

Aargauischer Försterverband
Baukurs Forstwartlehrlinge 04. - 08.09.2006



Grünverbau Bachtalbach Rietheim

Inhaltsverzeichnis

1. Ingenieurbiologie	4
1.1. <i>Definition</i>	4
1.2. <i>Anwendungsgebiete</i>	4
2. Technisch-biologische Fähigkeiten von Pflanzen	5
2.1. <i>Einleitung</i>	5
2.2. <i>Erosionsschutz</i>	5
2.3. <i>Bodenentwässerung und Standsicherheit</i>	5
2.4. <i>Bodendurchwurzelung, Wurzelform, Wurzel-Spross-Verhältnis</i>	5
2.5. <i>Elastizität und Biegefestigkeit</i>	5
2.6. <i>Auszugswiderstand</i>	6
2.7. <i>Scherfestigkeit</i>	7
2.8. <i>Regenerations- und Stockausschlagsfähigkeit</i>	7
2.9. <i>Anpassungsfähigkeit</i>	8
2.10. <i>Überstaubarkeit</i>	8
2.11. <i>Vegetative Vermehrbarkeit</i>	8
2.12. <i>Fähigkeit zur Sprosswurzelbildung (Adventivwurzelbildung)</i>	9
2.13. <i>Ökologische Fähigkeiten</i>	9
3. Weidenspreitlage.....	11
3.1. <i>Anwendung</i>	11
3.2. <i>Baustoff</i>	11
3.3. <i>Ausführung</i>	11
3.4. <i>Bauzeit</i>	12
4. Holzrechen	13
4.1. <i>Anwendung</i>	13
4.2. <i>Ausführung</i>	13
5. Buhnen.....	14
5.1. <i>Anwendung</i>	14
5.2. <i>Ausführung</i>	14
6. Faschinenwand.....	15
6.1. <i>Anwendung</i>	15
6.2. <i>Ausführung</i>	15
7. Raubaum.....	16

7.1.	Anwendung.....	16
7.2.	Ausführung.....	16
8.	Steckhölzer.....	17
8.1.	Anwendung.....	17
8.2.	Ausführung.....	17
9.	Weidenfaschine und Senkfaschine.....	18
9.1.	Anwendung.....	18
9.2.	Ausführung.....	18
10.	Vorgesehene Massnahmen.....	19
11.	Schadensbilder.....	20
11.1.	Pflanzenentwicklung.....	20
11.1.1.	Keine Pflanzenentwicklung.....	20
11.1.2.	Zuwachsen des Hochwasserprofils.....	20
11.2.	Schädigung der Pflanzen.....	20
11.2.1.	Umbiegen der Äste.....	20
11.2.2.	Ausreissen der Blätter bzw. Knospen.....	21
11.2.3.	Abschälen der Rinde.....	21
11.2.4.	Ausreissen der Pflanzen.....	22
11.3.	Schäden an der Verbauung.....	22
11.3.1.	Auswaschung.....	22
11.3.2.	Unterspülung / Zerstörung der Böschungsfusssickeung.....	22
11.3.3.	Hinterspülung / Erosionen bei Übergängen.....	23
11.3.4.	Teilweise oder vollständige Zerstörung der Verbauung.....	23
11.3.5.	Abrutschen der Böschung.....	24
11.3.6.	Aufsteilung der Böschung.....	24

1. Ingenieurbiologie

1.1. Definition

Ingenieurbiologie ist eine Ingenieurbautechnik, die sich biologischer Erkenntnisse bei der Errichtung von Erd- und Wasserbauten und bei der Sicherung instabiler Hänge und Ufer bedient. Kennzeichnend dafür sind Pflanzen und Pflanzenteile, die so eingesetzt werden, dass sie als lebende Baustoffe im Laufe ihrer Entwicklung für sich, aber auch in Verbindung mit unbelebten Baustoffen eine dauerhafte Sicherung der Bauwerke erreichen. Die Ingenieurbiologie ist nicht als Ersatz, sondern als notwendige und sinnvolle Ergänzung zu rein technischen Ingenieurbauweisen zu verstehen.

1.2. Anwendungsgebiete

Wie obige Definition zeigt, weist die Ingenieurbiologie zwei Hauptanwendungsgebiete auf. Die Technik mit lebenden Pflanzen wird im Hangverbau insbesondere für die Stabilisierung von Rutschhängen eingesetzt, sie weist jedoch auch ein weites Anwendungsfeld im Wasserbau auf. Dabei können unterschiedliche Zielsetzungen im Vordergrund stehen:

- Sicherung gegen Ufererosion und Böschungsinstabilität
- Strukturierung im Rahmen einer Revitalisierung oder ökologischen Aufwertung
- Ästhetische Korrekturen an harten Verbauungen

Es gibt eine Vielzahl von unterschiedlichen ingenieurbiologischen Bauweisen, welche im Wasserbau zur Ufersicherung eingesetzt werden, wobei auch diverse Kombinationen der Lebendbauweisen mit toten Materialien wie Steinblöcken oder Rundhölzern existieren. Es kann dabei bezüglich der Wirksamkeit zwischen punktuellen, linearen und flächigen Strukturen unterschieden werden. Diese Struktur der Bauweise ist in den ersten Jahren nach dem Bau entscheidend. Nach einigen Jahren kann aus dem entstandenen Weidengebüsch kaum mehr geschlossen werden, welche Bauweise ursprünglich verwendet wurde.

2. Technisch-biologische Fähigkeiten von Pflanzen

2.1. Einleitung

Es ist wichtig über die Materialeigenschaften der Pflanzen Bescheid zu wissen, bevor diese als lebender Baustoff eingesetzt werden. Die Besonderheit liegt darin, dass wir es mit einem Organismus zu tun haben, das wächst und gedeiht. Am Anfang braucht es Unterstützung und Schutz, anschliessend Erziehung und Pflege.

2.2. Erosionsschutz

Pflanzen bedecken die offenen bodenoberflächen, vermindern und verzögern die Prallwirkung der Niederschläge, fangen diese auf und lassen sie je nach Bodenbeschaffenheit und Witterungsbedingungen langsam in den Boden eindringen oder langsam abfließen. Damit wird der Bodenabtrag verringert und verhindert. Dies bedeutet weniger oder keine Schwebstoffe und Trübung im Wasser, gut befahrbare Wegdecken durch begrünte Böschungen, die Sicherung von Ufern und Hängen, weniger Staub und vieles mehr.

2.3. Bodenentwässerung und Standsicherheit

Pflanzenbeständen verdunsten je nach Artenzusammensetzung und -aufbau viel Wasser und entwässern die Böden. Eine Abnahme der Bodenfeuchtigkeit bewirkt eine zunehmende Kohäsion der Bodenpartikel, einen höheren Reibungswiderstand, einen geringeren Porenwasserdruck und weniger Gewicht, so dass die Scherfestigkeit und die Standsicherheit von Böschungen und Hängen erhöht werden.

Pflanzen erzeugen den eigentlichen, strukturierten Boden mit der Streuauflage, dem Humus- und Verwitterungshorizont. Pflanzen verbessern den Boden durch die Förderung von Lebewesen. Mikroorganismen, die als Nährstoffe abgestorbenen Pflanzenteile brauchen, stabilisieren den Boden durch den Abbau dieser Teile und durch die Verkittung alter Wurzelröhren. Lebewesen, wie z.B. Regenwürmer, die von der Pflanzendecke abhängig sind, machen durch ihre Tätigkeit den Boden wasser- und luftdurchlässiger und ermöglichen dadurch eine höhere Wasseraufnahmefähigkeit, d.h. geringere Stauzonen und Gleitlinien in den oberen Bodenschichten.

2.4. Bodendurchwurzelung, Wurzelform, Wurzel-Spross-Verhältnis

Pflanzen stützen durch ihre Wurzeln nicht nur sich selbst, sondern verankern und verdübeln verschiedene Bodenschichten. Diese unterschiedliche Dübel- und Ankerfunktion verlangt einerseits starke und biegefesten Wurzeln, andererseits eine hohe Reiss- und Zugfestigkeit. Da nicht alle Pflanzen beide Wurzeleigenschaften aufweisen und auch unterschiedliche Wurzeltiefen zeigen, ist bei der Zusammensetzung der Pflanzengesellschaften darauf zu achten, dass sich bei Gehölzen Flach- und Tiefwurzler abwechseln, damit der Bodenkörper homogen durchwurzelt wird.

