> Ingenieurbiologische Bauweisen im naturnahen Wasserbau

Praxishilfe



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Bundesamt für Umwelt BAFU

> Ingenieurbiologische Bauweisen im naturnahen Wasserbau

Praxishilfe

Überarbeitete Ausgabe 2010

Herausgegeben vom Bundesamt für Umwelt BAFU
Bern, 2010

Impressum

Herausgeber
Bundesamt für Umwelt (BAFU)
Das BAFU ist ein Amt des Eidg. Departements für Umwelt, Verkehr,
Energie und Kommunikation (UVEK).

Autorin
Helgard Zeh, Dipl. Ing. Landschaftsplanerin, Worb (BE)

Zitierung
Zeh Helgard 2010: Ingenieurbiologische Bauweisen im naturnahen Wasserbau.
Praxishilfe. Umwelt-Wissen Nr. 1004. Bundesamt für Umwelt, Bern. 59 S.

Begleitung BAFU
Otto Naef, Abt. Gefahrenprävention
Georg Ledergerber, Abt. Kommunikation

Gestaltung
Karin Nöthiger, 5443 Niederrohrdorf

Zeichnungen
Dipl. Ing. Peter Geitz

Titelfoto
BAFU

Bezug der gedruckten Fassung und PDF-Download
BBL, Vertrieb Bundespublikationen, CH-3003 Bern
Tel. +41 (0)31 325 50 50, Fax +41 (0)31 325 50 58
Bestellnummer: 810.300.115d
Preis: CHF 10.– (inkl. MWSt)
www.umwelt-schweiz.ch/uw-1004-d

Diese Publikation ist auch in französischer Sprache vorhanden.

© BAFU 2010

> Inhalt

Abstracts **5**
Vorwort **7**

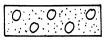
1 Krautige Bauweisen

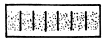

1.1 Trockensaat 8

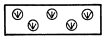

1.2 Mulchsaat 9

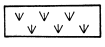

1.3 Heublumensaat 10


1.4 Nasssaat, Hydrosaat 11

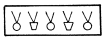

1.5 Schotterrasen 12


1.6 Fertigrasen, Rasenverlegung 13

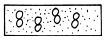

1.7 Transplantation, Umpflanzen 14

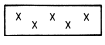

1.8 Rhizompflanzung, Horstteilung 15

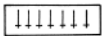

1.9 Halmpflanzung 16

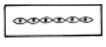

1.10 Container- und Topfpflanzung 17

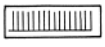
2 Holzige Bauweisen


2.1 Gehölzsaat 18


2.2 Steckhölzer 19


2.3 Palisaden, lebende Bürsten und Kämme 20

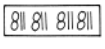

2.4 Flechtzaun 21

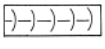

2.5 Spreitlage 22

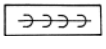

2.6 Buschlage 23

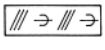

2.7 Heckenlage 24


2.8 Heckenbuschlage 25

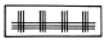

2.9 Cordonpflanzung 26

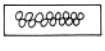

2.10 Hangfaschine 27

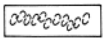

2.11 Uferfaschine 28

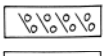

2.12 Faschine auf Buschlage, Weidenwippe 29

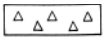

2.13 Gitterbuschbau 30


2.14 Packwerk 31

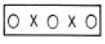

2.15 Gehölzpflanzung 32

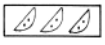

2.16 Pionierpflanzung 33

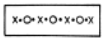

2.17 Riefenpflanzung 34

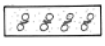

2.18 Aufforstung 35

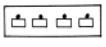
3 Kombinierte Bauweisen

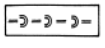

3.1 Begrünte Steinschüttung, 36

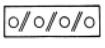

Begrünter Filterkeil 36

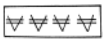

3.2 Fugenbepflanzung, begrünte Pflasterung 37


3.3 Begrünte Trockenmauer 38

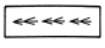

3.4 Bepflanzte Betonkrainerwand 39


3.5 Senkfaschine 40

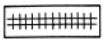

3.6 Buschbautraverse 41


3.7 Runsenausbuschung 42


3.8 Reisiglage 43


3.9 Raubaum 44


3.10 Lebende Buhne 45


3.11 Lahnung 46

3.12 Bepflanzte Holzkrainerwand 47

3.13 Hangrost 48

3.14 Erd- und Felsnagel (Anker) 49

3.15 Fangnetz, Steinschlagnetz 50

3.16 Bepflanzte Drahtsteinkörbe 51

3.17 Strukturgitter, Bewehrungsmatte 52

3.18 Begrünte Böschungsschutzmatte 53

3.19 Begrünter Geotextilkörper 54

3.20 Geotextiluferfaschine 55

3.21 Vegetationswalze, Röhrichtwalze 56

Anhang

Glossar 57
Anpassung der Terminologie 58
Literaturverzeichnis 59

> Abstracts

The updated practical advice for nearnatural hydraulic engineering describes the most common construction methods using plants. The construction methods using herbaceous or woody plants, or a combination, are presented in the form texts, sketches and signs and are intended to help awarding authorities, planners, engineers, site managers and contractors to better integrate their constructions into the landscape. The descriptions include ancient know-how, modern civil engineering techniques and new research results.

Keywords:
Living buildings, plant-based construction materials, near natural construction methods, vegetation development, environmental design, biotechnology

Die aktualisierte Praxishilfe für den naturnahen Wasserbau beschreibt die gebräuchlichsten Bauweisen mit Pflanzen. Die mittels Texten, Skizzen und Signeten dargestellten krautigen, holzigen und kombinierten Bauweisen sollen dazu beitragen, dass Bauherren, Planerinnen, Ingenieure, Bauführerinnen und Ausführende ihre Bauwerke noch besser in die Landschaft eingliedern. Altes Erfahrungswissen, moderne Bautechniken und neue Forschungserkenntnisse sind in die Beschreibungen eingeflossen.

Stichwörter:
Lebende Bauwerke, Pflanzenbaumaterial, naturnahe Bauweisen, Vegetationsentwicklung, Umweltgestaltung, Biotechnik

La version actualisée du guide pratique pour un aménagement de cours d'eau proche de la nature décrit les méthodes de construction les plus courantes utilisant des végétaux. Les méthodes de construction avec des plantes herbacées, avec des plantes ligneuses et les méthodes combinées présentées au moyen de textes, esquisses et remarques d'utilisation ont pour objectif d'aider les maîtres d'ouvrage, les planificateurs, les ingénieurs, les entrepreneurs et les personnes exécutant les travaux à intégrer encore mieux leurs ouvrages dans le paysage. Les expériences passées, les techniques de construction modernes et les nouvelles connaissances issues de la recherche sont prises en compte dans les descriptions.

Mots-clés:
Ouvrages végétaux, matériau de construction végétal, méthodes de construction proches de la nature, développement de la végétation, aménagement de l'environnement, génie biologique

La pratica ambientale aggiornata relativa a un'ingegneria idraulica naturalistica descrive le tecniche di costruzione più comuni che utilizzano la vegetazione. I modi di costruire utilizzando piante erbacee o legnose, oppure una combinazione delle due, sono presentati sotto forma di testi, bozze e insegne e devono contribuire affinché i committenti, gli addetti alla pianificazione, gli ingegneri, i capocantieri e gli esecutori integrino ancora meglio le loro co-struzioni nel paesaggio. Le descrizioni includono anche antiche conoscenze basate sull'esperienza, su tecniche di costruzione moderne e su nuove scoperte fatte dalla ricerca.

