



Das Lebensministerium



Ufersicherung – Strukturverbesserung

Anwendung ingenieurbioologischer Bauweisen im Wasserbau
Handbuch (1)

Freistaat  Sachsen

Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft

Inhaltsverzeichnis

| | | |
|-------|--|----|
| | Vorwort | 4 |
| 1 | Einleitung | 5 |
| 1.1 | Anlass und Notwendigkeit | 5 |
| 1.2 | Definition des Begriffs „Ingenieurbiologie“ | 6 |
| 1.3 | Funktionen ingenieurbiologischer Bauweisen | 7 |
| 2 | Auswahlkriterien der ingenieurbiologischen Bauweisen | 9 |
| 2.1 | Zielvegetation | 10 |
| 2.2 | Anordnung innerhalb der Uferzonierung | 12 |
| 2.3 | Anwendungsbereiche und Funktion | 14 |
| 2.3.1 | Böschungfußsicherung | 14 |
| 2.3.2 | Böschungssicherung | 15 |
| 2.3.3 | Vorlandsicherung/Oberflächensicherung Deiche | 15 |
| 2.3.4 | Gewässerstrukturierung | 16 |
| 2.4 | Wirkungsweise | 16 |
| 2.5 | Bau/Ausführung | 17 |
| 2.6 | Baumaterialien | 18 |
| 2.6.1 | Der lebende Baustoff Pflanze | 18 |
| 2.6.2 | Herkunft des Pflanzenmaterials | 20 |
| 2.6.3 | Hilfsstoffe/unbelebte Baustoffe | 21 |
| 2.7 | Einbauzeitpunkt | 22 |
| 2.8 | Belastbarkeiten | 22 |
| 2.9 | Vor- und Nachteile | 25 |
| 2.10 | Unterhaltung/Pflege | 26 |
| 2.11 | Kombinationsmöglichkeiten | 28 |
| 2.12 | Checkliste Planungsablauf ingenieurbiologischer Arbeiten | 29 |
| 3 | Beschreibung der ingenieurbiologischen Bauweisen | 30 |
| 3.1 | Bauweisenübersicht | 30 |
| 3.2 | Anlage von Grasflächen | 32 |
| | Trockensaat | 32 |

| | | |
|-------|--|----|
| | Nasssaat | 33 |
| | Heumulchsaat | 34 |
| | Rasensoden | 36 |
| | Schotterrasen | 38 |
| 3.3 | Anlage von Röhricht und Schilfbeständen | 40 |
| | Vegetationswalzen | 40 |
| 3.4 | Anlage von Gehölzbeständen | 43 |
| 3.4.1 | Anpflanzung von Gehölzen | 43 |
| 3.4.2 | Bauweisen mit Gehölzteilen und ausschlagfähigen Gehölzen | 45 |
| | Steckhölzer | 45 |
| | Setzstange | 48 |
| | Lebende Wurzelstöcke | 50 |
| | Flechtzäune | 52 |
| | Uferfaschinen | 54 |
| | Spreitlagen | 58 |
| 3.4.3 | Kombinierte Bauweisen | 61 |
| | Begrünte Böschungsschuttmatten | 61 |
| | Raubäume | 64 |
| | Lebende Buhnen | 66 |
| | Begrünte Holzkrainerwände | 68 |
| | Buschbauleitwerke | 71 |
| | Begrünte Steinschüttungen | 74 |
| | Begrünte Gabionen | 76 |
| 4 | Stichwortverzeichnis/Glossar | 79 |
| 5 | Quellenverzeichnis | 83 |
| 5.1 | Gesetze | 83 |
| 5.2 | Normen und Richtlinien | 83 |
| 5.3 | Literatur | 84 |
| | Impressum | 88 |

Vorwort



Die Schäden des Augusthochwassers 2002 erwiesen sich als besonders verheerend in Bereichen, in denen Bäche und Flüsse in den zurückliegenden Jahrzehnten naturfern ausgebaut und in ihrem Verlauf dazu eingeeengt und begradigt worden waren. Naturbelassene Gewässerstrecken mit intakten Ufergehölzbeständen wiesen dagegen wesentlich geringere oder gar keine Schäden auf.

Die rechtlichen Vorgaben der Europäischen Union, der Bundesrepublik Deutschland und des Freistaates Sachsen fordern eine möglichst naturnahe Entwicklung unserer Bäche und Flüsse. Dazu gehört unter anderem eine standortgerechte Gehölzvegetation an den Ufern.

Die geforderte Umgestaltung der Fließgewässer ist dabei kein Selbstzweck, sondern stellt einen wesentlichen Beitrag zur Sicherung der Funktionen des Naturhaushalts und zum präventiven Hochwasserschutz dar.

Im Freistaat Sachsen werden mit der schrittweisen Umsetzung der Hochwasserschutzkonzepte in den nächsten Jahren Wasserbaumaßnahmen mit einem erheblichen Investitionsvolumen realisiert. Nicht zuletzt durch die Erfahrungen des Augusthochwassers 2002 ist es an der Zeit, einen grundlegenden Paradigmenwechsel hin zu einem nachhaltigen und zeitgemäßen Wasserbau zu vollziehen.

Unter nachhaltigem Wasserbau verstehen wir Baumaßnahmen an und in Gewässern zur Verbesserung des ökologischen Zustands oder Potenzials, des Hochwasserschutzes und der Effizienz der Gewässerbewirtschaftung unter Berücksichtigung der wasserwirtschaftlichen Notwendigkeiten sowie der naturräumlichen Gegebenheiten bei Einsatz verhältnismäßiger Mittel und Beachtung des Prinzips der Eingriffsminimierung.

Ingenieurbioologische Bauweisen stellen in diesem Zusammenhang eine wirksame Methode des Wasserbaus dar. Bereits im Rahmen der Erarbeitung der Hochwasserschutzkonzepte für die sächsischen Gewässer I. Ordnung wurde deren Berücksichtigung gefordert und an einigen Gewässern schon pilothaft umgesetzt, so zum Beispiel am Lungwitzbach.

Mit dem nun vorliegenden Handbuch können Behörden, Planer und Bausausführende für die noch zu bewältigende Hochwasserschadensbeseitigung und die weiterführenden präventiven Maßnahmen im Rahmen des Hochwasserschutzprogramms auf einheitliche fachliche Grundsätze für die Anwendung ingenieurbioologischer Bauweisen im Freistaat Sachsen zurückgreifen. Durch die umfassende Einbindung des in Sachsen und darüber hinaus vorhandenen Sachverstands von Verbänden und Behörden der Wasserwirtschaft wurde bereits im Vorfeld ein weit reichender fachlicher Konsens über die Anwendbarkeit und Wirksamkeit dieser naturnahen Wasserbauweisen hergestellt.

Der Einsatz von ingenieurbioologischen Baumaßnahmen bedarf stets einer interdisziplinären, partnerschaftlichen Arbeitsweise bei Planung, Genehmigung und Ausführung. Nicht zuletzt sollte auch die Öffentlichkeit über Ziele und Vorteile der Maßnahmen aufgeklärt werden. Auch diese beiden Anliegen werden mit diesem Handbuch verfolgt.

Hochwasserschutz in Sachsen ist und bleibt eine Generationenaufgabe. Sie wird dann gelingen, wenn wir sie auch als eine Gemeinschaftsaufgabe ansehen, bei der Sachverstand gebündelt, finanzielle Ressourcen effizient eingesetzt und die Bürger umfassend eingebunden werden.

Ingenieurbioologische Bauweisen sollen und werden zukünftig dafür einen wesentlichen Beitrag leisten.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Stanislaw Tillich'. The signature is fluid and cursive.

Stanislaw Tillich

Staatsminister für Umwelt und Landwirtschaft

1 Einleitung

1.1 Anlass und Notwendigkeit

Mit den 1995 eingeführten „Richtlinien für die naturnahe Gestaltung der Fließgewässer in Sachsen“ des Sächsischen Staatsministeriums für Umwelt und Landesentwicklung (SMU, 1995) wurde bereits eine einheitliche Grundlage für die Fließgewässergestaltung und -entwicklung in Sachsen geschaffen. Das nun vorliegende Handbuch (1) setzt diesen Gedanken konsequent fort. Es fokussiert dabei auf die Synergien von Maßnahmen, die sowohl das Ziel der nachhaltigen Ufersicherung als auch der Strukturverbesserung verfolgen.

Darüber hinaus untersetzt die Darstellung dieser Bauweisen die gesetzlichen Forderungen des Wasserhaushaltsgesetzes der Bundesrepublik Deutschland (WHG), des Bundesnaturschutzgesetzes (BNatSchG), des Sächsischen Wassergesetzes (SächsWVG) und des Sächsischen Naturschutzgesetzes (SächsNatSchG) nach Erhalt und Rückführung eines natürlichen oder naturnahen Zustands der Gewässer.

Konkret wird durch den Gesetzgeber vorgegeben:

- Die Gewässerbewirtschaftung hat so zu erfolgen, „dass vermeidbare Beeinträchtigungen ihrer ökologischen Funktion ... als Lebensraum für Tiere und Pflanzen“ unterbleiben (WHG; §1a, Abs. 1) bzw. „die Erhaltung und Wiederherstellung der ökologischen Funktionen vorrangig berücksichtigt werden“ (SächsWVG, §3, Abs. 1).
- „Die Unterhaltung der Gewässer umfasst insbesondere die Verpflichtung, die Ufer vorwiegend durch standortgerechten Bewuchs und in naturnaher Bauweise zu sichern und für den Abfluss freizuhalten“ (SächsWVG, §69, Abs. 1.2).
- „Ein rein technischer Ausbau ist zu vermeiden und durch biologische Wasserbaumaßnahmen zu ersetzen“ (BNatSchG, §2, Abs. 1).

→ „Fließende Gewässer sollen, soweit ein Ausbau erforderlich ist, in naturnaher Weise ausgebaut und ausgestaltet werden. Nicht naturnahe ausgebaute Fließgewässer sollen in einen naturgerechten Zustand zurückgeführt werden“ (SächsNatSchG, §1, Abs. 3).

Bei der Erfüllung dieser gesetzlichen Vorgaben kommt den ingenieurbioologischen Bauweisen im Rahmen der Gewässerentwicklungs- und Hochwasserschutzplanung eine Schlüssel-funktion zu. Das Sächsische Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft hat dazu eine untergesetzliche Regelung getroffen. Im Erlass „Anwendung ingenieurbioologischer Bauweisen im Wasserbau“ vom 18. Oktober 2004 wird bei allen wasserbaulichen Maßnahmen an Gewässern I. und II. Ordnung (insbesondere außerhalb von Ortslagen) zur Sicherung eines durchgängig naturnahen Gewässerausbaus der vorzugsweise Einsatz ingenieurbioologischer Bauweisen vorgeschrieben.

Diese gesetzlichen und untergesetzlichen Regelungen werden jedoch nur dann zum erwünschten Ziel führen, wenn landesweit eine einheitliche Herangehensweise zur Anwendung ingenieurbioologischer Grundsätze und Bauweisen bekannt ist und in der Praxis berücksichtigt wird.

Vor diesem Hintergrund konstituierte sich im Sommer 2004 im Auftrag des Sächsischen Staatsministeriums für Umwelt und Landwirtschaft eine gemeinsame Arbeitsgruppe aus Mitgliedern des Bundes der Ingenieure für Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Kulturbau, Landesverband Sachsen e. V., der Deutschen Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V., Landesverband Sachsen/Thüringen und der Gesellschaft für Ingenieurbioologie e. V.

Zielstellung dieser Arbeitsgruppe ist die mittel- und langfristige Erarbeitung von Handbüchern zu ingenieurbioologischen Bauweisen. Vier entsprechende Unterarbeitsgruppen untersuchen dabei Schwerpunktthemen, zu denen als Ergänzung der bestehenden Richtlinien schrittweise Handbücher für die praxisgerechte Anwendung publiziert werden:

- Unterarbeitsgruppe 1:
„Ingenieurbioologische Bauweisen im Wasserbau – Ufersicherung und Strukturverbesserung“,
- Unterarbeitsgruppe 2:
„Standortspezifische Empfehlungen zur Auswahl geeigneter ingenieurbioologischer Bauweisen für sächsische Fließgewässer“,

- Unterarbeitsgruppe 3:
„Lohnkostenzeitwerte und Richtpreise für ingenieurbioologische Bauweisen im Wasserbau“,
- Unterarbeitsgruppe 4:
„Hydraulische Belastbarkeiten ingenieurbioologischer Bauweisen im Wasserbau“.

Handbuch 1 wendet sich an die sächsische Wasserwirtschafts- und Umweltverwaltung, insbesondere an die Flussmeistereien und Kommunen, aber auch an Planungs- und Ingenieurbüros sowie ausführende Fachfirmen. Im Zentrum steht eine praxisnahe Beschreibung der Grundprinzipien der ingenieurbioologischen Bautechnik als eine Variante des Wasserbaus.

1.2 Definition des Begriffs „Ingenieurbioologie“

Ingenieurbioologische Bauweisen haben ihren Ursprung in handwerklichen Techniken zur Sicherung von Gewässerufern und Böschungen. Sie werden seit alters her aufgrund von Erfahrungen angewendet. In den letzten Jahrzehnten wurde ihre systematische wissenschaftliche Untersuchung in Bezug auf Wirkungsweise, Leistungsfähigkeit, Anwendungsbereiche, Pflege und Unterhaltung deutlich vorangetrieben.

Heute versteht man unter Ingenieurbioologie ein technisch-naturwissenschaftliches Fachgebiet im Erd- und Wasserbau, das gekennzeichnet ist durch die Verwendung von lebenden Pflanzen und Pflanzenteilen, deren Verhalten und Wirkungsweise allein oder in Verbindung mit unbelebten Baustoffen einer technischen Aufgabe dient.

Als weitere Bezeichnungen für Ingenieurbioologie sind die Begriffe Lebendbau, Lebendverbau, Grünverbauung, lebende Verbauung, biologische Verbauung, naturnahe Verbauung, Vegetationsbau und technischer Pflanzenbau gebräuchlich.

Unabhängig von der jeweils gewählten Bezeichnung wird Ingenieurbioologie dabei oft als Synonym für naturgemäßes Bauen interpretiert. Auch wenn ingenieurbioologische Bauweisen unbestritten ein wichtiges Handwerkszeug des naturnahen Wasserbaus sind, bieten sie alleine jedoch keine Gewähr für ein naturnah ausgebautes Gewässer. Erst durch die Einbindung in die Fließgewässer- und Auenentwicklung (Fließgewässerentwicklungsplanung) kann mit Hilfe der ingenieurbioologischen Bauweisen die in § 31 WHG geforderte Rückführung der Gewässer in einen „naturnahen Zustand“ erreicht werden.

1.3 Funktionen ingenieurbioologischer Bauweisen

Mit dem Einsatz ingenieurbioologischer Bauweisen im Wasserbau werden Sicherungsmaßnahmen zum Ufer-, Böschungs- und Vorlandschutz durchgeführt, mit denen neben der Erfüllung einer technischen Aufgabe zusätzlich folgende Ziele einer naturnahen Gewässerentwicklung im Sinne der eingangs erwähnten gesetzlichen Anforderungen erreicht werden können:

1. Schaffung von gewässertypischen Lebensräumen, Förderung der gewässereigenen Dynamik (Eigenentwicklung), Regenerierung von Auenstandorten – Sicherung der ökologischen Funktionen und landschaftlichen Bedeutung von Fließgewässern – Verbesserung der Gewässerstrukturgüte.
2. Erhöhung des Selbstreinigungsvermögens der Fließgewässer – Verbesserung der Gewässergüte.
3. Wiederherstellung des naturgemäßen Abflussregimes – präventiver Hochwasserschutz, Beitrag zur fließenden Retention durch Erhöhung des Fließwiderstandes.

Bereits SCHIECHTL (1973) unterscheidet nach technischer, ökonomischer, ökologischer und ästhetischer Wirkungsweise der Bauweisen. Dabei erfüllen ingenieurbioologische Bauweisen immer mehrere oder alle diese Funktionen. Diese Multifunktionalität der ingenieurbioologischen Bauweisen bedingt einen Mehrfachnutzen, der einen wesentlichen Vorteil gegenüber den ingenieurtechnischen Bauweisen des konventionellen Wasserbaus darstellt.

Im Gegensatz zum ingenieurtechnischen Verbau der Gewässerufer durch Mauern, Wasserbaupflaster, Steinschüttung oder Steinsatz sind die ingenieurbioologischen Bauweisen zudem in der Lage, den Wirkungsgrad der Ufersicherung im Laufe der Zeit ständig zu verbessern und den Pflegeaufwand langfristig zu minimieren.

Bei standort- und gewässergerechter Auswahl sowie fachgerechtem Einbau stellen ingenieurbioologische Bauweisen eine nachhaltige, wirtschaftliche und langfristig stabile Variante der Ufersicherung von Fließgewässern dar.

Dabei sind die ingenieurbioologischen Bauweisen nicht als Ersatz der ingenieurtechnischen Maßnahmen zu verstehen, sondern sollen diese ergänzen. In Bereichen, wo aufgrund beschränkter Platzverhältnisse oder hoher hydraulischer Belastungen der erforderliche Uferschutz nicht mit ingenieurbioologischen Bauweisen erreicht werden kann, werden auch in Zukunft ingenieurtechnische Maßnahmen anzuwenden sein. Insbesondere in der freien Landschaft oder in Gewässerabschnitten mit geringeren Belastungen und ausreichend Platz spricht vieles für die Anwendung ingenieurbioologischer Bauweisen.

Abb. 1.3 zeigt die Brückenfunktion der Ingenieurbioologie im Wasserbau zwischen Eigenentwicklung der Gewässer einerseits und konventionellem, d. h. technischem Gewässer Ausbau andererseits. Je nach Anforderungen und Rahmenbedingungen können ingenieurbioologische Bauweisen eher die naturnahe Entwicklung eines Gewässers begünstigen oder eher der Erfüllung technischer Ziele dienen.

Die Schnittmengen und Übergänge zwischen einer eher naturnahen und einer eher technischen Anwendungsform sind von Bauweise zu Bauweise unterschiedlich. Generell lässt sich jedoch eine Abstufung der verschiedenen Bauweisen hinsichtlich der Herstellungskosten, der damit erreichten Naturnähe des umgestalteten Gewässerabschnitts und der hydraulischen Belastbarkeit ableiten.

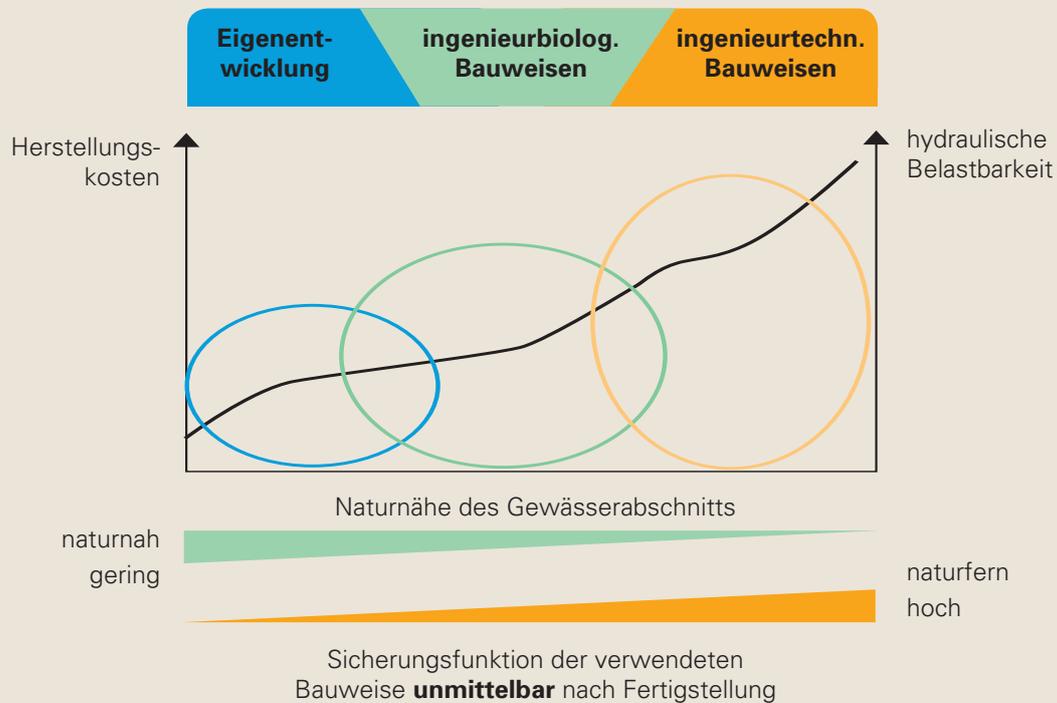


Abb. 1.3: Einordnung ingenieurbio-logischer Bauweisen im Wasserbau (Quelle: Stowasser)

Die Eigenentwicklung ist als Gestaltungsfaktor naturnaher Gewässer unverzichtbar, kann aber in unserer vielseitig genutzten Kulturlandschaft nur dann als „Bauweise Null“ zur Anwendung kommen, wenn dem Fließgewässer ausreichend Platz zur Verfügung steht. Grundsätzlich ist daher vor der Planung oder Durchführung jeglicher Maßnahmen immer zuerst zu prüfen, ob durch Grunderwerb angemessen großer, angrenzender Flächen zu Gunsten der Gewässereigendynamik auf Ufersicherungsmaßnahmen verzichtet werden kann.

Vor diesem Hintergrund ist auch beim Einsatz ingenieurbio-logischer Bauweisen die Notwendigkeit der Anwendung geplanter Sicherungs-

maßnahmen zu begründen. Dies gilt auch für die Fälle, in denen ingenieurbio-logische Bauweisen gezielt zur Initiierung und Förderung der Eigendynamik eingesetzt werden und damit zur Verbesserung der Gewässerstruktur beitragen sollen.

Bei der Anwendung ingenieurbio-logischer Bauweisen zu vordringlich technischen Zwecken sollte durch geeignete Bauweisenauswahl ein möglichst großer ökologischer und ästhetischer Nutzen erzielt werden.

2 Auswahlkriterien der ingenieurbioologischen Bauweisen

Für die Sicherung oder Strukturierung der Ufer an Fließgewässern stehen verschiedene ingenieurbioologische Bauweisen zur Verfügung. Die Auswahl der jeweils geeigneten Bauweise bewegt sich in einem Spannungsfeld zwischen den am konkreten Einbauort herrschenden Standortbedingungen, den damit verbundenen Möglichkeiten zum Einsatz von Lebendmaterial sowie den vom Menschen formulierten Ansprüchen.

Die Bauweisen können einzeln oder auch kombiniert eingesetzt werden. Für die Auswahl der geeigneten ingenieurbioologischen Bauweisen ist deren Belastbarkeit durch die hydrodynamischen Kräfte des Wassers häufig der limitierende Faktor. Entsprechend dem Gewässerumfeld und den Nutzungsansprüchen an den Gewässerabschnitt spielt das geforderte Bestandsziel (Zielvegetation) eine entscheidende Rolle. Je nach Standort können aber auch andere Kriterien für die Auswahl entscheidend sein.

Alle Bauweisen haben Anwendungsoptima und Anwendungsgrenzen. Diese richten sich vor allem nach biologischen und technischen Kriterien. Die Pflanzen können sich nur dann entwickeln, wenn sie ausreichend mit Licht, Wasser und Nährstoffen versorgt werden, sich in ihrem natürlichen Verbreitungsareal befinden und nicht von Schadstoffen beeinträchtigt werden. Außerdem muss der Bodenkörper durchwurzelbar sein, damit sie ein tiefreichendes Wurzelsystem bilden können. Vor diesem Hintergrund sind die naturräumlichen Rahmenbedingungen des Standorts, an dem die Bauweise zum Einsatz kommen soll, von großer Bedeutung.

Zur Erleichterung der Auswahl einer geeigneten Bauweise am konkreten Einbauort und zur Verdeutlichung von Einsatzmöglichkeiten und Unterschieden zwischen den Bauweisen ist die Beschreibung der einzelnen Bauweisen in den nachfolgenden Kapiteln so aufgebaut, dass alle Bauweisen einheitlich nach folgenden Kriterien beschrieben werden:

- Angestrebte bzw. zu erreichende **Zielvegetation**
- **Anordnung** der Bauweise **innerhalb der Uferzonierung** des Fließgewässers
- **Anwendungsbereiche und Funktion** der Bauweise
- **Wirkungsweise** der Bauweise
- Angaben zu **Bau und Ausführung** der Bauweise
- Aufzählung der erforderlichen **Baumaterialien** zur Herstellung der Bauweise
- Geeigneter **Einbauzeitpunkt**, zu dem die Bauweise ausgeführt werden kann
- Benennung von Werten zu hydraulischen **Belastbarkeiten** der Bauweise
- Erläuterung der **Vor- und Nachteile** der Bauweise
- Hinweise zur **Unterhaltung und Pflege** der Bauweise
- Verweise auf **Kombinationsmöglichkeiten** mit anderen Bauweisen
- Benennung von **Besonderheiten/häufigen Fehlern** bei der Umsetzung der Bauweise

Abbildung 2.1 zeigt das Zusammenwirken dieser unterschiedlichen Faktoren und Kriterien, die letztlich bei der Auswahl einer Bauweise zu berücksichtigen sind. Die o. g. Kriterien werden in den anschließenden Kapiteln 2.1 bis 2.12 kurz erläutert.



Abb. 2: Faktoren für die Auswahl ingenieurbioologischer Bauweisen (Quelle: Stowasser)

2.1 Zielvegetation

Ohne den Einfluss des Menschen wäre Mitteleuropa überwiegend von Wald bedeckt (vgl. SCHMIDT et al, 2002). Nur Standorte, die dauerhaft zu nass oder zu trocken für die Ansiedlung von Gehölzen sind, wären gehölzfrei. Nach Aufgabe jeglicher Nutzungen würde sich auf Flächen, die heute als Wiesen oder Acker bewirtschaftet werden, im Rahmen der natürlichen Sukzession langfristig wieder Wald einstellen.

Dasselbe gilt für die Gewässerufer. Bei der Planung der Zielvegetation für einen Gewässerabschnitt gilt es daher festzulegen, ob Gehölze toleriert werden können oder nicht. Die Festlegung des Bestandsziels ist die Voraussetzung für die Auswahl der geeigneten Bauweise und die zukünftig erforderlichen Pflegeaufwendungen. Je nach Art und Kombination der gewähl-

ten Bauweise lassen sich unterschiedliche Bestandsziele erreichen:

1. Standortgerechter Gehölzbestand (Bäume und Sträucher),
2. standortgerechte Röhricht- und Hochstaudenflur,
3. standortgerechte Gras- und Kräuterbestände, Wiesen, Rasen.

Ein standortgerechter Gehölzbestand entlang eines Gewässers kommt den oben genannten natürlichen Bedingungen am nächsten. Mit der Entwicklung eines standortgerechten Gehölzbestandes wird die Etablierung einer langfristig stabilen, sich selbst durch Naturverjüngung regenerierenden Pflanzengesellschaft angestrebt. Deren Artenzusammensetzung orientiert sich an der heutigen potenziell natürlichen Vegetation (hpnV).



Bild 2.1.1: Standortgerechter Wald entlang eines Fließgewässers im Hügelland



Bild 2.1.2: Standortgerechte Hochstaudenflur (Gewöhnliche Pestwurz, *Petasites hybridus*) an einem kleinen Mittelgebirgsbach

In Situationen, in denen ein Baumbestand entlang der Ufer nicht möglich oder nicht gewünscht ist, kann ein standortgerechter Strauch- oder Gebüschbestand etabliert werden. Dabei ist allerdings zu beachten, dass sich auch innerhalb von Strauchbeständen im Rahmen der Naturverjüngung Bäume ansiedeln können. Diese müssen dann gegebenenfalls in regelmäßigen Abständen entfernt werden. Dies kann selektiv durch Rückschnitt der Bäume oder durch abschnittsweises Auf-den-Stock-Setzen des gesamten Gehölzbestandes erfolgen. Durch letztere Maßnahme wird gleichzeitig das Überaltern der Sträucher verhindert.

Röhricht und Hochstaudenfluren sind nur innerhalb der Röhrichtzone stabile, d. h. dauerhaft sich selbst regenerierende Pflanzengesellschaften, weil es dort zu nass für die dauerhafte Ansiedlung von Gehölzen ist. Oberhalb der Röhrichtzone angeordnete Anpflanzungen von Röhricht oder Hochstauden können sich nicht optimal entwickeln und lassen sich nur durch erhöhten Pflegeaufwand erhalten, da sie ansonsten im Rahmen einsetzender Gehölzsukzession überwachsen und durch geschlossene Gehölzbestände ersetzt werden.

Den höchsten Pflegeaufwand verursachen die Gras- und Kräuterbestände, Wiesen und Rasen, die nur durch regelmäßige Mahd oder Beweidung erhalten bleiben. Die Einplanung dieser Bestände als Zielvegetation ist daher angesichts zukünftiger Pflegekosten sorgfältig abzuwägen.

Je stärker die mittels der ingenieurbioologischen Bauweisen geplante Zielvegetation auf die am Einbauort herrschenden Standortbedingungen abgestimmt ist, desto größer wird die Stabilität der sich daraus entwickelnden Pflanzengesellschaften. Diese sind dann auch ausreichend konkurrenzstark, um das Aufkommen von Neophyten zu begrenzen oder vollständig zu verhindern.



Bild 2.1.3: Standortgerechte bachbegleitende Gehölzbestände stellen eine stabile und dauerhafte Ufersicherung bei geringem Pflegeaufwand dar

2.2 Anordnung innerhalb der Uferzonierung

Das Ziel von ingenieurb biologischen Bauweisen liegt in der Schaffung einer stabilen, standortgerechten Vegetation, welche die Ufer ausreichend schützt und sowohl Gewässer als auch Landschaft ökologisch und ästhetisch aufwertet. Dabei ist die Sicherung der Uferböschungen immer im Zusammenhang mit der Gewässersohle und der gesamten Gerinnemorphologie zu sehen.

Der Bezug zum Wasserspiegel ist ein entscheidendes Kriterium für die Eignung der jeweiligen Bauweise. Ingenieurb biologische Maßnahmen an Gewässern können nur bei strenger Beachtung der Vegetationszonen gelingen (vgl. Abb. 2.2.1 und Tabelle 2.2.2). Pflanzenansiedlungen in einer tieferen als der hierfür erforderlichen Zone sind unweigerlich zum Scheitern verurteilt, in einer höheren Zone können sie bei ausreichender Pflege bzw. Zurückdrängung von konkurrierenden Pflanzen und Fressfeinden zwar erfolgreich, aber nicht effizient sein.

Für die Planung einer ingenieurb biologischen Ufersicherung sollte das betreffende Ufer erst in die verschiedenen Vegetationszonen aufgeteilt werden. Anschließend kann für die einzel-



Bild 2.2: Ausgeprägte Weichholzaue

nen Vegetationszonen die jeweilige Zielvegetation festgelegt werden. Für jeden Vegetationstyp wird dann eine entsprechende Bauweise oder Bauweisenkombination zur sicheren Initiierung des Bestandes geplant (vgl. auch DIN 19657, 1973 und SCHÜLTER, 1986).

Die Unterwasserzone ist dadurch gekennzeichnet, dass sie das ganze Jahr hindurch von Wasser bedeckt ist. Die Abgrenzung der Unterwasserzone durch die Linie des mittleren Niedrigwasserstandes (MNW) kann vor Ort nur geschätzt werden, was in der Praxis jedoch ausreichend ist. Es können sich nur solche Pflanzen

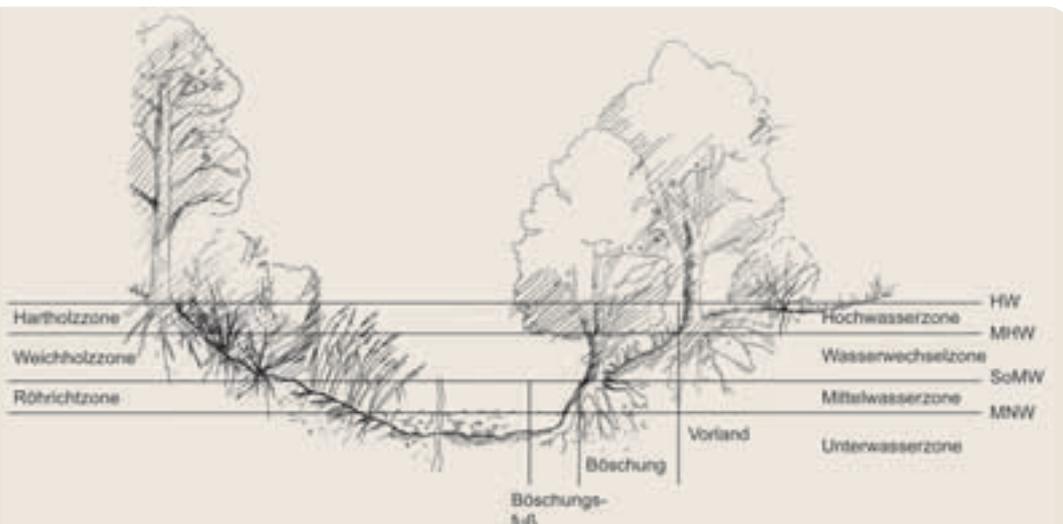


Abb. 2.2.1: Ingenieurb biologische Uferzonierung eines Fließgewässers, Querschnitt (Quelle: BW)

dauerhaft ansiedeln, die an diese Standortverhältnisse angepasst sind, wie z. B. Schwimmpflanzen. Solche Pflanzen kommen aber nur in stehenden bzw. sehr langsam fließenden Gewässern vor. Die Sicherung der Unterwasserzone an Fließgewässern erfolgt daher in der

Regel mit unbelebten Baustoffen wie Steinen, gegen Auftrieb gesicherten Hölzern oder Totfaschinen. Die Höhe der Unterwasserzone und der Mittelwasserzone beträgt bei kleineren Fließgewässern oft nur wenige Dezimeter.

| Uferzone | Lage bezogen auf den Wasserspiegel | Vorherrschende Pflanzengesellschaften und mögliche ingenieurbio-logische Bauweisen |
|--|---|---|
| Zone I Unterwasserzone (aquatische Zone, Laichkrautzone) | etwa unterhalb des mittleren Niedrigwassers (MNW) | frei schwimmende Wasserpflanzen, Schwimmblatt-pflanzen, bis 3 m Wassertiefe, kein Einsatz von Lebendbauweisen, unbelebte Bauweisen wie Steinschüttungen, Senkfaschinen oder ähnliches |
| Zone II Mittelwasserzone (Röhricht- und Seggenriedzone) | etwa zwischen mittlerem Niedrigwasser (MNW) und Sommermittelwasser (SoMW) | Röhricht und Seggenried Einsatz von ingenieurbio-logischen Bauweisen Röhricht als Uferschutz in Kombination mit unbelebten Baustoffen, Bauweisen: Ballenpflanzung, Rhizompflanzung, Sprösslingspflanzung, Halmpflanzung, Röhricht- bzw. Vegetationswalzen, Röhrichtmatten |
| Zone III Wasserwechselzone (Weichholzzone) | zwischen Sommermittelwasser (SoMW) und mittlerem Hochwasser (MHW) | Weidengebüsch, Weichholz-Auenwälder, Erlenwälder fließender Gewässer Vorwiegend Einsatz von Weide bei ingenieurbio-logischen Bauweisen: Spreitlage, Steckholz-pflanzung im Verband, Setzstangen, Faschinen, Rasensoden, begrünte Böschungsschutzmatten und anderes |
| Zone IV Hochwasserzone (Hartholzzone) | zwischen mittlerem Hochwasser (MHW) und Hochwasser (HW) | Erlen-Eschenwälder, Hartholzaunenwälder, Feuchte Stieleichen-Birkenwälder Kaum Einsatz von ingenieurbio-logischen Bauweisen, da Sicherungsmaßnahmen kaum erforderlich und Bestandsziel der Auenbereiche durch Normalpflanzungen besser erreichbar. Ansaaten in Vorländern als Vorstadium Bauweisen: Pflanzungen, Setzstangen, Heumulchsaat, Gehölzansaaten bei nährstoffarmen, skelett reichen Rohböden |

Tabelle 2.2.2: Uferzonen – vorherrschende Pflanzengesellschaften und mögliche ingenieurbio-logische Bauweisen

Hier können beide Zonen von standortgerechten Gehölzen in wenigen Jahren vollständig durchwurzelt werden. Bei größeren Flüssen ist dies nicht möglich, da die Spanne mehrere Meter beträgt.