Das Wurzel-Spross-Verhältnis, das sich aus dem Volumen und dem Gewicht der jeweiligen Pflanzenteile berechnet, beschreibt die Wuchskraft der ganzen Pflanze und deren Fähigkeit, Böden entsprechend zu bewurzeln.

2.5. Elastizität und Biegefestigkeit

Im Abflussquerschnitt von Fliessgewässern stellen Pflanzen Rauigkeitselemente dar, d.h. sie reduzieren lokal die Fliessgeschwindigkeit und damit die Schleppekraft des Wassers. Dieses Prinzip des Ufer- und

Böschungsschutzes verlangt besondere bio-technische Eigenschaften der verwendeten Pflanzen und stellt gewisse Ansprüche an Einbau und Pflege. Die Pflanzenbestände müssen so flexibel gehalten werden, dass sie vom überströmenden Wasser niedergedrückt und umgelegt werden. Nur dadurch kommt es zu einer hinreichenden Reduktion der Fließgeschwindigkeit in Bodennähe und zum Schutz des Bodens bei gleichzeitiger Gewährleistung der geforderten Abflusskapazität. Starre oder einzelstehende Pflanzen erzeugen Turbulenzen, die Erosion initiieren können. Untersuchungen der Biegefestigkeit von Ufergehölzen zeigen, dass die meisten getesteten Gehölze bei einem Stammdurchmesser über 4 cm eine sehr geringe Durchbiegung aufweisen. Dies bedeutet, dass diese auf den Stock gesetzt werden müssen.

Die Biegesteifigkeit (=Biege-Elastizitätsmodul) beschreibt das materialspezifische Verformungsverhalten (Dehnung) unter Spannung im elastischen Bereich, das bedeutet, wie viel Kraft für eine bestimmte Verformung aufgewendet werden muss.

Das Trägheitsmoment ist eine geometrische Grösse, die von der 4. Potenz des Durchmessers abhängt. Das unterstreicht die hohe Bedeutung von Pflegeeingriffen für die Erhaltung der Verformbarkeit eines Uferbestandes.

Die Deformation erfolgt stets elasto-plastisch, das bedeutet, dass sich das Material unter Belastung zunächst elastisch, also reversibel, verformt. Ab ca der Hälfte der maximalen Belastbarkeit, das entspricht etwa 10% der maximalen Verformbarkeit, folgt ein langer Übergangsbereich und schliesslich ein plastisches Materialverhalten bis zum Bruch.

Von den untersuchten Baumarten erweisen sich Esche und Bergahorn als biegesteifer, während Schwarzerle und Silberweide leichter verformt und somit vom Wasser umgelegt werden können. Allerdings brechen die beiden letztgenannten auch früher. Die Bruchdehnung ist bei Schwarzerle und Silberweide ebenfalls geringer.

2.6. Auszugswiderstand

Der Auszugswiderstand ist die Kraft, die erforderlich ist, um die Pflanze aus dem Boden zu reißen. Diese Kraft kann als Mass für die Stabilität der Boden-Wurzel-Matrix und damit für die festigende Wirkung der Einzelpflanze betrachtet werden. Ausläufer bildende Arten haben einen geringeren Auszugswiderstand, bei horstbildenden Gräsern und vor allem tief wurzelnden Kräutern ist dieser um vieles höher. Sträucher und Bäume zeigen noch höhere, jedoch unterschiedliche Auszugswiderstände. Haupteinflussfaktoren auf den Auszugswiderstand sind:

- die Bodenschaffenheit (Korngrößenverteilung, Wassergehalt, ...)
- die Wuchsbedingungen (Wasser, Licht, Nährstoffe, ...)
- die Pflanzenart
- das Alter.

Bei gleichaltrigen Weiden, die unter gleichen Standortbedingungen gewachsen sind, weist die Korbweide (*Salix viminalis*) den höchsten Auszugswiderstand auf. Dreijährige Purpurweiden (*Salix purpurea*) und Korbweiden (*Salix viminalis*), die aus Steckhölzer gezogen wurden, zeigen unter gleichen Standortbedingungen tendenziell höhere Auszugswiderstände als die untersuchten fünfjährigen Schwarzerlen, Eschen und Ahorne.

Der Grossteil der Ausziehungswiderstände liegt höher als die Strömungskräfte bis zu 1.2 kN, die bei 4 m/s Fließgeschwindigkeit gemessen worden sind. Die Ursachen für das Versagen von Pflanzen an Fließgewässern liegen daher vor allem in der Erosion, d.h. im Ausgespültwerden der Pflanzen. Höchstens junge Gehölze kann das fließende Wasser ausreißen, was bei der gegebenen Elastizität und geringer

Angriffsfläche eher unwahrscheinlich ist. Das bedeutet, dass wir Ufergehölze mit einem dichten Wurzelsystem brauchen, das nur schwer ausgespült werden kann. Der Versagensmechanismus bei der Hang- und Böschungssicherung durch Pflanzen ist hingegen ein zweifacher: Wurzeln, eingelegte Steckhölzer oder überschüttete Sprosse können brechen (reissen). Das heisst, dass die Festigkeit des Stammes oder der Wurzel nicht ausreicht: die Pflanzen reissen an der Bruchfuge der Böschung. Ein solches Versagen ist möglich, wenn die Pflanze im Boden stark verwurzelt ist und sich dadurch ein sehr guter Verbund zwischen Boden und Pflanze ergibt. Der zweite Versagensmechanismus bei der Hang- und Böschungssicherung liegt im Herausgezogenwerden der eingelegten Pflanzen oder Pflanzenteile während eines Rutschvorganges. Dieser Fall ist kurz nach der Herstellung der Böschungssicherung möglich, wenn die Pflanzen noch nicht verwurzelt sind und der Verbund zwischen Boden und Pflanze fehlt.

2.7. Scherfestigkeit

Eine weitere Bemessungsgrundlage für die stabilisierende Wirkung von Pflanzen ist die Scherfestigkeit. Sie wird in kN/m^2 gemessen und entspricht dem maximalen Seitendruck bei einer Flächenauflast von 20 kN/m^2 . Die Vegetation erhöht die Scherfestigkeit des Bodens durch folgende Wirkungen:

- Mechanische Stabilisierung durch die armierende Wirkung von Pflanzenwurzeln
- Erhöhung der Kapillarkohäsion durch Wasserentzug
- Aggregatbildung durch Wurzelausscheidungen bzw. Bodenaktivität.

Die Scherfestigkeit eines Bodens hängt allerdings stark vom Wassergehalt ab. Der Wasserentzug infolge Evapotranspiration kann die Scherfestigkeit des Bodens stärker erhöhen als die Armierung durch die Pflanzenwurzeln. Die Summe der bodenfestigenden Eigenschaften besteht daher aus der Wurzelform, der Dichte der Durchwurzelung, der Wurzelmasse, der Zug- und Scherfestigkeit sowie der Aktivität von Bodenflora und -fauna.

2.8. Regenerations- und Stockausschlagsfähigkeit

Gehölze, vor allem Laubhölzer, haben eine hohe Regenerationsfähigkeit. Wenn sie durch Hochwasser, Schneedruck oder Steinschlag geknickt oder abgebrochen werden, treiben sie an der Stammbasis wieder aus. Grossteils können sie durch einen Schnitt nahe am Wurzelstock („auf den Stock setzen“) verjüngt werden, wodurch frische neue Sprosse entstehen und zusätzliches Wurzelwachstum angeregt wird. Je nach Schnittführung ist das Austriebsverhalten unterschiedlich. Die beste Vitalität der Sprosse zeigt z.B. bei der Schwarzerle ein glatter Schrägschnitt so nah wie möglich am Wurzelstock. Dadurch rinnt das Regenwasser gut ab und Fäulnisprozesse am Stummel werden vermindert. Der tiefe Schnitt garantiert eine nachhaltige Verjüngung, weil das Sprosswachstum nahe am Wurzelstock vom Abmorschen des Stammstummels nicht beeinträchtigt wird und die jungen Sprosse leichter mit Nährstoffen und Wasser versorgt werden.