Parole chiave:
arole chiave: opere vive, materiale di costruzione vegetale, metodi di costruzione seminaturali, sviluppo della vegetazione, configurazione dell'ambiente, biotecnologia

> Vorwort

Die Ingenieurbiologie hat sich in den letzten Jahrzehnten zu einem eigentlichen Fachgebiet entwickelt.

> Die Ingenieurbiologie befasst sich mit dem lebendigen Gestalten unserer Umwelt durch eine naturnahe Art des Bauens. Als Baustoffe für ingenieurbiologische Bauwerke dienen natürlich gewachsene Materialien sowie technische Hilfs- und Ergänzungsstoffe.
> Die Ingenieurbiologie ist ein Teilgebiet des Bauwesens, welches zur Zielerreichung vorwiegend lebende Baustoffe, also Saatgut, Pflanzen, Pflanzenteile und Pflanzengesellschaften, einsetzt.
> Ingenieurbiologie ist gelegentlich als Ersatz, meist jedoch als sinnvolle und notwendige Ergänzung des klassischen Ingenieurbaus zu verstehen.
> Ingenieurbiologie kommt in allen Bereichen des Grund- und Wasserbaus mit Schwerpunkt Hang- und Ufersicherung sowie Erosionskontrolle zum Zuge.
> Ingenieurbiologische Baumethoden können überall dort eingesetzt werden, wo die als lebender Baustoff verwendeten Pflanzen gut gedeihen können.

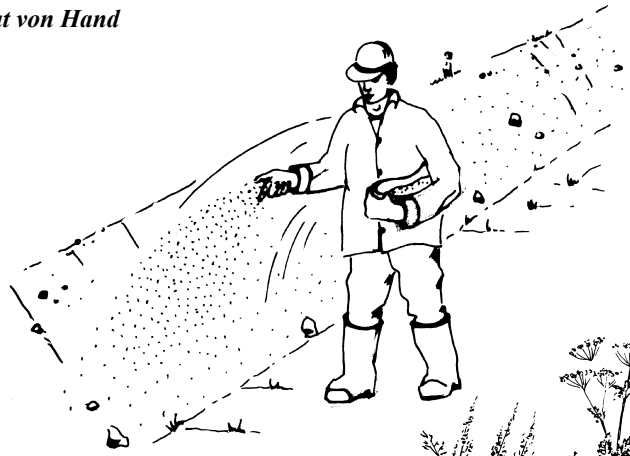
Die Praxishilfe «Ingenieurbiologische Bauweisen im naturnahen Wasserbau» erscheint nun aktualisiert in dritter Auflage. Bei der Überarbeitung wurden die seit der ersten Auflage vor 16 Jahren erschienenen Fachbücher zum Thema Ingenieurbiologie im Literaturverzeichnis nachgeführt. Die VSS-Normen Ingenieurbiologie werden derzeit ebenfalls aktualisiert. Zudem wurden alle Begriffe der Bauweisen den internationalen Vereinbarungen angepasst, wie sie in «Ingenieurbiologie – Handbuch Bautypen» (Zeh H. 2007) beschrieben sind. So ist es möglich, sich in sieben europäischen Sprachen über das Gleiche zu verständigen. Selbstverständlich fliessen in die Bauweisen durch die Anwender so viele regionale Besonderheiten ein, dass sich das auch in der Benennung ausdrückt. So werden die Berner weiterhin von «Grotzen» sprechen, auch wenn es im Deutschen «Raubaum» heisst. Sämtliche Zeichnungen wurden von Dipl. Ing. Peter Geitz angefertigt, der viele dieser Bauweisen selbst angewendet hat.

Bei der Planung und Ausführung von wasserbaulichen Massnahmen wird es darauf ankommen, aus der Fülle von Möglichkeiten die geeignetste Bauweise für den richtigen Ort und den optimalen Zeitpunkt auszuwählen. Wichtige Voraussetzung ist jedoch, dass den Fliessgewässern der für die Erfüllung der ökologischen Funktionen und der Erhaltung der Gewässerdynamik erforderliche Raum zugestanden wird. Wer sich auf die Fliessgewässerdynamik einlässt, wird auch beweglich genug sein, die sich stets verändernden ingenieurbiologischen Bauweisen richtig einzusetzen.

Andreas Götz
Vizedirektor
Bundesamt für Umwelt (BAFU)

1.1 Trockensaat

Aussaat von Hand





Nährstoffreicher Boden



Nährstoffarmer Boden

> Beschreibung

Auf standfesten, jedoch aufgerauten Rohböden wird Handelssaatgut von heimischen Gras- und Krautarten (einjährige Deckfruchtarten, Leguminosen) von Hand oder maschinell gesät. Bei Oberflächenerosion siehe andere Verfahren in diesem Bericht. Auf humushaltigen Flächen wird Handelssaatgut entsprechend der VSS-Norm gesät.

> Material

Standortgerechtes Saatgut, VSS A–G, Natur ch, OH-Flora, -Alpin, -Logro, -Highway, z. T. mit Mykorrhiza-Pilzen, 5–20 g/m²; Dünger 30–50 g/m² nur als Startdüngung, sonst zu geringe Tiefenwurzelung.

> Zeitwahl

Am günstigsten zu Beginn der Vegetationsperiode.

> Wirkungen

Keine Sofortwirkung, Keimung nach 2–4 Wochen, erst dann wird der Boden auf einer Tiefe von 10–30 cm durchwurzelt. Bodenbefestigung, flächige Bodendeckung, Wasserverbrauch bei feuchten Böden und Verringerung der Austrocknung bei trockenen Böden. Mit Pionierpflanzen wird die Bodenaktivität begünstigt. Flächen, die ständig mit Gras bewachsen bleiben sollen, müssen geschnitten werden, sonst kommen Gehölze auf.

> Vorteile

Einfach, rasch und billig, flächenwirksam.

> Nachteile

Schutzwirkung erst nach Anwachsen. Da auf Rohböden der Kleinklimaschutz fehlt, keimt der Samen ungleichmässig, so dass kleinräumige Erosionen entstehen können.

> Anwendungsbereiche

Gelände- und Hangböschungen, Ufer, Vorkultur bzw. Zwischensaat für Anpflanzungen, temporäre Begrünung von Materialdeponien. Nicht alles ansäen, standfeste Hänge der Selbstbesiedlung überlassen.

1.2 Mulchsaat



> Beschreibung

Auf die humuslosen Flächen werden geeignetes Saatgut, Dünger, bodenbelebende, bodenstabilisierende und/oder wachstumsfördernde Mittel gestreut. Danach wird eine 10 cm dicke Mulchschicht mit langhalmigem Stroh oder buschigem Astwerk ausgebreitet. Anschliessend befestigt man die Strohdecke gegen Ortsverlagerung mit speziellen pflanzenverträglichen (organischen) Klebern, z. B. mittels mit kaltem Wasser verdünnbaren Bitumenemulsionen. Alle Arbeiten können von Hand oder maschinell ausgeführt werden. Bei extremen Verhältnissen lassen sich Mulchsaaten mit Stiften oder Matten zusätzlich befestigen (Stifteln oder Gitterschiechteln nach H. M. Schiechtl).