Die Mittelwasserzone und die Wasserwechselzone sind den jährlichen Wasserspiegelschwankungen zwischen sommerlichem Niedrigwasser und mittlerem Hochwasser ausgesetzt. Es ist der Übergangsbereich von der Röhrichtzone zur Weichholzaue. Als Bezug zur Abgrenzung der Zonen dient der Sommermittelwasserstand (SoMW), der sich durch die Grenze des Gras- und Krautwuchses entlang eines Fließgewässers meist deutlich abzeichnet.

An Flachlandflüssen können sich hier breite Röhrichtsäume ausbilden. An den Mittel- und Oberläufen der Fließgewässer sind Weiden- und Erlenbestände als typische Vertreter der Weichholzaue vorherrschend. Sie sind diejenigen Pflanzen, die sich an die jährlichen Wasserspiegelschwankungen und periodischen Überflutungen am besten angepasst haben.

Die Hochwasserzone umfasst die Hartholzaue. Sie erstreckt sich in etwa vom jährlichen bis zum höchsten Hochwasser und ist gekennzeichnet durch Überflutungen mit unterschiedlichen Wiederkehrintervallen. Mit der Abnahme der Überflutungshäufigkeit bilden sich Bestände der Hartholzaue mit Wertbaumarten wie Eschen, Ulmen und Eichen aus.

2.3 Anwendungsbereiche und Funktion

Ingenieurbiologische Bauweisen werden in erster Linie zur Sicherung der Ufer und zur Strukturierung der Niedrig- und Mittelwasserabflüsse verwendet. Meist steht die Sicherungsfunktion im Vordergrund, d. h. die Bauweisen werden eingesetzt, um die Uferböschungen vor den hydrodynamischen Kräften des Wassers zu schützen. Hinsichtlich der Sicherungsfunktion lassen sich entlang der Uferzonen (vgl. Abb. 2.2.1) folgende Anwendungsbereiche unterscheiden:

1. Böschungsfußsicherung (Zone I und II),
2. Böschungssicherung (Zone III),
3. Vorlandsicherung/Oberflächensicherung Deiche (Zone IV).

Neben den technischen Funktionen zur Ufersicherung gewinnt die Fähigkeit der ingenieurbiologischen Bauweisen zur Verbesserung der Gewässerökologie und -struktur beizutragen, zunehmend an Bedeutung. Als weiterer Aspekt der Anwendungsbereiche und Funktion wird daher noch die

4. Eignung zur Gewässerstrukturierung in die Beschreibung der Bauweisen aufgenommen.

2.3.1 Böschungsfußsicherung

Die Böschungsfußsicherung hat die Aufgabe, Auskolkungen und Unterspülungen und damit ein Abrutschen der Böschung zu verhindern. Der Bereich des Böschungsfußes reicht bei kleinen und mittleren Gewässern von der Sohle bis zur Grenze der sommerlichen Wasserwechselzone. Die auf lange Sicht optimale Sicherung des Böschungsfußes erfolgt hier mit der Bepflanzung von standortgerechten Gehölzen im Bereich der Mittelwasserlinie (MUBW, 1993, S.22).

Gehölzwurzeln schützen den Böschungsfuß erst nach einiger Zeit wirksam vor Erosion. Je nach Standort können daher Initialsicherungen mit ingenieurbiologischen Bauweisen alleine (z. B. Faschinen) oder mit Hilfsstoffen wie beispielsweise Steinschüttungen erforderlich sein. Zur Sicherung eines naturnahen Ausbaus sollten Steinschüttungen nur so bemessen werden, dass die maximale Korngröße der für das Be-



Bild 2.3.1: Wurzeln der Schwarzerle sichern ein Prallufer und die Gewässersohle eines kleinen Fließgewässers

messungshochwasser berechneten erforderlichen Korngröße entspricht. Steinschüttungen sind immer Steinsätzen vorzuziehen, da sie flexibler und unregelmäßiger sind und damit auch ökologische Nischen für Tiere und Pflanzen bieten.

2.3.2 Böschungssicherung

Die Böschungssicherung beginnt oberhalb des Böschungsfußes. Die Sicherung richtet sich in erster Linie nach der hydraulischen Belastung und der Häufigkeit der Überflutung. Bei geringer Belastung kann eine flächendeckende Ansaat kombiniert mit einer punktuell wirkenden Bepflanzung ausreichen. Je höher die mögliche Belastung ist, desto wichtiger ist es, die Böschung flächig zu sichern. Bei der Auswahl der Bauweise ist auch darauf zu achten, dass die Pflanzen im Sommer bei geringen Niedrigwassermengen noch ausreichend mit Wasser versorgt werden.

2.3.3 Vorlandsicherung/Oberflächensicherung Deiche

Die Vorlandsicherung dient in erster Linie dazu, Vegetation auf flachen und breiten Vorländern zu initialisieren. Damit wird die Fließgeschwindigkeit lokal reduziert, wodurch die Erosion verhindert und die Sedimentation gefördert wird. Eine flächige Sicherung ist nicht notwendig, wo eine eigendynamische Entwicklung des Gewässers gewünscht ist.

Die Sicherung der Deiche vor Oberflächenerosion erfolgt durch eine geschlossene Grasdecke. Da es sich häufig um trockene Standorte handelt, muss die Artenauswahl den Standortverhältnissen und der geplanten Deichunterhaltung angepasst sein, um eine dauerhafte Sicherung zu erzielen. Dabei ist auf ein ausgewogenes Verhältnis zwischen horst- und ausläuferbildenden Grasarten sowie auf den Einsatz mehrjähriger Grasarten zu achten. Falsche Artenauswahl und Zusammensetzung der Grasmischung kann die Ausbildung einer geschlossenen und widerstandsfähigen Grasnarbe verhindern, sie kann aber auch zu Verdämmungen führen, wodurch Wühltiere angezogen werden.

Die Anpflanzung von Gehölzen auf Deichen ist grundsätzlich nicht gestattet, da die Gehölze die Standsicherheit und die Unterhaltung der Deiche beeinträchtigen. Eine Fremdnutzung des Deiches durch teilweise Bepflanzung der landseitigen Böschung mit Sträuchern und niedrig wachsenden Baumarten kann ausnahmsweise zugelassen werden, wenn bestimmte Voraussetzungen vorliegen oder Vorkehrungen getroffen werden (DWA-M 513, Gelbdruck vorrausichtlich 2005). Ist die landseitige Bepflanzung gestattet, so sollten Gehölze nur in Gruppen gepflanzt werden. Das unterste Drittel der luftseitigen Böschung muss in jedem Fall frei bleiben, damit im Hochwasserfall Beobachtungen über den Austritt von Sickerwasser möglich sind.

2.3.4 Gewässerstrukturierung

Für die Gewässerstrukturierung können ingenieurbio-logische Bauweisen zur Förderung der eigendynamischen Entwicklung bei Nieder- und Mittelwasser beitragen. Aus heutiger Sicht ist es eines der wichtigsten Ziele des naturnahen Wasserbaus, dem Fließgewässer wieder mehr Raum für eine eigendynamische Entwicklung zu überlassen. Da dies aber aus unterschiedlichen Gründen nicht überall möglich ist, können ingenieurbio-logische Bauweisen als lenkende Maßnahmen zur Initiierung einer Strukturverbesserung eingesetzt werden.



Bild 2.3.4: Neben der Sicherung der Uferböschungen werden ingenieurbio-logische Bauweisen zunehmend auch zur Gewässerstrukturierung bei Nieder- und Mittelwasser eingesetzt

2.4 Wirkungsweise

Entscheidend für die Auswahl der geeigneten Bauweise ist, welche Wirkungsweise sie am jeweiligen Standort übernehmen soll. Grundsätzlich können die einzelnen Bauweisen nach

- punktueller,
- linearer und
- flächiger

Wirkungsweise unterschieden werden

Punktuelle Bauweisen wie z. B. Setzstangen oder einzelne Wurzelstöcke decken nur eine sehr kleine Fläche eines Ufers ab. Werden viele punktuelle Bauweisen nebeneinander angeordnet, so kann auch eine flächige oder lineare Wirkung erzielt werden. Allerdings ist zu beachten, dass die Pflanzen für ihre Entwicklung einen entsprechenden Abstand untereinander brauchen, da ansonsten Konkurrenz ausfälle entstehen, so dass eine vollkommen flächige Anordnung von punktuellen Bauweisen meist nicht sinnvoll ist.

Punktuell wirksame Bauweisen dürfen nur dort eingesetzt werden, wo das Bodenmaterial durch die Überströmung nicht erodiert werden kann. Ansonsten müssen zusätzliche flächenwirksame Schutzmaßnahmen, wie beispielsweise Geotextile angeordnet werden.

Grundsätzlich können punktuelle Maßnahmen die Turbulenzen lokal erhöhen und es gilt, je dicker und starrer ein Element ist, desto stärker ist dieser Effekt.

Lineare Bauweisen wie Faschinen oder Flechtzäune wirken nur entlang eines schmalen Bereiches. Werden solche Bauweisen überströmt, dann kann das dahinter liegende Ufer durch die lineare Bauweise selbst meist nicht mehr ausreichend geschützt werden.

Werden lineare Bauweisen böschungsparell hintereinander angeordnet, dann kann auch eine flächige Wirkung entstehen.

Flächige Bauweisen, wie z. B. begrünte Böschungsschuttmatten oder Spreitlagen, decken die Ufer vollflächig ab. Da das Wasser ebenfalls flächig auf die Uferböschungen wirkt, kann mit flächigen Bauweisen die beste Schutzwirkung erzielt werden.



Bild 2.4.1: Raubäume sichern den Böschungsfuß linear; der daran anschließende Steckholzverbund wirkt in der Initialphase noch punktuell, später als flächige Böschungssicherung



Bild 2.4.2: Entwicklung nach 8 Wochen

2.5 Bau/Ausführung

Der Erfolg bei der Anwendung ingenieurbio- logischer Bauweisen hängt maßgeblich von der handwerklich korrekten Ausführung der erforderlichen Arbeiten ab. Neben einer fundierten Ausführungsplanung und Leistungsbeschreibung setzt dies vor allem entsprechende Erfahrung beim ausführenden Betrieb und beim bauüberwachenden Ingenieur voraus.

Das Prinzip der ingenieurbio- logischen Bauweisen basiert darauf, dass unbelebte (tote) mit lebenden Baustoffen kombiniert werden und sich daraus positive, gegenseitig begünstigende Effekte ergeben. Die unbelebten Hilfsstoffe, wie z. B. Steine, Holz, Geotextile, schützen die lebenden Pflanzen so lange, bis diese sich ausreichend stark entwickelt haben. Nach einigen Jahren verrottet ein Teil der Hilfsstoffe und die Stabilisierung der Ufer erfolgt durch die Pflanzen. Damit sich die Pflanzen optimal entwickeln können, müssen sie aber auch in unterschiedlichen Zeitabständen gepflegt werden, um ihre Funktionsfähigkeit dauerhaft erhalten zu können. Vor diesem Hintergrund ist beim Planer ein fundiertes Fachwissen über Leistungsfähigkeit, Standortanforderungen, Wirkungsmechanismen und Lebenszyklen des eingesetzten Lebendmaterials (Pflanzen und Pflanzenteile) erforderlich. Beim Ausführungsbetrieb muss zumindest ein Grundwissen bezüglich Pflanzenkenntnis und ingenieurbio- logischer Bautechnik vorhanden sein.



Bild 2.5: Unabhängig von der Größe des Fließgewässers ist eine qualifizierte Bauleitung zum korrekten Einbau ingenieurbio- logischer Bauweisen unabdingbar

So sind beispielsweise bei der Planung der Bauweisen und deren Entwicklung zwei Elemente von besonderer Bedeutung: Die Versorgung der Pflanzen mit Licht und Wasser. Die richtige Standortauswahl ist entscheidend für eine ausreichende Versorgung mit Licht. Beschattete Bereiche, infolge ihrer topographischen Lage oder durch Gehölze, müssen gemieden werden. Ansonsten können sich die lichtliebenden Pflanzen (Weiden) nicht entwickeln. Zur Gewährleistung einer ausreichenden Versorgung mit Licht kann es unter Umständen notwendig sein, vorhandene Bäume zu entnehmen.

Andererseits kann unmittelbar nach der Baufertigstellung an sonnenexponierten Lagen die Gefahr bestehen, dass es zu Sonnenbrand an der Rinde kommt. Dadurch löst sich die Rinde vom Kambium und die Pflanze stirbt ab. Dies kann durch eine leichte Abdeckung der Pflanzen mit Boden vermieden werden.

Durch die richtige Bauausführung kann eine ausreichende Wasserversorgung gewährleistet

werden. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Pflanzen auch während Trockenperioden mit Wasser in Kontakt kommen sollten. Je besser die Pflanzen oder Pflanzenteile eingebaut werden, desto schneller können die Bauweisen die ihnen zugeordneten Funktionen übernehmen. Ausführungsfehler bei der Verwendung des Lebendmaterials wirken sich unmittelbar auf die Stabilität der ingenieurb biologischen Bauweisen aus!

2.6 Baumaterialien

2.6.1 Der lebende Baustoff Pflanze

Ingenieurb biologische Bauweisen verwenden lebende Pflanzen oder Pflanzenteile alleine oder in Kombination mit Hilfsstoffen. Als lebende Pflanzen werden eine Vielzahl von Gräsern, Kräutern und Gehölzen verwendet. Grundvoraussetzung für eine erfolgreiche Anwendung ist, dass standortgerechte Arten ausgewählt werden. Bei Ansaaten können auch organische Mulchstoffe zum Einsatz kommen, die das Saatgut in der Anfangsphase schützen und die Keimung verbessern.

In stehenden oder langsam fließenden Gewässern können im Bereich der Wasserwechselzone Röhrichte zum Einsatz kommen. Diese können unbewurzelt z. B. als Schilfsteckling direkt in den Boden eingebracht oder als vorkultivierte Ballen, Matten oder Walzen zum Einsatz kommen. Bei Letzteren ist zu beachten, dass es

sich dabei häufig um Handelsware handelt, weshalb das verwendete Röhricht unter Umständen eine geringere Widerstandskraft als lokal vorhandene Röhrichtarten aufweist.

Gehölze können als unbewurzelte Pflanzenteile (Steckhölzer) oder als bewurzelte Pflanzen mit oder ohne Ballen verwendet werden. Voraussetzung für die Verwendung von unbewurzelten Pflanzenteilen ist, dass die Pflanzen durch Adventivwurzelbildung vegetativ vermehrbar sind. Solche Pflanzen besitzen die Fähigkeit, preventive oder adventive Spross- und Wurzelanlagen auszubilden, d. h. aus einem nackten Ast können sich unterirdisch Wurzeln und oberirdisch Sprossen ausbilden. Diese Eigenschaft besitzen insbesondere Weidenarten, mit Ausnahme der Salweide (*Salix caprea*). Weiden stellen deshalb einen wichtigen Baustoff in der Ingenieurb iologie dar, weil sie sehr einfach zu ernten und einzubauen sind.



Bild 2.6.1.1: Beginnende Trieb- und Adventivwurzelbildung an einem Weidenholz



Bild 2.6.1.2: Weidenaustrieb



Bild 2.6.1.3: Sprosswurzelnbildung einer dreijährigen Schwarzerle (*Alnus glutinosa*), nach einem Hochwasser ca. 80cm überschottert

Bei der Gewinnung des Lebendmaterials ist auf Einschränkungen bei den Erntezeitpunkten aufgrund naturschutzrechtlicher Bestimmungen zu achten. So dürfen beispielsweise Gehölze im Zeitraum zwischen 1. März und 30. September nur mit einer entsprechenden Ausnahmegenehmigung gefällt werden. (vgl. Sächs.NatschG)



Bild 2.6.1.4: Aufgrund Ihrer Fähigkeit zur Sprosswurzelnbildung können diese Weiden und Erlen trotz einer ca. 80cm mächtigen Überschotterung problemlos weiter wachsen

In der Literatur (SCHIECHTL/STERN 2002, DIN 18918, WBW 1994) sind die geeigneten Bäume und Sträucher für ingenieurbio-logische Bauweisen an Fließgewässern ausführlich beschrieben, so dass hier nur die wichtigsten angeführt sind. Vor allem die Fähigkeit von Gehölzen, zusätzlich zum vorhandenen Wurzelsystem am überschütteten Stammbereich so genannte Sprosswurzeln auszubilden, ist eine wichtige Eigenschaft für die Verwendung in der Ingenieurbiologie. Außer den einheimischen Weiden sind deshalb folgende Arten speziell geeignet (in Anlehnung an FLORINETH, 2004):

| Deutscher Name | Botanischer Name | Anordnung innerhalb der Uferzonierung (W = Weichholzaue H = Hartholzaue) | Wuchshöhe in m |
|----------------------------|----------------------------|--|----------------|
| Bäume | | | |
| Bergahorn | <i>Acer pseudoplatanus</i> | H | 30 |
| Schwarzerle (auch Roterle) | <i>Alnus glutinosa</i> | W | 20 |
| Gemeine Esche | <i>Fraxinus excelsior</i> | H | 35 |
| Schwarzpappel | <i>Populus nigra</i> | W | 30 |
| Traubenkirsche | <i>Prunus padus</i> | H | 10 |
| Eberesche | <i>Sorbus aucuparia</i> | H | 15 |
| Sträucher | | | |
| Hasel | <i>Corylus avellana</i> | H | 8 |
| Hartriegel | <i>Cornus sanguinea</i> | | 3 |
| Pfaffenhütchen | <i>Evonymus europaea</i> | H | 4 |
| Heckenkirsche | <i>Lonicera xylosteum</i> | W | 3 |
| Brombeere | <i>Rubus caesius</i> | | 1,5 |
| Gemeiner Schneeball | <i>Viburnum opulus</i> | | 4 |

Tabelle 2.6.1: Wichtige geeignete Bäume und Sträucher für ingenieurbio-logische Bauweisen

2.6.2 Herkunft des Pflanzenmaterials

Generell ist beim Einsatz von Pflanzen als lebende Baustoffe auf deren standortheimische Herkunft zu achten. Die genetische Vielfalt der heimischen Gehölze wird durch die Verwendung von Pflanzen gebietsfremder Herkunft nivelliert und verfälscht, ihre genetische Eigenart ist damit gefährdet. Dieser Prozess ist aufgrund der Pflanzungen der letzten Jahrzehnte bereits weit fortgeschritten.

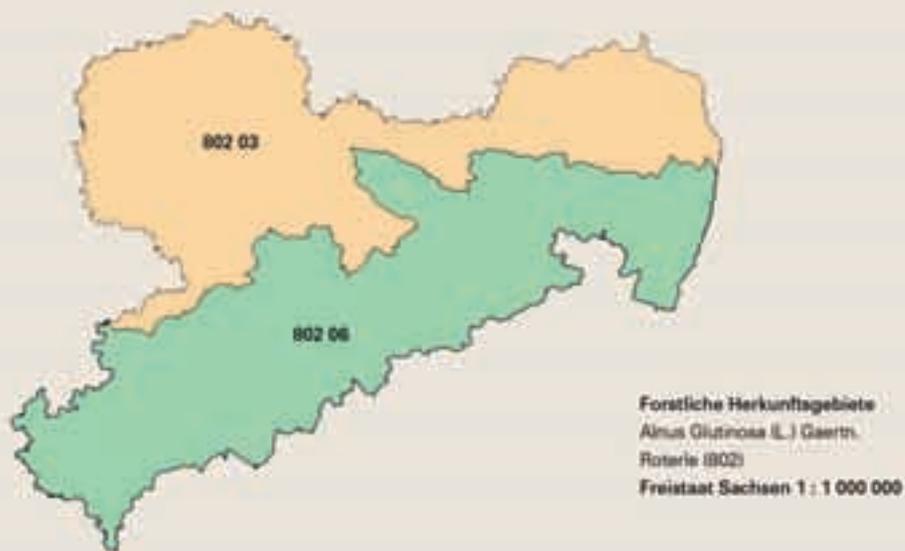
Kreuzen sich gebietsfremde Arten mit standortheimischen Arten, besteht die Gefahr, dass die regionaltypische genetische Ausstattung verloren geht und Populationen hinsichtlich Frostempfindlichkeit, Blütezeitpunkt und ähnliches verändert werden. Die vielfältigen Wechselbeziehungen in der Natur und der Evolutionsprozess können nachhaltig gestört werden.

Durch die Verwendung von standortheimischem Pflanzenmaterial soll dieser Entwicklung entgegengewirkt werden. Ziel ist, das Genpotenzial aller wildlebenden Arten innerhalb

ihres natürlichen Verbreitungsgebietes zu erhalten. Im Rahmen verschiedener Untersuchungen (vgl. unter anderem MARZINI, 1997) wurde nachgewiesen, dass bei der Anwendung standortheimischer Arten bessere Anwuchserfolge erzielt werden. Damit wird das Sicherungs- und Begrünungsziel der Bauweise schneller erreicht. Die meist robusteren standortheimischen Pflanzen verursachen geringere Aufwendungen für Nachbesserungen (z. B. Ersatzpflanzungen, Nachsaat) und senken damit die Baukosten.

Für die Anwendung ingenieurbioologischer Bauweisen ergeben sich folgende Möglichkeiten, den Anforderungen an die Verwendung von standortheimischen Pflanzen gerecht zu werden:

1. Gewinnung von Weidenmaterial hauptsächlich aus dem Einzugsgebiet des Baches oder Flusses, in dem die Baumaßnahme umgesetzt wird.
2. Bei Bauweisen, die ein Zukaufen von Saatgut oder Jungpflanzen erfordern, ausschließlich Verwendung von Pflanzen, die aus autochthonem, d. h. bodenständigem



Saatgut angezogen wurden. Um diese Forderung in der Praxis umzusetzen, bieten sich folgende Möglichkeiten:

- a. Saatgut: Beerntung von Naturbeständen und Anwendung spezieller Begrünungsverfahren (z. B. Heumulchsaat, Heudruschsaat und ähnliches – vgl. Kap. 3.2.3),
- b. Sträucher: Deutschlandweit werden 9 Herkunftsgebiete für Sträucher unterschieden. Die Ausschreibung der Pflanzenlieferung sollte Pflanzen mit geeignetem Herkunftsnachweis, beispielsweise Gütesiegel Erzeugergemeinschaft Autochthoner Baumschulerzeugnisse in Bayern (EAB) oder gleichwertig fordern,
- c. Bäume: Ausschreibung der Pflanzenlieferung mit Herkunftsnummer nach Forstvermehrungsgutgesetz (FoVG), wobei artspezifische Herkunftsgebiete für 26 Wirtschaftsbaumarten abgegrenzt wurden, darunter auch Arten, die für ingenieurbioologische Bauweisen geeignet sind, wie beispielsweise die Schwarzerle (*Alnus glutinosa*).

2.6.3 Hilfsstoffe/unbelebte Baustoffe

Die Funktion der Hilfsstoffe besteht darin, ab dem Zeitpunkt der Baufertigstellung bis zum Zeitpunkt, an dem die Pflanzen die Schutzfunktion vollständig übernehmen, die Ufer zu schützen. Häufig kommen als Hilfsstoffe verrottbare Geotextile aus Jute- oder Kokosfaser zum Einsatz. In Abhängigkeit von der jeweiligen Materialstärke verlieren Jutegewebe nach ein bis zwei und Kokosgewebe nach zwei bis vier Jahren ihre Festigkeit. Befinden sich diese Materialien in der Wasserwechselzone, dann sind die niedrigeren Werte anzusetzen. Entscheidend für die Verwendung im Gewässer ist auch, dass diese Stoffe frei von Schadstoffen sind. Daneben kommen Rundhölzer in unterschiedlichen Dimensionen zur Anwendung. Als kon-



Bild 2.6.3.1: Stahlseile, 12 mm stark zur Befestigung von Raubäumen, beglühter Draht, 3 mm stark zum Binden von Faschinen

struktive Rundhölzer, die eine lange Lebensdauer im Wasser haben sollen, kommen vor allem Lärche, Stiel- und Traubeneiche und Robinie in Frage. Steine und Kiese sollten so gewählt werden, dass sie aufgrund ihrer Masse den hydraulischen Belastungen standhalten und die Materialart dem jeweiligen Gewässertyp angepasst ist. Zur Befestigung der Pflanzen oder Pflanzenteile können Drähte oder Stahlseile verwendet werden.



Bild 2.6.3.2: Die Aufbereitung des benötigten Baumaterials für ingenieurbioologische Bauweisen erfolgt möglichst direkt am Einbauort

2.7 Einbauzeitpunkt

Der geeignete Zeitpunkt für den Bau ingenieurbiologischer Bauweisen wird durch den jahreszeitlichen Wechsel des Wachstumsrhythmus der Pflanzen bzw. Pflanzenteile mitbestimmt. Der günstigste Einbauzeitpunkt ist von Bauweise zu Bauweise verschieden. Bauweisen, bei welchen unbewurzelte, ausschlagfähige Äste und Vegetationsteile verwendet werden, sollten während der Vegetationsruhe von Oktober/November bis März/April gebaut werden. Grundsätzlich sollte darauf geachtet werden, dass die Pflanzen zu einem Zeitpunkt eingebracht werden, zu dem sie nicht blühen und sich im unbelaubten Zustand befinden. Müssen Pflanzen aus zeitlichen Gründen zwischengelagert werden, so hat dies fachgerecht zu erfolgen. Je nach Pflanzenarten und Pflanzenteilen kann dies sowohl das kurzfristige Einschlagen im Boden, an schattigen und windgeschützten Stellen, eine mehrwöchige Lagerung im fließenden kalten Wasser als auch die Lagerung im Kühlhaus bedeuten.

Liegt ausreichende Fachkenntnis vor, dann können Pflanzen bzw. -teile im belaubten Zustand auch während der Vegetationsperiode, jedoch maximal noch bis in den Mai und Juni eingebaut werden. Dies setzt allerdings voraus, dass die Pflanzen unmittelbar nach ihrer Gewinnung sofort am neuen Ort eingebaut und vor Austrocknung geschützt werden. In den Monaten Juli und August sollten lebende Baustoffe nicht eingebaut werden. Neben der Gefahr der Austrocknung ist in dieser Zeit auch das Risiko von sommerlichen Starkniederschlagsereignissen

am größten. Grundsätzlich ist daher der Bauablauf so auszurichten, dass außerhalb der Sommermonate gebaut wird.

Ansaaten sollten im Frühjahr und Herbst durchgeführt werden. Bei Ansaaten von Gräsern und Kräutern ist zu beachten, dass keimendes Saatgut sehr empfindlich gegen Frost und Hitze ist. Da ein Großteil der verwendeten Samen eine Keimdauer von zwei bis vier Wochen aufweist, sollte in diesem Zeitraum weder Frost noch Trockenheit vorkommen. Einzige Ausnahme bilden Gehölzansaat mit z. B. Birke und Erle. Diese können auch im Winter als so genannte Schneeansaat direkt auf die Schneedecke ausgebracht werden.

Die Dauer des Initialstadiums hängt neben der Art der Bauweise ebenfalls vom Einbauzeitpunkt ab. Besteht aufgrund der Jahreszeit die Gefahr, dass beispielsweise eine Ansaat durch häufige Niederschläge oder Überschwemmungen ausgewaschen wird, dann kann sie mit Böschungsschutzmatten aus Naturfasergewebe kombiniert werden. Diese Gewebe aus Kokos oder Jute zersetzen sich je nach Produkt in ein bis vier Jahren. In dieser Zeit hat die Vegetationsdecke genügend Zeit, den Boden vollständig zu bedecken und mit ihren Wurzeln den Boden ausreichend zu festigen.

Je besser der Einbauzeitpunkt auf die Anforderungen des Lebendmaterials abgestimmt ist, desto kürzer ist das Initialstadium der Bauweise.

2.8 Belastbarkeiten

Ingenieurbiologische Bauweisen werden nicht durch die Strömungskraft des Wassers herausgerissen, sondern verlieren infolge Bodenero-

sion ihre Stabilität. Die Stabilität hängt daher, wie in Abbildung 2.8.1 dargestellt, vom Zusammenspiel der Faktoren Wasser-Pflanze-

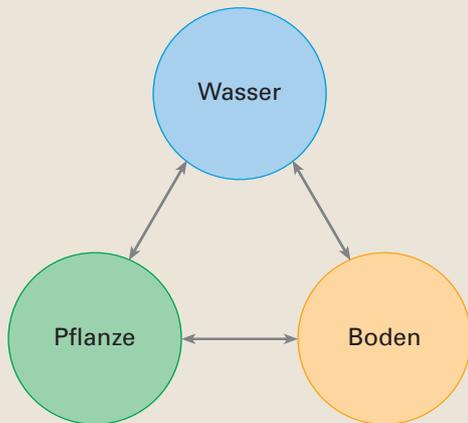


Abb. 2.8.1: Die Stabilität von ingenieurb biologischen Bauweisen wird vom Wirkungsgefüge Wasser-Pflanze-Boden bestimmt, die in einer ständigen Wechselbeziehung stehen (Quelle: GERSTGRASER, 2000)

Boden ab. Das Wasser wirkt auf die Pflanzen ein, diese reduzieren die Fließgeschwindigkeit an der Bodenoberfläche und schützen den Boden. Nimmt die Strömungskraft aber soweit zu, dass Bodenteilchen erodiert werden, dann vergrößern sich auch die Angriffsfläche der Pflanzen und damit die auf die Pflanzen einwirkenden Kräfte. Im Gegensatz dazu reduziert sich aber die Widerstandskraft der Pflanzen aufgrund der geringeren Bodeneinbindung. Das Wirkungsgefüge Wasser, Pflanze und Boden ist einer ständigen Veränderung unterworfen.

Die Belastbarkeit ingenieurb biologischer Bauweisen wird meistens über die beiden hydraulischen Größen Schubspannung τ (Schleppspannung) und/oder mittlere Fließgeschwindigkeit v angegeben. Die angegebenen Werte beziehen sich auf den freien Fließquerschnitt. Da die Pflanzen sowohl die Fließgeschwindigkeiten als auch die Schubspannungen stark reduzieren, können die tatsächlich auf den Böschungen vorhandenen Belastungen in der Regel nicht angegeben werden. Somit stellen die angegebenen Werte über die Belastbarkeit ingenieurb biologischer Bauweisen in erster Linie Vergleichswerte dar. Sie liefern aber wertvolle Hinweise über den Einsatz der Bauweisen, sofern ein Prozessverständnis entwickelt wird, das auf die jeweilige Situation abgestimmt ist.

Sowohl die Belastung als auch der Widerstand der ingenieurb biologischen Bauweise sind von sehr vielen Faktoren abhängig. Diese Faktoren können weder quantitativ noch qualitativ exakt festgelegt werden, weil sie einer dynamischen Veränderung unterliegen. Die Belastung wirkt auf die Bauweise ein, diese wiederum setzt der Belastung einen Widerstand entgegen. Der Prozess der Veränderung ist dynamisch und wirkt in beide Richtungen, d. h. die Belastung beeinflusst den Widerstand und umgekehrt (Abbildung 2.8.2).



Bild 2.8: Elastische Pflanzen halten auch bei Hochwasser hohen hydraulischen Belastungen stand

Da die Belastbarkeit ingenieurb biologischer Bauweisen von vielen dynamischen, sich kleinräumig sehr stark ändernden Faktoren abhängig ist, sollten folgende Punkte speziell berücksichtigt werden, die einen entscheidenden Einfluss auf die Stabilität von ingenieurb biologischen Bauweisen haben (GERSTGRASER, 2000):

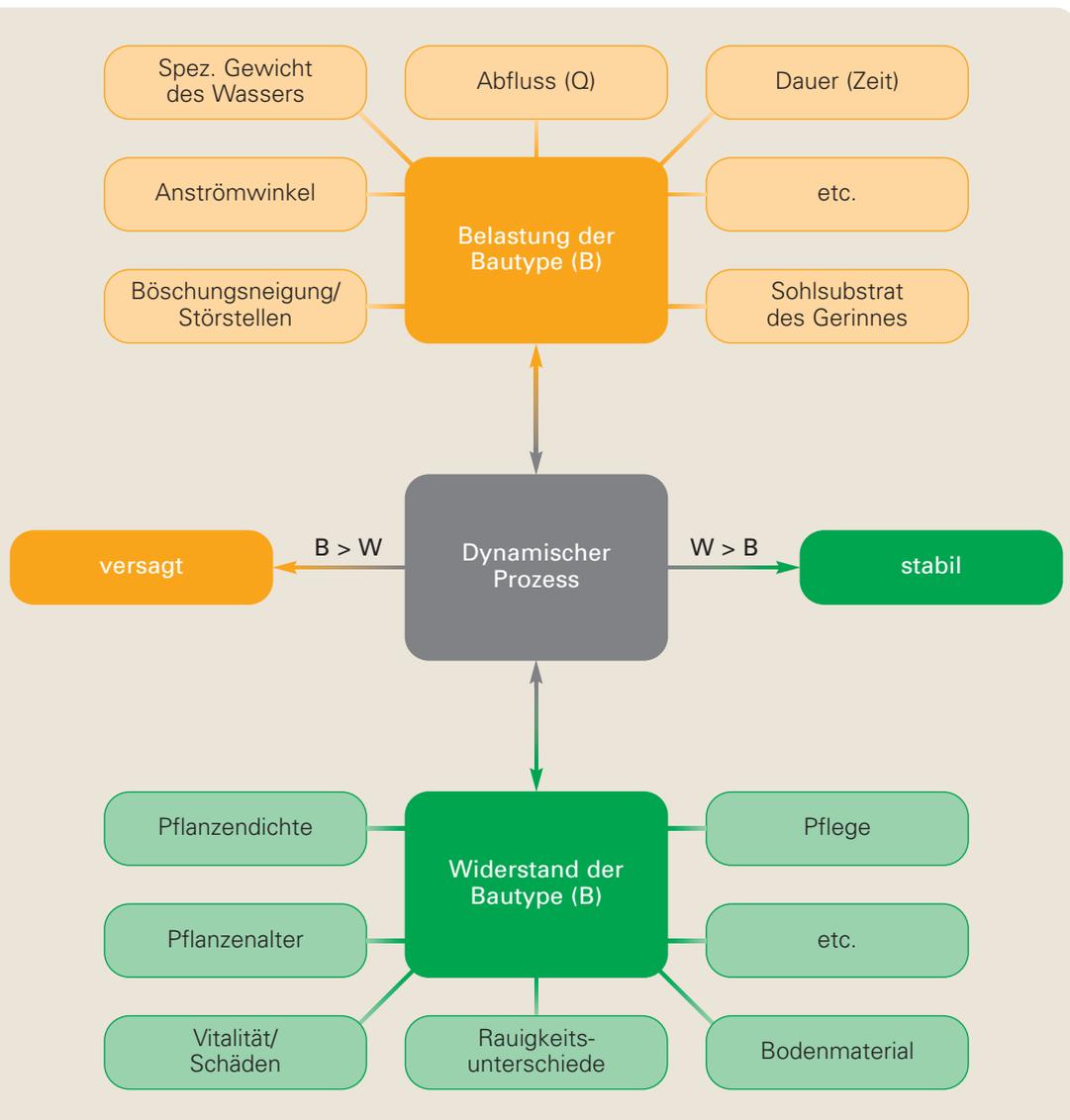


Abb. 2.8.2: Idealisierte Darstellung der maßgeblichen Faktoren, die für die Stabilität von ingenieurbiologischen Bauweisen eine Rolle spielen (GERSTGRASER, 2000)

Anströmwinkel: Die angegebenen Werte über die Belastbarkeiten beziehen sich auf gerade Gewässerstrecken. Krümmungen, Prallufer oder Vorsprünge werden hydraulisch stärker belastet, weshalb an solchen Stellen niedrigere Werte für die Belastbarkeiten anzusetzen sind.