Der Kopfschnitt hat in einigen Ländern eine lange Tradition und führt zu einer beträchtlichen Lebensverlängerung von Bäumen der Weichholzarten. Dieser Schnitt wird vor allem an Silber- und Dotterweiden oder Schwarzpappeln durchgeführt. Damit können Baumreihen an Wegen, Strassen oder an landwirtschaftlichen Kulturflächen erhalten werden. Der Kopfschnitt muss ebenfalls schräg erfolgen. Die Höhe des Schnittes hängt vom so genannten Lichtraumprofil und vom Abstand von der Fahrbahn ab oder von der Art Nutzung. Der Kopfschnitt an Wegen oder Feldern erfolgt meist auf 2.0 bis 2.5 m Höhe, wobei auf die Verletzungsgefahr beim Schneiden in dieser Höhe zu achten ist.

Die hohe Regenerationsfähigkeit zeigt sich auch bei umgestürzten Bäumen, deren beschädigte Wurzelstöcke oft wieder neue Sprosse treiben. Auch das senkrechte Wachsen neuer Sprosse bei umgeknickten oder – gerissenen Bäumen kann vielerorts beobachtet werden.

Die meisten Laubhölzer in Mitteleuropa sind stockausschlagfähig – die Nadelhölzer leider nicht – und zeigen eine viel stärkere Regenerationsfähigkeit als die Letztgenannten, die somit für Ufersicherungen überhaupt nicht und Hangsicherungen nur bedingt geeignet sind.

2.9. Anpassungsfähigkeit

Pflanzen weisen die Fähigkeit auf, sich an die gegebenen Umwelt- und Witterungsbedingungen anzupassen. So reagieren Arten bei Schnee- und Winddruck mit verstärktem Wurzelwachstum in die Gegenrichtung.

Wurzeln wachsen in Richtung Wasser und Nährstoffe. Daher werden stark gedüngte und feuchte Böden meist weniger tief durchwurzelt als lockere und nährstoffarme Pionierstandorte. Aus diesem Grund sollen Pflanzen an steilen Hängen nach einer ersten Starthilfe nicht mehr gedüngt werden. Schwarzerlen und Silberweiden reichen mit ihren Wurzeln in wasserdurchströmte Bodenhorizonte bzw. direkt ins Wasser (roter Wurzelfilz). Somit sind sie für Bepflanzungen im wassernahen Uferabschnitt ganz besonders geeignet, sofern sie den Wasserabfluss nicht zu stark einschränken.

2.10. Überstaubarkeit

An Standorten mit grossen Wasserspiegelschwankungen, wie überfluteten Fließgewässern, Auen, Altarmen und Wasserrückhaltebecken, können Pflanzen nur überleben, wenn sie überstaunungsresistent sind. Das bedeutet, dass sie mit verschiedenen Strategien ausgestattet sind, die ein Leben mit Überflutungen und Überstaunungen möglich machen. Diese Gehölze zeigen folgende Eigenschaften:

- Fähigkeit mit Wasserwurzeln die Sauerstoffversorgung zu gewährleisten
- Raschwüchsigkeit
- Ausbildung von schwimm- und flugfähigen Samen
- Anspruchslosigkeit gegenüber der Nährstoffsituation des Standortes

Röhrichte besitzen folgende Überlebensstrategien:

- schnelle Rhizomentwicklung
- Bewurzelung an den Knoten der niederliegenden Sprosse
- Etagenförmiges Wurzelsystem je nach Wasserstand und Übersättigung.

Folgende Gehölze ertragen starke Wasserspiegelschwankungen:

- Mandelweide (*Salix triandra*)
- Silberweide (*Salix alba*)
- Bruchweide (*Salix fragilis*)
- Lorbeerweide (*Salix pentandra*)
- Aschweide (*Salix cinerea*)
- Pappelhybriden (*Populus canadensis*)

2.11. Vegetative Vermehrbarkeit

Diese Materialeigenschaft erleichtert uns die Ernte und den Einsatz von Ästen oder Steckhölzern und spart uns viele Kosten, weil bewurzelte Gehölze mit einem Stammdurchmesser von 4 – 8 cm um vieles teurer zu beschaffen sind.

Die vegetative Vermehrbarkeit bedeutet, dass Pflanzenteile wie Äste, dünne Zweige, Wurzelstücke und Brutknospen, in die Erde eingelegt, zu neuen und kompletten Pflanzen heranwachsen.

Dies geschieht durch die Bildung proventiver oder adventiver Spross- oder Wurzelanlagen:

Proventive Spross- oder Wurzelanlagen entwickeln sich aus sogenannten schlafenden Knospen, die bereits am jungen Stamm vorhanden sind, jedoch während der weiteren Entwicklung der Pflanze im Ruhezustand verharren. Diese Anlagen sind mit dem Mark verbunden.

Adventive Spross- oder Wurzelanlagen entstehen unter einem bestimmten Reiz aus dem Kambium oder nach Verletzung aus dem Wundkallus. Sie sind nicht mit dem Mark verbunden und viel unregelmässiger am Steckholz oder Steckling verteilt.

2.12. Fähigkeit zur Sprosswurzelbildung (Adventivwurzelbildung)

Die Fähigkeit von Gehölzen, zusätzlich zum vorhandenen Wurzelsystem am überschütteten und mit Erde abgedeckten Stammabschnitt proventive oder adventive Wurzelanlagen, so genannte Sprosswurzeln, auszubilden, ist notwendig beim Überschütten ganzer Pflanzen für die häufig verwendete horizontale Einlage bei verschiedenen ingenieurbioologischen Massnahmen. Die Fähigkeit zur Sprosswurzelbildung brauchen auch senkrecht wachsende Gehölze, die von Geschiebe führenden Hochwässern eingeschlämmt oder vom abrutschenden Hangmaterial übermurt werden.

Gehölze mit dieser Fähigkeit können in der Baumschule als Absenker, Ableger oder Abrisse vermehrt werden. Zu beachten ist, dass bei der horizontalen Einlage von bewurzelten Gehölzen 15-20 cm der Stammspitze aus der Erde herausragen, damit genügend junge Sprosse und Blätter für die wichtige Assimilationstätigkeit und in Folge für die Adventivwurzelbildung ausgebildet werden.

sehr gut bis gut geeignet

Erlen	<i>Alnus glutinosa, incana, viridis</i>
Eschen	<i>Fraxinus excelsior, ornus</i>
Silberpappel	<i>Populus alba</i>
Bergahorn	<i>Acer pseudoplatanus</i>
Traubenkirsche	<i>Prunus padus</i>
Vogelbeerbaum	<i>Sorbus aucuparia</i>
Hasel	<i>Corylus avellana</i>
Hartriegel	<i>Cornus sanguinea</i>
Pfaffenhütchen	<i>Evonymus europaea</i>
Heckenkirsche	<i>Lonicera xylosteum</i>
Gemeiner Schneeball	<i>Viburnum opulus</i>
Wolliger Schneeball	<i>Viburnum lantana</i>
Kornelkirsche	<i>Cornus mas</i>

geeignet bis bedingt geeignet

Faulbaum	<i>Frangula alnus</i>
Weissdorn	<i>Crataegus monogyna</i>
Birke	<i>Betula pendula</i>
Hagebuche	<i>Carpinus betulus</i>
Feldahorn	<i>Acer campestre</i>
Spitzahorn	<i>Acer platanoides</i>
Vogelkirsche	<i>Prunus avium</i>
Sommerlinde	<i>Tilia platyphyllos</i>
Winterlinde	<i>Tilia cordata</i>

2.13. Ökologische Fähigkeiten

Neben den vielen technisch-biologischen Fähigkeiten haben Pflanzen eine grosse ökologische Bedeutung, die vor allem im Siedlungsgebiet sehr wichtig sind. Da es dazu bereits viel Literatur gibt, werden in wenigen Punkten nur die wichtigsten ökologischen Fähigkeiten erwähnt:

- Erhöhung der Luftfeuchtigkeit und Abkühlung durch Transpiration

Als Sauerstoffspender sind Pflanzen von geringer Bedeutung, weil sie dessen hohen Anteil in der Luft untertags nur unwesentlich erhöhen und in der Nacht wieder verbrauchen.