> Material

300–500 g/m² Langstroh (Langheu, Holzfasern, Kompost); 40–60 g/m² mineralischer oder 50–100 g/m² organischer Dünger; Saatgut, je nach Standort 5–20 g/m²; ¼ l/m² 25-prozentige Bitumenemulsion, mit derselben Menge Wasser verdünnt, verschiedene technische und biologische Präparate; je nach Standort Gitter, Matten, Pflöcke und Draht- oder Kunststoffnetze, Reisig.

> Zeitwahl

Während der ganzen Vegetationsperiode.

> Wirkungen

Die Strohschicht (oder das Astwerk) bewirkt einen guten Ausgleich der mikroklimatischen Extreme in der bodennahen Luftschicht. Sie schützt das keimende Saatgut und den Boden gegen mechanische Eingriffe/Schädigungen. Die Dünger sollen lediglich eine ausreichende Ernährung sichern, so dass sich nach dem Selektions- und Sukzessionsprinzip nur Pflanzen halten können, die den Boden lange und tief durchwurzeln. Die Mulchschicht wird zur Basis des natürlichen Humuswachstums.

> Vorteile

Einfaches, sehr rasch wirksames und billiges Begrünungsverfahren, in unerschlossenem Gelände von Hand und maschinell ausführbar. Verhindert Versandungen.

> Nachteile

Die Möglichkeit, grosse Flächen einfach wieder zu begrünen, verleitet zu überdimensionierten Eingriffen wie z. B. Pistenplanierungen oder Strassenbau in alpinen Regionen (lange Regenerationszeiten)

> Anwendungsbereiche

Meistverwendete Berasungsmethode im Alpenraum wegen der Möglichkeit, erosionsgefährdete Flächen sofort zu befestigen. Wiederbegrünung von Deponien und Halden, Uferböschungen, Katastrophenflächen, Bekämpfung von Winderosion. Bevor angesät wird, sollte untersucht werden, ob die Böschungen abgeflacht werden können, um sie der Selbstbesiedlung zu überlassen.

1.3 Heublumensaat





Wurzelentwicklung von Heublumen zahlreicher Arten



Wurzelprofil einer Pioniergesellschaft in Hanglage

> Beschreibung

Die samenreichen Reste des autochthonen Bergheues werden einige Zentimeter dick ausgestreut. Um das Verwehen zu verhindern, soll dies auf feuchtem Boden geschehen, oder die Heublumen müssen benetzt werden.

> Material

0,5–1 kg/m² Heublumen, die auf dem Boden der Heustadel zusammengewischt werden, oder gedroschenes Heu. Man kann auch im Spätsommer vorhandene Graswiesen verwandter Standorte bzw. benachbarter Flächen mähen und das Mähgut direkt auf die zu begrünenden Flächen ausstreuen.

> Zeitwahl

Während der ganzen Vegetationsperiode; am besten im ersten Drittel.

> Wirkungen

Die Heublumensaat wirkt bei genügender Dicke bodendeckend. Dadurch schützt sie gegen mechanische Eingriffe/ Schädigungen und verbessert die mikroklimatischen Verhältnisse. Diese den örtlichen Verhältnissen angepasste Methode bietet den besten Schutz.

> Vorteile

Heublumen sind generell das standortgerechte Saatgut. Es findet keine Florenverfälschung statt. Deshalb ist der hohe Beschaffungsaufwand gerechtfertigt.

> Nachteile

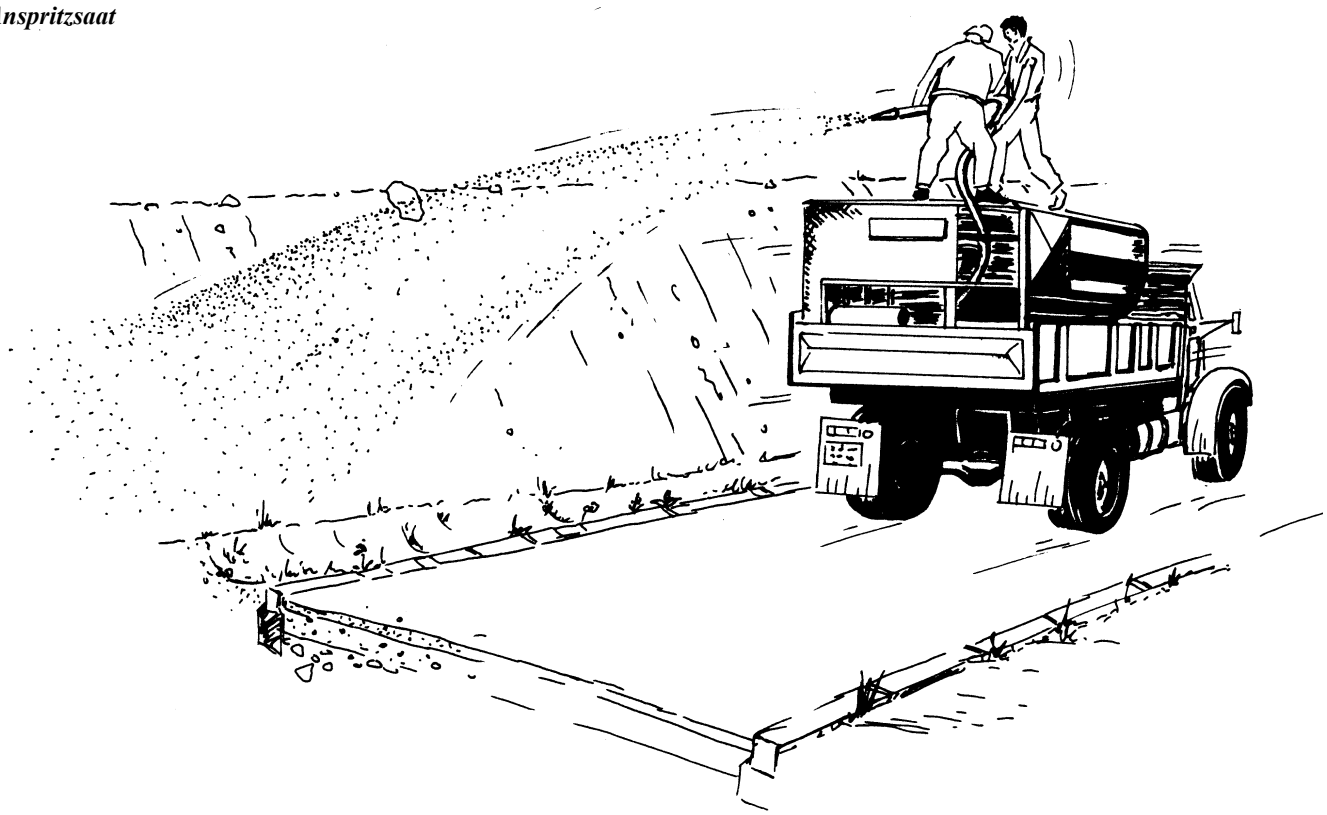
Heublumen sind nur in geringen Mengen dort zu beschaffen, wo in der Nähe Mähwiesen sind. Es ist mühsam und aufwendig, Heublumen von Hand einzusammeln.

> Anwendungsbereiche

Besonders an Standorten oberhalb der Waldgrenze (Alpregion), wo Handelssaatgut nicht verwendet werden sollte. Dauergrünland im Gebirge, wo eine artenreiche Pflanzengesellschaft das Ziel ist. Bei Wiederbegrünung von Skipisten in Kombination mit Mulchsaaten oder Anspritzsaaten. In Naturschutzgebieten sollte gründsätzlich nur örtliches Saatgut verwendet werden.