Böschungsneigung/Störstellen: Vor allem vertikale Prallufer sind verstärkten Belastungen ausgesetzt. Außerdem fördern sie die Sohlenerosion entlang des Prallufers. Treten Stör-

stellen wie z. B. abrupte Änderungen in der Böschungsneigung, Kanaleinmündungen etc. auf, so können diese zu verstärkten Turbulenzen führen und Auslöser von Schäden sein.

Sohlensubstrat des Gerinnes: Während eines Hochwassers kommt es zu Umlagerungen in der Gewässersohle. Findet eine starke Sohlen-eintiefung statt, dann werden auch die Ufer unterspült.

Belastungszeitpunkt und -dauer: Die Erosion ist immer ein zeitliches Problem. Je länger die Belastung durch das Wasser anhält, desto ausgeprägter sind die Erosionserscheinungen. Die Gefahr der Zerstörung der Bauweisen ist in der ersten Zeit nach ihrer Fertigstellung am größten. Je stärker die hydraulische Belastung der Bauweisen, desto kürzer ist das Initialstadium der Bauweisen, d. h. der Zeitraum, bis die mit den Bauweisen eingebrachten Pflanzen ihre volle Schutzwirkung übernehmen, zu wählen. Gegebenenfalls sind hierzu lebende Baustoffe mit Hilfsstoffen (Holz, Draht, Steine) zu kombinieren (vgl. Kap. 2.6 und 2.11).

Bodenmaterial: Je grobkörniger der Boden, desto höher ist der Erosionswiderstand. Andererseits kann ein zu grobkörniger Boden das Wurzelwachstum und die Entwicklung der Pflanzen, wegen fehlender oder zu geringer Wasserspeicherfähigkeit, behindern.

Pflege: Zur Erhaltung einer langfristigen, optimalen Schutzfunktion sind Pflegemaßnahmen wie auf den Stock setzen, Entnahme von starken Einzelstämmen etc., nötig.

Vitalität/Schäden: Schlechte Bodenverhältnisse, nicht standortgerechte Gehölze, Verbisschäden (Kühe, Wild etc.) oder andere Beein-

trächtigungen führen zu wenig vitalen Pflanzen, die empfindlicher gegenüber Belastungen sind. Gegen Schäden von außen sind entsprechende Schutzmaßnahmen zu setzen (Zäune etc.).

Rauigkeitsunterschiede: Entlang der Trennfläche von unterschiedlichen Rauigkeiten treten immer erhöhte Schubspannungen auf, weshalb solche Bereiche verstärkter Erosion ausgesetzt sind.

Bauausführung: Letztendlich ist die Belastbarkeit der einzelnen Bauweisen auch maßgeblich von der handwerklichen Qualität ihrer Ausführung abhängig.

Pflanzenalter: Nach Fertigstellung ingenieurbio-logischer Bauweisen durchlaufen die dabei eingesetzten Pflanzen Entwicklungsphasen, weshalb sich die stabilisierende Wirkung der Bauweisen mit dem Alter ändert. Nach Abschluss der Initialphase entwickeln die Pflanzen ihre optimale Wirkung, das Wachstum der Pflanzen bewirkt eine ständige Verbesserung des Wirkungsgrades der Bauweise. Dieser optimale Zustand kann über Jahrzehnte stabil bleiben und endet erst, wenn die Pflanzen in ihre Alterungsphase eintreten. Spätestens ab diesem Zeitpunkt muss durch gezielte Pflegemaßnahmen der Bestand verjüngt und damit wieder stabilisiert werden.

2.9 Vor- und Nachteile

Für die ingenieurbio-logischen Bauweisen im Wasserbau mit denen insbesondere Sicherungsmaßnahmen zum Ufer-, Böschungs- und Vorlandschutz erreicht werden sollen, werden im Abschnitt 3 jeweils die Vor- und Nachteile benannt, die sich nach unterschiedlichen Kriterien richten können. Solche Kriterien können z. B. die jeweiligen Anwendungsbereiche, der Zeitraum vom Anlegen bis zum Erreichen eines

Erosionsschutzes, die Ansiedlung von regionalen Kleinarten wie Moose und Kleintiere, ggf. hoher manueller Aufwand für den Transport der Baumaterialien und deren Einbau sein. Entscheidend für die Auswahl ist auch, ob eine Bauweise universell oder nur für spezielle Situationen anwendbar ist, wie diese hergestellt und eingebaut werden kann und welche Kosten für die Herstellung und die Pflege entstehen.

2.10 Unterhaltung/Pflege

Nach der Baufertigstellung ingenieurbio-
logischer Bauweisen schließt sich in der Regel
eine einjährige Fertigstellungspflege und eine
zweijährige Entwicklungspflege an.

Daran anschließend können noch weitere Pfl-
femaßnahmen im Rahmen der Unterhaltungs-
pflege in mehrjährigen Abständen zur Erreich-
ung des Bestandszieles erforderlich sein.
Entscheidend für die Festlegung des Bestands-
zieles an Fließgewässern ist meist, dass der
Hochwasserabfluss auch bei vorhandenem
Gehölzbewuchs gewährleistet sein muss.
Außerdem dürfen durch die Gehölze keine
Gefahren z.B. durch Verkläusungen entstehen.

Grundsätzlich stellen alle Ufersicherungs-
maßnahmen – sowohl rein technische als auch
ingenieurbio-logische Bauweisen – hydraulische
Rauigkeitselemente dar, welche die Abfluss-
leistung des Fließgewässers beeinflussen. Je
schmäler der Gewässerquerschnitt ist, desto



Bild 2.10.1: Gehölz verschiedener Altersklassen gewährt dauerhaften Uferschutz und abwechslungsreiche Gewässerstrukturen



Bild 2.10.2: Gehölzsaum am Gewässer

stärker ist die hydraulische Wirkung der Ufer.
Für ingenieurbio-logische Bauweisen gilt, dass
elastische Pflanzenbestände z. B. aus Strauch-
weiden eine geringere hydraulische Rauigkeit
als starre Altholzbestände aufweisen. Deshalb
kann durch die Artenauswahl und Pflegemaß-
nahmen die hydraulische Rauigkeit gesteuert
werden, wodurch auch bei engen Platzver-
hältnissen naturnahe Baumaßnahmen zum
Einsatz kommen können. Steht ausreichend
Fläche zur Verfügung, kann eine größere
Rauigkeit toleriert bzw. gezielt zur Verbesse-
rung der fließenden Retention genutzt werden.

Als einfache Faustformel lässt sich festhalten:
Je mehr Platz dem Gewässer zur Verfügung
steht, desto geringer sind die erforderlichen
Pflegeeingriffe!

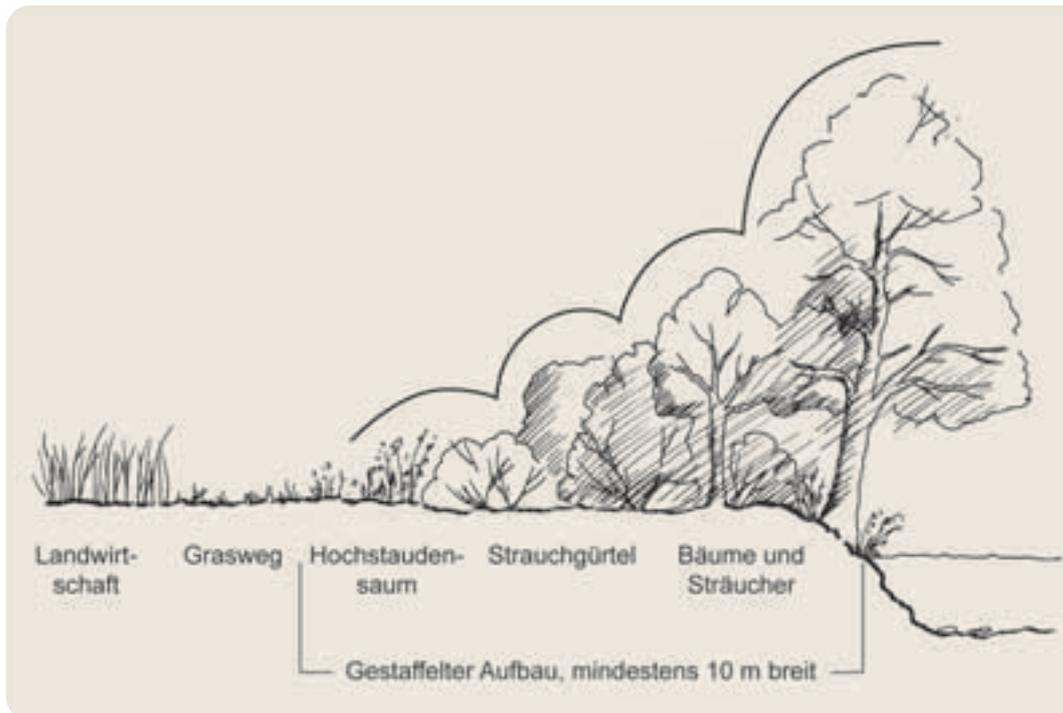


Abb. 2.10.1: Gestaffelter Aufbau eines 10 m breiten Gewässerrandstreifens, Querschnitt (Quelle: BW)

Die stabilste Form der Ufersicherung ist letztlich ein standortgerechter Gehölzbestand mit verschiedenen Bäumen und Sträuchern unterschiedlichen Alters. Diese Bestände sind optimal an die Standortbedingungen und Belastungen entlang der Gewässerober angepasst, können sich nach einem Hochwasser selbst regenerieren und verursachen den geringsten Pflegeaufwand. Durch gezielte Verjüngung werden die Ufergehölze vor Überalterung und Artenverarmung geschützt und der dauerhafte Uferschutz gewährleistet.

Bei ausreichendem Platz, vor allem in der freien Landschaft, sollte die Gewässerunterhaltung daher in erster Linie die Erhaltung und Entwicklung standortgerechter Gehölzbestände zum Ziel haben. Dadurch soll ein strukturreicher und mindestens 10 m breiter Gewässerrandstreifen aus einer Abfolge von Hochstaudensäumen sowie Strauch- und Baumbeständen unterschiedlicher Altersklassen entstehen (siehe Abb. 2.10.1).

Grundsätzlich unterscheidet sich die Pflege ingenieurbioologischer Bauweisen gegenüber der des klassischen Landschaftsbaus aber dadurch, dass sowohl durch die Art der Verwendung der

Pflanzen bzw. Pflanzenteile als auch durch die Auswahl der Pflanzenarten selbst (Pionierpflanzen) der Pflegeaufwand viel geringer ist. Sämtliche in Tabelle 2.6.1 genannten Arten lassen sich beispielsweise problemlos auf den Stock setzen, d. h. sie treiben nach einem Rückschnitt wieder aus.

Durch gezielte Pflegemaßnahmen können aber auch noch spezielle Einzelziele, wie z. B. die Förderung der Beschattung des Gewässers, die Biotopentwicklung oder die Verbindung mit vorhandenen Landschaftselementen, gefördert werden. Die Auswahl der Pflegemaßnahmen und der Pflegeumfang richten sich letztendlich immer nach den Anforderungskriterien des jeweiligen Standortes.

Dabei sind die Anforderungen der Wasserwirtschaft mit den ökologischen Aspekten der Fließgewässerpflege in Einklang zu bringen. Gegebenenfalls müssen in naturschutzrechtlich geschützten Bereichen konkrete Schutz- und Erhaltungsziele beachtet werden. Die Übersicht Abb. 2.10.2 soll die zeitliche Einordnung erforderlicher Unterhaltungsmaßnahmen an Gewässern erleichtern.

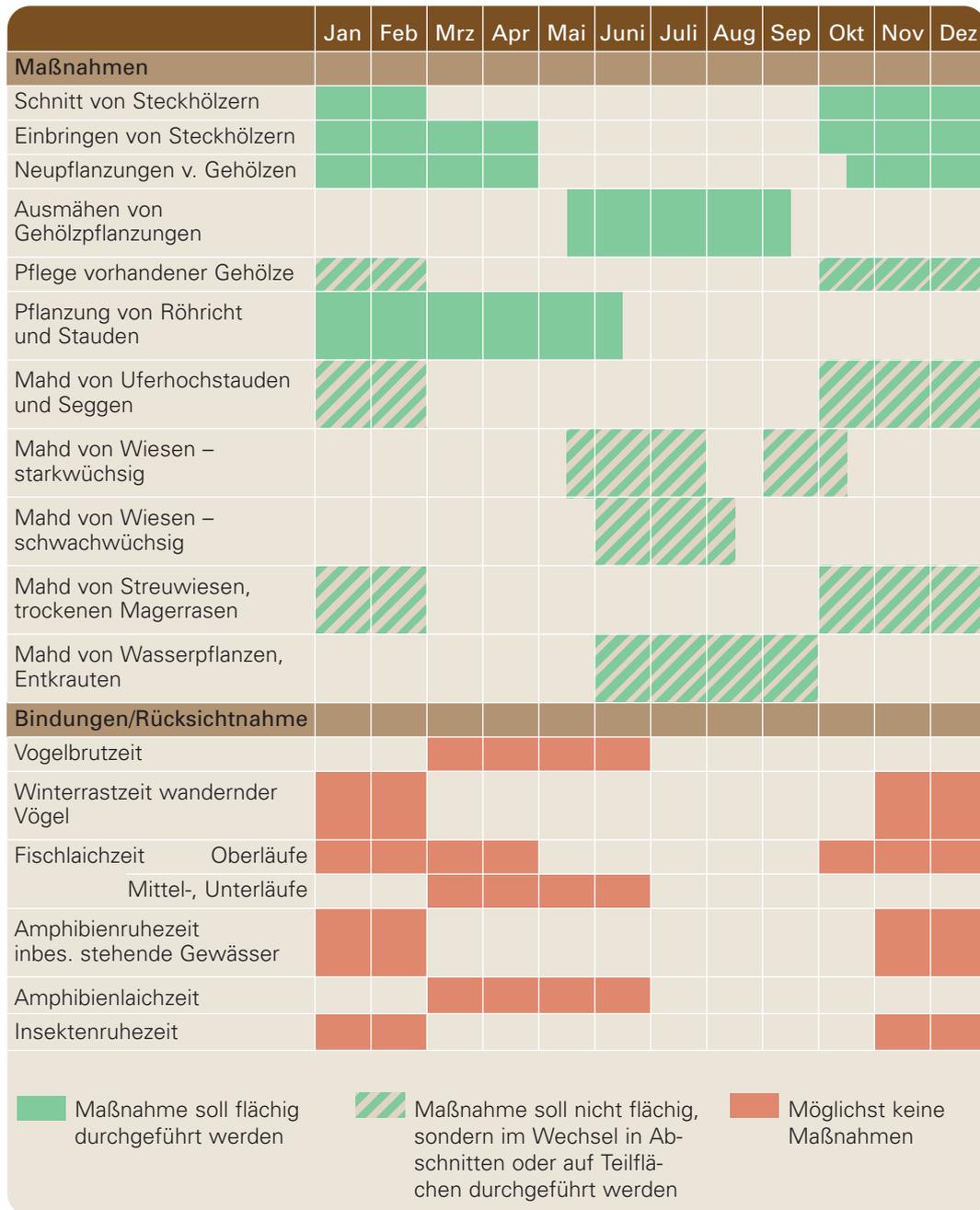


Abb. 2.10.2: Übersicht der zeitlichen Einordnung von Unterhaltungsmaßnahmen an Gewässern (Quelle: BW)

2.11 Kombinationsmöglichkeiten

Einzelne Bauweisen können in unterschiedlichen Kombinationen verwendet werden. So können z. B. Faschinen alleine oder in Kombination mit anderen Bauweisen eingesetzt werden. Da jede Bauweise ihr Anwendungsoptimum hat, darf nicht der Fehler gemacht

werden, dass der Vorteil der einen Bauweise durch den Nachteil der anderen wieder beseitigt wird. Entscheidend ist nicht die Vielzahl der Kombinationsmöglichkeiten, sondern die langfristige Funktionsfähigkeit der Bauweise.

2.12 Checkliste Planungsablauf ingenieurbioologischer Arbeiten

Nachfolgende Checkliste soll als Planungshilfe zur Vorgehensweise bei der Anwendung/Auswahl ingenieurbioologischer Bauweisen dienen. Sie enthält wichtige Hinweise, damit häufig auftretende Fehler vermieden werden.

- **Beschaffung von Grundlagendaten** zum betroffenen Gewässerabschnitt. Topographische Karten, Luftbilder, Bestandsvermessung und ähnliches,
- **Klärung der rechtlichen Rahmenbedingungen**, naturschutzrechtlicher Status des Gebiets, Wasserrechte etc.,
- **Beschaffung und Auswertung der hydrologischen und hydraulischen Daten**, gegebenenfalls Größe und Besonderheiten des Einzugsgebietes,
- **Beschaffung und Analyse der naturräumlichen Rahmenbedingungen/Beurteilung der Standortverhältnisse**. Geologie, Boden/ Gewässersubstrat, klimatische Verhältnisse, heutige potenzielle natürliche Vegetation, aktuelle Vegetation, Gewässertyp etc.,
- **Definition von Projektziel und -umfang**. Trassenvarianten, Längsschnitt, Querschnittsgestaltung, hydraulische Anforderungen, Schutzziel und Schadenspotenzial,
- **Bei Sanierungsarbeiten: Erhebung Schadensursache und -auslöser**. Einordnung des Schadens im Gesamtwässersystem. Wie sind die Auswirkungen auf Oberlieger und Unterlieger? Inwieweit muss der Schaden überhaupt beseitigt werden?
- **Ermittlung der Eigentumsverhältnisse** – Abstimmung mit Grundstückseigentümern und Nutzern. Wie viel Platz steht dem Gewässer zur Verfügung – wie viel könnte ihm zukünftig eingeräumt werden? Ist Grunderwerb erforderlich/möglich?
- **Festlegung des Zieles (Endzustandes) der ingenieurbioologischen Maßnahmen**. Definition des Bestandsziels. Welche Vegetationsform (Rasen/Wiese, Röhricht, Strauch- oder Baumbestand) soll im betroffenen Gewässerabschnitt zukünftig vorherrschen?
- **Bestimmung der zeitlichen Erfordernisse**. Zu welcher Jahreszeit muss, soll, kann gebaut werden? Welche Bedeutung kommt dem Einsatz ingenieurbioologischer Bauweisen im Rahmen der Gesamtmaßnahme zu? Lässt sich der Bauablauf zu Gunsten der Anwendung ingenieurbioologischer Bauweisen gestalten?
- **Bestimmung des geeignetsten lebenden und nicht lebenden Baumaterials**. Welche Baustoffe entsprechen den Standortbedingungen und dem Gewässertyp am besten? Wie ist die Baustelle erreichbar? Wo können Baumaterialien gewonnen werden? Stehen vor Ort verwendbare Baumaterialien zur Verfügung? Sind gebietsheimische, lebende Baustoffe in ausreichendem Maße verfügbar? Sind naturschutzfachliche Restriktionen bei der Gewinnung von lebenden Baustoffen zu beachten?
- **Bestimmung der geeignetsten und wirtschaftlichsten Verbauungsmethoden** – Auswahl der ingenieurbioologischen Bauweisen gemäß den ermittelten Rahmenbedingungen, Anforderungen und Restriktionen,
- **Festlegung rechtlicher Regelungen zum Schutz der Maßnahmenflächen** gegen Schäden (Weide, Befahren, Betreten, Wild),
- **Festlegung rechtlicher Regelungen zur optimalen Bewirtschaftung** der fertig gestellten Maßnahmenflächen (Nutzung, Pflege, Haftung).

3 Beschreibung der ingenieurb biologischen Bauweisen

3.1 Bauweisenübersicht

Die nachfolgende Beschreibung ingenieurb biologischer Bauweisen im Wasserbau erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Ausgewählt wurden vor allem gängige Bauweisen, die sich in der Praxis bewährt haben und dem Stand der Technik entsprechen. Zur Beschreibung und Wirkung von Sonderbauweisen und Kombinationen unterschiedlicher Bauweisen wird auf die entsprechende Fachliteratur verwiesen.

Die im Folgenden vorgenommene Gliederung und Beschreibung der Bauweisen soll deren Auswahl in der Praxis erleichtern. Von der einfachen Ansaat bis zum Bau begrünter Gabionen nimmt sowohl der erforderliche Aufwand zur Herstellung der Bauweisen als auch deren hydraulische Belastbarkeit mit Fortschreiten der Kapitel zu.

Neben den im Kapitel 2 aufgeführten Auswahlkriterien besitzen die für die Ausführung und Unterhaltung/Pflege der Bauweisen anfallenden Kosten eine wesentliche Bedeutung für die Wahl der Bauweise.

Mit Bildung der für die Erstellung dieses Handbuchs verantwortlichen Arbeitsgruppe „Ingenieurb biologische Bauweisen im Wasserbau“ wurde entschieden, die Thematik der Kosten in einer separaten Unterarbeitsgruppe zu bearbeiten und auch gesondert zu veröffentlichen. Somit sind im vorliegenden Handbuch keine Informationen zu den Kosten für die Ausführung und die Pflege der Bauweisen enthalten.

Bei der Übersicht erleichtern die Angaben zu Anwendungsbereich, anstehendem Untergrund und Zielvegetation die Auswahl der geeigneten Bauweisen. Der Verweis auf das jeweilige Kapitel soll das Auffinden der Bauweisenbeschreibung vereinfachen.

Für jede Bauweise ist der geeignete Anwendungsbereich (Böschungsfuß, Böschung, Vorland, Deich oder Gewässerstrukturierung, vgl. hierzu Tabelle 3.1.1, S. 31) gekennzeichnet:

Die mit Verwendung der Bauweise erreichbare Zielvegetation ist farbig dargestellt:

| Farbe | Zielvegetation/Bestandsziel |
|-------|---|
| ocker | Gras- und Kräuterbestände, Wiesen, Rasen |
| blau | Röhricht und Hochstaudenflur |
| grün | Standortgerechter Gehölzbestand (Bäume und Sträucher) |

Die Eignung der Bauweisen entsprechend den Substratverhältnissen wird durch folgende Buchstaben markiert (Korngrößenbereiche und Kurzbezeichnungen der Fraktionen nach DIN 4022).

| Fraktion | | Korndurchmesser in [mm] |
|-------------|---|-------------------------|
| Ton/Schluff | T | < 0,06 |
| Sand | S | 0,06 – 2,0 |
| Kies | G | 2,0 – 63 |
| Steine | X | 63 – 200 |
| Blöcke | Y | > 200 |

| Bauweise | Kapitel/ Seite Nr. | Böschung- fuß- sicherung | Böschungs- sicherung | Vorland- sicherung | Deich- sicherung | Gewässer- struk- turierung |
|---|-----------------------|--------------------------------|-------------------------|-----------------------|---------------------|----------------------------------|
| Anlage von Grasflächen | | | | | | |
| Trockensaat | 3.2/32 | | | T – X | T – X | |
| Nasssaat | 3.2/33 | | | T – X | T – X | |
| Heumulchsaat | 3.2/34 | | | T – X | T – X | |
| Rasensoden | 3.2/36 | | T – X | T – X | T – X | |
| Schotterrasen | 3.2/38 | | T – X | T – X | T – X | |
| Anlage von Röhricht und Schilfbeständen | | | | | | |
| Vegetationswalzen | 3.3/40 | T – Y | | | | |
| Anlage von Gehölzbeständen | | | | | | |
| Anpflanzung von Gehölzen | 3.4.1/43 | | | | | |
| Bauweisen mit Gehölzteilen und ausschlagfähigen Gehölzen | | | | | | |
| Steckhölzer | 3.4.2/45 | | T – X | T – X | | |
| Setzstange | 3.4.2/48 | | T – Sa | T – S | | |
| Lebende Wurzelstöcke | 3.4.2/50 | | | | | T – Y |
| Flechtzäune | 3.4.2/52 | T – X | | | | |
| Uferfaschinen | 3.4.2/54 | T – X | T – X | | | |
| Spreitlagen | 3.4.2/58 | | T – X | | | |
| Kombinierte Bauweisen | | | | | | |
| Begrünte Böschung- schutzmatten | 3.4.3/61 | | T – G | T – G | T – G | |
| Rauhbäume | 3.4.3/64 | T – Y | | | | T – Y |
| Lebende Buhnen | 3.4.3/66 | T – Y | T – Y | | | T – Y |
| Begrünte Holzkrainerwände | 3.4.3/68 | T – Y | T – Y | | | |
| Buschbauleitwerke | 3.4.3/71 | X – Y | X – Y | | | |
| Begrünte Steinschüttungen | 3.4.3/74 | X – Y | X – Y | | | |
| Begrünte Gabionen | 3.4.3/76 | G – Y | G – Y | | | |

Tabelle 3.1.1: Geeignete Anwendungsbereiche der Bauweisen (Quelle: Stowasser)

3.2 Anlage von Grasflächen

Trockensaat

Begriff: Bei der Trockenansaat (Synonym Normalsaat) wird Saatgutgemisch von Hand oder maschinell trocken auf die zu begrünende Fläche aufgebracht.

Zielvegetation: Standortgerechte Gras- und Kräuterbestände, Wiesen.

Anordnung innerhalb der Uferzonierung: Zone IV, Hochwasserzone (Hartholzaue).

Anwendungsbereiche und Funktion: Sicherung von Böschungsschulter und Vorländern; Oberflächensicherung Deiche. Begrünung von Baustellenbereichen sowie Randbereichen von Wasserbaustellen (Baustelleneinrichtung, Zufahrten).

Wirkungsweise: Flächig wirksamer Erosionsschutz, Bodenbedeckung, Bodendurchwurzelung.

Bau/Ausführung: Erfordernis, Art und Umfang von Leistungen richten sich insbesondere nach dem Zeitpunkt der Herstellung, dem Rasentyp und den Standortverhältnissen.

Die Bodenvorbereitung umfasst Flächenmodellierung und Feinplanung. Die Ansaat (außer bei Voransaaten) sollte nur auf gut abgesetzte oder angedrückte Flächen erfolgen. Das Saatgut ist gleichmäßig auszubringen; eine Entmischung ist zu verhindern. Walzen als mögliche abschließende Form der Flächenbearbeitung sollte mit vorgesehen werden.

Die Saatgutmenge ist auf den Standort und das Begrünungsziel abzustimmen. Saatgutmengen von 20 g/m² sind ausreichend. Leguminosen und sonstige Kräuter mit stark abweichenden Samengrößen sind gesondert auszubringen, da ansonsten die Gefahr der Entmischung des Saatguts besteht.



Bild 3.2.1.: Artenreiche Fuchsschwanzwiese

Baumaterialien: Saatgut von Gräsern, Leguminosen und Kräutern, Saatgutmischungen sind entsprechend dem vorgesehenen Begrünungsziel und den Standortbedingungen zusammenzustellen. Dabei ist die Herkunft des Saatgutes zu beachten. In der freien Landschaft sollte bei der Anwendung von Trockensaatgut ausschließlich mit Ökotypensaatgut aus genau definierten Herkünften gearbeitet werden.

Einbauzeiten: Aussaatzeiten März bis Oktober, Bodentemperatur mindestens 8 °C.

Belastbarkeiten:
 $\tau = 40 \text{ N/m}^2$, $v = 1,8 \text{ m/s}$ (LfU, 1996).
Dieser Wert bezieht sich auf gut durchwurzelte, regelmäßig gepflegte und mehrjährige Bestände.

Nachteile: Im Keimungsstadium und bis zur vollen Verwurzelung anfällig gegen Erosion.

Unterhaltung/Pflege: Die Fertigstellungspflege erfolgt bis zum abnahmefähigen Zustand. Dieser ist erreicht, wenn die Ansaat einen gleichmäßigen Bewuchs zeigt, der im geschnit-

tenen Zustand eine projektive Bodendeckung von etwa 75 % aus Pflanzen der geforderten Saatmischung aufweist (Landschaftsrasen/ Extensivrasen). Bei Ansaaten mit besonderen Begrünungszielen oder auf extremen Standorten können die Pflegemaßnahmen andere Festlegungen in Bezug auf Gleichmäßigkeit und Bodendeckung bedingen.

Kombinationsmöglichkeiten: Abdeckung angesäter Flächen mit Böschungsschuttmatten aus Naturfasergewebe. Gegebenenfalls Kombination mit Zwischensaat aus Futtergetreide (v. a. Roggen oder Hafer), die einen kurzfristig wirksamen Erosionsschutz bringen.

Besonderheiten, häufige Fehler: Kritisch ist vor allem die Verwendung von Regelsaatgutmischungen in der freien Landschaft zu beurteilen, da dies unabhängig von der gängigen Praxis gegen die gesetzlichen Vorgaben des Bundesnaturschutzgesetzes verstößt. Zur Vermeidung von Florenverfälschung durch gebietsfremde Arten sind daher entweder Zwischenansaat aus Roggen oder Hafer in Kombination mit der natürlichen Vegetationsentwicklung oder die Verwendung von Ökotypensaatgut aus gesicherten Herkünften zu bevorzugen.

Nasssaat

Begriff: Bei der Nasssaat wird ein Gemisch aus Saatgut, Bodenverbesserungsstoffen und Wasser mittels einer Dickstoffpumpe auf Rohbodenflächen gespritzt. Beigemischter Kleber verbindet die einzelnen Komponenten und fixiert das Gemisch auf der Fläche.

Zielvegetation: Standortgerechte Gras- und Kräuterbestände, Wiesen.

Anordnung innerhalb der Uferzonierung: Zone IV, Hochwasserzone (Hartholzaue).



Bild 3.2.2: Nassansaat in der Ausführung



Bild 3.2.3: Nassansaat nach drei Monaten

Anwendungsbereiche und Funktion: Effektive Begrünung und Sicherung von größeren Flächen im Bereich der Böschungsschulter und Vorländer; Oberflächensicherung Deiche.

Wirkungsweise: Flächig wirksamer Erosionsschutz, durch Zuschlagsstoffe gute Keimbedingungen des Saatgutes und sofortige Erosionssicherung, rasche Böschungsbegrünung.

Bau/Ausführung: Zuschlagstoffe mit Wasser und Saatgut vermischen und in gleichmäßiger Mischung halten. Mischung unter stetigem Umrühren gleichmäßig auf die Flächen sprühen. Ausführung der Ansaat in einem Arbeitsgang. Mengen/m² und Zusammensetzung:

- maximal 20g/m² Saatgut, in der freien Landschaft mit Herkunftsnachweis (Ökotypensaatgut)
- 50g organisch-mineralischer N/P/K/Mg Dünger in den Werten von 4/4/6/1,
- org. Masse mind. 40 %,
- 20g Bodenfestigerkonzentrat auf Polybutadienbasis,
- 60g Erosionsschutzfasern auf Cellulosebasis, Zellulosegehalt 75 %,
- Faserlänge 5mm,
- 120g Bodenverbesserer aus Mikrobio-masse, organische Masse mind. 70 %.

Baumaterialien: Keimfähiges Saatgut bis 20g/m² und Zuschlagstoffe je nach Standortbedingungen. Bei Flächen, die der Eigendynamik unterworfen sind, genügen 10g/m² bis 15g/m² ausreichend.

Einbauzeiten
Ansaatzeitpunkte:

- Anfang September bis Mitte Oktober günstiger Saattermin mit guter Erfolgsaussicht,
- Mitte Oktober bis Anfang November Saat noch möglich, aber bereits gefährdet,
- Mitte November bis Ende März ungünstiger Zeitpunkt,
- Anfang April bis Mitte Mai günstigster Saattermin,
- Mitte Mai bis Ende August Austrocknungsgefahr, daher Ausbringung in Verbindung mit einer Mulchschicht.

Belastbarkeiten:

$\tau = 40 \text{ N/m}^2$, $v = 1,8 \text{ m/s}$ (LfU, 1996).

Dieser Wert bezieht sich auf gut durchwurzelte, regelmäßig gepflegte und mehrjährige Bestände.

Vorteile: Große Flächenleistung, schnelle und kostengünstige Begrünung hoher und steiler Böschungen (z. B. Deiche) bis 1 : 1,5.

Nachteile: Bei kleinen Flächen unrentabel, bei schwer zugänglichen Flächen nicht anwendbar.

Unterhaltung und Pflege: In ufernahen Bereichen und auf Böschungen sollten die Ansaatflächen der Eigenentwicklung unterliegen. Durch Nasssaat begrünete Deiche sollten in den ersten Entwicklungsjahren nicht zu kurz gemäht werden. Das Mähgut ist hier in dieser Zeit zu entfernen.

Kombinationsmöglichkeiten: Auf südexponierten, trockenen Böschungen sollte die Nassansaat in Verbindung mit einer Mulchschicht zur Verbesserung der Keimbedingungen aufgebracht werden.

Besonderheiten/häufige Fehler: Problem Herkunft des Saatguts siehe Trockenansaat.

Heumulchsaat

Begriff: Saatverfahren durch Aufbringen von samenhaltigem frischem Aufwuchs oder von Heu aus Wiesenbeständen (Wildpopulationen) im Umfeld der Baustelle.

Zielvegetation: Standortgerechte Wiesenflächen, artenreich, aus gebietseigenem Saatgut.

Anordnung innerhalb der Uferzonierung: Zone IV, Hochwasserzone (Hartholzaue).

Anwendungsbereiche und Funktion: Ansaatmethode in Naturschutzflächen (z. B. FFH-Gebiete, Naturschutzgebiete) zur Entwicklung artenreicher Wiesengesellschaften. Wiederbegrünung baubedingt beeinträchtigter Vorländer, Begrünung von Rohbodenflächen.

Wirkungsweise: Flächig wirksamer Erosionsschutz nach vollständiger Entwicklung der Grasnarbe.

Bau/Ausführung: Beerntung autochthoner Bestände in räumlicher Nähe zur Baustelle auf vergleichbarem Standort. Schnittzeitpunkt ist so zu wählen, dass sich der Samen von möglichst vielen Arten der Spenderfläche(n) in einem fortgeschrittenen bis abgeschlossenen Reifezustand befindet (= in der Regel während oder kurz nach dem traditionellen Zeitpunkt der Wiesenmahd – kann je nach Region variieren – erster Schnitt Juni/Juli bzw. zweiter Schnitt Anfang September – Witterungsverlauf und Höhenlage beachten!). Mahd mit Balkenmäher bei trockenem Wetter frühzeitig, wenn Tau



Bild 3.2.4: Elbdeich bei Mühlberg – naturschutzfachlich wertvolle Pflanzengesellschaft. Zur Übertragung der geschützten Arten auf sanierte Deichstandorte stellt die Heumulchsaat ein einfaches und kostengünstiges Verfahren dar



Abb. 3.2.1: Artenreiche Wiesen und Rasen bilden ein vielfältiges und starkes Wurzelwerk (Quelle: Stowasser)

noch vorhanden ist, gewonnenes Material möglichst sofort zur Ansaatstelle transportieren. Auftragen des Heugutes, ungehäcksel, Schichtdicke 5cm, in lockerem Zustand, Ausbringungsmenge bei Fettwiesen ca. 300 g Heu/m², dies entspricht einem Verhältnis von Gewinnungs- zu Begrünungsfläche von ca. 1:1 bzw. 1:1,5.

Baumaterialien: Verwendung von samenhaltigem Heu- und Mähgut aus standortheimischen Beständen.

Einbauzeitpunkt: Ansaatzeit vorrangig Herbst und Frühjahr.

Belastbarkeiten: Keine Werte bekannt.