- Schattenspender durch Zweige und Blätter
- Mechanischer Schutz von Fassaden und Mauern
- Windschutz
- Staubfilterung und Abgasschutz
- Lärmschutz
- Ästhetisch wirksame Gestaltungselemente
- Abwechslungsreiches Farbenspiel durch Jahreszeitenwechsel, Blüten und Fruchtbildung
- Spielraum für Kinder und Erholungsraum für Erwachsenen
- Nutzpflanzen (Blätter, Blüten und Früchte) für Menschen und Tiere
- Lebensraum für viele Tiere und weitere Pflanzen.

3. Weidenspreitlage

3.1. Anwendung

Die Weidenspreitlage hält als flächige Bauweise von allen untersuchten ingenieurb biologischen Bauweisen die höchsten Belastungen aus. Der Einsatzbereich der Spreitlage ist universell, vor allem eignet sie sich zur Sicherung von Prallufeln bzw. Ufern, die hohen hydraulischen Beanspruchungen ausgesetzt sind. Weidenspreitlagen bieten sofort nach der Fertigstellung einen wirksamen Erosionsschutz. Durch das Aufwachsen vieler dünnen Zweige, die deshalb auch lange elastisch bleiben, leicht niedergedrückt und überströmt werden, ist der Einfluss auf die Fließgeschwindigkeit und das Abflussvermögen einige Zeit gering bei Gewährleistung eines sehr guten Uferschutzes.

3.2. Baustoff

Ausschlagfähiges, möglichst geradewüchsiges Astwerk mit Seitentrieben überwiegend von Strauchweiden. Je nach Dichte der Seitentriebe werden 20 – 50 Äste und/oder Ruten je Laufmeter gelegt, wenn die Astlänge gleich Böschungslänge ist. Das Astwerk soll nicht kürzer als 1.5 m sein. Wenn diese Länge nicht ausreicht, werden mehrere Lagen gebaut, wobei die Überdeckung wenigstens 0.3 m betragen sollte (gegenläufiges Dachziegelprinzip). Bei Mangel an ausschlagfähigem Astwerk, können auch nicht ausschlagfähige Gehölzteile (Reisig) mit eingebaut werden. In diesem Falle ist auf die Mischung zu achten, damit ein möglichst gleichmässiger Anwuchs gewährleistet wird.

3.3. Ausführung

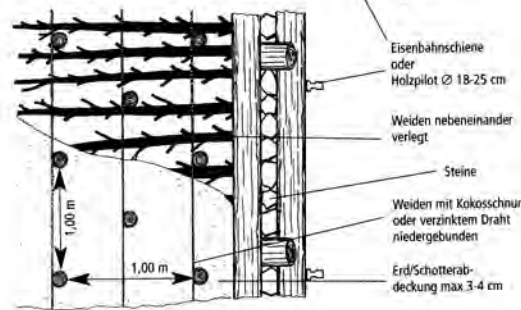
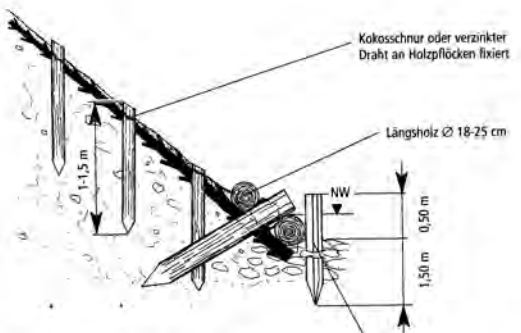
Die Weidenspreitlage besteht aus Weidenästen, die quer zur Fließrichtung eng aneinander liegend auf die Böschung aufgelegt werden. Es soll eine möglichst dichte Bodenabdeckung (80%) erzielt werden. Für die optimale Entwicklung der Spreitlage ist es wichtig, dass die basalen Enden der Weidenäste ins Wasser reichen, damit eine optimale Wasserversorgung gewährleistet wird. Der Böschungsfuss stellt das Fundament der Spreitlage dar und muss dem Gewässertyp entsprechend mittels Holzkrainerwänden, Raubäumen, Senkfaschinen oder Steinblöcken vor dem Wasserangriff geschützt werden. In Reihenabständen von ca. 1 m werden die Weidenäste mit Draht, Kokosschnur, Holzstangen, Faschinen oder Flechtzäunen an Holzpflocken befestigt und dicht an die Bodenoberfläche niedergebunden.

Die Kokosschnur hat den Nachteil, dass sie sich bei Feuchtigkeit dehnt und die Äste dadurch nicht mehr so fest an der Bodenoberfläche gedrückt werden. Ausserdem ist sie sehr empfindlich gegen Geschiebebetrieb und nur kurzlebig (sie beginnt sich nach ca. 1.5 Jahren aufzulösen). Bei hohen Belastungen sollen die Holzpflocke in einem engeren Raster von 0.8 – 1.0 m angeordnet sein. Die Abdeckung der Weidenäste mit Flusskies darf nicht stärker als 3 - 4 cm erfolgen, sonst sind die jungen, wachsenden Sprosse nicht im Stande, die Abdeckung zu durchstossen. Weidenspreitlagen können im zeitigen Frühjahr oder im Spätherbst gebaut werden, letzteres hat den Vorteil, dass sich die Weiden früher bewurzeln und bei der Schneeschmelze einen guten Hochwasserschutz bieten.

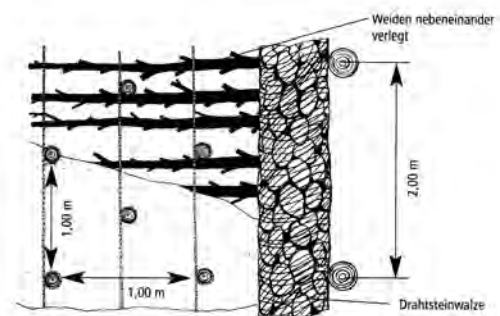
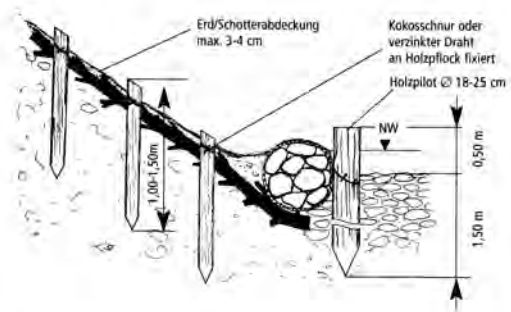
Zwischen den dicht verlegten Weidenästen (die aus verschiedenen Arten bestehen sollen) ist es zweckmässig, zusätzlich bewurzelte Sprosswurzeln bildende Laubgehölze einzulegen, wobei nach dem Einlegen die Sprossspitze ca. 20 cm heraussehen soll.

3.4. Bauzeit

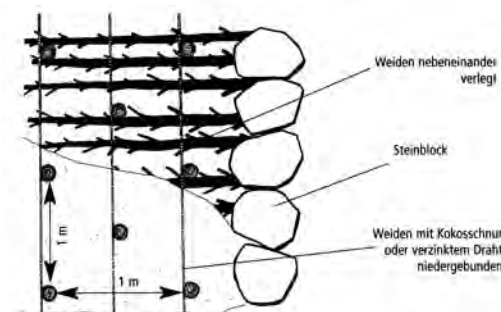
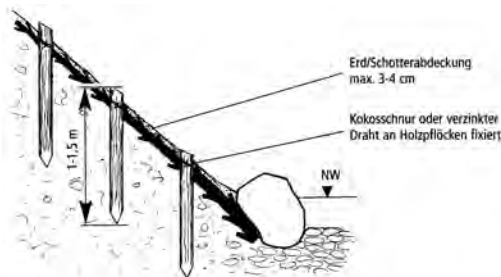
Spreitlagen sollen möglichst während der Vegetationsruhe eingebaut werden.



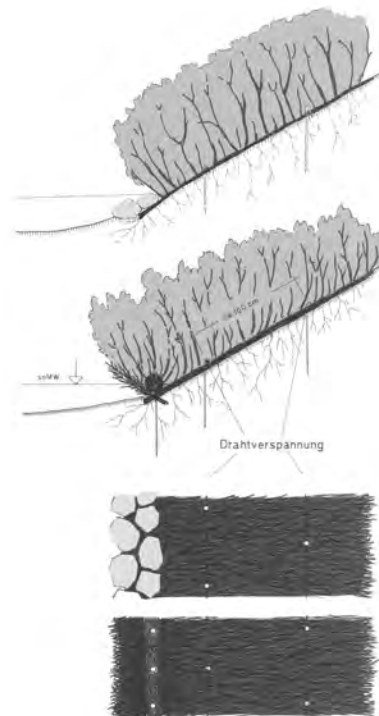
Willenspreitlage mit einfacher Holzkrainerwand als Fußsicherung.



