich denen eines natürlichen Ufers angleichen werden.

Die Sedimentation könnte die Entwicklung eines natürlich wirkenden Ufers unterstützen und kann die Voraussetzungen für die Entwicklung eines standortgerechten, bachbegleitenden Röhrichts schaffen.

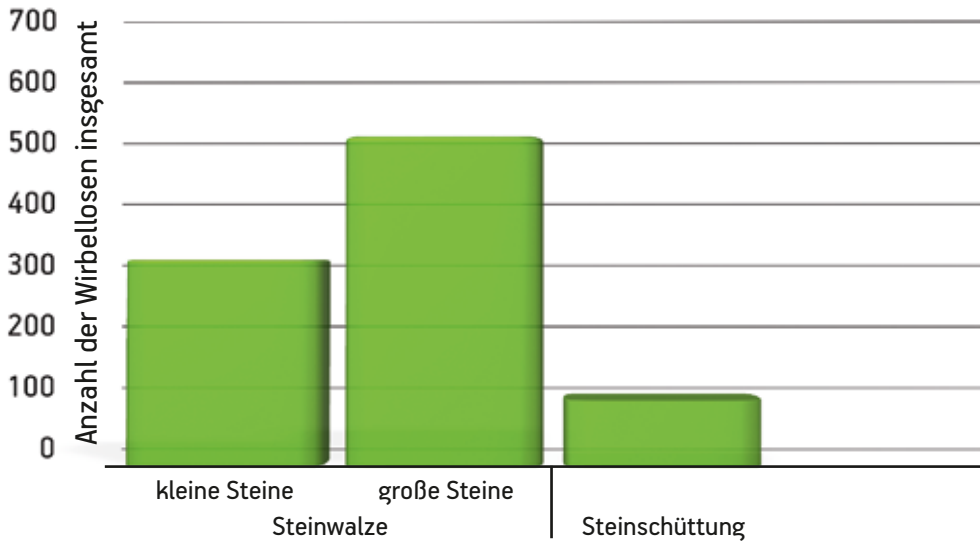


Tabelle 7.3.2 Zahl der Wirbellosen insgesamt, Dodkins IR; Mendzil A, 2014

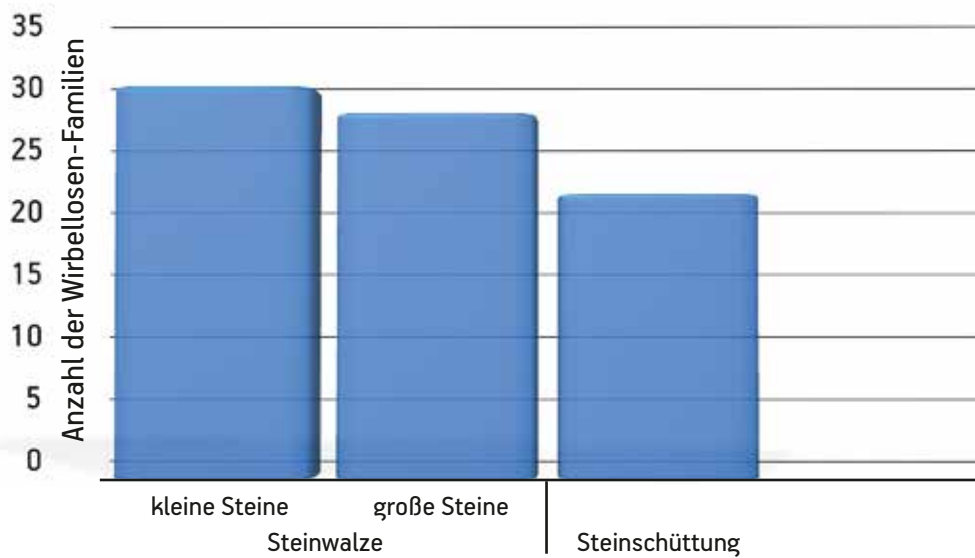


Tabelle 7.3.3 Zahl der Wirbellosen-Familien, Dodkins IR; Mendzil A, 2014

LITERATURVERZEICHNIS

Es soll hier keine umfassende Literaturliste vorgelegt werden. Wie im Vorwort bereits angesprochen, gibt es im Bereich des Einsatzes von Röhrichtpflanzen nur wenige Grundlagen. Im Bereich der traditionellen Ingenieurbiologie hingegen sehr viele. Hierzu werden im Folgenden einige Bücher benannt.

- Aquaterra Solutions: Guide des solution douces, Clouscat 2010
- Begemann, Wolf; Schiechl, Hugo Meinhard: Ingenieurbiologie, Bauverlag, Wiesbaden und Berlin 1986
- Brehm, Jörg; Meertinus, Meijering, P.D.: Fließgewässerkunde, Quelle und Meyer, Heidelberg 1982
- Brettschneider, H. u.a.: Taschenbuch der Wasserwirtschaft, Paul Parey, Hamburg und Berlin 1982
- Dodkins, IR; Mendzil, A: Colonisation of stabilizing mattresses and their impact on local invertebrate biodiversity – A brief summary of work so far, 2014
- DWA-M 509: Fischaufstiegsanlagen und fischpassierbare Bauwerke – Gestaltung, Bemessung, Qualitätssicherung (Mai 2014), basiert auf dem DVWK-Merkblatt 232/1996, Fischaufstiegsanlage
- Florineth, F.: Pflanzen statt Beton: Handbuch zur Ingenieurbiologie und Vegetationstechnik, Patzer, Berlin 2004
- Hacker, Eva; Johannsen, Rolf: Ingenieurbiologie. Ulmer, Stuttgart 2012
- Hütte, Michael: Ökologie und Wasserbau, Paul Parey, Berlin 2000
- Hern, K. u.a.: Handbuch Wasserbau, Naturnahe Umgestaltung von Fließgewässern, Stuttgart 1992

- Klapper, H.: Eutrophierung und Gewässerschutz, Gustaf Fischer, Jena 1992
- Klee, Otto: Angewandte Hydrobiologie, Georg Thieme, Stuttgart, New York 1991
- Lange, G.; Lecher, K.: Gewässerregelung Gewässerpflege, Paul Parey 1993
- Ostendorp, W.; Krumscheid-Plankert, P.: Seeuferzerstörung und Seeuferrenaturierung in Mitteleuropa, Gustaf Fischer, Stuttgart, Jena, New York 1993
- 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 (WRRL)
- Schönborn, Wilfried: Lehrbuch der Limnologie, E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart 2003
- Schwoerbel, J.: Einführung in die Limnologie, Fischer, Stuttgart 1999
- Wissing, Friedrich; Hofmann, Karlfriedrich: Wasserreinigung mit Pflanzen, Ulmer 2002
- Zeh, Helgard: Ingenieurbiologie, Handbuch Bautypen, vdf Hochschulverlag, Zürich 2007

Handbuch Naturnaher Wasserbau

Ökon Vegetationstechnik GmbH
Mützdorf 31 · D-14827 Wiesenburg
Heidehofweg 60 · D-25499 Tangstedt

© 2015 Ökon Vegetationstechnik GmbH

ISBN 978-3-00-050283-5