1.4 Nasssaat, Hydrosaat

Anspritzsaat



> Beschreibung

Bei der Nasssaat oder Hydrosaat werden in einem Mischaggregat Saatgut, Dünger, Bodenverbesserungsstoffe, Mykorrhiza, Kleber und Wasser zu einem Brei vermischt und mit einer Pumpe auf humuslose Flächen bzw. Rohboden gesprüht. Die Zusammensetzung, die Auftragsdicke und die Anzahl der Spritzvorgänge variieren je nach firmenspezifischem Verfahren.

> Material

1–30 l/m² fertiges Mischgut, das sich aus Handelssaatgut 10–30 g/m², gehäckseltem Stroh 100–200 g/m², Dünger, Bodenbelebungsstoffen, Kleber und Wasser zusammensetzt. Die Materialmenge ist vom Standort abhängig. Fässer mit Pumpe, Hydroseeder, Helikopter oder Flugzeug.

> Zeitwahl

Im Mittelland von April bis Oktober. Im alpinen Raum nur während der schneefreien Zeit.

> Wirkungen

Für das Saatgut wird durch die Beimischung ergänzender Stoffe ein günstiges Keimbett geschaffen. Der Kleber verbindet Saatgut, Dünger und Bodenbelebungsstoffe zu einer erdigen Kruste, die auch auf dem Untergrund haftet. Er verhindert den Zerfall des Samens in der Keimphase und baut sich nach einiger Zeit wieder ab. Das beigemischte Wasser fördert das Quellen des Samens und beschleunigt die Begrünung. Die Ansaaten können auf Jahrzehnte hinaus das Eindringen von unerwünschten Pflanzen verhindern.

> Vorteile

Möglichkeit, felsige, grobsteinige oder sehr steile und schwer zugängliche Böschungen rasch zu begrünen.

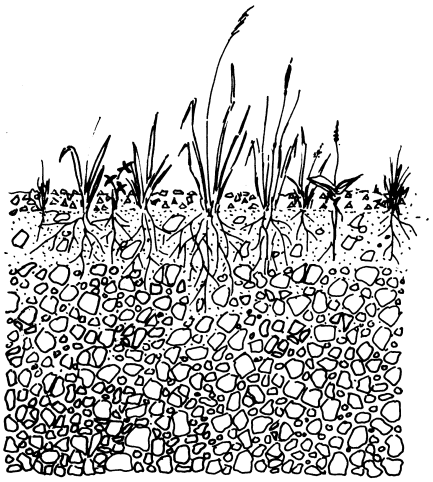
> Nachteile

Die Baustelle muss für Fahrzeuge zugänglich sein. Der Maschinenaufwand ist teuer. Die Reichweite mit Schläuchen beträgt bis 300 m, ohne Schläuche höchstens 40 m. Die Anspritzsaat verleitet zu grossflächigen und monotonen Böschungsplanierungen, z. B. Skipisten.

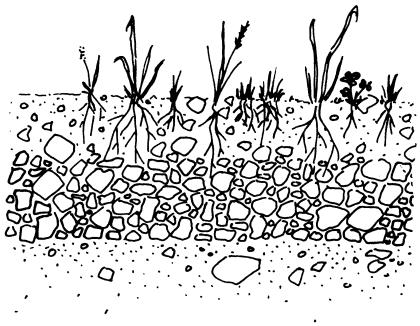
> Anwendungsbereiche

Besonders für steile, felsige und steinige Böschungen, sofern diese mit dem Fahrzeug erreichbar sind. Kombination mit Mulchsaaten. Standfeste Felsen oder geologische Formationen sind dem Ablauf der Sukzession zu überlassen.

1.5 Schotterrasen



Aufbau	Material	Arbeit
Deckschicht	*3 cm Splitt 3/16 mm* *oder Jura-Splitt 5/7 mm*	Abwalzen Ausbreiten mit der Schaufel
Tragschicht	*Samen: 10–30 g/m² Schotterrasenmischung* *Dünger: 20 g/m² im Jahr der Aussaat*	Von Hand ausstreuen und einwalzen
	10–15 cm Humus mit Steinen *oder: 85 % Kies 2 und 15 % Oberboden*	Lose ausbreiten
Unterbau	*Je nach Untergrund 40–50 cm Schotter 16/25 mm (Jura) oder Kiessand 1*	Verdichten



Aufbau	Material	Arbeit
Deckschicht	*Gräser- und Kräutermischung für Schotterrasen 10–30 g/m² 10 cm dick:* *80 % Kies 845 und 20 % Oberboden*	Säen und walzen Mischen und ausbreiten
Tragschicht	*15 cm Kies 16/45 ohne Feinteile, um die Entwässerung und Verwurzelung zu fördern und Frostschäden zu mildern*	Ausbreiten
Unterbau	*Ausgleichen des Geländes, Naturerde*	Abwalzen, Steine entfernen

> Beschreibung

Auf einem festen Untergrund wird eine magere, wuchsfähige Tragschicht aufgebracht. Beim Einbringen von Geotextilien kann weniger Unterbaumaterial verwendet werden. Das artenreiche Saatgut keimt in der Tragschicht und wird durch eine 3 cm dicke Deckschicht vor Erosion geschützt.

> Material

Unterbau: 10–50 cm, Schotter 16/25 mm, evtl. Geotextilien als Trennschicht. Tragschicht: 10–15 cm, 85 % Kies 2, +15 % Oberboden mit 10–30 g/m² Schotterrasenmischung. Deckschicht: 3 cm Splitt 3/16 mm.

> Zeitwahl

In der Vegetationszeit, im Mittelland von April bis Oktober.

> Wirkungen

Die Pflanzengesellschaften passen sich den Standorten und Belastungen an. Meist siedeln sich seltene Arten an. Das Befahren und Parkieren schränkt den Bewuchs ein. Die behandelten Flächen sind versickerungsfähig.

> Vorteile

Belastbar, befahrbar, versickerungsfähig, mit Magerwiese bewachsen, pflegeextensiv. Treibstoffreste werden von den Pflanzen teilweise abgebaut.

> Nachteile

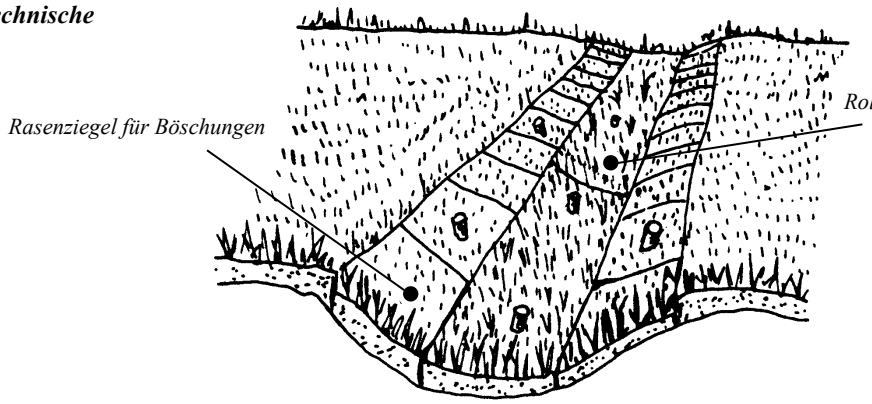
Schotter wird beim Bremsen verlagert. Es können sich Spurrillen und Pfützen bilden; Vorsicht beim Schneeräumen. Nicht in Grundwasserschutzgebieten anzuwenden.