Willenspreitlage mit Drahtsteinwalze als Fußsicherung.



Willenspreitlage mit Steinblöcken als Fußsicherung.



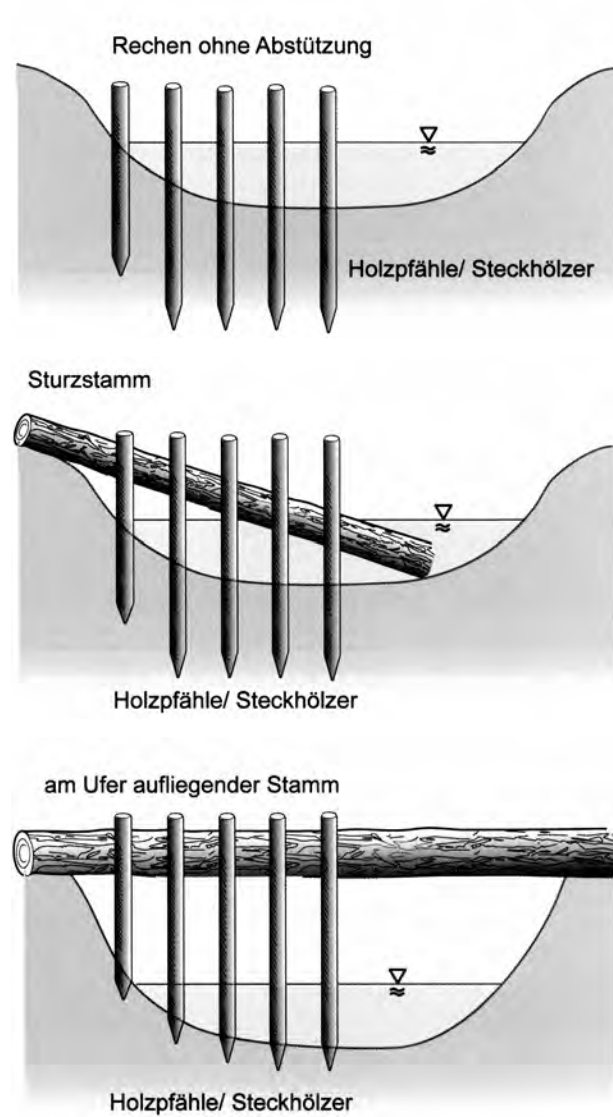
4. Holzrechen

4.1. Anwendung

Durch das Auffangen von Treibgut entwickelt sich der Rechen zur Buhne, was infolge Querschnitteinengung zu einer direkten und indirekten Strukturverbesserung führt. In kleinen Gewässern hilft diese Massnahme die Strömung zu lenken und die Sohle anzuheben.

4.2. Ausführung

Als Auflager dient ein querliegender eingebauter Stamm mit langer Haltbarkeit (Eiche, Robinie). Die Pfähle, auch Steckhölzer, werden eingeschlagen und/oder angelegt.



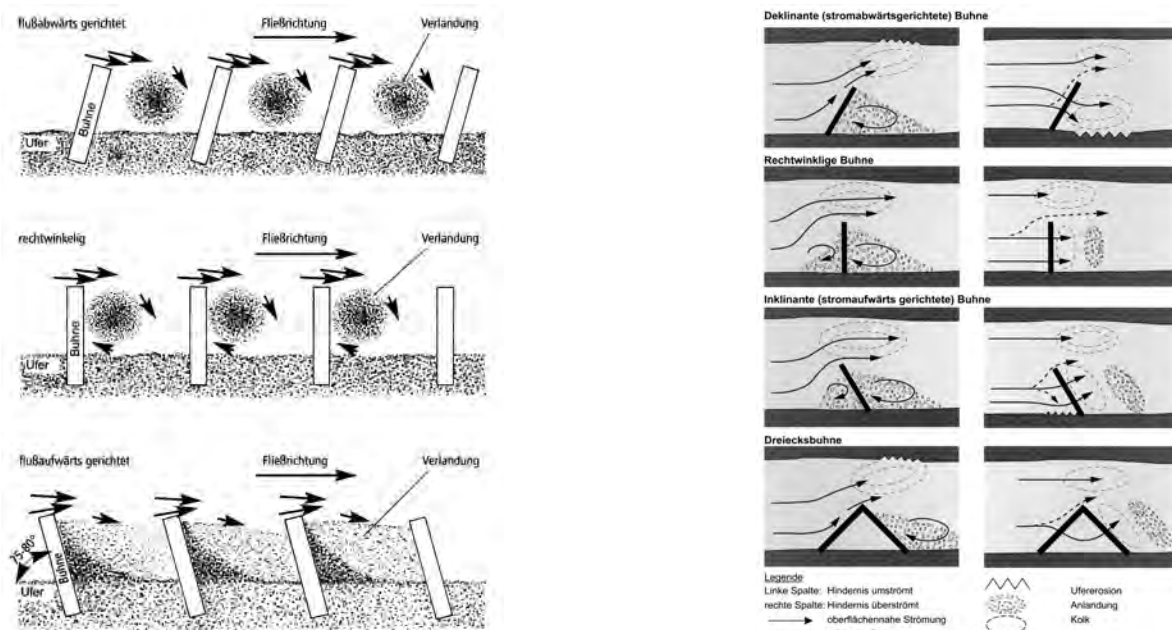
5. Buhnen

5.1. Anwendung

Buhnen sind quer zur Fließrichtung angeordnete Bauwerke, welche die Stromlinien im Unterschied zu Längswerken nur punktförmig begrenzen und meist in breiteren (über 10 m) Fließgewässern zum Schutz und zur Sanierung von Uferabbrüchen verwendet werden. Nach der Funktion (Wasserablenkung) gibt es Nieder-, Mittel- und Hochwasserbuhnen und nach der Lage zur Fließrichtung werden senkrecht, flussaufwärts (inklinant) oder flussabwärts (deklinant) gerichtete Buhnen unterschieden. Besonders günstig wirken sich inklinante, mit einem Winkel von $75^\circ - 80^\circ$ gegen die Flussrichtung geneigte Buhnen auf die Absicherung von Ufern aus, weil durch diese Neigung das Wasser zur Flussmitte hin abgelenkt wird. Der Abstand der Buhnen untereinander soll das 1.5- bis 2.5-fache ihrer hydraulisch wirksamen Länge nicht übersteigen, damit die Strömung das Ufer nicht zu erreichen und die Böschung beschädigen kann. Zwischen den Buhnen lagern sich Schwebstoffe, Geschiebe und Treibgut ab. Diese als Buhnenfelder bezeichneten Bereiche sind von grosser ökologischer Bedeutung, da sie Stillwasserzonen bilden, die von Fischen als Laich- und Aufwuchsorte angenommen werden und infolge der natürlichen Sukzession als Lebensraum für zahlreiche Tiere und Pflanzen dienen. Werden einzelne Buhnen oder Buhnengruppen abwechselnd in einem Abstand der 5- bis 7-fachen Sohlbreite an den Ufern angeordnet, so schafft man bei Niedrigwasser einen gewundenen Wasserlauf und damit eine zusätzliche Belebung des Gewässers.

5.2. Ausführung

Die Bauart hängt von der zu erwartenden Wasserspiegellage und den entsprechenden Sohl- und Wandschubspannungen ab. Als Gehölze sind ausschliesslich flexible Sträucher zu verwenden, damit sie den Buhnenkörper selbst schützen und für ein auftretendes Hochwasserereignis nur geringe Abflusshindernisse darstellen. Besonders stark muss der Buhnenkopf gebaut werden, die Buhnenwurzel soll zu $1/3 - 1/4$ der Gesamtlänge in das Ufer reichen. Deklinante Buhnen sind wegen ihres Strömungsmusters gegen Erosion am gesamten Buhnenkörper besonders zu schützen. Grössere Steinblöcke eignen sich dafür sehr gut.