Vorteile: Begrünungsmethoden für Rohbodenflächen, den spezifischen Standortbedingungen optimal angepasst, effektive und langfristige Böschungssicherung, gesicherte gebietseigene Saatgutherkunft. Nach vollständiger Entwicklung der Grasnarbe guter Erosionsschutz durch vielfältiges, starkes und tiefes Wurzelwerk der Arten. Große ökologische Bedeutung aufgrund Übertragung von regionalen Kleinarten sowie von Moosen, Flechten, Kleintieren und Mikroorganismen auf dem Baustandort. Geringer Aufwand bei der Ausbringung.

Nachteile: Saatgutgewinnungsflächen müssen verfügbar sein, gegebenenfalls erhöhter Abstimmungsbedarf im Vorfeld der Baumaßnahme (Vorlaufzeit zur Bereitstellung des Saatgutes erforderlich).

Artenzusammensetzung und Ergebnis nicht sicher vorhersagbar. Manchmal sind mehrere Mahdtermine zur Beschaffung des Mähgutes erforderlich, Transport und Lagerung aufwändig.

Unterhaltung/Pflege: Fertigstellungspflege: Erster Pflegeschnitt zur Bekämpfung unerwünschter, einjähriger Ackerwildkräuter ca. sechs bis zehn Wochen nach Ansaat, bei Herbstansaat nach Bedarf im kommenden Frühjahr. Mähgut ist sofort nach dem Schnitt aufzunehmen und zu entfernen. Abnahmefähiger Zustand ist erreicht, wenn eine projektive Bodendeckung von etwa 40 % erreicht wurde, wobei nicht aus der Ansaat stammende und nicht störende Gräser und Kräuter berücksichtigt werden.

Entwicklungspflege: Je nach Standortverhältnissen mindestens ein Pflegegang/Vegetationsperiode, gegebenenfalls häufiger, um konkurrierende Ackerwildkräuter zurückzudrängen. Schnittzeitpunkt jeweils vor der Samenreife der unerwünschten Arten!

Kombinationsmöglichkeiten: Keine

Besonderheiten/häufige Fehler: Für die Gewinnung des Heumulchs ist zu prüfen, ob eine naturschutzrechtliche Genehmigung einzuholen ist. Bei der Auswahl der Spenderflächen und der Mengenermittlung ist zu beachten, dass es je nach Witterung von Jahr zu Jahr zu unterschiedlichen Saatgutmengen kommen kann.

Wo es im Zuge von Baumaßnahmen unumgänglich ist, dass größere Flächen mit ökologisch wertvollen Gras- und Kräutergesellschaften beeinträchtigt oder zerstört werden, kann deren Artenvielfalt durch die Anwendung

des Heudrusch®-Verfahrens gesichert werden. Bei dieser Begrünungsmethode werden die Ausgangsbestände ebenfalls gemäht, allerdings wird das Mähgut anschließend zur Saatgutgewinnung mit speziellen Maschinen gedroschen. Das damit gewonnene gebietseigene Saatgut kann problemlos zwischengelagert und nach Abschluss der Baumaßnahmen zur Wiederbegrünung der in Anspruch genommenen Flächen verwendet werden.

Rasensoden

Begriff: Rasensoden (Synonym Rasenziegel) sind vom natürlichen Standort oder in Nähe der Baustelle, wo Grünlandflächen in Anspruch genommen werden, abgeschälte, wieder verwendungsfähige Rasenstücke von mindestens 25 x 25 cm Größe und 3 bis 7 cm Dicke.

Zielvegetation: Standortgerechte Gras- und Kräuterbestände, Wiesen, Rasen.

Anordnung innerhalb der Uferzonierung: Zone III bis IV, Wasserwechselzone bis Hochwasserzone (Weichholz- und Hartholzaue).

Anwendungsbereiche und Funktion: Zur Böschungs-, Vorland- und Deichsicherung, Rasenziegel und Rasensoden dienen der Oberflächensicherung und Befestigung erosions- und verwitterungsgefährdeter Böschungsflächen auf gewachsenen und geschütteten Böden oder auf Fels- und Schutthängen mit Feinbodenanteil.

Wirkungsweise: Flächig und sofort wirksame Begrünungs- und Sicherungsmethode.

Bau/Ausführung: Rasensoden oder -ziegel werden auf Rasen- oder Wiesenflächen, die im Zuge der Baumaßnahme beeinträchtigt oder zerstört werden, gewonnen. Die Gewinnung erfolgt maschinell mittels Hydraulikbagger oder

Rasenschäl- und Schneidegerät. Beim Transport zur Baustelle ist Rasen auf Rasen und Wurzel auf Wurzel zu schichten.

Arbeitsschritte zum Einbau von Rasensoden:

1. Böschungsoberfläche/Rohboden (1) leicht aufrauen und planieren.
2. Rasensoden (2) engfugig und im Verbundsystem dicht an dicht auflegen und festklopfen. Die Verlegung erfolgt mit schräg in Fließrichtung ansteigenden Längsfugen.
3. Soden teilweise oder einzeln mit Holzpflocken (3) annageln, wenn unmittelbar nach dem Verlegen Überströmung zu erwarten ist.

Baumaterialien: Die Rasennarbe zur Gewinnung der Rasensoden muss dicht und fest sein mit hohem Anteil von ausläufertreibenden Gräsern. Wenn für den Verwendungsort zulässig, dürfen die Soden Gehölzsämlinge enthalten. Die Standortverhältnisse am Gewinnungs- und Verwendungsort müssen ähnlich sein.

Einbauzeiten: Vorwiegend im späten Frühjahr, Sommer und Frühherbst, Bodentemperatur nicht unter 8 °C.

Belastbarkeiten: Sofort begehbar, in vier Wochen voll belastbar, $\tau \leq 60 \text{ N/m}^2$, $v \leq 1,8 \text{ m/s}$ (LfU, 1996).

Vorteile: Schnelle Flächensicherung und Begrünung.

Nachteile: Sehr hoher (manueller) Aufwand, insbesondere zum Transport und zum Einbau der Soden; erschwerte Sodengewinnung bei fehlenden Spenderflächen. Verwendung daher nur kleinräumig, wo Soden im Bauablauf ohnehin anfallen. Höhere Kosten als Rasenansaat.

Unterhaltung und Pflege: Erster Schnitt bei einer Halmlänge von ca. 6 – 10 cm mit Beräumung des Mähgutes.

Kombinationsmöglichkeiten: Als zusätzlicher Erosionsschutz können Böschungsschuttmatten aus Naturfasergewebe (Jute, Kokos) über den fertig eingebauten Rasensoden verlegt werden.

Besonderheiten/häufige Fehler: Wenn im Umfeld der Baustelle oder auf der Baustelle selber keine geeigneten Spenderflächen zur Gewinnung der Soden zur Verfügung stehen, ist die Bauweise aus wirtschaftlichen Gesichtspunkten meist nicht zweckmäßig.

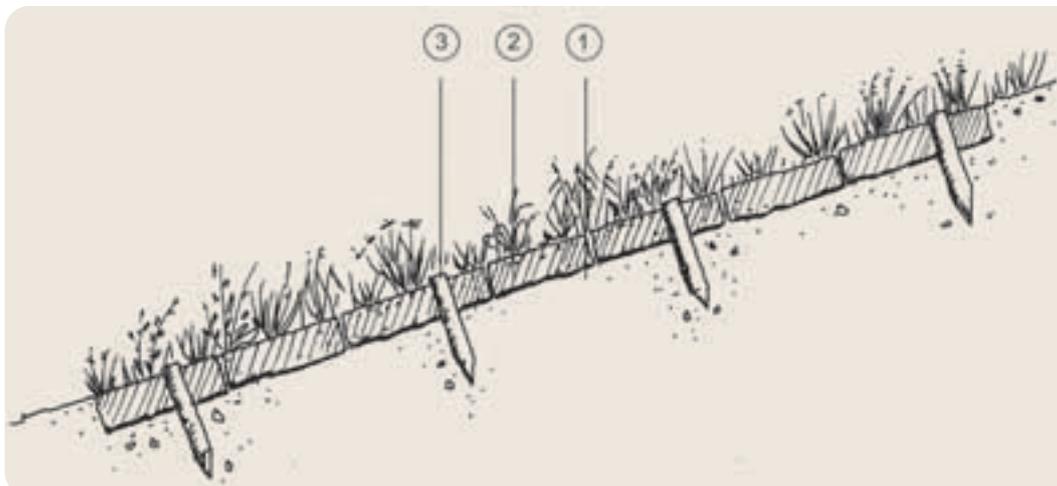


Abb. 3.2.2: Anlage von Rasensoden zur Uferbefestigung, Querschnitt (Quelle: Stowasser)



Bild 3.2.5: Auslegen und Einbauen der Rasensoden erfolgt in Handarbeit

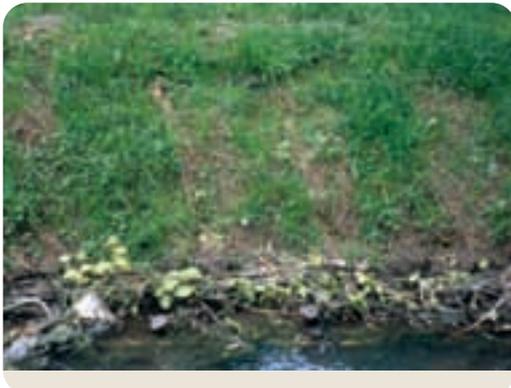


Bild 3.2.6: Mit Rasensoden befestigte Uferböschung, kombiniert mit Totfaschine als Böschungfußsicherung: bereits zwei Wochen nach dem Einbau beginnen die Rasensoden die Matte zu durchwachsen und bilden einen wirksamen Uferschutz

Bei großen Flächen, wie sie beispielsweise beim Deichumbau anfallen, wird mit dem Abziehen, Zwischenlagern und Wiedereinbauen des Oberbodens meist derselbe Effekt erzielt, sofern zwischen Gewinnung und Wiedereinbau des Bodens nicht mehr als 8 Wochen liegen und der aufgetragene Oberboden nach dem Andecken festgewalzt wird.

Schotterrasen

Begriff: Für eine gelegentliche Verkehrsbelastung geeignete, d. h. ausreichend tragfähige, mit Rasen begrünzte Fläche. Die Funktion und Begrünung des Schotterrasens wird sichergestellt durch den Einbau einer Vegetationstragschicht. Diese ist aufgrund ihrer Zusammensetzung und Eigenschaften für den Bewuchs mit Pflanzen geeignet und weist für die vorgesehene Nutzung eine ausreichende Tragfähigkeit auf.

Zielvegetation: Standortgerechte (Mager-) Rasen.

Anordnung innerhalb der Uferzonierung: Zone II, III und IV, Mittelwasserzone (ab Sommermittelwasser), Wasserwechselzone (Weichholzaue) und Hochwasserzone (Hartholzaue).

Anwendungsbereiche und Funktion: Geeignet für überströmte Oberflächen infolge des Wasserabflusses von Bächen und Flüssen. Begrünung von Wirtschaftswegen, Pflege- und Deichverteidigungswegen, Randstreifen und Bermen von Zufahrten zu Gewässern, Rampen von Furten.

Wirkungsweise: Flächige, tragfähige, begrünzte Befestigung durch Aufbringen einer einschichtigen Vegetationstragschicht und anschließender Rasenansaat.

Bau/Ausführung: Die Bemessung und Ausführung von mit Schotterrasen befestigten Wegen erfolgt gemäß RstO 01 oder DVWK 137/1999 (Richtlinien für den ländlichen Wegebau). Die Einteilung in Belastungsklassen erfolgt je nach Verkehrsbelastung (Achslast des Fahrzeugtyps), Nutzungsintensität- und Nutzungshäufigkeit.

Bei einer regelmäßigen Belastung mit Fahrzeugen bis 3,5 t bzw. einer gelegentlichen Belastung bis 11,5 t erfolgt der Aufbau einer einschichtigen Vegetationstragschicht von 15 cm – 30 cm. Für eine dauerhafte und ganzjährige Belastung mit LKW bis 16 t erfolgt ein zweischichtiger Aufbau (10 cm bis 15 cm obere, 20 cm – 25 cm untere Vegetationstragschicht). Schotterrasen sollte mit einem Gefälle von maximal 5 % eingebaut werden.

Arbeitsschritte:

1. Planum der Fläche herstellen, Verdichtung statisch gewalzt.
2. Tragschicht/Vegetationstragschicht für Schotterrasenfläche herstellen, statische Verdichtung durch Walzen.
3. Rasenansaat durch Trockensaat (20 g/m^2) oder Nasssaat (25 g/m^2) mit Regelsaatgutmischung RSM 5.1.

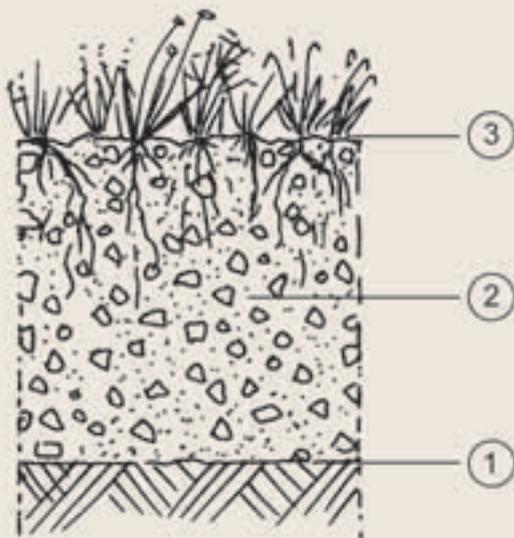


Abb. 3.2.3: Ausführung von mit Schotterrasen befestigten Wegen, Querschnitt (Quelle: Stowasser)

Einer fachgerechten Mischung der Vegetationstragschicht kommt große Bedeutung zu. Für diese Schicht gibt es verschiedene Rezepturen. FLL-Richtlinie Schotterrasen, Stand August 2000, ist zu beachten.

Baumaterialien: Vegetationstragschicht besteht aus einem Gemisch von Schotter 32/45, Kies/Sand 0/2, Oberboden (Bodengruppe 2 DIN 18 915), Mischungsverhältnis 50 : 30 : 20, gelegentlich je nach Rezeptur Zusatz von Blähschiefer, Lava 0/8, geprüftem Ziegelrecycling und 100 l/m^3 Kompost gütegesichert oder 500 g/m^3 NPK-Dünger 12 : 12 : 17.

Saatgut: Regelsaatgutmischung RSM 5.1 bestehend aus: Festuca rubra trichophylla (Haarblättriger Rotschwengel), Festuca rubra rubra (Ausläufertreibender Rotschwengel), Lolium perenne (Deutsches Weidelgras), Poa pratensis (Wiesenrispe), Achillea millefolium (Schafgarbe).

Einbauzeiten: März bis Oktober.

Belastbarkeiten: Schotterrasen hält hohen Belastungen stand, wobei die kritische Schlepptension von den zum Bau des Schotterrasens eingesetzten Korngrößen abhängt.

Vorteile: Versickerungsfähige Befestigung, tragfähig, Möglichkeit der Begrünung von Wirtschaftswegen.

Nachteile: Erscheinungsbild gleicht nicht einer üblichen Rasenfläche. Regelmäßige Pflege (Mahd) erforderlich.

Unterhaltung/Pflege:

- Fertigstellungspflege: abnahmefähiger Zustand bei 60 % Flächendeckung; dazu in der Regel drei Mähgänge erforderlich; der erste Schnitt bei einer Wuchshöhe von 10 bis 12 cm, Schnitthöhe 5 cm, Mähgut beräumen,
- nach erstem Schnitt hat eine Grunddüngung mit 5g/m² Reinstickstoff zu erfolgen,
- durch das Wasserspeichervermögen der eingebrachten Vegetationstragschicht ist eine Wässerung bei Extensivflächen nicht erforderlich.

Schotterrasenflächen müssen zur Sicherung ihrer Eigenschaften als „Grüne Befestigung“ regelmäßig gemäht werden. Dabei sind die Nährrückstände von den Flächen zu beseitigen, um Fäulnis im Rasen und somit die Zerstörung auszuschließen.

Zwei bis drei Mähgänge im Jahr sind jedoch ausreichend. Nach der Startdüngung kann auf weitere Düngergaben verzichtet werden.

Kombinationsmöglichkeiten: Keine.

Besonderheiten/häufige Fehler: Durch dynamische Verdichtung, beispielsweise mit einer Rüttelplatte, erfolgt eine Entmischung der Tragschicht und der Vegetationstragschicht, d. h. die Feinteile sinken beim Rütteln ab und die gröberen Korngrößen bleiben an der Oberfläche. Damit kann sich im Bereich des Schotterrasens keine Kapillarität mehr aufbauen. In der Folge kann sich der Rasen aufgrund mangelnder Wasserversorgung in der Vegetationstragschicht nicht richtig entwickeln. Die gesamte Bauweise ist damit nicht erosions-sicher.

3.3 Anlage von Röhricht und Schilfbeständen

Die Anlage von Röhricht- und Schilfbeständen erfolgt mit **Vegetationswalzen**.

Begriff: Vegetationswalzen (Synonym Röhrichtwalzen) sind mit Drahtgeflecht oder Geotextil aus Naturfasergewebe umhüllte Walzen von etwa 40 cm Durchmesser aus Grobkies, Röhrichtballen und/oder Rhizomen.

Zielvegetation: Standortgerechte Röhricht- und/oder Hochstaudenflur, dauerhaft und regenerationsfähig.

Anordnung innerhalb der Uferzonierung: Zone II, Mittelwasserzone, (Röhrichtzone).

Anwendungsbereiche und Funktion: Böschungsfußsicherung an stehenden bis langsam fließenden Gewässern. Vegetationswalzen eignen sich somit besonders für einen Einsatz

im Unterlauf von Flüssen und an Flachlandgewässern. Ein weiterer Anwendungsbereich sind Mittelwasserprofile breiterer Fließgewässer.

Wirkungsweise: Lineare Sicherung entlang des Böschungsfußes.

Nach dem Einbau der Vegetationswalzen übernimmt das die Walze umschließende Naturfasergewebe die Erstsicherung der zu schützenden Böschungsbereiche. Im Zuge des Pflanzenwachstums sowie während und nach Verrottung des Gewebes übernehmen die Wurzeln und der äußerlich aufliegende Wurzelfilz die Sicherungsfunktion. Dabei verfestigen die Wurzeln den Boden. Der Wurzelfilz sowie die Halme vermindern die Uferbelastung durch Beruhigung der Strömung. Zusätzlich werden die Einwirkungen aus der Wellenenergie durch die elastischen Halme reduziert.

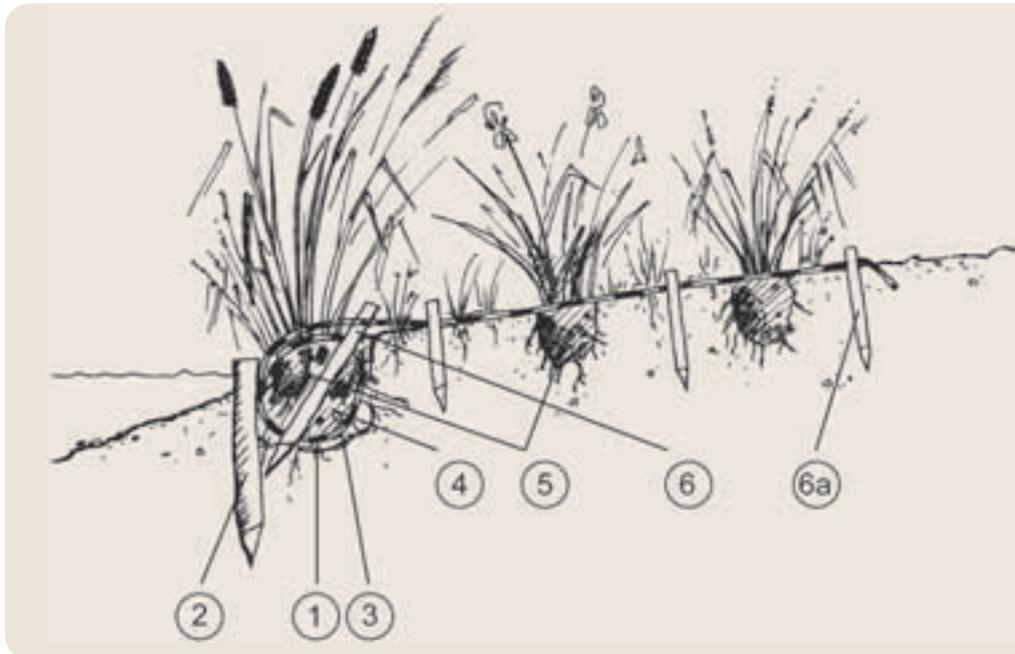


Abb. 3.3: Vegetationswalze zur Anlage von Röhricht und Schilfbeständen zur Uferbefestigung, Querschnitt
(Quelle: Stowasser)

Bau/Ausführung:

1. Zuerst wird entlang der Uferlinie auf Höhe des Mittelwasserstandes ein 40 cm breiter und 30 bis 40 cm tiefer Graben (1) ausgehoben.
2. Zur wasserseitigen Begrenzung des Grabens können aller 1,0 bis 1,5 m Holzpfähle (2) bis etwa 10 cm über Mittelwasserstand eingeschlagen werden.
3. Anschließend wird in den Graben Naturfasergewebe (3) so eingelegt, dass es landseitig 20 bis 30 cm über den Grabenrand übersteht. Das restliche Gewebe wird wasserseitig abgelegt.
4. Anschließend wird der Graben zu ein bis zwei Drittel mit dem Aushub (4) verfüllt.
5. Darauf werden Hochstauden- und Röhrichtballen (5) dicht an dicht gelegt. Bei flach ansteigendem Ufer können weitere Ballen in die Böschung eingebaut werden. Danach wird zuerst der landseitige Geweberest und dann das wasserseitig abgelegte Gewebe umgeschlagen und
6. durch die Überlappung hindurch mit einem Holzpfahl (6) verpflockt (2 Stk./lfm). Das auf der Böschung aufliegende Gewebe (3) wird mit Holzpflocken (6a) befestigt.

Baumaterialien:

Lebende Baustoffe: Zur Anwendung kommen Hochstauden- und Röhrichtballen (5) standortgerechter oder standortheimischer Pflanzen, bestehend aus Schilf, Teichbinse, Wasserschwaden oder Riedgräsern. Röhrichtbestände oder Hochstaudenfluren sind vor der Gewinnung der Ballen zurückzuschneiden. Bei Gewinnung aus Beständen außerhalb der Baustelle sind Abstimmungen mit den zuständigen Naturschutzbehörden zu führen.

Unlebte Baustoffe: Als Befestigungsmaterial werden nichtaustriebsfähige Holzpfähle (6), Länge 60 bis 150 cm, Durchmesser 4 bis 10 cm sowie nichtaustriebsfähige Holzpflocke (6a), Länge 30 bis 50 cm, Durchmesser 2 bis 4 cm eingesetzt.

Hilfsstoffe: Es kommt verrottbares Naturfasergewebe (3) in einer Breite von ein bis vier Metern und einer Masse pro Flächeneinheit von 400 bis 900 g/m² je nach Korngrößenzusammensetzung des einzubauenden Bodens zum Einsatz.



Bild 3.3.1: Vegetationswalze mit anschließender Hochstaudenpflanzung

Verfüllmaterial: Neben dem Aushubmaterial (4) können auch kleinere Steine oder Grobkies/-schotter eingebaut werden.

Einbauzeitpunkt: Der Einbau erfolgt in der Vegetationsruhezeit oder zu Beginn der Vegetationszeit bei Mittel- oder Niedrigwasserabfluss.

Belastbarkeiten:

$v = 2,0 - 2,5 \text{ m/s}$ (LfU; 1998)

$\tau = 55 - 65 \text{ N/m}^2$ (LfU; 1998)

Die Bauweise eignet sich für den Einsatz in Gewässern mit geringem Geschiebetransport (Geschiebe aus feinkörnigem Material) und geringen Wasserspiegelschwankungen.

Vorteile: Mit der einfachen Bauweise ist eine gute Anpassung an den Uferverlauf möglich. Durch den Einsatz des Naturfasergewebes ist die Schutzwirkung in der Röhrichtzone sofort nach dem Einbau gegeben. Nach der Aufwuchszeit bildet sich ein dichter Ufersaum aus.

Nachteile: Der Einbau sollte nur an voll belichteten Standorten und in nährstoffreichen Böden erfolgen. Die Ausführung ist arbeits- und materialintensiv und durch die Verwendung von Naturfasergewebe relativ teuer.



Bild 3.3.2: Vegetationswalze mit anschließender Hochstaudenpflanzung nach 4 Monaten

Bei schmalen Gewässern führt der sich ausbildende dichte Röhrichtsaum zu starken Einschränkungen im Fließquerschnitt.

Unterhaltung/Pflege: Es gibt keine besonderen Pflege- oder Unterhaltungsmaßnahmen. Anfangs ist eine Kontrolle der Mattenbefestigung sinnvoll.

Kombinationsmöglichkeiten: Im Anschluss an die Vegetationswalzen können Ufer und Flachwasserzonen mit durch Geotextilien gesicherten Ballenpflanzungen befestigt werden. Dadurch werden flächenhaft wirkende Ufersicherungen hergestellt. Zur Verbesserung des Kolksschutzes sind Kombinationen mit Drahtschotterwalzen möglich, beispielsweise bei unter Wasser steil abfallenden Ufern. Mit dieser anschließenden Sicherung wird der Anschluss an die Gewässersohle hergestellt.

Besonderheiten/häufige Fehler: Röhrichtballen können nur kurze Zeit auf der Baustelle zwischengelagert werden und sollten möglichst direkt nach der Gewinnung wieder eingebaut werden.

Röhrichtwalzen werden oft zu hoch oder zu tief eingebaut. Die Walzen sollten bei Mittelwasser während der ersten Vegetationsperiode mindestens zur Hälfte aus dem Wasser ragen, damit die eingelegten Röhricht- bzw. Hochstaudenballen gut anwachsen können.

Neben den Pflanzenballen können auch vorgefertigte Vegetationswalzen verwendet werden. Beim Einsatz dieser Walzen ist auf die Verwendung standortheimischer Pflanzen zu achten. Gegebenenfalls ist vom Hersteller ein entsprechender Herkunftsnachweis zu fordern.

Bei Verwendung gebietsfremder Arten besteht die Gefahr, dass die in den Walzen enthaltenen Pflanzen nicht an die Standortbedingungen angepasst sind und es dadurch zu Ausfällen kommt.

3.4 Anlage von Gehölzbeständen

3.4.1 Anpflanzung von Gehölzen

Die beste Sicherung mit der zugleich höchsten ökologischen Aufwertung des Ufers erfolgt durch die Anlage von standortgerechten Gehölzbeständen. Dies geschieht aber nicht innerhalb von ein paar Jahren, sondern die Gehölzbestände durchlaufen natürliche Sukzessionsstufen.

An den Ufern der Fließgewässer herrschen im Allgemeinen gering entwickelte Rohböden vor. An diese Standortverhältnisse sind Pioniergehölze am besten angepasst, da sie sehr anspruchslos hinsichtlich der Bodenentwicklung und Nährstoffversorgung sind. Um auf diesen kargen Böden gedeihen zu können, brauchen sie allerdings viel Licht. An unseren Fließgewässern sind Weiden und an den Oberläufen Schwarzerlen die geeigneten Gehölze solcher Standorte. Sie bereiten im Laufe der Jahre die Böden für die Arten der Schlusswaldvegetation auf.

Um diesen Prozess der natürlichen Sukzession zu beschleunigen, können Gehölze auch direkt gepflanzt werden. Ganz allgemein unterscheidet sich die Pflanzung im Umfeld von ingenieurbiologischen Bauweisen gegenüber dem klassischen Landschaftsbau aber dadurch, dass der bautechnische sowie ökologische und nicht der gestalterische Aspekt im Vordergrund steht. Deshalb kommen auch nur solche Gehölze zum Einsatz, die dauerhaft an den Standort angepasst sind und keine aufwändigen Pflege- und Unterhaltungsarbeiten benötigen.

Zielvegetation: Standortgerechter Gehölzbestand (Bäume und Sträucher).

Anordnung innerhalb der Uferzonierung: Zone III bis IV, Wasserwechsel- und Hochwasserzone (Weichholz- bis Hartholzaue).

Anwendungsbereiche und Funktion: Gehölzpflanzungen können zur Böschungs- und Vordlandsicherung eingesetzt werden. Bei Gewässern mit einer maximalen Wassertiefe von 0,6 m (SoMW) können verschiedene Weidenarten und die Schwarzerle mit ihrem dichten Wurzelwerk bis in die Unterwasserzone zusätzlich zu einer dauerhaft stabilen Gewässersohle beitragen.

Wirkungsweise: Flächige Sicherung erosionsgefährdeter Uferabschnitte, sobald das Initialstadium der Bepflanzung abgeschlossen ist.

Bau/Ausführung: Bei Transport und Lagerung sind Gehölze vor Austrocknung der Wurzeln und Frost zu schützen. Bei mehrtägiger Zwischenlagerung auf der Baustelle sind die Pflanzen fachgerecht einzuschlagen. Ein Wurzelschnitt erfolgt nur bei kranken, verletzten oder überlangen Wurzeln. Oberirdische Triebe können um ca. ein Drittel zurückgeschnitten werden, um das Wurzelwachstum zu fördern. Leittriebe von Bäumen werden nicht geschnitten.



Bild 3.4.1.1: Gehölzpflanzungen entlang eines kleinen, wieder offen gelegten Fließgewässers inmitten ausgeräumter, landwirtschaftlicher Nutzfläche. Verwendet wurden wurzelnackte, zweimal verschulte Sämlinge, Entwicklung nach der ersten Vegetationsperiode

Die Pflanzung erfolgt je nach Artenzusammensetzung und Standortverhältnissen als Einzelpflanzung oder Büschelpflanzung. Eingebracht werden die Pflanzen meist als Lochpflanzung mit Gießmulde, bei der Durchpflanzung von Spreitlagen oder Böschungsschuttmatten auch als Spalt- oder Klemmpflanzung.

Ein Anpflocken leichter Sträucher ist nicht erforderlich. Als Schutz gegen Wildschäden werden Manschetten aus Kunststoff oder Draht um die Stämme gebunden. Nach Hochwasserereignissen sind diese gegebenenfalls von Treibgut zu reinigen.

Baumaterialien: Wurzelnackte Pflanzen standortheimischer Gehölze. Pflanzqualität und Größe: Sämlinge oder leichte Sträucher, 1 bis 2 x verpflanzt, 40 bis 100 cm groß. Ballen- oder Containerpflanzen kommen nur im Ausnahmefall zum Einsatz, z. B. außerhalb der Vegetationsruhezeit oder bei extrem schlechten Böden.

Einbauzeiten: Grundsätzlich in der Vegetationsruhezeit, hauptsächlich in den Monaten Oktober/November und März/April an frostfreien Tagen in den ungefrorenen Boden. Optimal ist die Herbstpflanzung, da aufgrund der noch vorhandenen Bodenwärme Wurzelwachstum stattfinden kann und in den Wintermonaten mit ausreichend Feuchtigkeit zu rechnen ist.



Bild 3.4.1.2: Entwicklung nach der zweiten Vegetationsperiode

Belastbarkeiten: Die Belastbarkeit von gewässerbegleitenden Gehölzbeständen hängt von deren Alter und Artenzusammensetzung ab. Eine flächendeckende Sicherung der Uferböschungen mit Erlen- und Weidenwurzeln entlang der Mittelwasserlinie, in den anschließenden Böschungsbereichen kombiniert mit Esche, Traubenkirsche und Ahorn hält auch extremen hydraulischen Belastungen stand.

Vorteile: Langfristig guter Ufer- und Böschungsschutz, Verbesserung der Temperatur und des Sauerstoffgehalts durch Beschattung des Gewässers, hoher ökologischer Wert als Lebensraum und Nahrungsquelle.

Geschlossene Gehölzbestände vermindern den Stoffeintrag aus angrenzenden Flächen ins Gewässer, bereichern das Landschaftsbild und stellen ein wichtiges Biotopverbundelement dar. Standortgerechte Gehölzbestände verhindern das Aufkommen von Neophyten und reduzieren den Aufwand der Gewässerunterhaltung.

Nachteil: Gehölzpflanzungen entwickeln erst nach 5 bis 8 Jahren einen voll wirksamen Uferschutz.

Unterhaltung/Pflege: Gehölzpflanzungen erhalten in der Regel eine einjährige Fertigstellungspflege und eine zweijährige Entwicklungspflege. Die Unterhaltungspflege der Gehölze erfolgt entsprechend der örtlichen Gegeben-

heiten (Topographie, Abflussverhältnisse, hydraulische Anforderungen, Gewässergröße etc.), dem Landschaftsbild, Naturschutzbestimmungen und bestehenden Nutzungsansprüchen.

Kombinationsmöglichkeiten: Zur Überbrückung der Initialphase von Gehölzpflanzungen an Gewässerufern bieten sich vielfältige Kombinationsmöglichkeiten mit ingenieurb biologischen Bauweisen an. So können beispielsweise Lebend- oder Totfaschinen als Böschungsfußsicherung für eine anschließende Gehölzpflanzung dienen. Um einen sofort wirksamen, flächigen Uferschutz im Bereich zukünftiger Gehölzpflanzungen zu erreichen, können Böschungsschuttmatten mit Gehölzen durchpflanzt werden.

Besonderheiten/häufige Fehler: Häufig werden zu große Pflanzqualitäten an Gewässern gepflanzt. Diese Pflanzen wachsen auf den Rohböden nur schwer an und erfordern eine aufwändige und kostenintensive Pflege. Bei der Anlage der Gehölzbestände ist unbedingt die Anordnung der unterschiedlichen Arten entsprechend ihres natürlichen Vorkommens in der Weichholz- oder Hartholzaue (Uferzonierung!) zu berücksichtigen.

3.4.2 Bauweisen mit Gehölzteilen und ausschlagfähigen Gehölzen

Steckhölzer

Begriff: Bewurzelungsfähiger unverzweigter Teil eines verholzten, meist ein- bis dreijährigen Gehölztriebes mit glatter Rinde, aus dem in die Erde gesteckt oder eingebaut eine neue Pflanze erwächst. Durchmesser und Länge je nach Verwendungszweck.

Zielvegetation: Standortgerechter Gehölzbestand (Bäume und Sträucher).

Anordnung innerhalb der Uferzonierung: Zone III, Wasserwechselzone (Weichholzaue), bei tonigen und schluffigen Böden auch Zone IV, Hochwasserzone (Hartholzaue).

Anwendungsbereiche und Funktion: Böschungs- und Vorlandsicherung allein oder in Kombination mit anderen Baustoffen. Zur Gewässerstrukturierung nur in Kombination mit anderen Baustoffen. Grundsätzlich können Steckhölzer sehr universell eingesetzt werden.



Abb. 3.4.2.1: Einbau von Steckhölzern zur Ufersicherung, Querschnitt – unterschiedliche Bewurzelung je nach Einbauwinkel zur Böschungsoberfläche (Quelle: Stowasser)



Bild 3.4.2.1: Steckholzverbund – Austrieb der Weiden kurz nach dem Einbau

Sie eignen sich zur raschen und einfachen Wiederbepflanzung und Vegetationsinitialisierung auf der gesamten Uferböschung.

Bei geringer hydraulischer Belastung können sie im oberen Böschungsbereich auch direkt in vorgebohrte Löcher gesteckt werden.

Wirkungsweise

Punktuell: Einzelne Steckhölzer.

Flächig: Steckhölzer im Verbund. Bei richtiger Artenwahl können durch Steckholzverbund auch größere Uferstreifen oder Teile von Böschungen gesichert werden.

Bau/Ausführung: Steckhölzer werden aus unverzweigten 1 bis 8 cm starken und 25 bis 80 cm langen, unverzweigten Ästen oder Astabschnitten in der Vegetationsruhe geschnitten. Länge und Stärke der Steckhölzer richten sich nach dem Einbauzweck. Steckholzverbund: 1 bis 2 cm starkes, 25 bis 40 cm langes Lebendmaterial wird direkt in die Böschung gesteckt. Steckhölzer zur Befestigung von Böschungsschuttmatten aus Naturfasergewebe oder zum Einbau in Steinschüttungen: mindestens 5 bis 8 cm starke, 50 bis 80 cm lange Weidenäste.