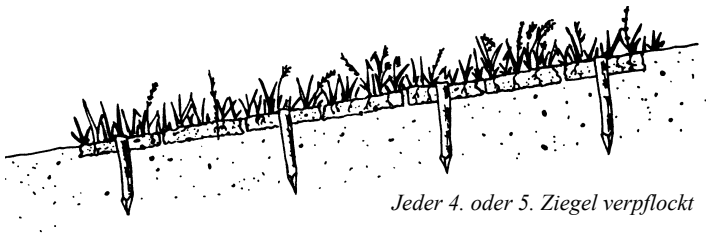
> Anwendungsbereiche

Befestigung von Mittelstreifen oder Strassenbanketten, nicht dauernd belegte Parkplätze, Rastplätze, Veranstaltungsflächen, Feuerwehrzufahrten, wenig benutzte Wege.

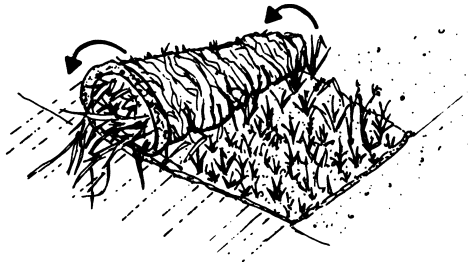
1.6 Fertigrasen, Rasenverlegung

Rasenrinne als biotechnische Entwässerung





Jeder 4. oder 5. Ziegel verpflockt



Verlegen von Rollrasen, vorkultiviert oder aus Wiese in Hanglinie

> Beschreibung

Aus natürlichen Rasen- oder Wiesenflächen werden Stücke von ca. 40 x 40 cm entnommen. Sie werden auf ähnliche Böden wie der Wuchsort verlegt, und auf steilem Gelände wird jedes 4. oder 5. Stück mit kurzen Pflöcken vernagelt, so dass der Pflock nicht herausragt. Bei Beanspruchung durch Fliesswasser lassen sich Maschendrahtnetze oder Geotextilien darüberspannen. Bei Rollrasen verlegt man die Bahnen vertikal, vernäht sie seitlich und befestigt sie alle Laufmeter mit einem Pflock. Nach dem Verlegen wird der Rasen festgestampft oder gewalzt.

> Material

Quadratische Stücke von 40 x 40 cm aus Wiesen und Grasbeständen, je nach Durchwurzelungstiefe 5–10 cm dick. Rollrasen (Schälrasen) in handelsüblichen Dimensionen (40 cm breit, 2–4 cm dick, bis 3 m lang.) Wiesen mit hohem Gras sind vorher zu mähen. Bei längerer Lagerung nur Haufen von 1 m Breite und 0,6 m Höhe bauen. Bei empfindlichen Rasen Transport und Lagerung auf Paletten; Holzpflöcke oder Dachlatten, Durchmesser 3–5 cm, ca. 30 cm lang; Maschendraht oder Geotextilien, z. B. grobmaschige Kokosgewebe je nach Bedarf.

> Zeitwahl

Am besten während der Vegetationszeit, bei Lagerung im Winter: Achtung vor Mäusen und Fäulnis.

> Wirkungen

Sofort nach dem Verlegen ist die Oberfläche geschützt, und nach einigen Tagen ist der Rasen mit dem Untergrund verwachsen.

> Vorteile

Geschlossene Vegetationsdecke nach dem Verlegen. Wiederverwendung wertvoller alpiner oder feuchter Pflanzengesellschaften.

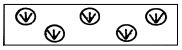
> Nachteile

Nur kleine Flächen, da es schwierig ist, Rasenziegel in grösseren Mengen herzustellen; nicht bei Bodenbewegungen verwendbar; teurer als Ansäen.

> Anwendungsbereiche

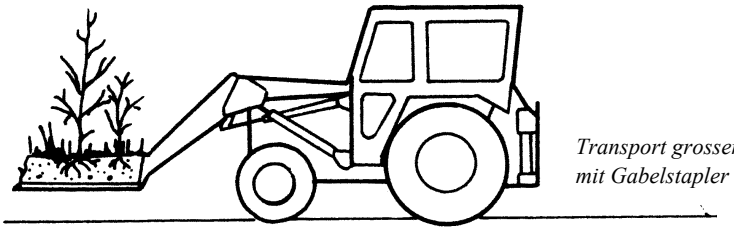
Alpine Rasenverpflanzungen oberhalb der Baumgrenze bei Strassenbau, Pistenplanierungen, künstlichen Geländeanschnitten und Aufschüttungen; Uferböschungen; zur Auskleidung von Rasenrinnen als biotechnische Entwässerung entlang von Strassen, in feuchten Böschungen, zur Entwässerung von Skipisten. Rasenziegel können zu einer Rasenmauer von geringer Höhe übereinandergestapelt werden, z. B. niedrige Rasenmauer bei übererdeten Durchlässen an Bächen oder Rasenmauer an steilen Strassenkurven.

1.7 Transplantation, Umpflanzen



Manuelles Ausstechen von Vegetationsteilen in einer amphibischen Zone





Transport grosser Vegetationsteile mit Gabelstapler

> Beschreibung

Versetzbare Vegetationsstücke können an ähnlichen Standorten wie die, wo sie gewachsen sind, vollflächig, punktuell, streifenförmig oder schachbrettartig gepflanzt werden. Sie werden von Hand oder maschinell ausgegraben oder samt dem durchwurzelten Oberboden abgehoben. Danach werden sie meist auf Paletten gelagert, transportiert und möglichst direkt verlegt, verpflockt oder mit Geotextilien zugedeckt und evtl. bewässert.

> Material

Erdschollen von Trockenrasen, alpinen Rasen, Ufervegetation, Riedgesellschaften, Wiesen, Hecken. Vorwiegend Material, das auf Baustellen anfällt oder schwer durch Saatgut hervorgebracht werden kann. Hochwüchsige Gesellschaften vorher zurückschneiden. Spaten, Greifbagger, Planierraupe; von Hand 30 x 30 cm, maschinell 50 x 100 cm; Bodennägel, Pflöcke.

> Zeitwahl

Während der Vegetationszeit, so dass die Vegetationsstücke sofort weiterwachsen können.

> Wirkungen

Schwer beschaffbare Lebensgemeinschaften von Pflanzen und Kleinlebewesen (Biotop) werden als inselartige Ökozellen an unbelebten Standorten angesiedelt. Dadurch schreitet die Bodenentwicklung und die Sukzession wesentlich rascher voran als bei Ansaaten.

> Vorteile

Wiederverwendung von wertvollen Biotopen, die sonst auf Baustellen zerstört würden (z. B. jahrhundertealter alpiner Rasen).

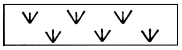
> Nachteile

Nur punktförmige Vegetationsansiedlung, nicht flächendeckend, daher Erosion möglich.