U. Zehnder, Abteilung Landschaft und Gewässer, Sektion Wasserbau

Nach Florineth, F., 2004: „Pflanzen statt Beton“, Handbuch zur Ingenieurbiologie und Vegetationstechnik, S. 153 – 156, ISBN 3-87617-107-5, Patzer Verlag, Berlin - Hannover

6. Faschinenwand

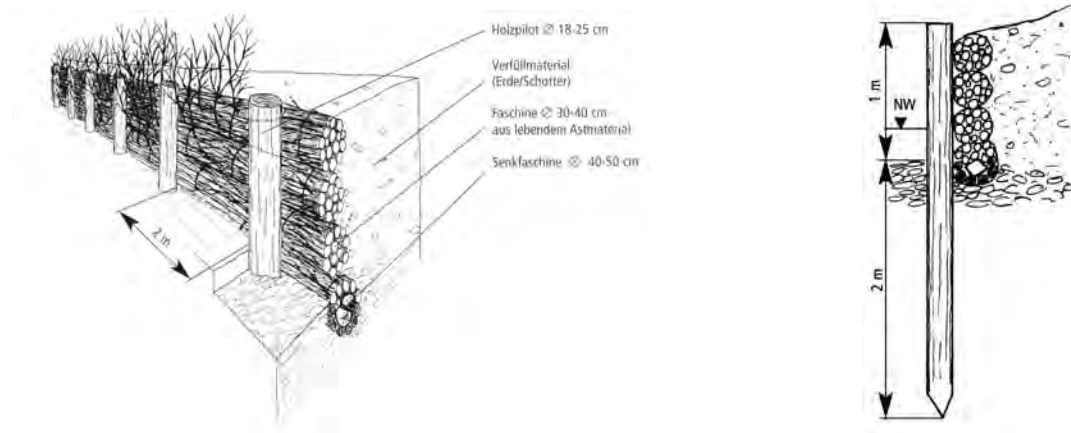
6.1. Anwendung

Die Faschinenwand ist eine vertikale, linear wirksame Bauweise, die nur einen schmalen Bereich der Böschung schützen kann. Sie besteht aus Faschinen, die übereinander gelegt und mit Holzpiloten gesichert werden. Aufgrund der vertikalen Anordnung der Faschinen beschatten die oberen Sprosse die unteren, weshalb im unteren Bereich die Sprossentwicklung gehemmt ist und die Faschinen in weiterer Folge absterben können. Deshalb sollte die Faschinenwand nicht höher als 1.0 m gebaut und generell nur dort verwendet werden, wo aus Platzgründen unbedingt eine senkrechte Bauweise notwendig ist.

Aufgrund der vertikalen Bauweise hängt die Lebensdauer sehr stark von der Dauerhaftigkeit der Holzpiloten ab. Wird die Faschinenwand überströmt und der darüber liegende Böschungsabschnitt nicht zusätzlich geschützt, dann kann der Böschungskörper hinter der Faschinenwand erodiert werden. Ausserdem ist zu berücksichtigen, dass es am oberen Rand des Einflussbereiches der Weiden, infolge der unterschiedlichen Rauheiten, zu linearen Erosion entlang der Faschinenwand kommen kann.

6.2. Ausführung

Hinter einer Holzpfahlreihe (Abstand 1.5 – 2.0 m) werden mehrere Lagen von Weidenfaschinen senkrecht übereinander gelegt und an den Holzpfählen befestigt. Die unterste Lage ist eine Senkfaschine mit Totästen und/oder Steinen. Nach Fertigstellung wird der böschungsseitige Bereich mit einem Erde – Flussskies – Gemisch hinterfüllt und entsprechend bepflanzt.



7. Raubaum

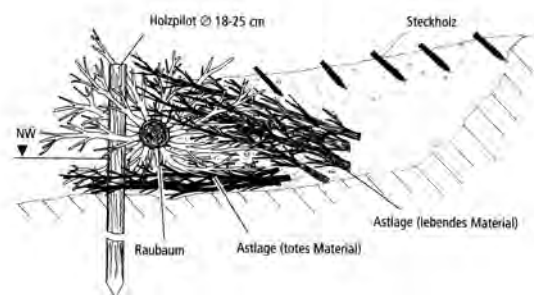
7.1. Anwendung

Der Uferschutz durch Raubbäume ist wahrscheinlich die älteste Ufersicherungsbauweise. Diese war schon den Römern bekannt. Raubbäume werden vor allem als Sofortmassnahme nach Hochwasserereignissen eingesetzt, um frisch angerissene oder angebrochene Ufer vor weiterer Erosion zu schützen. Sie vermindern den direkten Angriff des Wassers auf das beschädigte Ufer und verringern die Fließgeschwindigkeit, wodurch sich Geschiebe und Schwemmgut ablageren können. Deshalb eignen sich als Raubbäume vor allem dicht belaubte Nadelhölzer mit elastischen Ästen (Fichten), die mit der Baukrone in Fließrichtung verlegt und (mit Seilen) befestigt werden.

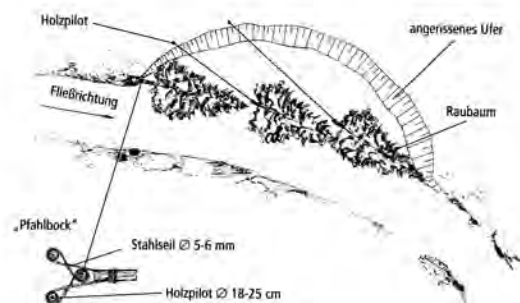
Raubbäume stellen aber nur einen temporären Uferschutz dar, weshalb zur Erreichung eines dauerhaften Schutzes weitere Massnahmen notwendig sind.

7.2. Ausführung

Die Bäume werden mit der Spitze in Fließrichtung vor das zu schützende Ufer eingelegt und (mit Draht- oder Siselseilen) an Pfählen bzw. an nahe gelegenen starken Bäumen verankert. Die Einbauweise kann in Längsrichtung nach der ehemaligen Uferlinie erfolgen, leichter ist jedoch ein diagonaler Einbau direkt vom Böschungsrand aus. Dicht benadelte Fichten eignen sich besonders gut als Raubbäume. Wenn vegetativ vermehrbare Baumstämme wie Baumweiden oder Schwarzpappeln verwendet werden, so treiben diese nach dem Einschlämmen wieder aus.



Raubbäume mit Astlagen und Steckholzbepflanzung, hinterfüllt mit Flusskies oder Erdmaterial.



Raubbäume als einfache und zeitlich begrenzte Ufersicherung (Sofortmaßnahme).

8. Steckhölzer

8.1. Anwendung

Sicherung und Stabilisierung von Erdböschungen und Ufern ohne harte Verbauungen, Durchwurzelung der Ufer.

8.2. Ausführung

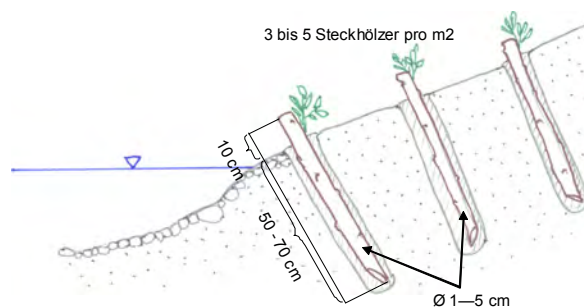
Steckhölzer sind starke Zweige oder Äste von 3 bis 8 cm Dicke und 0.4 bis 1.0 m Länge lebender, ausschlagfähiger Holzpflanzen. Es sind alle Weidenarten ausser Salweide ("Salix caprea") verwendbar. Als Faustregel gilt: Steckhölzer schmalblättriger Weidenarten eignen sich gut, Steckhölzer breitblättriger Weidenarten eignen sich nicht. Es können auch Schwarzpappel, Liguster, Grünerle, schwarze und Bergjohannisbeere sowie Berberitze verwendet werden. Bei der Verarbeitung soll die Rinde der Steckhölzer möglichst nicht verletzt werden.

Steckhölzer werden generell in der Vegetationsruhe (Spätherbst und Winter) geschnitten und eingebracht. Das Stecken am selben Tag bringt den grössten Anwuchserfolg. Ist dies nicht möglich, sind Steckhölzer im kalten und fliessenden Wasser (gut zusammenbinden und vor Abdriften sichern), in einer Kühlzelle oder unter einer Schneedecke frisch zu halten.