Bei kiesig-grobkörnigem oder schweren Böden sind unbedingt Löcher für die Weidensteckhölzer vorzubohren oder mit der Eisenstange vorzuschlagen. Bei feinkörnigem oder bindigem Boden können die stärkeren Hölzer (ca. ab 3 cm Durchmesser) – sofern dabei die Rinde

nicht verletzt wird – direkt eingeschlagen werden. Andernfalls werden sie bei diesen Substraten ebenfalls in vorgebohrte Löcher gesteckt.

Steckhölzer werden in unterschiedlichen Neigungen zur Böschungsoberfläche, nicht in Reihen, sondern unregelmäßig versetzt in die Böschung eingebracht. Zu beachten ist, dass das Steckholz in Wuchsrichtung, d. h. mit dem dicken (basalen) Teil zuerst eingebaut wird, so dass der dünne Teil des Astes aus der Böschung hervorschaut. Wurde der Kopf des Steckholzes durch das Einbringen beschädigt, dann ist abschließend das Steckholz mit einem sauberen Schnitt zu kürzen.

Grundsätzlich sollte ein Steckholz nicht weiter als 2 bis 8 cm (ein bis drei Augen/Knospen) aus der Böschung herauschauen. Andernfalls besteht bei Trockenheit die Gefahr, dass die Rinde so stark geschädigt wird, dass es abstirbt.

Baumaterialien: Als Steckhölzer sind grundsätzlich alle heimischen Weidenarten (*Salix*) geeignet. Je nach Örtlichkeit und Platzverhältnissen können baum- oder strauchförmige Weiden verwendet werden. Die Salweide (*Salix caprea*) treibt nur dann als Steckholz aus, wenn sie gleich nach der Blüte geschnitten wird (FLORINETH, 2004).



Bild 3.4.2.2: Ein Steckholz sollte nur knapp aus dem Boden hervorragen

Einbauzeiten: Grundsätzlich in der Vegetationsruhezeit von Oktober/November bis März/April. Je nach Lage und Witterung auch noch bis in den Mai. Es sollte darauf geachtet werden, dass der Boden nicht gefroren ist.

Belastbarkeiten: Da die Steckhölzer in der Initialphase nur eine kleine Fläche der Böschung sichern können, hängt die Belastbarkeit in erster Linie vom Erosionswiderstand des Bodenmaterials ab. Deshalb werden häufig zusätzlich zu den Steckhölzern Böschungsschuttmatten aus Naturfasergewebe als Flächenschutz auf die Böschung aufgebracht.

Böschungen, die mit einem Kokosgewebe (700 g/m^2) und Steckhölzer (Abstand 1,0 bis 1,5 m) gesichert sind, können Belastungen von $v = 2,2$ bis $2,8\text{ m/s}$ und $\tau = 80$ bis 120 N/m^2 standhalten (GERSTGRASER, 2000).

Werden die Steckhölzer mit Steinschüttungen kombiniert, dann hängt deren Belastbarkeit einzig und allein vom Erosionswiderstand der Steine ab. Dadurch können Steckhölzer auch Belastungen von $v = 3,0$ bis $3,5\text{ m/s}$ und $\tau = 100$ bis 150 N/m^2 standhalten (1996).



Bild 3.4.2.3: Ein 5 Jahre altes Steckholz (*Salix alba*)

Vorteil: Einfach zu gewinnen, herzustellen und einzubauen.

Nachteil: In der Initialphase nur punktuelle Sicherung der Böschung, weshalb an Ufern mit höheren Belastungen zusätzliche Sicherungsmaßnahmen/Kombinationen mit anderen Bauweisen notwendig sind.

Unterhaltung/Pflege: Werden die Steckhölzer sorgfältig eingebaut, dann sind in der Regel in den ersten Jahren keine weiteren Pflegemaßnahmen erforderlich. Gegebenenfalls freischnitten von aufkommender Konkurrenzvegetation.

Kombinationsmöglichkeiten: Steckhölzer können auch als Bepflanzung und zusätzliche Sicherung von Böschungsschuttmatten aus Naturfasergewebe verwendet werden. Eingebaut in Steinschüttungen können sie zur Entwicklung standortgerechter Gehölzbestände beitragen.

Besonderheiten/häufige Fehler: In der DIN 18918 sind geringere Größen für Steckhölzer angegeben. Entsprechend dem definierten Anwendungsbereich ist die DIN 18918 allerdings nicht für Sicherungen an Gewässern anzuwenden. Grundsätzlich gilt, je länger ein Steckholz ist, desto besser ist es in die Böschung eingebunden und desto geringer ist die Gefahr, dass es austrocknet bzw. erodiert wird. Häufig wird der Fehler gemacht, dass die Steckhölzer nicht in Wuchsrichtung, sondern gegen die Wuchsrichtung, d. h. mit dem dünneren Teil des Astes eingeschlagen werden. Werden Steckhölzer mit Steinschüttungen kombiniert oder in vorgeschlagene Löcher eingebracht, dann ist darauf zu achten, dass die Steckhölzer Bodenkontakt haben und nicht „in der Luft hängen“. Ansonsten können sie nicht austreiben.

Setzstange

Begriff: Als Setzstange (Synonym Palisade) wird der unverzweigte, austriebs- und bewurzelungsfähige Teil eines starken Gehölzastes bezeichnet. Durchmesser 5 bis 15 cm, Länge 1,5 bis 2,5 m.

Zielvegetation: Standortgerechter Gehölzbestand (Bäume und Sträucher).

Anordnung innerhalb der Uferzonierung: Zone III bis IV, Wasserwechsel- und Hochwasserzone (Weichholz- bis Hartholzaue).

Anwendungsbereiche und Funktion: Böschungssicherung entlang von abbruchgefährdeten Steilufern, an kleineren Wasserläufen oder Gewässerufnern, die nicht sofort geschützt werden müssen (Voraussetzung: ausreichend Platz für das Gewässer, Grunderwerb). Durch Einbau der Setzstangen mehrere Meter von der Abbruchkante entfernt kann der landeinwärts schreitenden Erosion des Gewässers eine Grenze gesetzt werden.

Wirkungsweise: Punktuell: In Reihen parallel zur Abbruchkante angeordnet entsteht durch die Bewurzelung der Setzstangen ein Wurzelvorhang, der das umgebende Erdreich in kurzer Zeit stabilisiert. Damit kann mittelfristig auch eine lineare Wirkung erzielt werden.

Bau/Ausführung: Die Setzstangen werden unten am dickeren Ende zugespitzt und vorsichtig in vorgebohrte Löcher maschinell oder von Hand eingeschlagen. Dabei muss der Bohrl Lochdurchmesser so gewählt sein, dass die Setzstange umfassenden Bodenkontakt hat und nicht frei im Bohrloch steht. Gegebenenfalls sind die Setzstangen mit Feinboden einzuschlämmen. Optimal ist es, wenn die Setzstangen so tief eingebaut werden, dass sie mindestens auf das Niveau der Gewässersohle

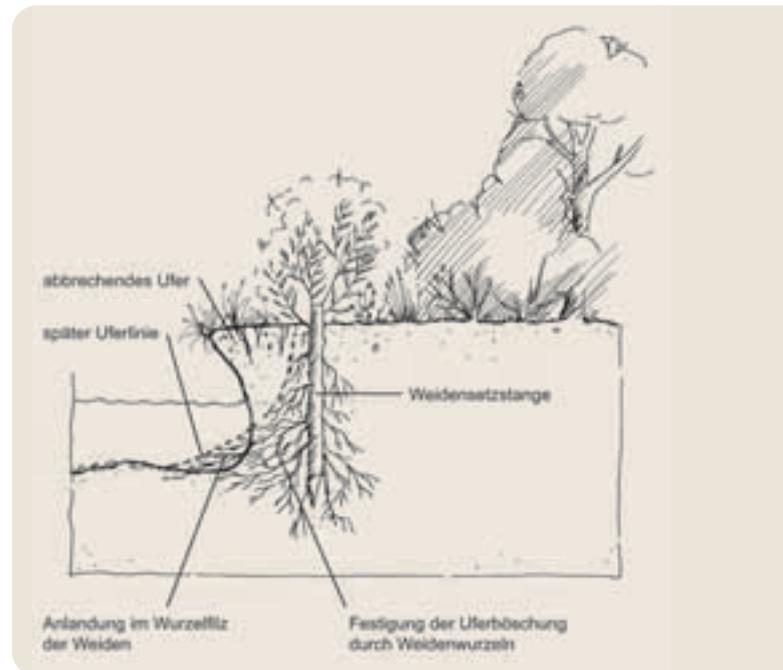


Abb. 3.4.2.2 Ufersicherung mit Weidenetzstange, Querschnitt (Quelle: Stowasser)

reichen. Der horizontale Abstand der Stangen hängt von der Höhe der Böschung ab und beträgt in der Regel 40 bis 100 cm.

Die Setzstangen sollten nicht weiter als 10 bis 20 cm aus dem Boden herauschauen. Ansonsten besteht bei Trockenheit die Gefahr, dass die Rinde durch Sonnenbrand oder Trockenheit so stark geschädigt wird, dass sie abstirbt. Wurde die Rinde durch das Einsetzen und Nachschlagen beschädigt, dann ist abschließend die Setzstange mit einem sauberen Schnitt zu kürzen.

Werden die Setzstangen als Kopfweiden verwendet, dann sind sie 1 m in den Boden eingebunden und ragen bis zu 2 m hervor. Zum Schutz vor zu starker Sonnenbestrahlung können die Setzstangen mit einer Schilfmatte ummantelt werden. Nur die obersten 20 cm bleiben ungeschützt, damit die Setzstange austreiben kann.

Baumaterialien: Geradschaftige, 1 bis 2,5 m lange und 5 bis 15 cm dicke unbewurzelte Weidenäste mit glatter Rinde. Alle Weiden außer der Salweide.

Einbauzeiten: Grundsätzlich in der Vegetationsruhezeit von Oktober/November bis März/April. Je nach Lage und Witterung auch noch bis in den Mai.

Belastbarkeiten: Da sie nur punktuell wirken, hängt ihre Belastbarkeit in erster Linie vom Erosionswiderstand des anstehenden Bodenmaterials ab. Sie sollten nur an kleineren und langsam fließenden oder an stehenden Gewässern verwendet werden. Werte über die hydraulische Belastbarkeit können derzeit nicht angegeben werden.

Vorteil: Rasch und einfach herzustellen. Keine starre Sicherung, so dass eigendynamische Erosionen am Ufer begrenzt möglich sind.

Nachteil: Nur punktuelle oder lineare Ufersicherung.

Unterhaltung/Pflege: In der Regel in den ersten Jahren keine weiteren Pflegemaßnahmen erforderlich. Gegebenenfalls freischneiden von aufkommender Konkurrenzvegetation.

Kombinationsmöglichkeiten: Als Pfähle für den Flechtzaun oder beim Bau von Spreitlagen zur tiefen Durchwurzelung und Befestigung geschütteter Böden.

Besonderheiten/häufige Fehler: Einsatzschwerpunkt an Gewässern, denen ein breiter Entwicklungstreifen zur Verfügung steht. Häufig wird der Fehler gemacht, dass die Setzstangen nicht in Wuchsrichtung, sondern gegen die Wuchsrichtung, d. h. mit dem dünneren Teil des Astes eingeschlagen werden. Sie können auch zur Initiierung von Kopfweiden eingesetzt werden.



Bild 3.4.2.4: Wurzelbildung einer Baumweidensetzstange ein halbes Jahr nach Anwendung



Bild 3.4.2.5: Fortschreitende Stabilisierung der Uferböschungen im Zuge der Eigenentwicklung, unterstützt durch Weidensetzstangen

Lebende Wurzelstöcke

Begriff: Lebende Wurzelstöcke (Synonym Wurzelstubben): im Zuge von Baumaßnahmen gewonnene, möglichst schonend zwischengelagerte und wiedereingebaute, austriebsfähige Wurzelteller einheimischer Laubholzarten. Ergänzend zu lebenden Wurzelstöcken können tote umgebaut werden, die mit austriebsfähigen Stechhölzern/Setzstangen kombiniert werden.

Zielvegetation: Standortgerechter Gehölzbestand (Bäume und Sträucher).

Anordnung innerhalb der Uferzonierung: Zone III bis IV, Wasserwechsel- und Hochwasserzone (Weichholz- bis Hartholzaue).

Anwendungsbereiche und Funktion: Gewässerstrukturierung durch Wiederverwendung von Wurzelstöcken gerodeter Bäume an Gewässeruferrn mit geringer Strömung, zur Anreicherung von Totholz nach Renaturierungsmaßnahmen, zur Strömunglenkung (Wurzelstock-Buhne) oder als Strukturelemente in

Gewässerabschnitten, in denen eine eigen-dynamische Entwicklung gefördert und toleriert werden kann.

Wirkungsweise: Punktuelle Ufersicherung, gut kombinierbar mit lebenden Bauweisen. Der Wurzelteller trägt durch seine strömunglenkende Wirkung zur Entwicklung naturnaher Uferstrukturen (abwechslungsreiche Uferlinie mit Kolken und Anlandungen) bei. Das Wurzelwerk dient als Schutz und Habitat für Kleintiere. Beim Einbau von Wurzelstöcken entlang der Mittelwasserlinie entstehen Fischunterstände.

Bau/Ausführung:

1. Die Wurzelstöcke (1) werden entlang der Uferlinie mindestens zu zwei Drittel eingegraben und
2. mit nicht austriebsfähigen Pfählen (2) oder austriebsfähigen Weidenpflöcken (3) verkeilt. Dazu werden die Pflöcke schräg wechselseitig zwischen kräftigen Wurzeln eingeschlagen, um ein Aufschwimmen und Abtreiben bei Hochwasser zu vermeiden.

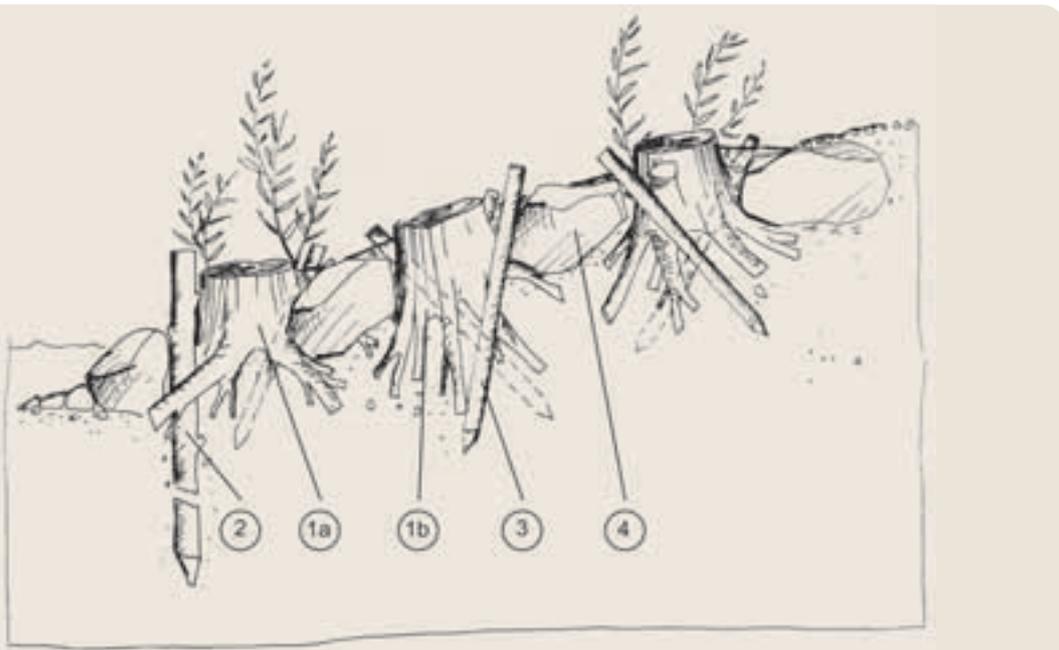


Abb. 3.4.2.3: Einbau von lebenden Wurzelstöcken, Querschnitt (Quelle: Stowasser)



Bild 3.4.2.6: Einbau von Wurzelstöcken zur Böschungssicherung

3. Abschließend sind die Wurzelstöcke so mit Aushub oder Steinen (4) zu überdecken, dass sie maximal 20 cm aus der Böschung herausragen und beim Überströmen möglichst wenig Turbulenzen und damit Materialumlagerungen erzeugen können.

Baumaterialien:

Lebende Wurzelstöcke (1a): Austriebsfähige Wurzelstöcke von Baumarten, die zu Stockausschlägen fähig sind in unterschiedlichen Größen je nach Einbauort und -ziel. Bei unumgänglicher Rodung vorhandener Ufergehölzbestände sollten diese zuvor fachgerecht Aufstock gesetzt und anschließend als lebende Wurzelstöcke wieder eingebaut werden.

Tote Wurzelstöcke (1b): Direkt auf der Baustelle anfallende Wurzelstöcke beliebiger Baumarten in unterschiedlichen Größen je nach Einbauort und -ziel. Bei Anlieferung von Wurzelstöcken sollten aufgrund der höheren Besiedlungsdichte und -vielfalt überwiegend Laubbaumhölzer verwendet werden.

Befestigungsmaterial: Durchmesser der Befestigungspfähle aus Totholz (2) und Weiden (3) je nach Größe des Wurzelstocks ca. 4 bis 12 cm, 1 bis 2 m lang. Gegebenenfalls zusätzliche Sicherung durch Beschweren mit größeren Steinen (4) oder Kombination von mehreren ineinander verkeilten Wurzelstöcken.

Einbauzeiten: Keine Einschränkungen

Belastbarkeiten:

$\tau = 50$ bis 80 N/m^2 , $v = 1,5$ bis $2,0 \text{ m/s}$
(Wurzelstockreihen GERSTGRASER, 2000)

Vorteile: Sofort wirksame Habitatstrukturen und Totholzangebot mit hoher ökologischer Wirksamkeit. Gegebenenfalls Einsparung von Transport- und Entsorgungskosten für Beseitigung bauseits vorhandener Wurzelstöcke.

Nachteile: Aufgrund der hohen Rauigkeit und der damit verbundenen Erosionsgefährdung nur bedingt für hydraulisch stärker belastete Uferabschnitte geeignet. Sand- und Kiesfraktionen zwischen den Wurzelstöcken können bei Überströmung des Wurzelstocks und damit



Bild 3.4.2.7: Wurzelstöcke verursachen bei Überflutung große Turbulenzen, wodurch sie ausgespült werden können

verbundener Turbulenzbildung leicht erodiert werden, so dass die Wurzelstöcke freigelegt werden. Es kann zu Umlagerungen vor und nach den Einbaustellen kommen. Gefahr der Verlagerung des gesamten Wurzelstocks und damit verbundenen Verkläuerungen!
Nicht geeignet an steilen Ufern.

Unterhaltung/Pflege: Keine Pflege erforderlich

Kombinationsmöglichkeiten: Weidensteckhölzer oder -setzstangen zur Befestigung bzw. zum schnellen Einwachsen der Wurzelstöcke. Bei schlechten Belichtungsverhältnissen (Nordhänge, Waldbereiche) Pflanzung von Schwarzerlen im Strömungsschatten der Wurzelstöcke und/oder Kombination mit Steinschüttungen

Besonderheiten/häufige Fehler: Neben dem Einbau von einzelnen Wurzelstöcken beschreibt FLORINETH auch den Einbau von Wurzelstockreihen als Strukturierungsmaßnahme an Fließgewässern. Dabei werden lebende oder tote Wurzelstöcke dicht nebeneinander entlang der Uferlinie verlegt und an vorher eingeschlagene Holzpilote mit einem Stahlseil fest verbunden. Als Schutz gegen Ausschwemmung sind die Hohlräume zwischen den Wurzelstöcken mit größeren Steinen und Flussschotter zu verfüllen.

Flechtzäune

Begriff: Der Flechtzaun besteht aus biegsamen Weidenästen, die um Befestigungspfähle zaunartig geflochten werden.

Zielvegetation: Standortgerechter Gehölzbestand (Bäume und Sträucher).

Anordnung innerhalb der Uferzonierung: Zone II – III, Wasserwechselzone (Weichholzaue).

Anwendungsbereiche und Funktion:

Böschungsfußsicherung von kleineren Gerinnen oder Gräben, die nicht sehr häufig und hoch überflutet werden. Als Strukturierungselement von kleinen Bühnen.

Wirkungsweise: Linear wirksame Bauweise, die aufgrund ihrer geringen Breitenwirkung nur einen schmalen Bereich der Böschung schützt.

Bau/Ausführung:

1. Im Abstand von 1 bis 1,2m werden lange Pfähle (1) schräg gegen das zu sichernde Ufer eingeschlagen.
2. Danach sind die einzelnen Äste (2) alternierend um die Holzpfähle zu flechten, wobei mit dem dicken Ende des Astes immer hinter dem Pflock (böschungsseitig) begonnen wird und die Spitzen der Weiden in Fließrichtung zeigen. Damit eine gute Wasserversorgung aller Äste gewährleistet wird, sollten sie nicht parallel zur Sohle, sondern schräg eingebaut werden. Dies wird auch dadurch erreicht, dass der Baufortschritt gegen die Fließrichtung erfolgt.
3. Abschließend wird der Flechtzaun mit Boden (3) hinterfüllt, damit die Äste Bodenkontakt haben und austreiben können.

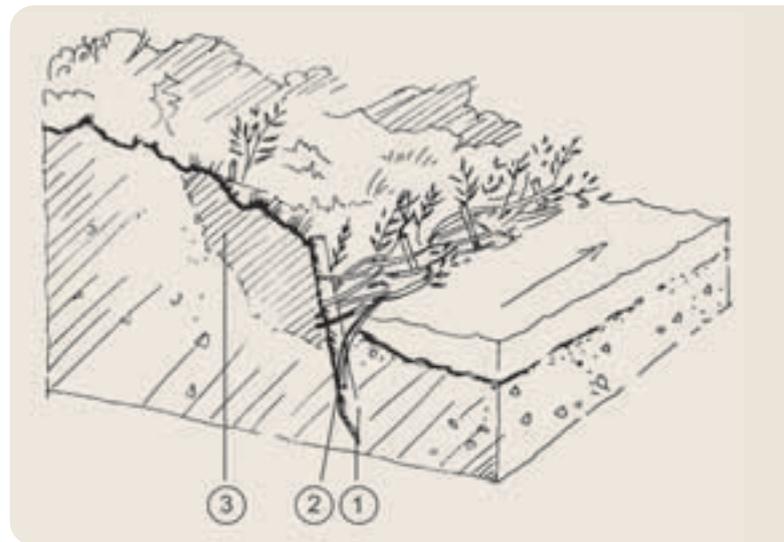


Abb. 3.4.2.4: Einbau eines Flechtzaunes zur Böschungsfußsicherung, Querschnitt (Quelle: Stowasser)

Baumaterialien:

Holzpfähle (1): Die Holzpfähle sollten einen Durchmesser von 10 bis 15cm haben und 1,50m lang sein. Sie sollten im Wasser eine Lebensdauer von mindestens zehn Jahren haben. Es können auch lebende Setzstangen aus Weidenstämmen in der entsprechenden Dimension verwendet werden.

Steckhölzer (2): Lebende Weidenhölzer, ca. 50 bis 80 cm lang und mit 3 bis 5 cm Durchmesser.

Äste zum Flechten (2): Zum Flechten werden lebende, biegsame, 2 bis 4-jährige Weidenäste mit einem Durchmesser von 3 bis 8 cm und unbegrenzter Länge verwendet. Es sollten keine Äste von Bruchweiden (*Salix fragilis*) verwendet werden.

Hinterfüllung (3): Anstehendes, durchwurzlelbares Ufermaterial, kein Oberboden!

Einbauzeiten: Grundsätzlich in der Vegetationsruhezeit von Oktober/November bis März/April. Je nach Lage und Witterung auch noch bis in den Mai.

Belastbarkeiten: Die Stabilität hängt in den Anfangsjahren sehr stark von der Dauerhaftigkeit der Holzpfähle ab. Die Äste müssen so stark sein, dass sie den Böschungskörper zwischen den Rundhölzern abstützen können. Untersuchungen haben gezeigt, dass ein 15 Monate alter Flechtzaun Belastungen von $v = 3,2$ bis $3,5$ m/s und $\tau = 100$ bis 120 N/m² standhält (GERSTGRASER, 2000).



Bild 3.4.2.8: Bau eines Flechtzaunes



Bild 3.4.2.9: Unmittelbar im Anschluss an den Flechtzaun erfolgt die Böschungssicherung durch eine mit Steckhölzern begrünte Böschungsschutzmatte

Vorteile: Der Flechtzaun verbraucht wenig Weidenmaterial und ist sehr schnell und einfach zu bauen.

Nachteile: Er ist eine lineare Bauweise mit einer geringen Breitenwirkung. Als vertikale Bauweise erschwert er die Vernetzung für Tiere zwischen Wasser und Umland.

Unterhaltung/Pflege: In der Regel in den ersten Jahren keine weiteren Pflegemaßnahmen erforderlich.

Kombinationsmöglichkeiten: Besteht die Gefahr, dass die Uferböschung hinter dem Flechtzaun bei Hochwasser überflutet wird, müssen die an den Flechtzaun angrenzenden Bereiche zusätzlich mit anderen Bauweisen gesichert werden, z. B. durch eine Böschungsschutzmatte aus Naturfasergewebe und Steckhölzern. Treten allerdings höhere Hochwasser auf und die Böschung hinter dem Flechtzaun wird nicht gesichert, dann muss mit Erosionsschäden gerechnet werden.

Besonderheiten/häufige Fehler: Aufgrund der annähernd vertikalen Bauweise sollte der Flechtzaun nicht höher als 60 cm gebaut werden. Ansonsten besteht die Gefahr, dass die oberen Äste die unteren beschatten, wodurch diese in der Folge absterben und verrotten.



Bild 3.4.2.10: Der Flechtzaun (aus Bild 3.4.2.8) 3 Monate nach dem Einbau, hinter dem Flechtzaun erfolgt die Sicherung mit einer Böschungsschutzmatte und Stechhölzern

Dadurch können im untersten Bereich Böschungsabbrüche auftreten und der Böschungsfuß ist nicht mehr gesichert. Durch die Anordnung des Flechtzauns schräg zur sichernden Böschung wird diese Fehlerquelle reduziert.

In der Literatur wird der Flechtzaun auch als Bauweise zur Böschungssicherung beschrieben. Davon sollte aber Abstand genommen werden, da der Flechtzaun dort aufgrund der mangelnden Wasserversorgung und Einbindung in den Boden in der Regel austrocknet und schnell verrottet.



Bild 3.4.2.11: Der Flechtzaun (aus Bild 3.4.2.8) nach 3 Jahren

Eine weitere, ebenfalls in der Literatur häufig beschriebene aber fehlerhafte Ausführung stellt das Flechten dünner Weidenruten parallel zur Gewässersohle dar. Die Ruten unterhalb des Mittelwasserspiegels können dann aufgrund der permanenten Überflutung nicht austreiben und verrotten. Oberhalb des Mittelwasserspiegels besteht dagegen die Gefahr, dass die Weiden vertrocknen. Den besten Anwuchserfolg erzielt man, wenn man anstatt dünner Ruten 3 bis 8 cm dicke Äste mit den Enden in den Boden steckt und diagonal nach oben einbaut. Damit ist die Wasserversorgung der Äste auch bei schwankendem Wasserspiegel gewährleistet.

Uferfaschinen

Begriff: Faschinen sind Bündel aus nicht austriebsfähigen (toten) Laub- und/oder Nadelholzästen (Totfaschine) oder austriebsfähigen (lebenden) Weidenästen (Weidenfaschine, Lebendfaschine), die durch Bindedraht zusammengehalten werden.

Zielvegetation: Standortgerechter Gehölzbestand (Bäume und Sträucher).

Anordnung innerhalb der Uferzonierung: Lebendfaschinen für Zone II bis III, Mittelwasser- und Wasserwechselzone (Röhricht- bis Weichholzzone).

Totholzfaschine für alle Zonen – jedoch mit sehr unterschiedlicher Haltbarkeit, d. h. je kürzer die Totfaschinen unter Wasser sind, desto schneller verrotten sie.

Anwendungsbereiche und Funktion: Böschungsfuß- und/oder Böschungssicherung allein oder in Kombination mit anderen Bauweisen. Je nach Baumaterialien und Bestandsziel können lebende oder tote Faschinen gebaut werden. Im Allgemeinen werden die Faschinen als Längswerke eingesetzt.

Totfaschinen und Senkfaschinen eignen sich als Fußsicherung nur dann, wenn sie permanent unter Wasser sind. Ansonsten verrotten sie innerhalb weniger Jahre.

Die lebenden Faschinen eignen sich sowohl zur Sicherung des Böschungsfußes als auch zur Sicherung von durchgehenden flachen Uferböschungen, die hohen Belastungen ausgesetzt sind.

dicke Faschinen entstehen. Die Länge der Faschinen richtet sich in erster Linie danach, welches Baugerät bzw. wie viele Personen für den Transport zur Verfügung stehen. In der Regel sind die Faschinen 4 bis 6 m lang.

1. Zunächst wird ein Graben (1) für den Einbau der Faschinen ausgehoben. Der Graben soll so tief sein, dass Lebendfaschinen mindestens zur Hälfte, Totfaschinen mindestens zu zwei Drittel im Wasser bzw. im Boden liegen.
2. Die Faschinen (2) werden am Ort des Einbaues mit den Astspitzen in Fließrichtung verlegt. Dabei müssen die Faschinen zur Verzahnung fest ineinander gestoßen werden. Lücken zwischen einzelnen Faschinen sind zu vermeiden.
3. Die Befestigung der Weidenfaschinen erfolgt mit ca. 1,0 bis 1,5 m langen Holzpflocken (3), die in einem Abstand von 1,2 bis 1,5 m schräg versetzt durch die Faschinen in die Böschung eingeschlagen werden.
4. Danach werden die Faschinen mit Bodenmaterial (4) hinterfüllt und 3 bis 4 cm hoch mit sandigem Kies abgedeckt, damit sie vor zu starker Austrocknung geschützt sind.
5. Bei feinkörnigem Substrat sollten die Faschinen zusätzlich auf einer Astlage aus Nadelholzreisig (5) gebettet werden. Damit entsteht ein Kolkenschutz, der die Faschine vor Unterspülung schützt.

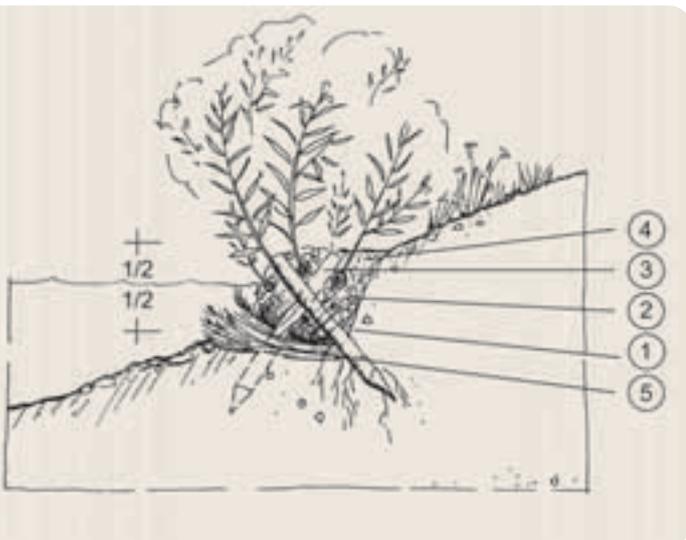


Abb. 3.4.2.5: Einbau einer Weidenfaschine, Querschnitt (Quelle: Stowasser)

Lebende Faschinen und Totfaschinen können auch als Querbauwerke (Buhnen) zur Gewässerstrukturierung eingebaut werden.

Wirkungsweise: Linearer Erosionsschutz, durch die kompakten Faschinen sofort nach Baufertigstellung wirksam. Werden mehrere Faschinen dicht hintereinander auf der Böschung verlegt, dann können sie auch flächig wirken.

Bau/Ausführung: Lebendfaschinen sind Bündel aus Weidenästen, die alle 50 bis 70 cm mit Draht zusammengebunden werden, so dass 20 bis 40 cm dicke Weidenbündel entstehen. Die Weidenäste werden mit der Spitze in Längsrichtung versetzt aufgelegt, so dass gleichmäßig

Für eine optimale Vegetationsentwicklung müssen die Faschinen gut in den Boden eingebunden werden, deshalb sollten die Böschungen nicht steiler als 1:3 geneigt sein. Ansonsten besteht Gefahr, dass Teile der Faschinen austrocknen. Zur Erhöhung der Artenvielfalt können auch zwischen den Weidenfaschinen einzelne, bewurzelte und sprosswurzelbildende Laubgehölze eingelegt werden.

Je nach Belastung können Lebendfaschinen auch schräg zur Böschung eingebaut werden. Vor allem bei Niedrigwasser wird dadurch eine bessere Wasserversorgung der Weidenäste in höheren Böschungsabschnitten erzielt.

Totfaschinen werden aus nichtausschlagfähigen Ästen oder Reisig gebaut. Zur Böschungsfußsicherung können Totfaschinen auch mit Steinen und Kies gefüllt werden, dann spricht man von Senkfaschinen. Letztere sind 30 bis 60 cm dick und werden vor Ort gebaut und an vorher eingeschlagenen Holzpflocken mit Draht befestigt.

Baumaterialien: Lebendfaschinen (Weidenfaschinen): Weidenäste mit einem Durchmesser von 1 bis 10 cm und unbegrenzter Länge.

Totfaschinen: nicht ausschlagfähige Äste/ Reisig. Der Nadelholzanteil sollte nicht mehr als 30 % betragen. Die Äste müssen frisch geschlagen sein.

Senkfaschinen: Baumaterial wie Totfaschinen, zusätzlich Steine oder Kies als Füllmaterial.

Pflöcke, Rundhölzer: Werden lebende Faschinen oder Totfaschinen zur Fußsicherung an Gewässern I. Ordnung verwendet, dann sind alle 3 bis 4 m Holzpfähle, in Abhängigkeit des Untergrundes und der Belastung, mit einer Länge von 2 bis 3 m und einer Stärke von 18 bis 25 cm vor der Faschine einzuschlagen. Zur Fußsicherung an Gewässern II. Ordnung oder Befestigung der Faschinen auf der Böschung genügen ca. 1,0 bis 1,5 m lange und 8 bis 12 cm dicke Holzpflocke. Für die Pflöcke können auch Holzarten mit geringer Lebensdauer (Fichte, Kiefer) oder austriebsfähige Weidensetzstangen verwendet werden

Draht: Zum Zusammenbinden der Äste wird mindestens 2,5 mm starker Draht verwendet.



Bild 3.4.2.12: Einbau von Faschinen hinter einer Fußsicherung aus Raubäumen

Einbauzeiten: Grundsätzlich in der Vegetationsruhezeit von Oktober/November bis März/April. Je nach Lage und Witterung auch noch bis in den Mai.

Totfaschinen und Senkfaschinen können das ganze Jahr über eingebaut werden.



Bild 3.4.2.13 : Reihen aus Faschinen zur flächigen Böschungssicherung

Belastbarkeiten: Faschinen sind unmittelbar nach dem Einbau belastbar. Die Belastbarkeit von Lebendfaschinen hängt in den ersten Monaten, bevor sie ausgetrieben haben, von deren Befestigung ab.

Bei ordnungsgemäßigem Einbau können bereits 15 Monate alte, lebende Faschinen Belastungen von $v = 3,3$ bis $3,8$ m/s und $t = 150$ bis 200 N/m² standhalten (GERSTGRASER, 2000). Ähnliche Werte wurden in der Untersuchung der LfU (1996) für zwei Jahre alte Faschinen erzielt, die Belastungen von $v = 3,0$ bis $3,5$ m/s und $t = 100$ bis 150 N/m² standgehalten haben.