> Anwendungsbereiche

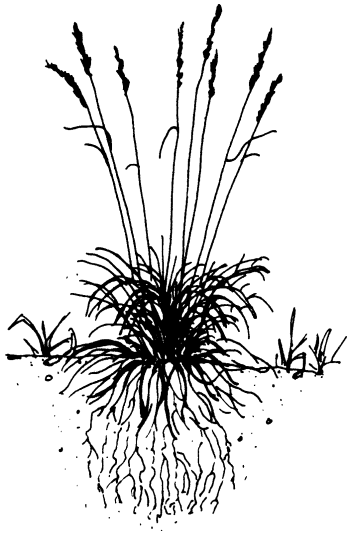
Zur Erhaltung wertvoller Pflanzenbestände; auf Böschungen oder an Ufern, wo die Boden- und Pflanzenentwicklung ausgelöst werden soll; Gehölzumpflanzungen in steinigen Oberflächen oder Erstbesiedlung an neu gestalteten Fliessgewässerstrecken mit Vegetationsstücken, die ober- oder unterhalb des Eingriffes entnommen wurden.

1.8 Rhizompflanzung, Horstteilung





Beispiel eines Standortes, von dem Pflanzen zur Weiterentwicklung entnommen werden können



Teilbare Büschelpflanzen, z. B. Schafschwingel Seggen, Rasenschmiele



Teilbare Rhizomstücke, z. B. Schilf, Rohrkolben, Pestwurz, Iris

> Beschreibung

Schlecht durch Samen, aber vegetativ gut vermehrbare Teile von krautigen Pflanzen werden am natürlichen Standort oder in Pflanzgärten ausgegraben und in kleine Stücke zerteilt, so dass sie weiterwachsen können: bei Rhizomen mind. 1 Knoten, bei Wurzelstöcken mind. 5 Halme und deren Wurzeln, bei Grasziegeln einige oberirdische Teile mit Wurzeln. Die Teile werden zu 3–5 St./m² in Mulden gelegt, in den Boden gesteckt oder ausgestreut, 200–500 g/m², und leicht übererdet (evtl. ankleben oder mit Geotextilien überdecken).

> Material

10–15 cm lange Rhizomstücke, Ausläufer von z. B. Rohrglanzgras, Rotschwingel, Schafgarbe, Gras- oder Krauthorste, die unterirdisch einen mehrachsigen Wuchs besitzen und sich in mehrere Stücke zerteilen lassen oder die gehäckselt werden. Grasziegel gewinnt man durch Säuberung von Wegrändern oder beim Grabenputzen, z. B. kriechende Quecke, Huflattich. Die Pflanzstücke müssen mindestens einen Knoten oder eine Triebknospe besitzen. Erde zum Überdecken; evtl. Kleber, Geotextilien.

> Zeitwahl

Am Anfang der Vegetationszeit.

> Wirkungen

Krautige Pflanzungen durchwurzeln den Boden rascher als Ansaaten und bereichern dadurch die Initialvegetation.

> Vorteile

Die kritische Keimphase von Ansaaten wird durch rasches Verwurzeln der krautigen Pflanzungen überbrückt. Möglichkeit, dem Standort entsprechende, im Handel nicht erhältliche Pflanzen einzubringen.

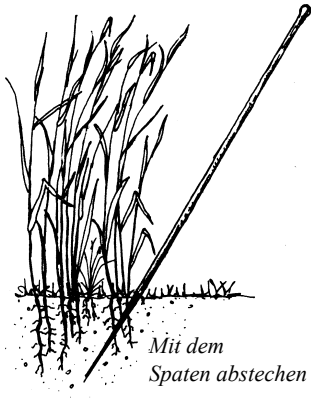
> Nachteile

Materialaufwendig und arbeitsintensiv. Bei starker Ansandung muss die oberste Schicht alle 5–10 Jahre abgeschält werden.

> Anwendungsbereiche

An extremen Standorten, wo wenig Arten leben können, z. B. hochalpine Böschungen mit kurzer Vegetationszeit; an Fliessgewässern, wo krautige Pflanzenteile sinnvoll wiederverwendet werden können; in artenarmen Gebieten, wo Pflanzen verwendet werden müssen, die nicht als Saatgut erhältlich sind, z. B. Strandhafer zur Befestigung von Dünen.

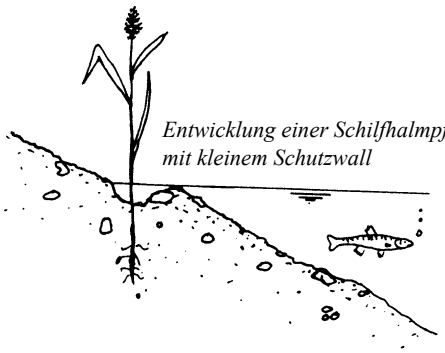
1.9 Halmpflanzung



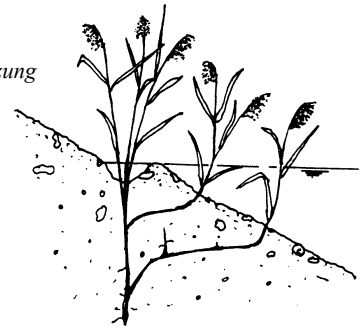
Mit dem Spaten abstechen

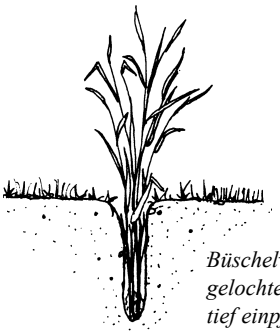
Aufwuchs aus Leghalm





Entwicklung einer Schilfhalmpflanzung mit kleinem Schutzwall





Büschelweise in vorgelochte Löcher ca. 30 cm tief einpflanzen

> Beschreibung

Aus Schilfbeständen werden junge, kräftige, ca. 30–60 cm lange Halme dicht unter der Bodenoberfläche abgestochen. Sie sollten möglichst 2–3 (max. 5) Knoten und entfaltete Blätter haben. Die Schilfhalme dürfen zugedeckt nur kurz gelagert und transportiert werden. Sie werden zu 3–5 Stück senkrecht in vorgebohrte Löcher, ca. 30 cm tief, 5–9 Büschel/m², gesteckt und angetreten. Sie können auch mit einem Reihenabstand von 50–100 cm in Gräben gepflanzt und mit Kies zugedeckt werden.

> Material

Schilf (Wasserschwaden, Rohrglanzgras), 30–60 cm lange Halme bei senkrechter Pflanzung; 200 cm lange ausgereifte Halme bei flächiger Ausbreitung über dem Ufer; Werkzeug: Spaten, Locheisen, bei Erosionsgefahr in der Anwuchsphase vorher Geotextil ausbreiten.

> Zeitwahl

Halmpflanzung nur zur Zeit der Apfelblüte bis zur Ernte des Winterroggens (Anfang Mai bis Ende Juni); Halmausbreitung nur mit ausgereiftem Schilf (ca. August bis September).

> Wirkungen

Rasche Ansiedlung in der Schilfzone, hohe wasserpumpende Kraft: 1 m² Schilf verbraucht jährlich 500–1500 Liter Wasser; Rhizome und Wurzeln festigen in mehreren Etagen den Boden, so dass Durchwurzelungsbereiche bis zu 2 m Tiefe entstehen; Förderung der Sedimentation und der Gewässerreinigung.

> Vorteile

Mit relativ geringem Materialaufwand können in kurzer Zeit auf ausgedehnten Uferflächen Schilfbestände geschaffen werden.