Zum Einbau werden mit dem Locheisen Löcher schräg (Winkel von bis zu 45°) in die Ufer getrieben. Die Steckhölzer werden unten schräg abgeschnitten und in die vorbereiteten Löcher gesteckt, die danach aufzufüllen sind. Steckhölzer sollten höchstens 10 cm aus der Erde herausragen, damit sie nicht vertrocknen. Die Hölzer sind so wie sie an der Pflanze gewachsen sind, mit den Knospen nach oben, zu stecken und können bis auf die Wasserlinie hinunter eingesetzt werden. Das Auffüllen der Löcher nach dem Stecken verhindert das Austrocknen der Hölzer und Äste; je dicker das Holz, desto geringer die Gefahr des Vertrocknens.

Bei einem guten Austrieb genügen 3 – 5 Steckhölzer pro m² Uferböschung. (Steckverband 0.5 – 0.6 x 0.5 – 0.6 m).

Es handelt sich um eine rasch ausführbare, billige Ufersicherungsmethode.



9. Weidenfaschine und Senkfaschine

9.1. Anwendung

Faschinen sind an mehreren Stellen zusammengebundene Bündel von ausschlagfähigen Ästen. Senkfaschinen eignen sich vor allem zur Sicherung des Böschungsfusses. Mit Weidenfaschinen können flache Uferböschungen gesichert werden, die hohen Belastungen ausgesetzt sind. Ein Vorteil gegenüber der ebenfalls flächenwirksamen Weidenspreitlage besteht in der glatten Oberfläche der längsgerichteten Faschinen, der Nachteil ist die mangelnde Anbindung ans Wasser, die an regenarmen Standorten zum Problem werden kann.

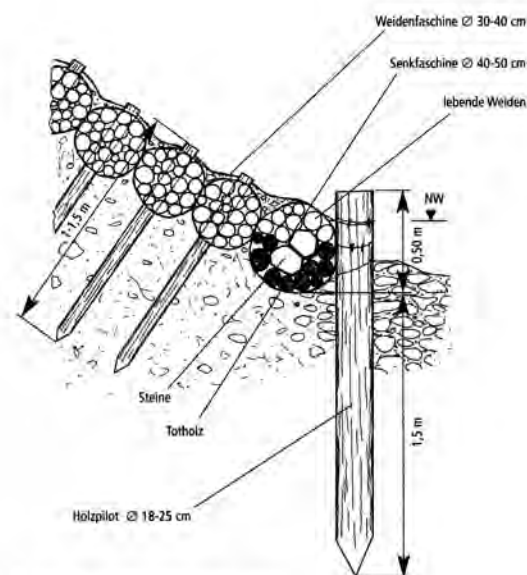
9.2. Ausführung

Beim Bau der Weidenfaschinen werden die Weidenäste unterschiedlicher Stärke auf dem Boden oder auf einem Holzbock aufgelegt und in einem Abstand von 1.0 m mit Draht zusammengebunden, so dass 30 – 40 cm dicke Weidenbündel entstehen. Die Längen der Faschinen kann unterschiedlich sein, sie richtet sich in erster Linie danach, welches Baugerät bzw. wie viele Personen für den Transport zur Verfügung stehen. Die Weidenfaschinen werden am Ort des Einbaus mit den Astspitzen in Fließrichtung verlegt. Die Befestigung erfolgt mit ca. 1.0 – 1.5 m langen Holzpflocken, die in einem Abstand von ca. 1.5 m in die Böschung eingeschlagen werden.

Für eine optimale Vegetationsentwicklung müssen die Faschinen gut in den Boden eingebunden werden, deshalb sollen die Böschungen nicht steiler als 1 : 3 geneigt sein, weil sonst die Gefahr besteht, dass Teile der Faschinen austrocknen. Nach dem Einbau der Faschinen werden sie 3 – 4 cm hoch mit sandigem Flussskies abgedeckt und angefüllt, damit sie besser austreiben können und vor zu starker Austrocknung geschützt sind. Ebenso wie die Spreitlagen bieten die Weidenfaschinen durch ihre flächige Wirkungsweise sofort nach Baufertigstellung einen wirksamen Erosionsschutz mit einer lang anhaltenden Elastizität der vielen dünnen

Zweige. Zur Erhöhung der Artenvielfalt werden auch bei den Weidenfaschinen einzelne bewurzelte, Sprosswurzeln, bildende Laubgehölze eingelegt.

Senkfaschinen sind 30 – 60 cm dicke Bündel aus zum Grossteil totem und starkem Pflanzenmaterial, die in der Mitte mit Steinen gefüllt sind, damit sie im Wasser absinken. Senkfaschinen werden an der zu verlegenden Stelle gebaut und an vorher eingeschlagenen Holzpfählen verankert. Sie werden meist als Fussicherung unter Wasser z.B. für Weidenfaschinenreihen verwendet.



Faschinenreihe mit Senkfaschine als Fußsicherung und aneinander gereihten Weidenfaschinen.

10. Vorgesehene Massnahmen

<i>Abschnitt</i>	<i>Massnahme</i>
0 - 15	Weidenspreitlage mit einfacher Holzkrainerwand als Fussicherung; Steine auf Innenseite
15 - 25	Pfähle als Rechen, Abstand ca 3 m
25 - 35	Keine Massnahmen
35 - 45	Pfahlbuhnen, inklinant, 150, Länge 1 m, Abstand 2 m
45 - 65	Faschinenwand
65 - 75	Pfahlbuhnen, inklinant, 150, Länge 1 m, Abstand 2 m
75 - 95	Keine Massnahmen
95 - 105	Pfähle als Rechen, Abstand ca 3 m
105 - 120	Pfahlbuhnen, inklinant, 150, Länge 1 m, Abstand 2 m
120 - 130	Faschinenwand
130 - 135	Raubäume
135 - 140	Keine Massnahmen
140	Störstein verschieben
140 - 160	Steckhölzer
160 - 173	Keine Massnahmen
173 - 180	Faschinenreihe mit Senkmaschine als Fussicherung (Schilf vorhanden)
180 - 190	Steckhölzer
190 - 205	Keine Massnahmen
205 - 220	Pfahlbuhnen, inklinant, 150, Länge 1 m, Abstand 2 m
220 - 240	Keine Massnahmen (ev. Steckhölzer nach Holzerei Pappeln)

11. Schadensbilder

Die nachstehenden Schadensbilder können sowohl einzeln als auch in Kombination auftreten. Gewisse Schadensbilder treten auch häufig in einer Abfolge auf, so zum Beispiel das Abrutschen der Böschung nach einer Unterspülung.

11.1. Pflanzenentwicklung

11.1.1. Keine Pflanzenentwicklung

Viele Fälle weisen keine Pflanzenentwicklung auf. Dies stellt an sich keinen Schaden dar, die Ufersicherung wirkt dann jedoch lediglich mechanisch und übernimmt weder eine Stabilisierung des Bodens durch Wurzeln noch eine Reduktion der Fließgeschwindigkeit durch die oberirdischen Sprosse.

Gefährdungsprozesse:

- Beschattung
- Trockenheit
- Weitere ungünstige Standortfaktoren
- Überstauung
- Versandung / Überschotterung
- Geschwemmsel.

Behebungsarbeiten:

- keine, Neubau der Ufersicherung.

11.1.2. Zuwachsen des Hochwasserprofils

Kleine Bäche, welche mit Weiden verbaut werden, wachsen häufig nach kurzer Zeit fast vollständig zu. Dies ist kein Schaden an der Verbauung, jedoch nehmen die Abflusskapazität des Gewässers und damit die Hochwassersicherheit stark ab. Die Gefährdung durch Überflutungen und das Risiko von dadurch verursachten Schäden steigt.

Gefährdungsprozesse:

- Starkes Pflanzenwachstum bei schmalen Bach
- Waagrechtes Pflanzenwachstum aus senkrechter Verbauung.

Behebungsarbeiten:

- regelmässige Pflegeschnitte in kurzen Zeitabständen.

Massnahmen an schmalen Bächen (bis ca. 3 m):

- keine übermässige Verwendung von Weiden, insbesondere nicht an beiden Ufern
- keine senkrechten Weidenverbauungen.