Die Belastbarkeit von Totfaschinen hängt in erster Linie vom Zustand des Reisigs ab. Wenn sich die Totfaschine dauerhaft unter Wasser befindet, dann hat sie eine lange Lebensdauer und kann bei guter Bauausführung ähnlich hohe Werte wie lebende Faschinen aushalten. Befindet sie sich hingegen in der Wasserwechselzone, dann verliert sie schon nach drei bis fünf Jahren ihre Festigkeit. Entsprechend den Untersuchungen der LfU (1996) wurde an der Enz in Pforzheim eine Totfaschine bei Belastungen von $v = 3,2$ m/s und $t = 70$ N/m² beschädigt.

Vorteil: Die Faschine ist eine Bauweise, die sofort nach Baufertigstellung aufgrund ihrer Kompaktheit eine hohe Schutzwirkung aufweist. Darüber hinaus ist sie sehr universell einsetzbar.

Nachteile: Da nur die Weidenäste austreiben können, die Boden-, Wasser- und Lichtkontakt haben, werden bei lebenden Faschinen viele Äste als Baumaterial gebraucht. An zu steilen Böschungen trocknen sie aufgrund der schlechten Bodeneinbindung häufig aus.



Bild 3.4.2.14: Die Faschinen aus Bild 3.4.2.13, 15 Monate nach dem Einbau

Unterhaltung/Pflege: In der Regel sind in den ersten Jahren keine weiteren Pflegemaßnahmen erforderlich.

Kombinationsmöglichkeiten: Faschinen lassen sich vielseitig kombinieren und in andere ingenieurbio-logische Bauweisen integrieren, beispielsweise als Fußsicherung von begrünten Böschungsschutzmatten oder Bepflanzungen.

Besonderheiten/häufige Fehler: Faschinen können auch als fertige Elemente von Händlern erworben werden. Bei Lebendfaschinen ist dabei allerdings auf die Vitalität, die Pflanzenart und Pflanzenherkunft zu achten. Bei vorgefertigten Totfaschinen kommt es häufig vor, dass die Äste nicht mehr elastisch sind oder sogar schon beginnen morsch zu werden oder dass sie zu 100 % aus Nadelholzreisig bestehen.

Spreitlagen

Begriff: Bodendeckende Lage aus austriebsfähigen oder nicht austriebsfähigen Ruten oder Reisig, die mit dem Stammende nach unten senkrecht zur Fließrichtung des Wassers oder schräg stromab auf die Uferböschung aufgebracht und durch horizontale Befestigung – Pfähle und Verspannung – fest- und niedergehalten werden.

Zielvegetation: Standortgerechter Gehölzbestand (Bäume und Sträucher).

Anordnung innerhalb der Uferzonierung: Zone III, Wasserwechselzone (Weichholzaue).

Anwendungsbereiche und Funktion:

Böschungssicherung – breite Anwendungsmöglichkeiten, vor allem zur Sicherung von Ufern, die hohen hydraulischen Belastungen standhalten und flächig geschützt werden müssen, wie z. B. Prallufer. Auch zur Sicherung von steilen Ufern mit Neigungen bis 1 : 1,5 gut geeignet.

Wirkungsweise: Flächige Wirkung durch die Anordnung der Weidenäste quer zur Fließrichtung und Bedeckung der gesamten Böschung. Die Spreitlage bietet sofort nach Fertigstellung einen Schutz, sofern die Äste dicht aneinander aufgelegt und die gesamte Bodenoberfläche abgedeckt ist. Mit Austrieb der Weiden erfolgt eine zunehmende Durchwurzelung des Bodens und die Reduzierung der auf die Böschung wirkenden Strömungsenergie.

Bau/Ausführung:

Spreitlage:

1. Uferböschung (1) einebnen, um einen flächigen Bodenkontakt der Äste sicherzustellen.
2. Zwei oder mehrere Reihen Holzpflocke (2) parallel zur Uferlinie standfest im Abstand von 1,0 bis 1,2 m einschlagen, bis noch ca. 50 cm des Pflocks aus der Böschung ragen.

3. Anschließend austriebsfähige Weidenäste (3) quer zur Fließrichtung dicht an dicht auslegen. Größere Abstände aufgrund von Astkrümmungen sind mit feineren Ästen abzudecken, damit der Boden unmittelbar nach Baufertigstellung vollständig abgedeckt und vor Erosion geschützt wird. Das dickere Ende der Weidenäste wird mindestens 30 cm unter Mittelwasser in den Boden gesteckt. Die Triebspitzen müssen nach oben zeigen.
4. Die Weidenäste werden mit Riegelhölzern (4), die oberhalb der Holzpflocke (2) auf die Böschung gelegt werden, gesichert. Dabei werden die Riegelhölzer mit Draht an den Holzpflocken befestigt und die Pflocke anschließend so weit nachgeschlagen, bis die Weidenäste (3) fest an den Boden gedrückt werden. Anstatt der Riegelhölzer kann die Sicherung der Weidenäste auch durch eine Drahtverspannung (4a) zwischen den Pflocken erfolgen. Auch bei der Drahtverspannung werden die Pflocke nach Fertigstellung der Verspannung zum Andrücken der Äste nachgeschlagen.
5. Abschließend werden die Äste mit sandigem Kies (5) 3 bis 4 cm stark abgedeckt.

Fußsicherung:

Die Fußsicherung kann durch Holzkonstruktion oder Steinschüttung erfolgen (siehe Abb. 3.4.2.6–8).

Fußsicherung durch Holzkonstruktion:

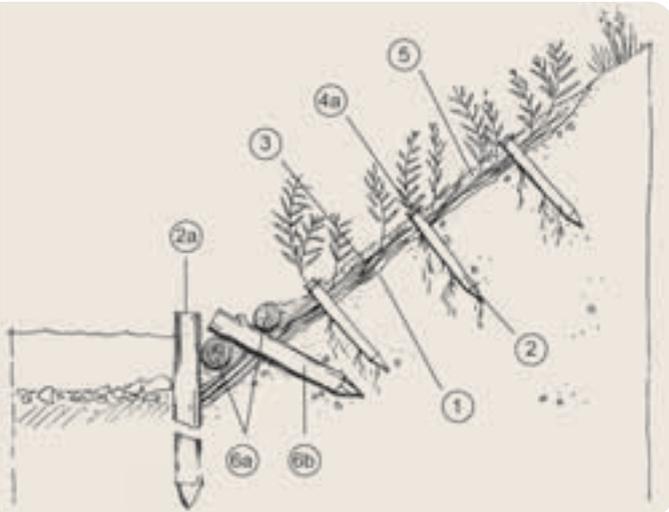


Abb. 3.4.2.6: Weidenspreitlage mit Fußsicherung durch Holzkonstruktion, Querschnitt (Quelle: Stowasser)

- 2a. Mit einer Pfahlreihe (2a) wird der zukünftige Verlauf des Böschungsfußes festgelegt. Abstände zwischen den Pfählen: 1,5 bis 3m.
- 6a. Nach fertigem Einbau der Weidenspreitlage wird eine Lage Längshölzer (6a) (Binder, Läufer) am unteren Ende der Weidenäste (3) ausgelegt und durch Verblatten miteinander verbunden. Für eine schiefste Verbindung werden Balkenverbinder eingesetzt. Die Längshölzer werden jeweils mit Baustahlnägeln an den Pfählen (2a) verbohrt.
- 6b. Anschließend werden hinten zugespitzte Querhölzer (6b) (Zangen) im Abstand von 1,5 bis 2,0m rechtwinklig zur Gewässerachse unter Beibehaltung der Innenneigung von 10° bis 15° in die Böschung eingeschlagen. Danach werden die Längs- und Querhölzer mittels Nägeln, Bauklammern oder Betonstabstahl kraftschlüssig verbunden.

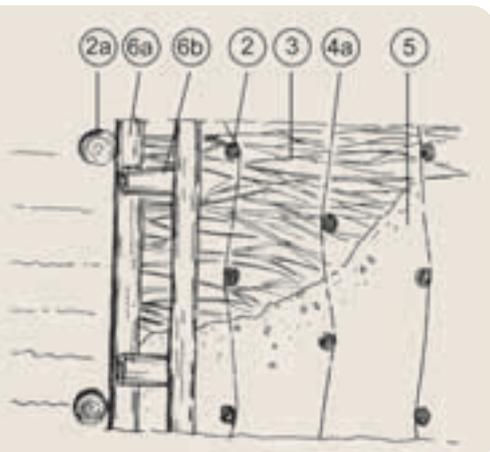


Abb. 3.4.2.7: Weidenspreitlage mit Fußsicherung durch Holzkonstruktion (Draufsicht) (Quelle: Stowasser)

Fußsicherung durch Steinschüttung:

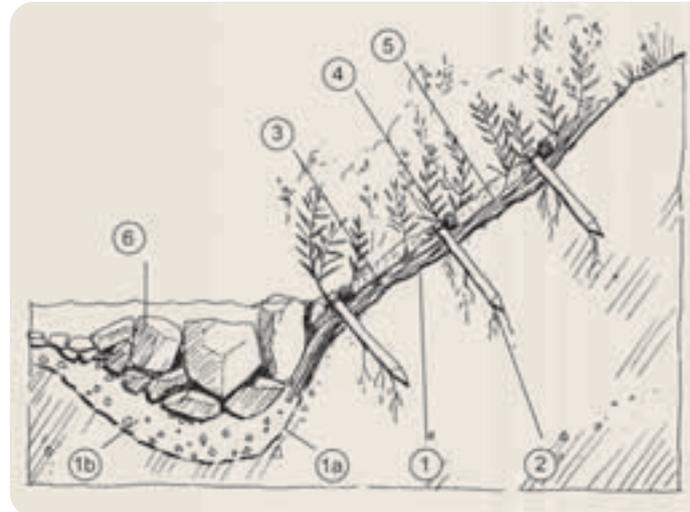


Abb. 3.4.2.8: Weidenspreitlage mit Steinschüttung als Fußsicherung, Querschnitt (Quelle: Stowasser)

- 1a. Zum Einbau der Steinschüttung wird am Böschungsfuß parallel zur Einebnung der Uferböschung (1) ein Graben (1a) ausgehoben.
- 1b. Bei nicht filterstabilem Untergrund wird anschließend Filtermaterial eingebracht.
6. Darauf wird die Steinschüttung eingebaut, sobald die Spreitlage fertig eingebaut ist. Dabei ist darauf zu achten, dass die Weidenruten fest in die Steinschüttung eingebunden werden.

Baumaterialien:

Pfähle (2): Rundhölzer, 1,0 bis 1,5m lang, Durchmesser 18 bis 25cm, auch Lebendmaterial entsprechender Länge und Durchmesser geeignet.

Lebende Weidenäste (3): Äste von Strauch- oder Baumweiden in Abhängigkeit von der Zielvegetation. Durchmesser 3 bis 10cm, Länge mindestens 3m. Feinere und kürzere Zweige werden als Füllmaterial eingebaut.

Riegelhölzer (4): Holzstangen, 3 bis 4m lang, Durchmesser 10 bis 15cm, auch Lebendmaterial entsprechender Länge und Durchmesser geeignet.

Verbindungs- bzw. Befestigungsmaterial: Draht, mindestens 2,5mm stark.



Bild 3.4.2.15: Spreitlagenbau – Befestigung der Weidenäste mit Bindedraht



Bild 3.4.2.16: Spreitlagenbau – lebende Weidenäste werden vollflächig und dicht aufgelegt

Fußsicherung: Erfolgt die Fußsicherung mit einer Holzkonstruktion, dann werden in der Regel 18 bis 25 cm starke **Rundhölzer** verwendet. Ansonsten **Wasserbausteine** entsprechend der hydraulischen Belastung.

Einbauzeitpunkt:

Grundsätzlich in der Vegetationsruhezeit von Oktober/November bis März/April. Je nach Lage und Witterung auch noch bis in den Mai. Optimal März/April, kurz vor Austrieb der Äste.

Belastbarkeit:

Die Spreitlage hält von allen untersuchten ingenieurbiologischen Bauweisen die höchsten Belastungen aus. Untersuchungen haben ergeben, dass sie bei richtiger Ausführung Belastungen von $\tau = 195$ bis 218 N/m^2 (FLORINETH, 1982) und $v = 3,2$ bis $3,5 \text{ m/s}$ (GERSTGRASER, 2000) problemlos standhält.

Vorteile: Der große Vorteil liegt darin, dass die Weidenäste auch bei Niederwasser noch ins Wasser reichen und dadurch eine optimale Wasserversorgung von höher gelegenen Pflanzenteilen gewährleistet ist. Dadurch können sich die Sprosse flächig auf der gesamten Böschung entwickeln.

Nachteil: Arbeitsaufwändige Herstellung, erfordert viel Weidenmaterial. Ohne Pflege Tendenz zu reinen Weidenbeständen.

Unterhaltung/Pflege: Nach ein bis drei Jahren sollen die vorwüchsigen Weiden zurückgeschnitten werden. Dadurch werden die ent-



Bild 3.4.2.17: Spreitlage nach Fertigstellung – die Fußsicherung erfolgt mittels Holzkonstruktion und oberhalb der Spreitlage ist eine Böschungsschutzmatte angebracht

sprechend der Zielvegetation beigemischten Gehölze freigestellt und in ihrer Entwicklung gefördert. Diese beschatten in der Folge die Weiden, wodurch sie in ihrem Wuchs zurückbleiben. Mit dieser Pflegemaßnahme kann schon sehr früh ein standortgerechter Vegetationsbestand mit minimalem Pflegeaufwand aufgebaut werden.

Kombinationsmöglichkeiten: Häufig erfolgt die Fußsicherung der Weidenspreitlage mit Faschinen. Dies sollte nur an Gewässern II. Ordnung mit entsprechend geringen hydraulischen Belastungen angewendet werden. Bei hoher Belastung sind Schäden vorprogrammiert, die bis zur kompletten Zerstörung der Uferböschung gehen können.

In Einzelfällen können Weidenspreitlagen auch zur Sicherung von exponierten Stellen von Strukturierungselementen wie z. B. Bühnen verwendet werden.

Zur Erhöhung der Artenvielfalt können zwischen den Weidenästen bewurzelte Laubgehölze eingelegt oder eingepflanzt werden.

Besonderheiten/häufige Fehler: Für die Entwicklung der Spreitlage ist es wichtig, dass die dicken (basalen) Enden der Weidenäste ins Wasser reichen, damit eine optimale Wasserversorgung gewährleistet wird. Der Böschungsfuß stellt sozusagen das Fundament der Spreitlage dar und muss massiv mittels Holzkrainerwand, Raubäumen oder Steinen vor dem Wasserangriff geschützt werden. Keine Fußsicherung mit Faschinen an hydraulisch stark belasteten Bereichen. Die Baubeschreibung der Spreitlage nach DIN 18 918 ist nach eigener Definition nicht für die Sicherung an Gewässern zulässig.

Häufig wird der Fehler gemacht, dass die Weidenspreitlage zu stark mit zu bindigem Boden überdeckt wird. Die Weiden treiben dann gar nicht oder wesentlich schlechter aus, wodurch der Gesamterfolg der Maßnahme gefährdet wird.

3.4.3 Kombinierte Bauweisen

Begrünte Böschungsschutzmatten

Begriff: Böschungsschutzmatten sind Gewebe, die zum Schutz vor Oberflächenerosion auf der Böschungsoberfläche verlegt werden. Material und Zusammensetzung sowie Maschenweite der Matten je nach Verwendungszweck.

Zielvegetation: Standortgerechter Gehölzbestand (Bäume und Sträucher) bei Kombination mit Stekhölzern und/oder Bepflanzung sowie Gras- und Kräuterbestände, Wiesen, Rasen bei Kombination mit Ansaaten.

Anordnung innerhalb der Uferzonierung: Zone III bis IV, Wasserwechsel- und Hochwasserzone (Weichholz- bis Hartholzaue).



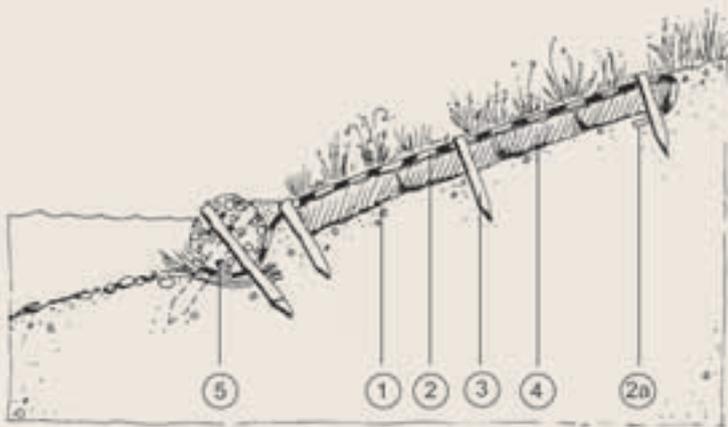
Bild 3.4.2.18: Die Spreitlage (aus Bild 3.4.2.17) nach 3 Jahren, sie sichert das Ufer und wertet das Gewässer ökologisch auf

Anwendungsbereiche und Funktion: Zur Böschungs- und Vorlandsicherung und zur Oberflächensicherung von Deichen. Böschungsschutzmatten aus Naturfasern schützen den Böschungskörper bis zum Aufkommen der Vegetation vor Erosion.

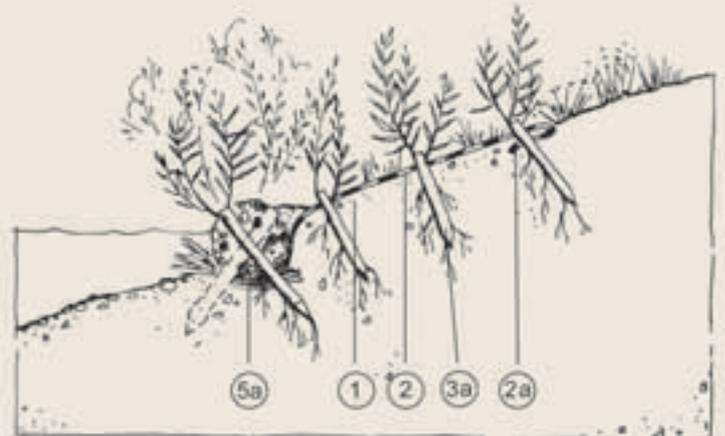
Wirkungsweise: Flächig und sofort nach dem Einbau.

Bau/Ausführung:

1. Vor dem Verlegen der Böschungsschutzmatte muss die Böschung (1) eingeebnet und frei von Steinen sein, damit die Matte flächig auf der Böschung aufliegt und keine Hohlräume entstehen.
2. Die Böschungsschutzmatte (2) wird in Bahnen auf der Böschung aufgerollt. Dabei sollten sich die einzelnen Bahnen mindestens 30 cm dachziegelartig in Fließrichtung überlappen. Eine Verlegung gegen die Fließrichtung und von Böschungsoberkante zum Böschungsfuß vermindert das Risiko von falschen Überlappungen. An den Rändern (2a) muss die Böschungsschutzmatte mindestens 20 cm tief eingegraben werden.



Einbau einer begrünenden Böschungsschutzmatte – Kombination mit Tothfäschine und Rasensoden



Einbau einer begrünenden Böschungsschutzmatte – Kombination mit Lebendfäschine und Weidensteckhölzern

Abb. 3.4.3.1: Verlegen von begrünenden Böschungsschutzmatten, Querschnitt (Quelle: Stowasser)

3. Das Geotextil wird je nach Vegetationsziel mit Holzpflocken (3) oder Haken aus Baustahl bzw. Steckhölzern (3a) gesichert (2 bis 3 Stück/m²), wobei diese vor allem bei lockeren Substraten wie Kies oder Sand ausreichend tief (mindestens 40 bis 60 cm) einzuschlagen sind. Bei Kombination mit Rasensoden (4) ist darauf zu achten, dass die Befestigung durch die Soden und an den Stößen erfolgt.
4. Sofern Tot- (5) oder Lebendfäschinen (5a) zur Sicherung des Böschungsfußes verwendet werden, muss die Böschungsschutzmatte vor dem Einbau der Fäschinen auf der Böschung verlegt werden. Damit ist gewährleistet, dass die Fäschine auf der Matte eingebaut wird und es damit zu einer Übergangslosen Sicherung von Böschungsfuß und Böschung kommt.

Baumaterialien:

Böschungsschutzmatte (2): Im naturnahen Wasserbau kommen in der Regel nur Böschungsschutzmatten aus Jute- oder Kokosfasern zum Einsatz. In Abhängigkeit der jeweiligen Materialstärke verlieren Jutegewebe nach ein bis zwei Jahren und Kokosfasern nach zwei bis vier Jahren ihre Festigkeit. Im Wasserbau werden häufig Kokosmatten mit einem

Gewicht von 700 g/m² mit einer effektiven Maschenweite von 0,5 bis 1,0 cm verwendet. Da diese Maschenweite bei feinem Bodenmaterial aber zu groß ist, sollte eine 2-lagige Matte mit einer feinmaschigen unteren Lage verwendet werden (vgl. Bild 3.4.3.2).

Sicherung des Geotextils: Die Sicherung kann mit 40 bis 60 cm langen Haken aus Baustahl oder Holzpflocken (3) erfolgen, die allerdings nicht die Matte beschädigen dürfen. Sofern als Vegetationsziel Strauch- und/oder Baumbestände angestrebt werden, erfolgt die Befestigung der Böschungsschutzmatten mit lebenden Steckhölzern (3a), Durchmesser 3 bis 5 cm, 50 bis 80 cm lang.

Einbauzeitpunkt: Die Matte kann das ganze Jahr über, außer bei gefrorenem Boden, verlegt werden.

Belastbarkeiten: Die Belastbarkeit hängt von der Stärke der Matte und den Befestigungselementen ab. Eine einlagige Böschungsschutzmatte aus Kokosgewebe (700 g/m²), die zusätzlich mit Steckhölzern bepflanzt war, hielt Belastungen bis $\tau = 80$ bis 120 N/m² und $v = 2,2$ bis 2,8 m/s stand (GERSTGRASER, 2000).



Bild 3.4.3.1: Erosion unter der Böschungsschutzmatte infolge zu weiter Maschenabstände und hoher Belastung



Bild 3.4.3.2: 2-lagige Böschungsschutzmatten zur Verhinderung von Ausspülungen unterhalb der Matte



Bild 3.4.3.3: Begrünung und Befestigung einer Böschungsschutzmatte aus Kokosgewebe mit Stekhölzern



Bild 3.4.3.4: Detail zu Bild 3, Austrieb Steckholz 8 Wochen nach dem Einbau

Vorteile: Schnell zu verlegen und sofortige, flächige Schutzwirkung. Vielseitig kombinierbar.

Nachteil: Relativ hohe Materialkosten für die Matten.

Unterhaltung/Pflege: Die Böschungsschutzmatte bedarf keiner Pflege.

Kombinationsmöglichkeiten: Zur Anlage von Gräser- und Kräuterflächen können Böschungsschutzmatten mit Ansaaten oder Rasenziegeln bzw. Stekhölzern oder Gehölzpflanzungen kombiniert werden. Häufig werden Böschungsschutzmatten in Kombination mit linearen Bauweisen, wie beispielsweise Faschinen, die zur Böschungsfußsicherung eingebaut werden, verwendet.

Besonderheiten/häufige Fehler: Häufig wird der Fehler gemacht, dass die Maschenweiten nicht den Kornfraktionen des Bodens angepasst sind, so dass es beim Überströmen der Matten zu Ausspülungen kommt (vgl. Bild 3.4.3.1). Böschungsschutzmatten aus Naturfasern sollten nicht in Bereichen verwendet werden, die dauernd dem Wasserangriff ausgesetzt sind, da sie dort schnell an Festigkeit verlieren.

Entscheidend für die Stabilität der Böschungsschutzmatten sind deren faltenfreie, möglichst straffe Verlegung und die Befestigung der Mattenränder. Werden diese nicht richtig eingegraben oder bieten sie durch falsche Überlappung der Strömung entsprechende Angriffsflächen, kann während des Initialstadiums leicht die gesamte Matte von der Böschung gerissen werden.

Bei stark geschiebeführenden Gewässern sollte auf die Verwendung von leicht verrottbaren Böschungsschutzmatten verzichtet werden, da sie sehr leicht zu beschädigen bzw. zu zerstören sind.

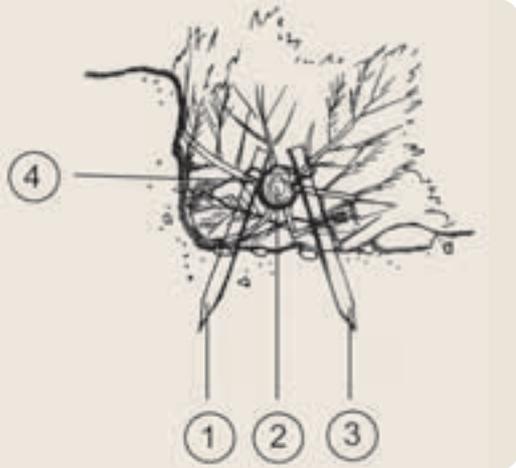


Abb. 3.4.3.2: Sofortsicherung eines Uferabbruchs mittels Raubbaum, Querschnitt (Quelle: Stowasser)

Raubäume

Begriff: Raubäume sind frisch gefällte Nadelbäume oder Kronen größerer Nadelgehölze die als Sofortmaßnahme im Uferschutz dienen. Dimensionierung und Befestigung je nach Einbauzweck und Zugänglichkeit der Baustelle.

Zielvegetation: Standortgerechter Gehölzbestand (Bäume und Sträucher), infolge Eigenentwicklung im Anlandungsbereich des Raubaums oder durch Kombination mit Lebendbauweisen.

Anordnung innerhalb der Uferzonierung: Zone I bis III, Unterwasserzone bis Wasserwechselzone (aquatische Zone bis Weichholzaue).

Anwendungsbereiche und Funktion: Böschungfußsicherung, Sofortsicherung von Kolken und Uferabbrüchen; zur Gewässerstrukturierung durch Strömungslenkung.

Wirkungsweise:

Linear: Das dichte Astwerk des Raubaumes führt sofort nach dem Einbau zur Reduzierung der Fließgeschwindigkeit. Durch die Strömungsberuhigung werden im Raubaum und dahinter Sedimente abgelagert. Je nach Feststofffracht des Gewässers kommt es dadurch in kurzer Zeit zur Anlandung im Bereich der ehemaligen Schadstelle. Die Anlandung kann der Eigen-

entwicklung überlassen oder zusätzlich durch den Einbau von Lebendmaterial (z. B. Steckhölzer, Weidenpalisaden) gesichert werden.

Bau/Ausführung:

1. Vor dem Einbau der Raubäume wird entlang der zukünftigen Uferlinie eine Reihe Befestigungspfähle (1) eingeschlagen. Die Abstände zwischen den Befestigungspfählen werden je nach Größe des Raubaums und hydraulischer Belastung gewählt.
2. Anschließend werden die Raubäume (2) mit dem Stamm so vor die Pfahlreihe gelegt, dass möglichst stabile Seitenäste vor den Befestigungspfählen liegen und die Spitze der Raubäume in Fließrichtung zeigt. Je nach Einbauziel kann der Einbau parallel zur Uferlinie oder bis zu 20° zur Fließrichtung geneigt erfolgen. Zum Erreichen eines durchgehenden Uferschutzes müssen sich die Raubäume dachziegelartig in Fließrichtung überlappen (jeweils ca. ein Viertel der Raubaumlänge).
3. Zur Befestigung wird nach Einlegen des Raubaums eine zweite Pfahlreihe (3) eingeschlagen. Dabei werden die Pfähle jeweils auf Höhe der ersten Pfahlreihe schräg gegen die Fließrichtung so eingeschlagen, dass der Raubaum zwischen dem Pfahlpaar eingespannt ist.
4. Zum Abschluss wird der Raubaum mittels einer Drahtschlinge (4) zwischen Baumstamm und Pflockpaar gegen Aufschwimmen gesichert.
5. Zur Sicherung tiefer Kolke oder Ufer mit starker Strömung können die Raubäume auch an Stahlseile gehängt werden, die am Ufer an Pfahlböcken zu befestigen sind. Dies hat den Vorteil, dass der Raubaum vollständig vom Gewässerrand eingebaut werden kann, z. B. bei Hochwasser. Eine weitere Sicherungsvariante stellt das Eingraben der Stammbasis des Raubaums im Ufer dar.

Baumaterialien:

Befestigungspfähle: Stabile Totholzpfähle, Länge entsprechend der möglichen Einschlagtiefe und der hydraulischen Belastung, Durchmesser 8 bis 15 cm.

Raubäume: Möglichst frisch geschlagene, vollbeastete und dicht benadelte Fichten, Tannen und Douglasien, Länge je nach Verwendungszweck und zur Verfügung stehender Einbautechnik bzw. Zugänglichkeit der Baustelle, 3 bis 15 m. Nadelhölzer aus Forstbeständen sind meist nicht durchgängig beastet und daher nur bedingt als Raubbaum geeignet. Bessere Eigenschaften weisen die Baumkronen (Schlagabraum) sowie Bäume, die im Bereich des Waldsaumes gewachsen sind, auf.

Befestigungsmaterial: Je nach Größe des Raubaums geglühter Eisendraht, 3 bis 5 mm oder Stahlseile 8 bis 12 mm mit entsprechenden Seilklemmen.

Einbauzeiten: Keine Einschränkungen – Einbau von Raubäumen auch im Katastropheneinsatz als Sofortsicherung.

Belastbarkeiten:
 $\tau \leq 50 \text{ N/m}^2$ (BEGEMANN; 1994).

Vorteile: Sofort wirksamer Uferschutz; einfach, schnell und kostengünstig herstellbar, Unterstützung der eigendynamischen Fließgewässerentwicklung und Selbstbesiedelung, Förderung der Entstehung von gewässertypischem Kleinrelief und Lebensraum im Bereich der Wasserwechselzone.

Nachteile: Nur temporärer Uferschutz (ca. ein bis zwei Jahre) – aufgrund der Verrottung der Raubäume lässt die Schutzwirkung rasch nach. Eine Ergänzung bzw. Kombination mit Lebendbauweisen ist daher erforderlich.

Unterhaltung/Pflege: Kontrolle der Befestigung.

Kombinationsmöglichkeiten: Zur Verfestigung der Anlandungen und zur nachhaltigen Sicherung der Ufer Einbau von Weidensteckhölzern oder -setzstangen.

Besonderheiten/häufige Fehler: Anstatt der nichtaustriebsfähigen Nadelholzbäume können auch Baumweiden als „lebende Raubäume“ zur Gewässerstrukturierung verwendet werden. Nach dem Einschlämmen treiben die Weiden oder Teile davon wieder aus und wachsen weiter. Die Vorteile der Raubäume werden dadurch mit den Vorteilen der Lebendbauweisen kombiniert. Der Einbau ist ebenfalls jederzeit möglich,

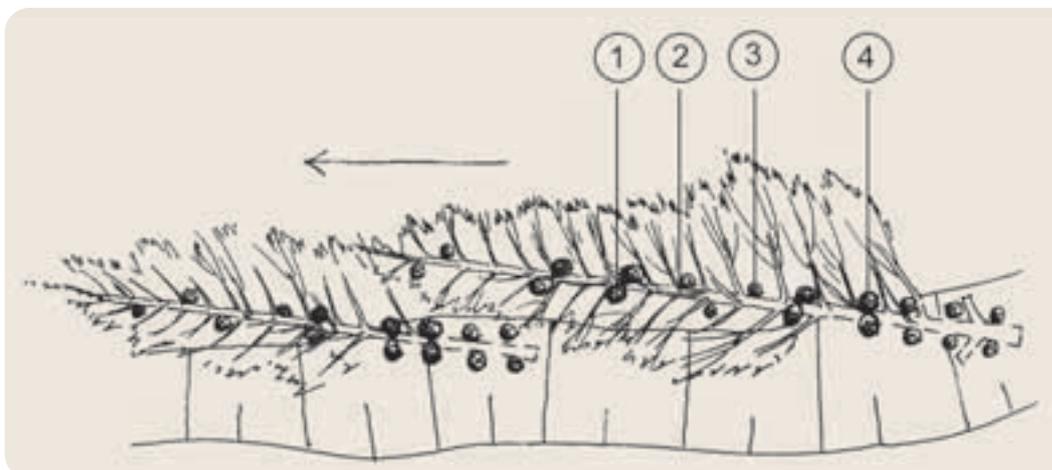


Abb. 3.4.3.3: Böschungsfußsicherung mittels Raubbaum, Querschnitt (Quelle: Stowasser)



Bild 3.4.3.5: Sicherung des Prallufers durch Einbau von Raubäumen



Bild 3.4.3.6: Im Schutz der Raubäume entwickelt sich ein neues Ufer, das durch Naturverjüngung aus Erlen und Weiden dauerhaft gesichert ist

wobei die Verwendung der Weiden im belaubten Zustand der Schutzwirkung der Nadelholzbäume am nächsten kommt. Die Verwendung lebender Raubäume bietet während der Vegetationszeit eine einfache und kostengünstige Möglichkeit zum Einsatz austriebsfähiger Baustoffe.

Lebende Buhnen

Begriff: Mit dem Begriff „Buhne“ werden im konventionellen Wasserbau Regelbauwerke zur Hebung des Niedrigwasserstandes und zum Schutz der Ufer bezeichnet. Als „Lebende Buhnen“ werden quer zur Stromrichtung angeordnete, ufernahe Bauwerke bezeichnet, zu deren Herstellung lebende ingenieurbio-logische Bauweisen verwendet werden.

Zielvegetation: Standortgerechter Gehölzbestand (Bäume und Sträucher).

Anordnung innerhalb der Uferzonierung: Zone I bis III, Unterwasserzone bis Wasserwechselzone (aquatische Zone bis Weichholzaue).

Anwendungsbereiche und Funktion: Böschungsfuß- und Böschungssicherung in Verbindung mit Gewässerstrukturierung. Initiierung und Unterstützung eigendynamischer Entwicklungsprozesse durch gezielte Strömunglenkung, Schaffung einer vergrößerten Uferlinie mit entsprechend erhöhter Strukturvielfalt bei nur begrenztem Raum für das Gewässer, Schutz erosionsgefährdeter Uferabschnitte.

Wirkungsweise: Punktuell, linear, flächig: Durch verschiedene Bauweisen und unterschiedliche Ausrichtung der Leitwerke zum Stromstrich lässt sich je nach Einbausituation die Rauigkeit des Flussbettes erhöhen und/oder die Strömungsverhältnisse beeinflussen. Durch die Wirkung der Leitwerke entstehen wertvolle gewässertypische Habitatstrukturen im Sohl- und Uferbereich. Rechtwinklig zum Stromstrich gebaute Buhnen führen zur Kolkbildung direkt abstrom des Buhnenkörpers, stromabwärts gerichtete (deklinante) Buhnen haben Kolkbildung an der Buhnenwurzel zur Folge. Stromaufwärts gerichtete (inklinante) Buhnen lenken den Stromstrich zur Gewässermitte und bewirken eine Kolkbildung am Buhnenkopf. Inklinante Buhnen mit einem Winkel von 75° bis 80° sind besonders zum Uferschutz geeignet und ersetzen weitere Ufersicherungsmaßnahmen (Abb. 3.4.3.4).

Lebende, d. h. aus austriebsfähigem Material gebaute Buhnen dienen außerdem zur Entwicklung standortgerechter Ufervegetation. In den Bereichen zwischen den Buhnen kommt es infolge Strömungsberuhigung zur Sedimentation.