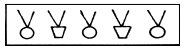
> Nachteile

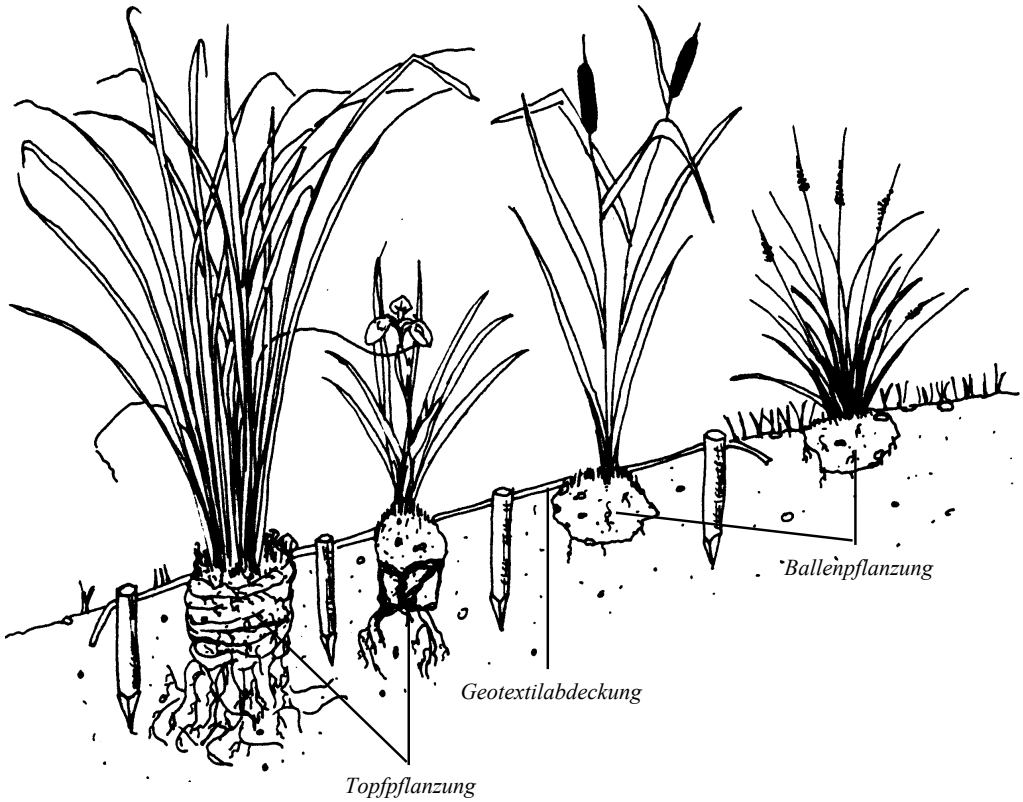
Optimale Wirkung erst im 2. Jahr, Sedimentation im Schilf an Gleitufern führt zu Querprofilverengungen. Nur bei stehenden oder langsam fliessenden Gewässern.

> Anwendungsbereiche

An unbefestigten Ufern aus Feinsand oder Schlamm, Schilfzone an Fliess- und Stillgewässern, als biotechnische Entwässerung an nassen Böschungsteilen. Schilfpflanzungen evtl. mit Geotextilien oder Kies kombinieren.

1.10 Container- und Topfpflanzung





> Beschreibung

Seltene Pflanzenarten der alpinen Zone oder von Feuchtstandorten, deren Samen nicht zu erhalten sind, werden in Gewächshäusern vermehrt und als Container- oder Topfpflanzung an ihrem zukünftigen Wuchsort gepflanzt, oder man sticht Ballen in geschlossenen Vegetationsbeständen aus, ohne den Bestand zu gefährden. Werden die Pflanzen im Wellenschlagbereich gesetzt, empfiehlt es sich, die Wurzelballen in ein organisch abbaubares Gewebe zu verpacken und sie anzupflocken. Sollen Topfpflanzen vor Ausspülung geschützt werden, können sie mit einer Geotextilmatte überdeckt werden. Je nach Pflanzenart sind sie in der jeweils richtigen Zone anzupflanzen.

> Material

Bodenfestigende Gras- und Krautarten der alpinen Zonen. Wurzelballen von Rohrkolben, Schilf, Binsen usw., so weit als möglich aus natürlichen Beständen in Containern, Töpfen, Root-Trainern vorkultiviert, 3–5 Stück/m².

> Zeitwahl

Anfang der Vegetationszeit bei direkter Pflanzung; Saatgut im Herbst einsammeln, in Aufzuchtgärten in Töpfen vorkultivieren und zu Beginn der nächsten Vegetationszeit auspflanzen.

> Wirkungen

Im hoch gelegenen Berggebiet mit nur kurzer Vegetationszeit (ca. 2–3 Monate) stabilisieren Initialpflanzungen aus Töpfen offene Böden am wirkungsvollsten. Vorkultivierte Pflanzen breiten sich rasch unterirdisch aus und schützen als geschlossener Bestand das Ufer vor Erosion. Sie besitzen eine hohe biologische Reinigungskraft und sind Lebensraum für viele Tiere.

> Vorteile

Die kritische Keim- bzw. Anwuchsphase wird durch Vorkultur überbrückt. Wurzelballen wachsen schneller am neuen Standort an als Saaten oder Schilfhalmpflanzungen.

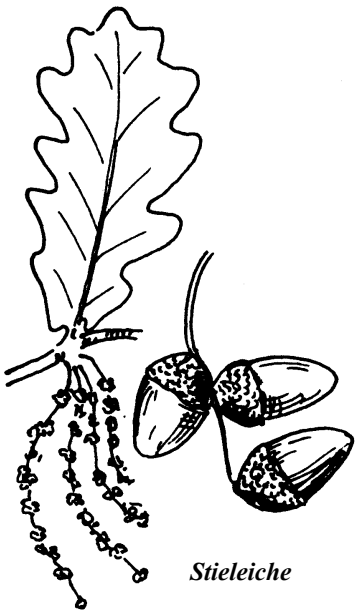
> Nachteile

Nur bei kleinen Flächen, da arbeits- und materialaufwendig.

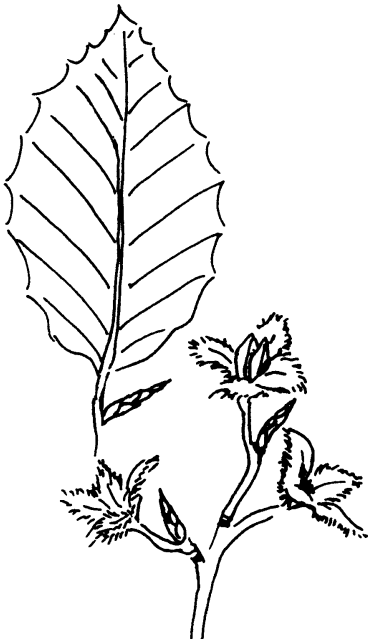
> Anwendungsbereiche

Hochlagebegrünungen an exponierten Stellen. Feuchtstandorte, Ried, Überschwemungsbereiche an Fliessgewässern, Wiederansiedlung von Schilfgesellschaften an Seeufern.