11.2. Schädigung der Pflanzen

11.2.1. Umbiegen der Äste

Beim Überströmen der Ufersicherung werden die Weidenäste umgebogen. Solange sie genügend dünn und flexibel sind, stellen sie sich von selbst innerhalb kurzer Zeit wieder auf. Von einer Beschädigung kann in diesem Fall nicht gesprochen werden. Je älter die Weiden jedoch sind, desto weniger elastisch verhalten sie

sich. Die umgebogenen Weidenäste können sich nicht mehr aufstellen und bleiben liegen. Häufig treiben sie danach wieder aus, jedoch „in der Luft“, d.h. an der Stelle, wo der neue Spross austreibt, besteht häufig kein Erdkontakt, so dass sich dort keine Wurzeln entwickeln können. Der Spross bezieht dann Wasser und Nährstoffe aus den ursprünglichen Wurzeln. Für den Schutz des Ufers sind diese Austriebe nur bedingt wertvoll, da das darunter liegende Erdmaterial mangels Wurzelentwicklung leicht erodiert wird.

Gefährdungsprozesse:

- Strömungsdruck
- Geschiebetrieb / Murgang
- Schneedruck
- Wind
- Erholungsdruck.

Behebungsarbeiten:

- keine bei elastischem Umbiegen, auf den Stock setzen bei plastischem Umbiegen.

Massnahmen:

- keine.

11.2.2. Ausreissen der Blätter bzw. Knospen

Bei Hochwasser oder Murgang werden häufig die Blätter vom Spross gerissen. Die Weiden präsentieren sich daraufhin kahl. Auch Wildverbiss führt zu einem ähnlichen Schadensbild, da die Blätter, Knospen und jungen Triebe abäst werden. Die Weiden regenerieren sich normalerweise innert kurzer Zeit ohne Pflegemassnahmen, wenn die Beanspruchung vorbei ist.

Gefährdungsprozesse:

- Strömungsdruck
- Geschiebetrieb / Murgang
- Wild / Schädlinge.

Behebungsarbeiten:

- keine, ev. auf den Stock setzen.

Massnahmen:

- keine.

11.2.3. Abschälen der Rinde

Geschiebetrieb bzw. Murgänge führen durch den Abrieb zum Abschälen der Rinde bei den sohlennahen Weiden, im Extremfall wird auch das Kernholz beschädigt. In der Strömung mitgeführtes Geschwemmsel, Eistrieb und das Fegen und / oder Schälen von Wildtieren können die Rinde ebenfalls beschädigen.

Gefährdungsprozesse:

- Geschiebetrieb / Murgang
- Eistrieb
- Geschwemmsel
- Wild / Schädlinge.

Behebungsarbeiten:

- Auf den Stock setzen, vor allem bei Gefahr des Austrocknens.

Massnahmen:

- Keine Verwendung von Weiden im Bereich der häufigen Geschiebeführung.

11.2.4. Ausreissen der Pflanzen

Die Pflanzen können mit oder ohne Wurzelstock ausgerissen werden. Bleiben die Wurzeln im Boden, so bleibt ein gewisser Schutz des Ufers erhalten. Die Weiden werden in den meisten Fällen wieder austreiben. Wird der Wurzelstock mit ausgerissen, so wird damit auch die Böschung beschädigt und das in die Böschung gerissene Loch bildet den Ausgangspunkt für weitergehende Erosionen. Bei linearen Verbauungen kann mit der gekippten Weide auch die gesamte Verbauung aus der Böschung gerissen werden. Das Ausreissen erfolgt in erster Linie durch die Strömung, insbesondere wenn die Pflanzen durch hängen gebliebenes Geschwemmsel eine grössere Angriffsfläche bieten oder ihre Verankerung durch Erosion geschwächt ist (z.B. bei Steckhölzern).

Gefährdungsprozesse:

- Strömungsdruck (in Kombination mit Erosionsprozessen und Geschwemmsel)
- Strömungskonzentration
- Geschiebetrieb / Murgang
- Eistrieb
- Wild / Schädlinge
- Erholungsdruck
- Mutwillig Zerstörung.

Behebungsarbeiten:

- Räumung des Gerinnes.

Massnahmen:

- regelmässige Pflegeschnitte um Weiden nicht zu starr werden zu lassen.

11.3. Schäden an der Verbauung**11.3.1. Auswaschung**

Als Auswaschung werden leichte Oberflächenerosionen bezeichnet, welche häufig bei Überflutungen kurz nach der Fertigstellung auftreten. Dabei wird die Erde um die Weidenäste aus der Verbauung gewaschen.

Gefährdungsprozesse:

- Strömungskonzentration
- Oberflächenerosion
- Erosion an Übergängen
- Niederschlag.

Behebungsarbeiten:

- Wiederherstellung des Erdkontaktes, Übererdung.

Massnahmen:

- keine.

11.3.2. Unterspülung / Zerstörung der Böschungfussicherung

Bei einer Unterspülung wird die Böschung unterhalb der Verbauung erodiert. Dies erfolgt meist im Zusammenhang mit einer Zerstörung der Böschungsfussicherung. Unterspülungen können nicht nur bei Hochwasser sondern auch bei Mittelwasser auftreten, wenn durch die dauernde, eventuell zum Ufer gelenkte Strömung der Böschungsfuss angegriffen wird.

Gefährdungsprozesse:

- Wellenschlag
- Geschiebetrieb / Murgang
- Sohlenerosion
- Morphologischer Kolk
- Bauwerkskolk
- Erosion an Übergängen.

Behebungsarbeiten:

- Sicherung des Böschungsfusses.

Massnahmen:

- Sorgfältige Projektierung und Ausführung der Böschungsfussicherung und des Kolkschutzes.

11.3.3. Hinterspülung / Erosionen bei Übergängen

Hinterspülungen sind Erosionen der Böschung hinter der Verbauung. Sie treten sehr häufig bei linearen Verbauungen auf, wie bei Faschinen, da dort die Belastung am Übergang von der rauen Weidenverbauung zum relativ glatten Rasen sehr hoch ist. Ein ähnliches Schadensbild ergibt sich auch allgemein an Übergängen zwischen verschiedenen Bauweisen.

Gefährdungsprozesse:

- Erosion an Übergängen.

Behebungsarbeiten:

- Hinterfüllung, vorteilhaft mit etwas gröberem Material, ev. Neubau mit flächiger Bauweise.

Massnahmen:

- Sorgfältige Projektierung und Ausführung von Übergängen, Verwendung von flächigen Strukturen.

11.3.4. Teilweise oder vollständige Zerstörung der Verbauung

Bei grossen Beanspruchungen, insbesondere bei Hochwasser, können Verbauungen zerstört werden. Eine vollständig zerstörte Verbauung kann dennoch die Böschung schützen. Die Böschung selber wird nur unwesentlich erodiert. Der Neubau der Ufersicherung ist jedoch nötig.

Gefährdungsprozesse:

- Strömungsdruck
- Strömungskonzentration
- Sohlenerosion
- Morphologischer Kolk
- Bauwerkskolk
- Erosion bei Übergängen.

Behebungsarbeiten:

- Neubau der Ufersicherung.

11.3.5. Abrutschen der Böschung

Die Böschung kann nicht nur erodiert werden, sie kann auch teilweise oder als Ganzes abrutschen. Dieses Schadensbild tritt häufig nach einer Unterspülung auf, da dann die Böschung ihren stützenden Fuss verliert. Eine Faschine als lineares Bauwerk kann dieses Abrutschen nicht verhindern.

Gefährdungsprozesse:

- Wellenschlag
- Sohlenerosion
- Morphologischer Kolk
- Bauwerkskolk
- Böschungsinstabilität.

Behebungsarbeiten:

- Schüttung der Böschung, Neubau der Ufersicherung.

11.3.6. Aufsteilung der Böschung

Die Aufsteilung der Böschung entsteht durch Auflandungen, die durch den Bewuchs gefördert werden. Die einst flache Böschung wird somit immer steiler. Die aufgesteilte Böschung an sich stellt keinen Schaden dar, die Verletzbarkeit der Böschung gegenüber Erosionsprozessen steigt damit jedoch erheblich.

Gefährdungsprozesse:

- Versandung / Überschotterung.

Behebungsarbeiten:

- Abtrag des aufgelandeten Materials, Neubau der Ufersicherung.

Massnahmen:

- keine.