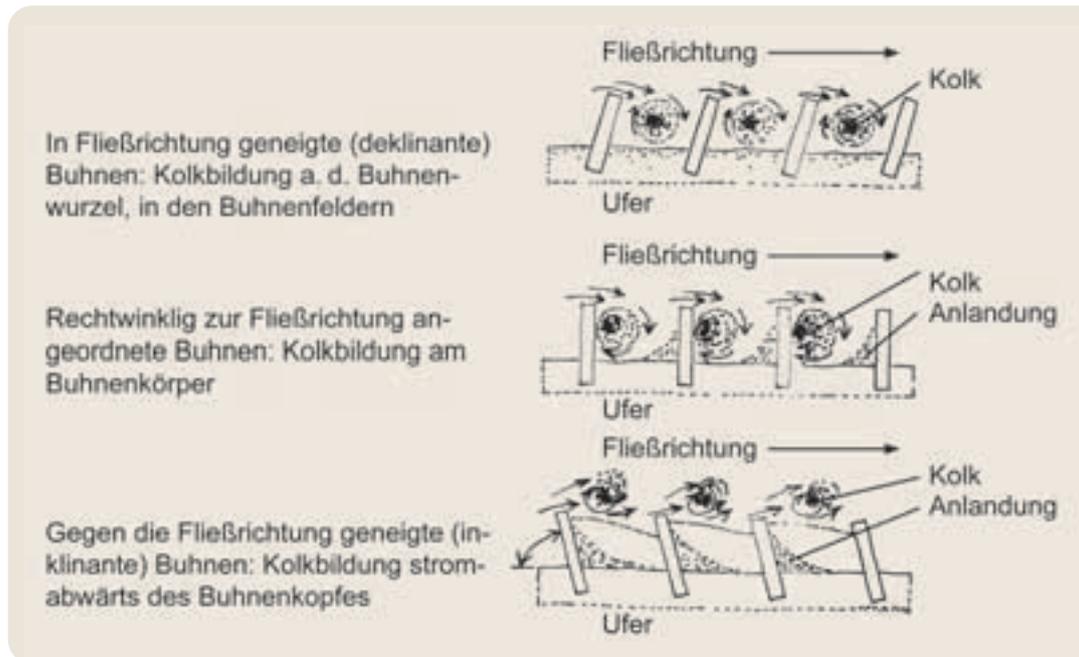


Abb. 3.4.3.4: Einbau von lebenden Buhnen zur Böschungfuß- und Böschungssicherung durch gezielte Strömungslenkung, Querschnitt (Quelle: Stowasser)

Durch den Bewuchs (Austrieb des Lebendverbau zur Herstellung der Buhnen) wird die Fließgeschwindigkeit zusätzlich reduziert. In den geschützten Buhnenfeldern kann sich im Rahmen der Sukzession die standortgerechte Ufervegetation entwickeln. Teilweise entstehen Stillwasserbereiche mit großer ökologischer Bedeutung.

Bau/Ausführung: Unabhängig von der Ausrichtung der Buhnen (siehe oben) muss die Buhnenwurzel sorgfältig in die Uferböschung eingebunden werden, d. h. die Buhne sollte ca. ein Viertel bis ein Drittel ihrer Länge ins Ufer eingebaut sein. Besonders erosionsgefährdet ist außerdem der Buhnenkopf. Nach FLORINETH sollte der Abstand zwischen den Buhnen das 1,5 bis 2,5-fache der hydraulisch wirksamen Buhnenlänge nicht überschreiten. Dadurch kann die Strömung das Ufer nicht erreichen und beschädigen.

Zur Entwicklung einer abwechslungsreichen Uferlinie und zur Erhöhung der Strömungsvielfalt an Gewässern mit geringem Platzangebot können Buhnen direkt gegenüber einge-

baut werden. Voraussetzung dafür ist jedoch die Gewährleistung der erforderlichen hydraulischen Leistungsfähigkeit des Gerinnequerschnitts nach Einbau der Buhnen. Bei ausreichendem Platz für das Gewässer können Buhnen versetzt gegenüber eingebaut werden. Dadurch kommt es zur Initiierung von Seitenerosion und Eigendynamik.

Deklinante Buhnen sind aufgrund des von ihnen verursachten Strömungsbildes am gesamten Buhnenkörper vor Erosion zu schützen.

Baumaterialien:

Raubaubuhne: Entsprechend zur Strömungsrichtung eingebaute Raubbäume, gegebenenfalls kombiniert mit Weidenpalisaden.

Begrünte Blocksteinbuhne: Steinschüttungen aus Wasserbausteinen kombiniert mit Steckhölzern oder Buschlagen.

Pfahlbuhne: Weidenpalisaden.

Flechtwerksbuhne: Weidenruten und Weidenpalisaden analog eines Flechtzauns eingebaut.

Faschinenbuhne: Einbau einzelner austriebsfähiger Faschinen als Kleinstbuhnen zur Belebung des Stromstrichs oder Verwendung mehrerer Faschinen zur Herstellung größerer Buhnen.

Spreitlagenbuhne: Sicherung der Bühnenoberfläche durch Spreitlagen, Fußsicherung der Spreitlage entsprechend Zweck und hydraulischer Belastung der Buhne durch Steinschüttung, Faschinen oder Raubäume.

Einbauzeitpunkt: Unterschiedlich je nach verwendetem Material zum Bau der Buhne, möglichst bei Mittel- oder Niedrigwasser.

Belastbarkeiten: Abhängig von Bauart und Ausrichtung der Buhnen.

Vorteile: Einfache und kostengünstige Möglichkeit zur Initiierung von eigendynamischer Entwicklung/Verbesserung der Gewässerstruktur und ökologischen Aufwertung ohne aufwändige Modellierungs- und Umgestaltungsmaßnahmen.

Nachteile: Nur möglich bei ausreichender hydraulischer Leistungsfähigkeit des Gewässerquerschnitts und ausreichenden Platzverhältnissen. Aufgrund der schwierigen Prognose der eigendynamischen Entwicklung kann es unter Umständen erforderlich sein, in den Folgejahren erneut regulierend einzugreifen.



Bild 3.4.3.7: Fertiggestellte Buhne mit Buschbautraverse, sofort wirksamer Uferschutz und Strömungsberuhigung in den Bühnenfeldern



Bild 3.4.3.8: Drei Monate nach Beginn der Vegetationsperiode haben sich die Weiden der Buschbautraverse sehr gut entwickelt, auf den Anlandungen in den Bühnenfeldern führt Sukzession zur zunehmenden Verfestigung der neuen Uferlinie

Unterhaltung/Pflege: Je nach eingesetzten Lebendbauweisen.

Kombinationsmöglichkeiten: Vielfältig, je nach eingesetzten Lebendbauweisen.

Besonderheiten/häufige Fehler: Zur Verbesserung der Gewässerstrukturgüte im Sinne der EU-Wasserrahmenrichtlinie kommt dem Einbau von Buhnen zur Initiierung eigendynamischer Prozesse an Fließgewässern eine besondere Bedeutung zu. Beim Bau von Lebenden Buhnen sind vielfältige Varianten möglich, entscheidend ist immer die genaue Betrachtung der hydraulischen Verhältnisse in Verbindung mit dem zur Verfügung stehenden Flächenangebot.

Begrünte Holzkrainerwände

Begriff: Synonyme für begrünte Holzkrainerwand: begrünter Holzkasten, Holzgrünschwelle. Räumliches Skelett als Verbundsystem aus aufeinander gebauten Elementen aus Holz, eingebautem Lebendmaterial und verdichtetem Erd-Füllkörper.

Zielvegetation: Standortgerechter Gehölzbestand (Bäume und Sträucher).

Anordnung innerhalb der Uferzonierung:

Zone I bis III, Unterwasserzone bis Wasserwechselzone (aquatische Zone bis Weichholzaue).

Anwendungsbereiche und Funktion:

Sicherung steiler Uferböschungen, als Längsverbauungen und Böschungfußsicherungen sowie als Tragkonstruktion gewässerbegleitender Wege eingesetzt. Die Haupteinsatzgebiete sind Gebirgsbäche und Gebirgsflüsse mit stark schwankender Wasser- und Geschiebeführung.

Wirkungsweise: Lineare und nahezu vertikale Ufersicherung. Je nach Bauwerkshöhe ist somit auch eine flächige Sicherung möglich. Weiterhin wirken Holzkrainerwände durch die relativ offene Konstruktion drainierend.

Bau/Ausführung: Die Kastenkonstruktion der Krainerwand kann in Abhängigkeit von den örtlichen Verhältnissen und der Größenordnung der Einwirkungen ein- oder doppelwandig ausgeführt werden. In beiden Fällen wird durch die sehr stabile Bauweise eine sofortige Böschungssicherung erzielt, die auch von oben belastbar ist sowie die Pflanzen in der Aufwuchsphase schützt. Nach dem Anwachsen der Pflanzen übernehmen zunehmend die Wurzeln die stabilisierende Wirkung und ersetzen im Laufe der Jahre die Holzkonstruktion.

Die Ausführungen zum Bau beschränken sich hier auf die einwandige Kastenkonstruktion. Bei doppelwandigen Konstruktionen entfällt das Eindrücken der Zangen. Stattdessen wird eine zweite Längsreihe zurückgesetzt verlegt und mit den Zangen verbunden.

Arbeitsschritte:

1. In einem ersten Schritt wird die Gründung zum Schutz vor Unterspülung des Bauwerks hergestellt. Hierzu wird 30 bis 50 cm unter Mittelwasserstand, aber mindestens

20 bis 30 cm unter Gewässersohlniveau, ein Planum (1) mit 10° bis 15° Innenneigung und etwa 1,5 m Tiefe hergestellt.

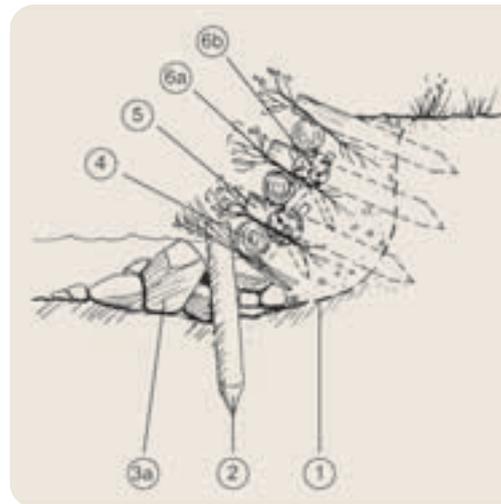


Abb. 3.4.3.5: Einbau einer begrünter Holzkrainerwand zur Sicherung steiler Uferböschungen, Querschnitt (Quelle: Stowasser)

2. Mit einer Pfahlreihe (2) wird der zukünftige Verlauf des Böschungfußes festgelegt. Abstände zwischen den Pfählen: 1,5 bis 3 m.
3. Zur Fuß- und Kalksicherung des Bauwerks empfiehlt sich die Anordnung einer kalksichereren Ast- oder Reisiglage bzw. einer Fußvorlage aus Schuttsteinen (3a).
4. Danach wird eine Lage Längshölzer (4) (Binder, Läufer) an der Vorderkante des Planums ausgelegt und durch Verblatten miteinander verbunden. Für eine scherfeste Verbindung werden Balkenverbinder eingesetzt.
5. Anschließend werden hinten zugespitzte Querhölzer (5) (Zangen) im Abstand von 1,5 bis 2,0 m rechtwinklig zur Gewässerachse unter Beibehaltung der Innenneigung von 10° bis 15° in die Rückwand der Baugrube eingeschlagen. Danach werden die Längs- und Querhölzer mittels Nägel, Bauklammern oder Betonstabstahl kraftschlüssig verbunden.

6. In die Zwischenräume werden Hecken- oder Heckenbuschlagen (6a) mit 30° bis 40° Innenneigung zu 1/2 bis 2/3 ihrer Länge dicht an dicht eingelegt und mit Erdmaterial (Aushub) gefüllt und verdichtet. Zum Schutz vor Ausspülung können auch Weidenfaschinen (6b) eingebaut werden. Des Weiteren können die Zwischenräume bis zum Mittelwasserstand mit einer Steinschüttung verfüllt werden.

Nach abgeschlossener Verfüllung wird die nächste Längs- und Querholzlage unter Beachtung einer kraftschlüssigen Verbindung aufgebaut. Der rückwärtige Versatz der Längshölzer muss in der gewünschten Böschungsneigung erfolgen und sollte 30° nicht unterschreiten, damit die unteren Pflanzen noch genügend Licht erhalten.

Am Bauwerksanfang und -ende sind zum Schutz vor Hinterspülung Übergangsbereiche zu den anschließenden Gewässerprofilen auszubilden.

Baumaterialien:

Lebende Baustoffe: Je nach Ausführung werden 1,0 bis 1,5 m lange Äste von ausschlagfähigen Gehölzen (Weiden) oder Junggehölze (wurzelnackt, z. B. zweimal verschulter Sämling) eingesetzt.

Unbelebte Baustoffe: Für die Längs- und Querträger (4 und 5) kommt unbehandeltes Rundholz (Lärche, Stieleiche, Traubeneiche oder Robinie) mit einem Durchmesser von 10 bis 30 cm zum Einsatz. Die Längshölzer können eine Länge von 4,0 bis 5,0 m aufweisen, die Querhölzer etwa 2,5 m lang sein.

Hilfsstoffe: Als Verbindungsmaterial werden Stahlbänder, Schrauben, Nägel, Bauklammern und Betonstabstahl (Durchmesser 14 bis 16 mm) verwendet.

Verfüllmaterial: Neben dem Aushubmaterial kann auch sandiger bis kiesiger Boden eingebaut werden.

Einbauzeitpunkt: Der Einbau erfolgt in der Vegetationsruhezeit, damit das Lebendmaterial ebenfalls eingebaut werden kann.

Belastbarkeiten: Die Bauweise eignet sich für den Einsatz in Fließgewässern mit hohen Fließgeschwindigkeiten und vermehrter Geschiebeführung. Bei höheren Belastungen kommen vorwiegend doppelwandige Konstruktionen zum Einsatz.

Aus Versuchen oder Untersuchungen gewonnene Zahlenwerte für v und τ sind nicht bekannt.



Bild 3.4.3.9: Fertiggestellte Holzkrainerwand zur Sicherung der Uferböschung bei parallel zum Gewässer verlaufendem Weg



Bild 3.4.3.10: Sicherung der Zwischenräume zwischen den Längshölzern durch Faschinen

Vorteile: Es sind beliebige Längen, variable Linienführungen und große Böschungshöhen sofort und naturgemäß zu stabilisieren. Weiterhin ist eine Belastbarkeit von oben gegeben. Aufgrund ihres im Vergleich zu Massivbauwerken relativ geringen Gewichts ist die Holzkrainerwand auch bei schwierigen Gründungsverhältnissen einsetzbar. Das gesamte Bauwerk ist relativ setzungsunempfindlich.

Nachteile: Hierzu zählt das Vermorschen der Holzkonstruktion an unbedeckten Oberflächen sowie die eingeschränkte Eignung für den Einsatz in starken Krümmungen. Außerdem ist die Passierbarkeit für Tiere eingeschränkt.

Unterhaltung/Pflege: Durch starkes Austreiben der Buschlagen kann es zur Beschattung und Schwächung der unteren Weidenaustriebe entlang der Mittelwasserlinie kommen. Dadurch besteht die Gefahr, dass sich die Fußsicherung durch die Wurzeln der Pflanzen nicht optimal ausbildet bzw. dass eine Unterspülung begünstigt wird. Demzufolge ist in den ersten drei bis fünf Jahren ein selektiver Rückschnitt der Pflanzen in den oberen Lagen der Holzkonstruktion vorzunehmen, um damit die Gehölze entlang der Mittelwasserlinie gezielt zu fördern.

Kombinationsmöglichkeiten: Einbau von einfachen Holzgrünswellen als Fußsicherung für Spreitlagen.

Besonderheiten/häufige Fehler: In stark belasteten Uferabschnitten, wie beispielsweise Prallhängen, kann die hohe Rauigkeit der Holzkrainerwand starke Strömungsturbulenzen verursachen. Dies kann vor allem in der Initialphase des eingebrachten Lebendmaterials zur Ausspülung der Zwischenräume und gegebenenfalls zur Zerstörung des Bauwerks führen. Durch eine möglichst glatte Ausführung der Holzkonstruktion und starkes Einkürzen der herausragenden Querhölzer (Zangen) kann dies vermieden werden.

Buschbauleitwerke

Begriff: Buschbauleitwerk: Parallel zum Stromstrich bzw. Uferabbruch angeordnete Ufersicherung aus senkrecht und waagrecht eingebauten, austriebsfähigen Ästen, die am Böschungsfuß mit Bruchsteinen beschwert und gesichert werden.

Zielvegetation: Standortgerechter Gehölzbestand (Bäume und Sträucher).

Anordnung innerhalb der Uferzonierung: Zone I bis III, Unterwasserzone bis Wasserschwellzone (aquatische Zone bis Weichholzaue).

Anwendungsbereiche und Funktion: Böschungsfuß, Steilböschungen und Uferabbrüche schnell fließender Gewässer mit großen Wasserspiegelschwankungen, Geschiebetrieb, Treibholzfracht und Eisgang werden durch das Buschbauleitwerk zuverlässig gesichert. Einbau nur dort, wo ein Erhalt der ökologisch wertvollen Steilufer, z. B. aufgrund beschränkter Platzverhältnisse, nicht möglich ist!

Wirkungsweise: Flächige, sofortige und raumgreifende Wirkung der Bauweise durch Verschüttung der eingesetzten Steine entlang des Steilufers.

Die Steine in Kombination mit lebenden Weidenästen stellen einen sofortigen Schutz gegen Breiten- oder Krümmungserosion dar. Durch die dicht an dicht vor das Steilufer gestellten Äste kann die Abbruchlinie auch bei Hochwasser nicht weiter fortschreiten. Mit Anwachsen der Weidenäste und zunehmender Durchwurzelung der vorgeschütteten Steine und des Steilufers erhöht sich die Stabilität der Uferböschung. Gleichzeitig reduzieren die heranwachsenden Weidentriebe die hydraulische Belastung an der Böschungsoberfläche.



Abb. 3.4.3.6: Einbau von Buschbauleitwerk zur Sicherung von Böschungsfuß, Steilböschungen und Uferabbrüchen, Querschnitt (Quelle: Stowasser)

Von der Abbruchkante anfangs noch nachrieselndes Material wird hinter der Astwand zurückgehalten und sichert den Ästen ein gutes Wuchsbett.

Bau/Ausführung:

1. In einem ersten Schritt wird ein 20 bis 30 cm tiefer Graben (1) am Böschungsfuß parallel zur Abbruchkante ausgehoben.
2. In diesen Graben werden möglichst dicht aneinander austriebsfähige Weidenäste (2) gestellt. Die dicken Enden der Äste werden in den Graben gesteckt, die Astspitzen zeigen nach oben. Die Äste reichen mindestens bis zur Höhe der mittleren Hochwasserlinie.
3. Anschließend wird bis zur Höhe des mittleren Sommerniedrigwassers eine zur Gewässermite hin ansteigende Berme (3) aus Bachschotter geschüttet. Bei tonig-schluffigem Sohlsubstrat wird dazu entsprechend filterstabiles Material eingebaut.
4. Auf diese Berme werden Weidenäste (4) eingelegt, wobei die Enden der Äste in das Steilufer gesteckt werden und die Triebspitzen zur Gewässermite zeigen. Entsprechend der Neigung der Berme (3) zeigen die Äste schräg nach oben, etwa bis auf Höhe des sommerlichen Mittelwassers.

5. Auf die Astlage wird eine Schicht aus kiesig-sandigem Substrat oder Bachschotter (5) geschüttet, bis die Hohlräume zwischen den Ästen vollständig mit Feinmaterial verfüllt sind.
6. Auf dieser Schicht wird der gesamte Böschungsfuß mit einer Steinschüttung (6) gesichert. Dabei ist darauf zu achten, dass die liegenden Weidenäste zum Gewässer hin mindestens 30 bis 50 cm unter der Steinschüttung hervor ragen. Durch die Steine werden die stehenden und liegenden Äste fest angedrückt und sind gegen Aufschwimmen oder Abtrieb gesichert. Die Bemessung der Steinschüttung erfolgt gemäß den hydraulischen Anforderungen.

Bei sehr hohen Steilufeln können zu Gunsten einer vollständigen Begrünung der Steinschüttung im Zuge der Schüttung weitere Buschlagen eingebaut werden.

Baumaterialien:

Lebende Baustoffe: Zur Anwendung kommen austriebsfähige Weidenäste, 3 bis 10 cm stark, mit allen Seitenzweigen und einer Länge von ca. 2,5 bis 4 m.

Unbelebte Baustoffe: Es werden natürliche Wasserbausteine gemäß TLW (Technische Lieferbedingungen für Wasserbausteine) eingesetzt. Bei der Materialwahl ist die Geologie des Einzugsgebiets zu berücksichtigen.

Verfüllmaterial: Neben dem Aushubmaterial können sandige bis kiesige Böden verwendet werden. Für den Aufbau der Filterschichten kommen kornabgestufte Kiese oder Steinschüttungen zum Einsatz.

Einbauzeitpunkt: Da die Weidenäste so eingebaut sind, dass sie auch bei Niedrigwasser mit ihrem dicken (basalen) Ende ins Wasser reichen, kann das Buschbauleitwerk neben der Vegeta-

tionsruhe auch in der Vegetationsperiode eingebaut werden. Dabei ist zu beachten, dass während der Vegetationsperiode nur frisch geschnittene Weiden, d. h. Astmaterial, das am gleichen Tag gewonnen wurde, eingebaut wird.

Belastbarkeiten: Der Widerstand gegen die hydrodynamischen Einwirkungen hängt hauptsächlich von der Bemessung der Steinschüttung ab. Belastbarkeit daher analog Steinschüttungen: $v = 3,0$ bis $3,5$ m/s (LfU; 1998); $\tau = 100$ bis 150 N/m² (LfU; 1998)

Vorteile: Sofortiger, stabiler, flächenschützend, raumgreifender und sehr einfach herzustellender Böschungsschutz. Es besteht in Abhängigkeit von der Bemessung eine relative Unempfindlichkeit gegen die aus hydrodynamischen Kräften infolge von Geschiebe, Treibholz und Eisgang resultierenden Einwirkungen. Die gesamte Sicherung ist elastisch und wasserdurchlässig. Ermöglicht die erfolgreiche Verwendung von lebendem Weidenmaterial auch während der Vegetationsperiode. Bei ausreichend standsicherem Ufersubstrat und geringeren Höhen der Abbruchkanten (bis zu ca. 3m) kann unter Maschineneinsatz (Hydraulikbagger) ausschließlich vom Ufer aus gearbeitet werden. Ein aus ökologischer Sicht immer problematisches Befahren der Gewässersohle während der Bauphase ist damit nicht erforderlich.



Bild 3.4.3.11: Buschbauleitwerk zum Bau einer Buhne



Bild 3.4.3.12: Wie Bild 3.4.3.11 – Entwicklung nach 2 Monaten

Nachteile: Hoher Materialbedarf an lebenden Ästen. Durch den erforderlichen Anteil Wasserbausteine ähnlich teuer wie Steinschüttungen. Baustellenerschließung für Schwerlastverkehr (Steintransporte!) muss gewährleistet sein.

Unterhaltung/Pflege: Selektive Pflege zur Entwicklung standortgerechter Gehölzbestände in den ersten drei bis fünf Jahren, z. B. durch Rückschnitt der senkrecht eingebauten Weidenäste, möglichst nach der ersten Vegetationsperiode. Dadurch Förderung der Wurzelbildung im Bereich des Böschungsfußes und der Triebbildung oberhalb der Steinschüttung.

Kombinationsmöglichkeiten: Buschbauleitwerke können auch in Form von Buhnen vor Steilufer eingebaut werden. Dadurch können in den Buhnenfeldern Abschnitte der ökologisch wertvollen Steilufer erhalten bleiben. Zur Begründung einer standortgerechten Schlusswaldvegetation können zusammen mit den senkrecht eingebauten Weidenästen auch bewurzelte Pflanzen, die zur Sprosswurzelbildung fähig sind, eingebaut werden. Diese sind dann im Zuge der Entwicklungspflege durch selektiven Rückschnitt der Weiden gezielt zu fördern.

Besonderheiten/häufige Fehler: Die Bauweise sollte nur dort angewendet werden, wo von Natur aus Schotter, Steine oder Blöcke im Gewässer vorkommen.

Begrünte Steinschüttungen

Begriff: Geschüttete Lagen aus Bruchsteinen oder grobem Kies, soweit erforderlich mit Filterunterbau, bereits während des Einbaus der Steine kombiniert mit lebenden Pflanzen oder Pflanzenteilen (z. B. Steckhölzer).

Zielvegetation: Standortgerechter Gehölzbestand (Bäume und Sträucher).

Anordnung innerhalb der Uferzonierung: Zone I bis III, Unterwasserzone bis Wasserwechselzone (aquatische Zone bis Weichholzaue).

Anwendungsbereiche und Funktion: Böschungfuß- und Böschungssicherung schnell fließender Gewässer mit großen Wasserspiegelschwankungen, Geschiebetrieb, Treibholzfracht und Eisgang.

Wirkungsweise: Flächige, sofortige Wirkung. Die Steinschüttung verhindert Oberflächenerosion und stellt einen Anwachsschutz für die Pflanzen dar. Mit zunehmender Durchwurzelung erhöht sich die Stabilität der Böschung.

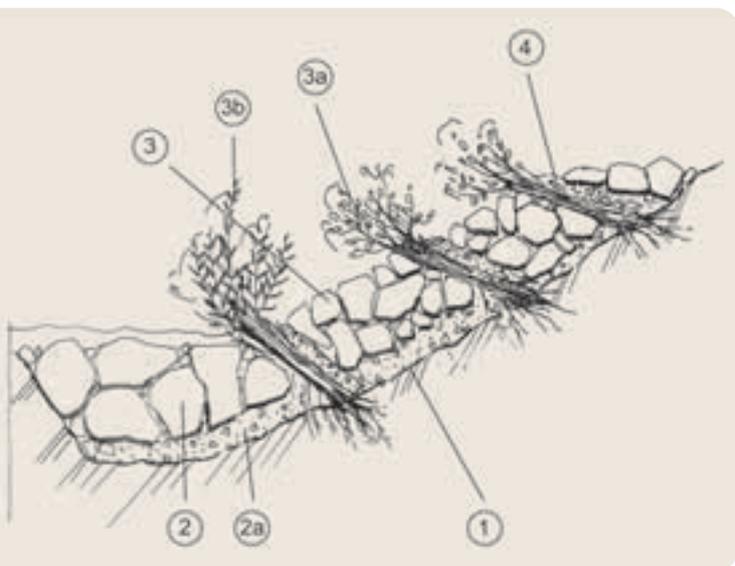


Abb. 3.4.3.7: Begrünte Steinschüttung, Querschnitt (Quelle: Stowasser)

Gleichzeitig wird über heranwachsende Triebe die Böschungsbelastung aus Strömungskräften und Wellenenergie reduziert. Außerdem kommt es zur Erhöhung der Rauigkeit und damit zu verstärkter Sedimentation.

Bau/Ausführung:

1. In einem ersten Schritt wird die Böschung im Rohprofil (1) hergestellt. Im Bereich des Böschungsfußes ist so weit auszukoffern, dass eine ausreichend in die Gewässersohle einbindende Böschungsfußsicherung hergestellt werden kann.
2. Anschließend wird die Böschungsfußsicherung (2) und die Steinschüttung gemäß Bemessung mit gegebenenfalls erforderlichem Filter (2a) bis zum Mittelwasserstand eingebaut.
3. Ab dem Mittelwasserspiegel werden Steinschüttung (3) und Einbau der lebenden Baustoffe parallel ausgeführt. Hierzu werden auf einer Berme mit mindestens 10° Innenneigung und 10 bis 30 cm Einbindung in den gewachsenen Boden bewurzelte Junggehölze (3a) oder austriebsfähige Äste (3b) eingelegt. Sie sollten die fertige Schüttung um 10 bis 20 cm überragen.
4. Anschließend wird eine ca. 5 bis 10 cm starke, feinmaterialreiche Schicht aus Bachschotter oder Kies-/Sandgemisch eingebaut, bis die Pflanzen und Pflanzenteile einschließlich aller Zwischenräume vollständig überdeckt sind.
5. Die nächste Astlage folgt abhängig von der Böschungsneigung nach ca. 1,0 bis 1,5 m.

Baumaterialien:

Lebende Baustoffe: Zur Anwendung kommen austriebsfähige Weidenäste mit allen Seitenzweigen und einer Länge von ca. 1,0 bis 1,5 m, Junggehölze (wurzelnackt, zweimal verschulter Sämling) oder Steckhölzer/Setzstangen aus bewurzelungsfähigen Weiden, 3 bis 8 cm stark und 0,4 bis 1,0 m lang.



Bild 3.4.3.13: Begrünte Steinschüttung unmittelbar nach Fertigstellung



Bild 3.4.3.14: Nach zwei Vegetationsperioden sind die Erlen bereits ca. 3,5 m hoch

Unlebte Baustoffe: Es werden Wasserbausteine gemäß TLW (Technische Lieferbedingungen für Wasserbausteine) eingesetzt. Bei der Materialwahl ist die Geologie des Einzugsgebiets zu berücksichtigen.

Verfüllmaterial: Neben dem Aushubmaterial können sandige bis kiesige Böden verwendet werden. Für den Aufbau der Filterschichten kommen Kiese oder Steine zum Einsatz.

Einbauzeitpunkt: Der Einbau erfolgt grundsätzlich in der Vegetationsruhezeit und bei frostfreiem Boden.

Belastbarkeiten: Der Widerstand gegen die hydrodynamischen Einwirkungen hängt hauptsächlich von der Bemessung der Steinschüttung ab. Folgende Angaben beziehen sich auf eine Steinschüttung aus abgestuftem Rundkorn mit einem Durchmesser bis 40 cm.
 $v = 3,0 \text{ bis } 3,5 \text{ m/s}$ (LfU; 1998)
 $\tau = 100 \text{ bis } 150 \text{ N/m}^2$ (LfU; 1998)

Vorteile: Sofortiger, stabiler, flächenschützender und einfach herzustellender Uferschutz. Es besteht in Abhängigkeit von der Bemessung eine relative Unempfindlichkeit gegen die aus hydrodynamischen Kräften, Geschiebe, Treibholz und Eisgang resultierenden Einwirkungen.

Die gesamte Sicherung ist elastisch und wasserdurchlässig. Durch den Einsatz der Lebend-

materialien wird die Steinschüttung ökologisch und landschaftsästhetisch aufgewertet. Mit zunehmendem Wachstum der Gehölze entwickelt sich ein Verbund aus Steinen und Wurzeln, wodurch sich der Wirkungsgrad der Ufersicherung kontinuierlich erhöht. Die in die Steinschüttung eingebrachten standortgerechten Gehölze sind bei fachgerechter Pflege in der Lage, das Aufkommen standortfremder Gehölze und Neophyten zu verhindern.

Nachteile: Durch die Kombination von Lebendmaterial und Steinschüttung ist der Ausführungszeitraum der Bauweise auf die Vegetationsruhe begrenzt. Ein erfolgreiches Einbauen von lebenden Baustoffen ist nach Fertigstellung der Steinschüttung kaum möglich. Baustellenerschließung für Schwerlastverkehr (Steintransporte!) muss gewährleistet sein.



Bild 3.4.3.15: Blickrichtung wie Bild 3.4.3.13 in der 3. Vegetationsperiode

Unterhaltung/Pflege: Eine selektive Pflege zur Entwicklung standortgerechter Gehölzbestände ist in den ersten drei bis fünf Jahren durchzuführen. Damit wird der Pflegeaufwand mittelfristig reduziert.

Kombinationsmöglichkeiten: Anstelle von Weidenästen können während der Schüttung auch Stekhölzer/Setzstangen eingebracht werden, die die fertige Schüttung jedoch nur um ca. 10 cm überragen und in den Boden mit einer Neigung von ca. 30° gegenüber der Horizontalen eingeschlagen werden. Im unteren Drittel der Böschung werden drei bis fünf Setzstangen/m² und darüber ein bis drei Setzstangen/m² angeordnet.

Besonderheiten/häufige Fehler: Die Bauweise sollte nur an Gewässern angewendet werden, deren Sohle und Ufer von Natur aus durch Schotter und Steine geprägt sind. Häufig wird der Fehler gemacht, dass die austriebsfähigen Weidenäste bzw. Stekhölzer/Setzstangen nicht in Wuchsrichtung, d. h. mit dem dicken (basalen) Teil zuerst eingebaut werden, sondern gegen die Wuchsrichtung. Beim Versuch, Steinschüttungen nachträglich zu begrünen, werden häufig Stekhölzer oder Palisaden in die Zwischenräume der Schüttung eingeschlagen. Dabei kommt es zu Verletzungen an der Rinde der Stekhölzer, die letztlich deren Anwachsen verhindern. Hinzu kommt, dass aufgrund der Hohlräume in der Schüttung nachträglich eingebaute Stekhölzer keinen ausreichenden Bodenkontakt aufweisen oder nicht durch die Schüttung hindurch in den gewachsenen Boden reichen. Damit ist ein Austrocknen und Absterben des Lebendmaterials vorprogrammiert.

Begrünte Gabionen

Begriff: Mit Lockergestein gefüllte Hüllkörper, die in verschiedenen geometrischen Formen sowie unter Verwendung unterschiedlicher Materialien herstellbar sind. Sie werden bereits vor oder während der Füllung durch den Einbau von lebenden Pflanzen oder Pflanzenteilen (z. B. Stekhölzern oder Buschlagen) begrünt. Synonym für begrünte Gabione: begrünter Drahtschotterkasten.

Zielvegetation: Standortgerechter Gehölzbestand (Bäume und Sträucher).

Anordnung innerhalb der Uferzonierung: Zone I bis III, Unterwasserzone bis Wasserwechselzone (aquatische Zone bis Weichholzaue).

Anwendungsbereiche und Funktion: Begrünte Gabionen werden als Stützbauwerke zur Böschungfuß- und Ufersicherung eingesetzt. Weitere Einsatzgebiete sind Uferleitwerke und Sicherungsmaßnahmen an Ufern mit Hangwasser.

Wirkungsweise: Flächig wirkende Bauweise, die entsprechend den erdstatischen Einwirkungen zu bemessen ist. Aufgrund der relativ hohen Eigenlast und der hieraus resultierenden Wirkung als Gewichtsmauer wird ein sofort wirksamer, stabiler Böschungsschutz erzielt. Die Gehölzwurzeln wirken sich nach ihrer Ausbildung stabilitätserhöhend aus. Sie durchwachsen die Körbe und verzahnen sich mit dem rückseitigen Bereich. Wegen ihrem relativ offenen Aufbau wirken die Gabionen drainierend.

Bau/Ausführung:

1. Zuerst wird das Ufer zur Herstellung eines ausreichenden Arbeitsraumes (1) profiliert.
2. Hieran schließt sich die Herstellung einer tragfähigen Gründung (2) an. Deren Oberkante wird unterhalb der Gewässersohle

- angeordnet und mit einer Innenneigung entsprechend der geplanten Wandneigung versehen.
3. Bei anstehendem Substrat mit unzureichender Filterstabilität wird unmittelbar auf die Gründung ein Geotextil (3) eingebaut.
 4. Nachfolgend werden die Drahtschotterbehälter (4) in Reihe aufgesetzt, mit Steinen gefüllt und verschlossen. Die Sichtflächen werden gemäß den örtlichen Anforderungen gestaltet.
 5. Anschließend wird ein Geotextil (3) auf der Gabionenrückseite eingelegt und bis zur Vorderkante der darüber anzuordnenden Gabione vorgezogen. Dieses Geotextil übernimmt die Funktion eines Filters zwischen Gabione und Hinterfüllung/anstehendem Boden. Danach wird der Arbeitsraum (5) lagenweise mit Aushub verfüllt und verdichtet.
 6. Im nächsten Schritt werden Äste als Buschlagen (6) oder Setzstangen aufgelegt und mit vegetationsfähigem Boden abgedeckt. Die Äste werden ca. 10 cm hoch gepackt, 30 bis 50 cm in den gewachsenen Boden eingebunden und mit einem Überstand von 20 bis 30 cm zur Bauwerksvorderkante versehen. Setzstangen werden 30 bis 50 cm in den gewachsenen Boden eingebunden und erhalten 10 cm Überstand.
 7. Auf dieser Lage werden nachfolgend weitere Gabionen (7) böschungsparell oder gestaffelt aufgestellt.

Kommt anstelle eines Geotextils ein mineralischer Filter zum Einsatz, so können bei kleineren Füllsteinen auch austriebsfähiges Astwerk bzw. Steckhölzer direkt durch den Korb in die Hinterfüllung geführt werden. Am Bauwerksanfang und -ende sind zum Schutz vor Hinterspülung Übergangsbereiche zu den anschließenden Gewässerprofilen auszubilden. Weiterhin sind Maßnahmen zur Fuß- und Kollsicherung vorzunehmen.



Abb. 3.4.3.8: Begrünte Gabionen als Stützbauwerke zur Böschungfuß- und Ufersicherung, Querschnitt (Quelle: Stowasser)

Baumaterialien: Bei der Verwendung von Gabionen sind die Anforderungen gemäß ZTV W 210 zu beachten.

Lebende Baustoffe: Eingesetzt werden austriebsfähige Weidenäste mit allen Seitenzweigen, ggf. Buschlagen oder Setzstangen aus bewurzelungsfähigen Weiden, 4 bis 12 cm stark, in den erforderlichen Längen.

Unlebte Baustoffe: Es werden ortstypische natürliche Wasserbausteine gemäß TLW (Technische Lieferbedingungen für Wasserbausteine) oder Grobschotter verwendet.



3.4.3.16: Begrünte Gabionen zur beidseitigen Ufersicherung einer Gewässeraufweitung unmittelbar nach Fertigstellung



Bild 3.4.3.17: Begrünte Gabione – Austrieb der Buschlagen, 4 Wochen nach dem Einbau



Bild 3.4.3.18: Begrünte Gabione nach zwei Jahren

Hilfsstoffe: Als Drahtschotterbehälter kommen im Handel erhältliche, vorgefertigte Drahtkörbe mit verstärkten Kanten in unterschiedlichen Größen zum Einsatz. Die Körbe müssen ausreichend beständig gegen alle im Wasserbau auftretenden Einwirkungen sein. Neben der notwendigen Festigkeit müssen sie vor allem eine ausreichende Widerstandskraft gegen Korrosion aufweisen. Maschenweite/Durchmesser des Drahtes und Füllmaterial sind aufeinander abzustimmen, gegebenenfalls unter Verwendung von Geotextilien.

Verfüll- und Filtermaterial: Zur Hohlraumverfüllung kommen vegetationsfähige, gemischtkörnige Böden zum Einsatz. Als Filter können mineralische Böden oder verrottungsbeständige Geotextilien eingebaut werden.

Einbauzeitpunkt: Der Einbau erfolgt grundsätzlich in der Vegetationsruhezeit.

Belastbarkeiten: Der Widerstand gegen die hydrodynamischen Einwirkungen hängt hauptsächlich von der Bemessung der Gabionen ab. Die auftretenden Schubspannungen sind im Regelfall problemlos aufnehmbar. Selbst wenn die auf die einzelnen Steine wirkenden Kräfte zu einer Bewegung des Einzelsteines führen, wird er weiterhin durch das umhüllende Drahtgeflecht in seiner Lage festgehalten. Geringe Lageveränderungen eines einzelnen Steines sind durch Verformung des Korbes möglich, ohne dass die Gabione ihre Stabilität verliert.

Vorteile: Einfach auszuführende Bauweise, mit hoher Stabilität und sofortiger Wirksamkeit. Die offene Bauweise bietet für Kleinlebewesen und Pflanzen Lebensräume. Das gesamte Bauwerk ist relativ setzungsunempfindlich. Durch den Einsatz der Lebendmaterialien werden die Gabionen ökologisch und landschaftsästhetisch aufgewertet.

Nachteile: Die Herstellung ist arbeitsintensiv und die Bauhöhe ist beschränkt. Nachteilig auf die Stabilität kann sich Geschiebe auswirken, wenn hierdurch die Drahtkonstruktion der Drahtkörbe beschädigt wird. Eine nachträgliche Begrünung ist nahezu unmöglich. Als weitere Nachteile sind der hohe Anteil metallischer Baumaterialien und die eingeschränkte Passierbarkeit für Tiere zu nennen.

Unterhaltung/Pflege: Eine selektive Pflege zur Entwicklung standortgerechter Gehölzbestände ist in den ersten drei bis fünf Jahren durchzuführen.

Kombinationsmöglichkeiten: keine

Besonderheiten/häufige Fehler: Durch Gründungs- oder Filterversagen kann das gesamte Bauwerk zerstört werden. Zum Schutz vor Schäden infolge Überströmung und Hinterspülung bei Hochwasser ist gegebenenfalls der oberhalb der Gabionen anschließende Bereich zu sichern.

4 Stichwortverzeichnis/Glossar

Adventive Bildung (Wurzel- und/oder Sprossbildung): Entstehung von Pflanzenorganen (Spross oder/und Wurzel) nicht aus Knospen, sondern aus dem Dauergewebe durch die Ausschüttung von Hormonen, z. B. aufgrund veränderter Lebensbedingungen, nach Verletzung, Schnitt oder Hormonbehandlung

Adventivknospe: Ruhende Knospe, die erst nach Bedarf, beispielsweise nach Verletzung oder Teilung, austreibt

Adventivwurzel: Sprossbürtige Faserwurzel, die nicht aus einer Keimwurzel hervorgeht, sondern eine Bildung der Sprossachse ist

Ansaat: Durch Säen in den Boden oder in ein anderes Wachstumssubstrat eingebrachtes Saatgut oder Saatgutmischung

Auf Stocksetzen (Verjüngungstrieb): Auf den Stock setzen. Abholzen (abstocken) der Stämme (Äste) von ausschlagfähigen Laubhölzern nahe dem Boden. Anmerkung: Es entstehen nachfolgend Stockausschläge, die wieder periodisch als Baumaterial für ingenieurbioologische Bauweisen, Brennholz oder ähnliches genutzt werden können

Ballenpflanzen: Verschulte Pflanze, deren Wurzeln mit dem durchwachsenen Erdmaterial gewonnen und gepflanzt werden. Wurzelballen werden in verrottbare Gewebe eingehüllt

Berme: Erdbautechnisch hergestellte Verfachung bis zu mehreren Metern Tiefe (Breite) in einer Böschung oder in einem natürlichen Geländeteil

Biotop: Natürlicher, abgrenzbarer Lebensraum einer Lebensgemeinschaft (Biozönose). Umfasst räumliche, chemische und physikalische Strukturen und Funktionen

Buhne: Querbauwerk zur Lenkung des Stromstrichs. Regelungsbauwerk zur Hebung des Niedrigwasserstandes und zum Schutz der Ufer

Buhnenfeld: Fläche zwischen zwei Buhnen

Buhnenkopf: Wasserseitiges Ende einer Buhne

Buhnenwurzel: Landseitiges, in das Ufer eingebundene Ende einer Buhne

Buschlage: Unbewurzelte Äste vegetativ vermehrbare Gehölzarten; die in dichter Lagerung reihenweise auf der waagerechten Sohle einer anschließend verfüllten Berme eingebaut werden. Beim Lagenbau wird außerdem unterschieden zwischen:

Heckenlage: Auflegen von bewurzelten Jungpflanzen von Pioniergehölzen auf Bermen in der Böschung, die anschließend verfüllt werden
Heckenbuschlage: Buschlage, in die bewurzelte Laubgehölze, die Adventivwurzeln bilden können, zusätzlich eingelegt werden

Containerpflanze: In einen Behälter verschiedener Größe und aus verschiedenem Material (Torf, Pappe, Ton, Plastik) gesäte oder verschulte (vertopfte) Pflanze.

Anmerkung: Unabhängig von der Kulturperiode kann damit die gesamte Vegetationszeit über gearbeitet werden. Unverrottbare Container sind vor dem Setzen zu entfernen.

Eigendynamische Gewässerentwicklung: Selbstentwicklung des Gewässers entsprechend der Wechselwirkung zwischen natürlichen Abflussverhältnissen und den Standortbedingungen

Fließende Retention: Dämpfung von Hochwasserwellen durch Abfluss eines Teils der Abflussmenge im Bereich der Vorländer. Voraussetzung für die Anwendung fließender Retention zum präventiven Hochwasserschutz ist das Vorhandensein entsprechender, an das Gewässer angrenzender Retentionsräume. Ein Teil der zurückgehaltenen Wassermenge versickert in den Überflutungsräumen bzw. verdunstet und dient somit der Verbesserung des Wasserhaushaltes. Die fließende Retention kann durch die Pflanzen, die sich infolge des Einbaus ingenieurbioologischer Bauweisen entwickeln, begünstigt werden, da sich mit dem Aufwuchs der Fließwiderstand erhöht und der Wasserspiegel ansteigt.

Geschiebe: Feststoffe, die an der Gewässer-
sohle bewegt werden

Gewässerstruktur: Räumliche und materielle Differenzierungen des Gewässerbettes und seines Umfeldes, soweit sie hydraulisch, gewässermorphologisch und hydrobiologisch wirksam und für die ökologischen Funktionen des Gewässers und der Aue von Bedeutung sind

Guter ökologischer Zustand: Zustand eines Oberflächenwasserkörpers gemäß der Einstufung nach Anhang V der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie

Gutes ökologisches Potential: Zustand eines erheblich veränderten oder künstlichen Wasserkörpers, der nach den einschlägigen Bestimmungen des Anhangs V der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie entsprechend eingestuft wurde

Herkunft: Gebietsangabe über den Abstammungsort (Herkunftsregion) von Saatgut und Pflanzen

Herkunftsregion: Gebiet oder Region mit annähernd gleichen ökologischen Bedingungen, die so abgegrenzt wurde, dass die Verwendung des dort gewonnenen Vermehrungsgutes innerhalb der gesamten Herkunftsregion vor dem Hintergrund der Vermeidung einer Florenverfälschung verantwortet werden kann.

Ingenieurbioologie: Technisch-naturwissenschaftliches Fachgebiet im Erd- und Wasserbau, das gekennzeichnet ist durch die Verwendung von lebenden Pflanzen und Pflanzenteilen, deren Verhalten und Wirkungsweise allein oder in Verbindung mit unbelebten Baustoffen einer technischen Aufgabe dient

Initialstadium: Bezeichnet die Zeitspanne in der Entwicklung ingenieurbioologischer Bauweisen, die zwischen der Fertigstellung der Baumaßnahme und deren angestrebter voller Wirksamkeit liegt. Frühes Jugendstadium einer natürlich entwickelten oder künstlich angelegten Vegetation

Kambium: Lebendes, teilungsfähiges Pflanzengewebe unmittelbar unter der Rinde oder Borke von Gehölzen

Kolkbildung: Örtlich begrenzte, durch Strömungsvorgänge hervorgerufene Vertiefung im Gewässerbett

Kopfweide: Hoch (1 bis 5 m) abgestockte Baumweide, die durch regelmäßigen Rückschnitt zur Rutengewinnung eine „kopfähnliche“ Kronenform erhält

Leguminosen: Kräuter und Sträucher aus der Familie der Hülsenfrüchtler (Leguminosae, Fabaceae) mit der Eigenschaft, als Stickstoffsammler durch spezifische Wurzel-Knöllchenbakterien den Boden zu verbessern.
Anmerkung: Viele Arten bilden starke und tiefreichende Wurzeln aus und sind gute Bodenfestiger.

Mulchen: Aufbringen einer verschiedenen mächtigen Schicht aus Pflanzenfasern z. B. Stroh oder Heu, zum Abdecken des Bodens gegen Austrocknung und Abschwemmung

Neophyten: Aus anderen Kontinenten eingewanderte Pflanzen, die häufig heimische Arten verdrängen, z. B. an Bächen und Flüssen Reynoutria (Staudenknöterich)

Oberboden (Synonym: Mutterboden): Oberer durchwurzelter humoser Bodenhorizont mit reichem Bodenleben, nährstoffreich und meist dunkel gefärbt

Ökotypensaatgut: Bei Ökotypensaatgut im Sinne der FLL Richtlinie „Empfehlungen für Besondere Begrünungsverfahren“ handelt es sich um Saatgut von Arten, das aus genau definierten Herkünften stammt und nicht mit Pflanzen aus anderen Herkünften gekreuzt oder vermischt wurde

Pionierpflanze, Pioniergehölz: Anspruchslose Pflanzenart mit hohem biologischem Aufbauwert, die als Erstbesiedler auf mageren und nährstoffarmen Standorten gut gedeiht und die Entwicklung höherer Pflanzengesellschaften einleitet

Rasen: Dichte, fest zusammenhängende, widerstandsfähige Bodendecke aus Gräsern und Kräutern

Rohboden: Biologisch nicht erschlossener Boden

Röhricht: Grasartige Pflanzen und/oder Großstauden entlang der Mittelwasser und Wasserwechselzone. Anmerkung: Meist handelt es sich um eine Vegetation aus Schilf, Rohrkolben, Riedgräsern (Binsen, Seggen) und Blütenpflanzen (z. B. Iris) an Flachufern von fließenden und stehenden Gewässern

Saatgutmischung: Samenmischung verschiedener Gras- und Kräuterarten

Selektive Pflege: Maßnahmen zur Förderung des Pflanzenwuchses bis zum Bestandschluss und bis zur vollen Wirksamkeit der Vegetationsdecke, beispielsweise Förderung der Schlusswaldarten durch Rückschnitt der Pioniergehölze, Aufasten von Gehölzen

Spaltpflanzung (Klemmpflanzung): Pflanzungsart, bei der die Wurzeln in einen mittels Gerät (z. B. Spaten) vorbereiteten Spalt eingeführt und danach festgedrückt werden

Sprosswurzelbildung: Bildung von adventiven Wurzelanlagen zusätzlich zum vorhandenen Wurzelsystem an überschütteten und mit Erde abgedeckten Stammabschnitten

Standortgerechte Pflanzenbestände: Den Standortfaktoren (Boden, Klima, hydraulische Verhältnisse, hydrologische Bedingungen etc.) entsprechende Pflanzensammensetzung

Standortheimische Pflanzenbestände (Synonym: gebietsheimisch, gebietseigen): Auf die Standortfaktoren angepasste Pflanzensammensetzung, wobei die Pflanzen aus Populationen einheimischer Sippen stammen, welche sich in dem Naturraum, in dem die Baustelle liegt, über einen langen Zeitraum in vielfachen Generationsfolgen vermehrt haben und bei denen eine genetische Differenzierung gegen Populationen der gleichen Art aus anderen Naturräumen anzunehmen ist

Steinsatz: Mauerwerkartig aufgesetzte, unbearbeitete, in die Gewässersohle eingebundene Steine

Unterhaltung: Pflegemaßnahmen zur Sicherung der gewünschten Entwicklung in Richtung auf eine stabile Pflanzendecke

Vegetationsruhe: Zeitraum, in dem kein Pflanzenwachstum stattfindet, d. h. je nach Standort die Monate Oktober bis März

Wurzelnackte Pflanze: Sämling oder Verschulpflanze, die dem Beet im Forstgarten oder der Baumschule ohne Ballen oder Topf, also wurzelnackt, entnommen und bei Aufforstungen und Bepflanzungen verwendet wird.

5 Quellenverzeichnis

5.1 Gesetze

BNatSchG BUNDESNATURSCHUTZGESETZ: Gesetz über Naturschutz und Landschaftspflege in der Fassung der Bekanntmachung vom 25. März 2002 (BGBl. I S. 1193), zuletzt geändert durch Art. 40 G v. 21. Juni 2005 I 1818.

FoVG FORSTVERMEHRUNGSGUTGESETZ
in der Fassung der Bekanntmachung vom
22. Mai 2002.

RAT DER EUROPÄISCHEN UNION (2000): Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlamentes und Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik (EU-Wasserrahmenrichtlinie). PECONS 3639/00, ENV 221, CODEC 513, 18. Juli 2000

SächsNatSchG SÄCHSISCHES NATURSCHUTZGESETZ: Sächsisches Gesetz über Naturschutz und Landschaftspflege in der Fassung der Bekanntmachung vom 11. Oktober 1994 (SächsGVBl. S. 1601, 1995 S. 106), zuletzt geändert durch Artikel 5 des Gesetzes vom 1. September 2003 (SächsGVBl. S. 418, 426).

SächsWG SÄCHSISCHE WASSERGESETZ in der Fassung der Bekanntmachung vom 9. August 2004 (SächsGVBl. vom 31. August 2004, S. 374)

WHG WASSERHAUSHALTSGESETZ Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts in der Fassung der Bekanntmachung vom 19. August 2002 (BGBl. I Nr. 59 vom 23. August 2002 S. 3245; 6. Januar 2004 S.2)

5.2 Normen und Richtlinien

BUNDESMINISTERIUM FÜR VERKEHR, BAU- UND WOHNUNGSWESEN: Technische Lieferbedingungen für Wasserbausteine - TLW. Ausgabe 2003

BUNDESMINISTERIUM FÜR VERKEHR, BAU- UND WOHNUNGSWESEN: Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen – Wasserbau (ZTV-W) für Böschungs- und Sohlensicherungen (Leistungsbereich 210). Ausgabe 2000

BUNDESMINISTERIUM FÜR VERKEHR, BAU- UND WOHNUNGSWESEN: Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen – Wasserbau (ZTV-W) für Landschafts- und Lebendbau (Leistungsbereich 207 und 211). Ausgabe 1982

DIN 4022-1, Ausgabe:1987–09: Baugrund und Grundwasser; Benennen und Beschreiben von Boden und Fels; Schichtenverzeichnis für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekern-ten Proben im Boden und im Fels

DIN 4047-5 Landwirtschaftlicher Wasserbau; Begriffe. Teil 5: Ausbau und Unterhaltung von Gewässern, 1989–03

DIN 18310 VOB Verdingungsordnung für Bauleistungen - Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV), Sicherungsarbeiten an Gewässern, Deichen und Küstendünen, 2000–12

DIN 19657 Sicherungen von Gewässern, Deichen und Küstendünen, 1973–09

DIN 18916 Vegetationstechnik im Landschaftsbau; Pflanzen und Pflanzarbeiten, 2002–08

- DIN 18917** Vegetationstechnik im Landschaftsbau; Rasen und Saatarbeiten, 2002–08
- DIN 18918** Vegetationstechnik im Landschaftsbau; Ingenieurbioologische Sicherungsbauweisen; Sicherungen durch Ansaaten, Bepflanzungen, Bauweisen mit lebenden und nicht lebenden Stoffen und Bauteilen, kombinierte Bauweisen, 2002–08
- DIN 19660** Landschaftspflege bei Maßnahmen der Bodenkultur und des Wasserbaus, 1991–04
- DIN 19663** Wildbachverbauung; Begriffe, Planung und Bau, 1985–06
- FORSCHUNGSGESELLSCHAFT LANDSCHAFTSENTWICKLUNG LANDSCHAFTSBAU e.V. – FLL.** (1999): Empfehlungen für Besondere Begrünungsverfahren, Bonn, 1999
- FORSCHUNGSGESELLSCHAFT LANDSCHAFTSENTWICKLUNG LANDSCHAFTSBAU e.V. FLL.** (2000): Empfehlungen für Bau und Pflege von Flächen aus Schotterrasen, Eigenverlag der FLL., Bonn
- WAPRO 51** Werkstandard „Ingenieurbioologische Bauweisen“, VEB Projektierung Wasserwirtschaft, Halle, Juni 1967
- ZTVLa-StB 99**, Bonn, 1999

5.3 Literatur

- ATV-DVWK** Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (Hrsg.) (1997): Maßnahmen zur naturnahen Gewässerstabilisierung, DVWK-Schriften, Heft 118, Bonn 1997
- ATV-DVWK** Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (Hrsg.) (2000): Gestaltung und Pflege von Wasserläufen in urbanen Gebieten, DVWK-Merkblätter zur Wasserwirtschaft 251/2000, Bonn
- BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELTSCHUTZ (LfU)**, (2001): Autochthone Gehölze; Verwendung bei Pflanzmaßnahmen, München
- BEGEMANN, W. und SCHIECHTL, H. M.** (1994): Ingenieurbioologie – Handbuch zum ökologischen Wasser- und Erdbau Bauverlag 1994, Wiesbaden und Berlin
- BRIEM, E.** (2003): Gewässerlandschaften der Bundesrepublik Deutschland, „Steckbriefe“, ATV DVWK Arbeitsbericht, Hennef
- BURSCHE, P.; ENGELHARDT, J.; SCHWAB, U.** (2002): Begrünungen mit autochthonem Saatgut. Naturschutz und Landschaftsplanung Heft 11/02
- BUND DER INGENIEURE FÜR WASSERWIRTSCHAFT, ABFALLWIRTSCHAFT UND KULTURBAU e.V. (BWK)** (Hrsg.) (1999): Hydraulische Berechnung von naturnahen Fließgewässern, Teil 1: Stationäre Berechnung der Wasserspiegellagenlinie unter besonderer Berücksichtigung von Bewuchs- und Bauwerkseinflüssen, Merkblatt Nr. 1/BWK, Düsseldorf
- CHMELAR, J. und MEUSEL, W.** (1986): Die Weiden Europas. A. Ziemsen Verlag, Wittenberg
- DVWK – Gemeinnützige Fortbildungsgesellschaft für Wasserwirtschaft und Landesentwicklung (GfG) mbH** (Hrsg.) (1999): Ufergehölze und Gehölzpflege – Empfehlungen für den Gewässerunterhaltungspflichtigen, Mainz

- DWA** Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (Hrsg.) (Gelbdruck voraussichtlich 2005): Deiche an Fließgewässern, DWA-M 513
- ENGELHARDT, J;** (2000): Das Heudrusch®- Verfahren im ingenieurbioologischen Sicherungsbau. Jahrbuch der Gesellschaft für Ingenieurbioologie 9/2000.
- FLORINETH, F.** (2004): Pflanzen statt Beton – Handbuch zur Ingenieurbioologie und Vegetationstechnik. Patzer Verlag, Berlin-Hannover
- FREISTAAT SACHSEN** (2003): Empfehlungen für die Ermittlung des Gefährdungs- und Schadenspotenzials bei Hochwasserereignissen sowie die Festlegung von Schutzziele, Pirna
- GEITZ, P.** (1995): Naturnaher Wasserbau/Hefte zur Ausbildung 3. Herausgeber: Ausbildungsförderwerk Garten-, Landschafts- und Sportplatzbau e. V. Bad Honnef
- GEMEINNÜTZIGE FORTBILDUNGSGESELLSCHAFT FÜR WASSERWIRTSCHAFT UND LANDSCHAFTSENTWICKLUNG** (GFG) mbH (2001): Totholz in Fließgewässern. Empfehlungen zur Gewässerunterhaltung, Mainz
- GERSTGRASER, C.** (2000): Ingenieurbioologische Bauweisen an Fließgewässern. Grundlagen zu Bau, Belastbarkeit und Wirkungsweisen. Österreichischer Kunst- und Kulturverlag, Wien
- GESELLSCHAFT FÜR INGENIEURBIOLOGIE e.V.,** (1983): Ingenieurbioologie – Uferschutzwald an Fließgewässern. Jahrbuch 1, Krämer Verlag, Stuttgart
- GESELLSCHAFT FÜR INGENIEURBIOLOGIE e.V.,** (1990): Ingenieurbioologie – Hilfsstoffe im Lebendverbau. Jahrbuch 5, Eigenverlag, Aachen
- GESELLSCHAFT FÜR INGENIEURBIOLOGIE e.V.,** (1991): Flussdeiche und Flussdämme – Bewuchs und Standsicherheit. Jahrbuch 4, Eigenverlag, Aachen
- GESELLSCHAFT FÜR INGENIEURBIOLOGIE e.V.,** (1992): Die Ingenieurbioologie und ihre Aufgaben. Rasen, Grünflächen, Begrünungen. Hortusverlag, Bonn
- GESELLSCHAFT FÜR INGENIEURBIOLOGIE e.V.,** (1995): Ingenieurbioologie im Spannungsfeld zwischen Naturschutz und Ingenieurbautechnik. Jahrbuch 6, Eigenverlag, Aachen
- GESELLSCHAFT FÜR INGENIEURBIOLOGIE e.V.,** (1997): Ingenieurbioologie und stark schwankende Wasserspiegel an Talsperren. Jahrbuch 8, Eigenverlag, Aachen
- GESELLSCHAFT FÜR INGENIEURBIOLOGIE e.V.,** (1998): Ingenieurbioologie – Die mitteleuropäischen Erlen. Jahrbuch 7, Eigenverlag, Aachen
- HILLER, A., HACKER, E. & PRASSE, R.** (2004): Herkunft als Qualitätsmerkmal von Saat- und Pflanzgut. In: Mitteilungen der Gesellschaft für Ingenieurbioologie e.V., Heft 24, S. 2–5.
- JÜRGING, P. und PATT, H.** (2004): Fließgewässer- und Auenentwicklung, Grundlagen und Erfahrungen, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York.
- KERN, K.** (1994): Grundlagen naturnaher Gewässergestaltung – Geomorphologische Entwicklung von Fließgewässern. Springer Verlag Heidelberg
- KIRWALD, E.** (1964): Gewässerpflege, Bayerischer Landwirtschaftsverlag, München
- KOWARIK, I., & SEITZ, B.** (2003): Perspektiven für die Verwendung gebietseigener („autochthone“) Gehölze. In Seitz, B. & Kowarik, I. (Hrsg.): Perspektiven für die Verwendung gebietseigener Gehölze in Brandenburg. Neobiota 2: 3–25.

- LACHAT, B.** (1984): La stabilisation des berges de cours d'eau par la végétation – un aspect du génie biologique. *Wasser – Energie – Luft* 76 (1984)9: 177–180.
- LÄNDERARBEITSGEMEINSCHAFT WASSER (LAWA)** 2000; Gewässerstrukturgütekartierung in der Bundesrepublik Deutschland. Verfahren für kleine und mittelgroße Fließgewässer. Schwerin 2003
- LANDESAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT RHEINLAND-PFALZ** (Hrsg.) (2003): Aktion Blau. Wirksame und kostengünstige Maßnahmen zur Gewässerentwicklung, Mainz
- LANDESANSTALT FÜR UMWELTSCHUTZ BADEN-WÜRTTEMBERG (LfU)** (1998): Naturgemäße Bauweisen, Unterhaltungsmaßnahmen nach Hochwasserereignissen. Oberirdische Gewässer, Gewässerökologie Band 47
- LANGE, G.; LECHER, K.** (1993): Gewässerregelung, Gewässerpflege; Naturnaher Ausbau und Unterhaltung von Fließgewässern. Hamburg und Berlin; Paul Parey
- LEHR, R.** (1994): Taschenbuch für den Garten-, Landschafts- und Sportplatzbau. Blackwell Wissenschafts-Verlag, Berlin
- LINKE, H. und MEISSNER, W.** (1969): Ingenieurbio-logische Bauweisen und Landschaftsgestaltung. Ein Handbuch für die Praxis des Baubetriebes und der Projektierung. Hrsg: Präsidium der Kammer der Technik, Fachausschuss Ingenieurbio-logische Bauweisen im Fachverband Wasser, Berlin
- MARZINI, K.,** (1997): Was ist dran an der Autochthonie!? Vergleichspflanzungen von Gehölzen autochthoner und fremder Herkunft auf Roh- und Oberboden. – Mitteilungen der Gesellschaft für Ingenieurbio-logie 10: S 34–46
- MINISTERIUM FÜR UMWELT BADEN-WÜRTTEMBERG (MUBW)** (1991): Bauweisen des naturnahen Wasserbaus. Umgestaltung der Enz in Pforzheim. Handbuch Wasserbau, Heft 2, Stuttgart
- MINISTERIUM FÜR UMWELT BADEN-WÜRTTEMBERG (MUBW)** (1993): Naturgemäße Bauweisen. Ufer- und Böschungssicherungen. Handbuch Wasserbau, Heft 5, Stuttgart
- MINISTERIUM FÜR UMWELT BADEN-WÜRTTEMBERG (MUBW)** (1996): Naturnahe Bauweisen im Wasserbau. Dokumentation und Bewertung am Pilotprojekt Enz/Pforzheim 1990–1995. Handbuch Wasser 2, Karlsruhe
- PATT, H., JÜRGING, P., KRAUS, W.** (2004): Naturnaher Wasserbau – Entwicklung und Gestaltung von Fließgewässern, 2. Aufl., Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York.
- PRÜCKNER, R.** (1965): Die Technik der Lebendverbauung. Österreichischer Agrarverlag Wien
- SALZMANN, CH.,** (1998): Verwendung von unterschiedlich langen Setzstangen der Fahlweie (*Salix x rubens*) im Lagenbau. Diplomarbeit an der Universität für Bodenkultur, Wien.
- SÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT GEOLOGIE (LFUG),** (2001): Gewässerstrukturbericht 2001, Bewertung der ökomorphologischen Gewässerstruktur ausgewählter sächsischer Fließgewässer nach LAWA-Übersichtsverfahren mit Gewässerstrukturkarte, Materialien zur Wasserwirtschaft. Dresden.
- SÄCHSISCHEN STAATSMINISTERIUMS FÜR UMWELT UND LANDESENTWICKLUNG (SMU)** Hrsg, (1995): Richtlinien für die naturnahe Gestaltung der Fließgewässer in Sachsen, Dresden

- SCHIECHTL, H.M.** (1973): Sicherungsarbeiten im Landschaftsbau, Callwey Verlag, München
- SCHIECHTL, H.M.** (1992): Weiden für die Praxis, Patzer Verlag, Berlin-Hannover
- SCHIECHTL, H. M. und STERN, R.** (2002): Naturnaher Wasserbau – Anleitung für ingenieurbiologische Bauweisen. Verlag Ernst & Sohn
- SCHLÜTER, U.** (1971): Lebendbau; Ingenieurbioologische Bauweisen und lebende Baustoffe. München; Georg Callwey
- SCHLÜTER, U.,** (1986): Pflanze als Baustoff – Ingenieurbioologie in Praxis und Umwelt. Verlag Patzer, Berlin – Hannover
- SCHMIDT, P. A., HEMPEL, W., DENNER, M., DÖRING, N., GNÜCHTEL, A., WALTER, B. & D. WENDEL** (2002): Potentielle Natürliche Vegetation Sachsens mit Karte 1 : 200.000. In: Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie (Hrsg.) – Materialien zu Naturschutz und Landschaftspflege. Dresden.
- SCHUPPENER, B.,** (1994): Die statische Berechnung der Bauweise „Lebend Bewehrte Erde“. Geotechnik 18, S. 804–813.
- STÄDTLER, E.** (2004): Totholz und seine Bedeutung für unsere Fließgewässer, Gewässerinfo – Magazin zur Gewässerunterhaltung und Gewässerentwicklung, Nr. 30, Mai 2004, S 237–241.
- STOWASSER, A.** (2005): Buschbauleitwerk – eine Alternative zu strukturlosen Steinschüttungen. Mitteilungen der Gesellschaft für Ingenieurbioologie 26: S 17–23
- THÜRINGER MINISTERIUM FÜR LANDWIRTSCHAFT, NATURSCHUTZ UND UMWELT** (Hrsg.) (1996): Fließgewässerlandschaften in Thüringen – Einführung zur naturnahen Unterhaltung und zum Ausbau von Fließgewässern, Erfurt
- ZEH, H.** (2004): Ingenieurbioologische Bauweisen, Studienbericht Nr. 4, Bundesamt für Wasserwirtschaft.

Impressum

Herausgeber: Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft,
Postfach 10 05 10, 01076 Dresden
Internet: www.smul.sachsen.de
Bürgerbeauftragte: Sabine Kühnert
Telefon: (03 51) 564 68 14, Fax: (03 51) 564 68 17
E-Mail: info@smul.sachsen.de (Kein Zugang für elektronisch signierte sowie für verschlüsselte elektronische Dokumente)

Redaktion: Die vorliegende Broschüre wurde erarbeitet im Auftrag des Sächsischen Staatsministeriums für Umwelt und Landwirtschaft (SMUL) durch:



den Bund für Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Kulturbau (BWK), Landesverband Sachsen e.V. (www.bwk-sachsen.de)



die Gesellschaft für Ingenieurbiologie e.V. (www.ingenieurbiologie.com)



die Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (DWA), Landesverband Sachsen/Thüringen (www.dwa-st.de)

Fachliche Koordinierung und federführende Bearbeitung:

Andreas Stowasser, Landschaftsarchitekt (AKS), Plan T Planungsgruppe
Landschaft und Umwelt, Radebeul

Autorengruppe:

Dr. Christoph Gerstgraser, gerstgraser-Ingenieurbüro für Renaturierung,
Cottbus;
Roland Männel, Landestalsperrenverwaltung des Freistaates Sachsen;
Dr. Günther Müller, Dresden;
Hans Prugger, Landschaftsarchitekt (BDLA), Büro für Landschaftsarchitektur
und Freiraumplanung, Pirna;
Andreas Stowasser, Landschaftsarchitekt (AKS), Plan T Planungsgruppe
Landschaft und Umwelt, Radebeul;
Dr. Roger Tynior, G.U.B. Ingenieurgesellschaft mbH, GeotechnikoUmwelt-
technikoBautechnik, Zwickau

Mitwirkende:

Dr. Dirk Carstensen, TU Dresden, Institut für Wasserbau und Technische
Hydromechanik;
Konrad Geithner, Stadtverwaltung Lichtenstein;
Prof. Dr. Eva Hacker, TU Hannover, Institut für Umweltplanung;
Jürgen Heinze, Regierungspräsidium Leipzig;
Dr. Frank Herbst, Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie;
Prof. Dipl. Ing. Rolf Johannsen, Fachschule Erfurt, Institut für Landschafts-
architektur;

Eberhard Jüngel, Vorsitzender DWA Landesverband Sachsen/Thüringen, über Landestalsperrenverwaltung des Freistaats Sachsen, Talsperrenmeisterei ZM/WE, Neidhardtsthal;
Prof. Dr. habil. Harald Linke, Dresden;
Prof. Dr. habil. Heinz Patt, Universität Duisburg-Essen, Campus Essen, Institut für Wasserbau und Wasserwirtschaft;
Gabriele Römer, Dresden;
Annett Schnaufer, DWA Landesverband Sachsen/Thüringen, Dresden;
Prof. Dr. Martin Socher, Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft;
Friedrich Spranger, Regierungspräsidium Chemnitz, Außenstelle Plauen;
Christian Wosch, Regierungspräsidium Dresden

Redaktionsschluss: Juli 2005

Fotonachweis: Andreas Stowasser, Titelbild: Einbau einer Spreitlage zur Sicherung eines Prallufers am Lungwitzbach, Seiten: 17, 18, 19, 21, 26, 33, 38, 42, 44, 46, 49, 66, 68, 70, 73, 75, 77, 78
Dr. Christoph Gerstgraser, Seiten: 16, 23, 47, 51, 53, 54, 56, 57, 60, 61, 63, 70
Gunhild Franke, Seiten: 11, 15
Guylaine Stagneth, Seiten: 11, 32, 35
Hans Prugger, Seite: 49
Henning Günther, Seiten: 12, 33
Heike Ehrlich, Seite: 26

Auflagenhöhe: 4.000 Stück

Gestaltung: Heimrich & Hannot GmbH, Dresden

Druck: Druckerei Thieme GmbH, Meißen

Papier: Gedruckt auf 100 % Recyclingpapier

Kostenlose

Bestelladresse: Zentraler Broschürenversand der Sächsischen Staatsregierung,
Hammerweg 30, 01127 Dresden
Tel.: (03 51) 210 36 71 oder (03 51) 210 36 72, Fax: (03 51) 210 36 81
E-Mail: publikationen@sachsen.de (Kein Zugang für elektronisch signierte sowie für verschlüsselte elektronische Dokumente)

Verteilerhinweis: Diese Informationsschrift wird von der Sächsischen Staatsregierung im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit herausgegeben. Sie darf weder von Parteien noch von Wahlhelfern zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für alle Wahlen.