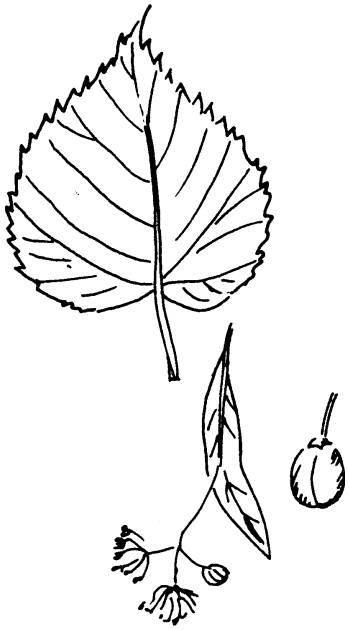
2.1 Gehölzsaat



Stieleiche



Buche



Sommerlinde

> Beschreibung

Die vielen Misserfolge mit Gehölzsaaten beschränken ihre Anwendung. Heute werden zweckmässig Gehölzsamen mit den anderen Saatverfahren gemischt oder es werden spezielle Plätze oder Rillen vorbereitet, in die man das Saatgut für das spätere Verpflanzen einarbeitet. Die Gehölzsaat ist auch im Anspritzsaatverfahren oder als Löchersaat möglich. Bei der Löchersaat werden 1–5 Samen in ein 10 cm tiefes Loch gesteckt und mit 2–3 cm Erde bedeckt.

> Material

Herkunftsgebiet des Handelssaatgutes beachten. Saatgut von Gehölzen in Mengen, die von der Grösse der Samen abhängen (Eichen ca. 20–40 Samen/m²). Vor dem Säen sollen die Samen mit ihren vergesellschafteten Mykorrhiza-Kulturen geimpft werden (siehe Firmenkataloge). Mulchstoffe, Kleber.

> Zeitwahl

In der Vegetationszeit, zu Beginn einer Feuchteperiode. Sie bleiben unverändert liegen, bis sie keimen können. Samen mit harter Schale müssen stratifiziert werden.

> Wirkungen

Im Schutz der Anfangsgesellschaften kann sich eine standortgerechte Waldgesellschaft ungestört entwickeln. Die Gehölze können sich schon als Keimling dem spezifischen Standort anpassen.

> Vorteile

Tiefere Wurzelbildung und weniger Erosionsgefahr. Einziges Verfahren zur Waldbildung auf steinigen, sandigen, felsigen Hängen und auf Steilböschungen.

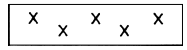
> Nachteile

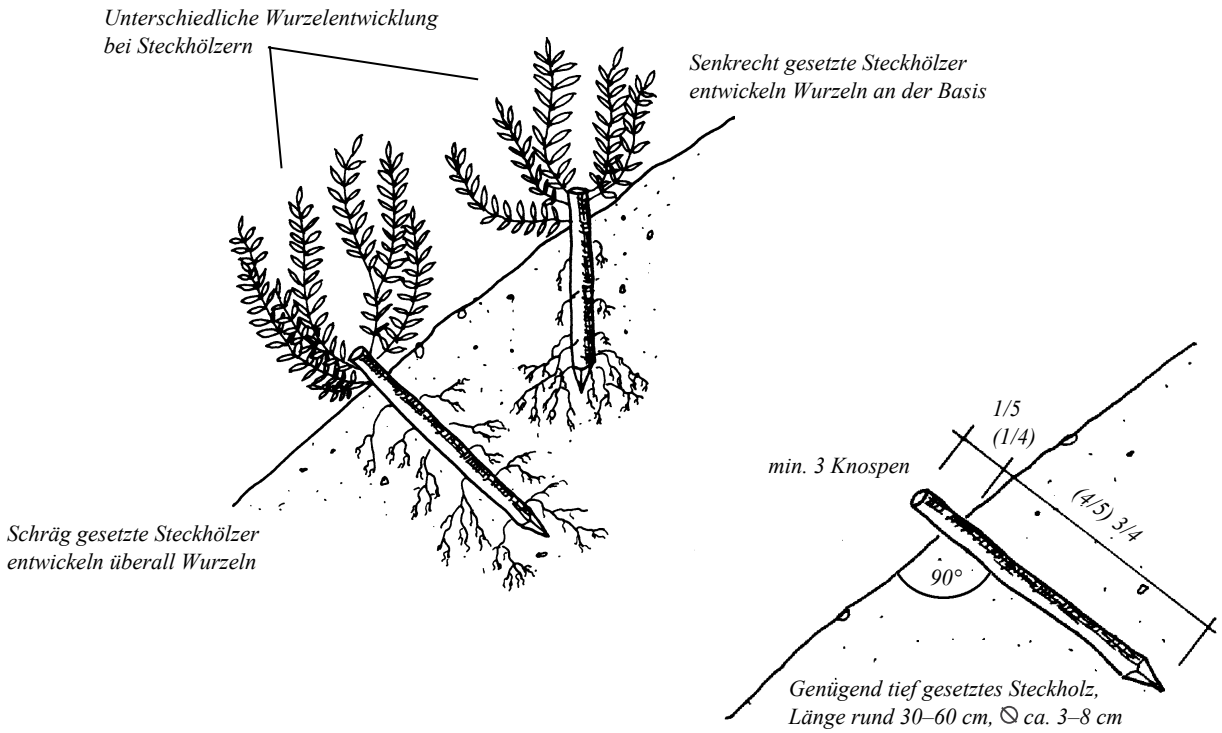
Langsameres Aufkommen und grösseres Risiko im Vergleich zur Gehölzpflanzung. Auswaschgefahr vor dem Keimen, kaum mechanisierbar ohne Qualitätsverlust.

> Anwendungsbereiche

Extremstandorte, deren Gesellschaft Wald sein soll und die wegen Erosionsgefahr nicht bepflanzt werden können. Sandige, steinige, felsige Steilböschungen. Kombination mit Mulchsaat nur bei kleinen Gehölzsamen.

2.2 Steckhölzer





> Beschreibung

Ein lebendes Aststück einer Weide wird in den Boden gesteckt, so dass es zu einer neuen Weide heranwachsen kann. Mit einem Locheisen werden pro m² Böschungsfläche 1–2 Löcher in einem Winkel von 90° vorgebohrt. In diese Löcher steckt man die unten bzw. am dicken Ende schräg angeschnittenen Weidensteckhölzer und tritt sie rundherum an. Die Knospen müssen unbedingt nach oben zeigen. Vom armstarken Steckling sollen nur 3 Knospen, oder 10 cm, aus dem Boden ragen. Zwischen den Steckhölzern werden einheimische Sträucher und Bäume gepflanzt.

> Material

Unverzweigte, gesunde ein- und mehrjährige Triebe von 3–10 cm Durchmesser und je nach Einschlagtiefe 30–60 cm Länge. Je dicker der Zweig, desto weniger leicht vertrocknet er. Es sind alle Weidenarten bis auf Salix caprea geeignet. Mit anderen Gehölzarten werden nur sporadisch Erfolge erzielt (Ligustrum vulgare, Ribes alpinum).

> Zeitwahl

Nur während der Vegetationsruhezeit.

> Wirkungen

Rasche Bebuschung von Böschungen; schnelle Bildung von Humus; einfachste Pionierbegrünung, die in Bewaldung überleitet; die Bodenstabilisierung erfolgt erst nach der Wurzelbildung; Entwässerungswirkung durch den hohen Wasserbedarf der Weiden.

> Vorteile

Örtliche, einfache und billige Pionierbegrünung mit Entwässerungswirkung, die sich nach dem Verwachsen ausbreitet.

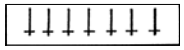
> Nachteile

Böschungsstabilität und Sicherung der Bodenoberfläche sind anfänglich klein; nur so tief wirkend wie die Steckhölzer verwurzeln; empfindlich auf Beschattung.

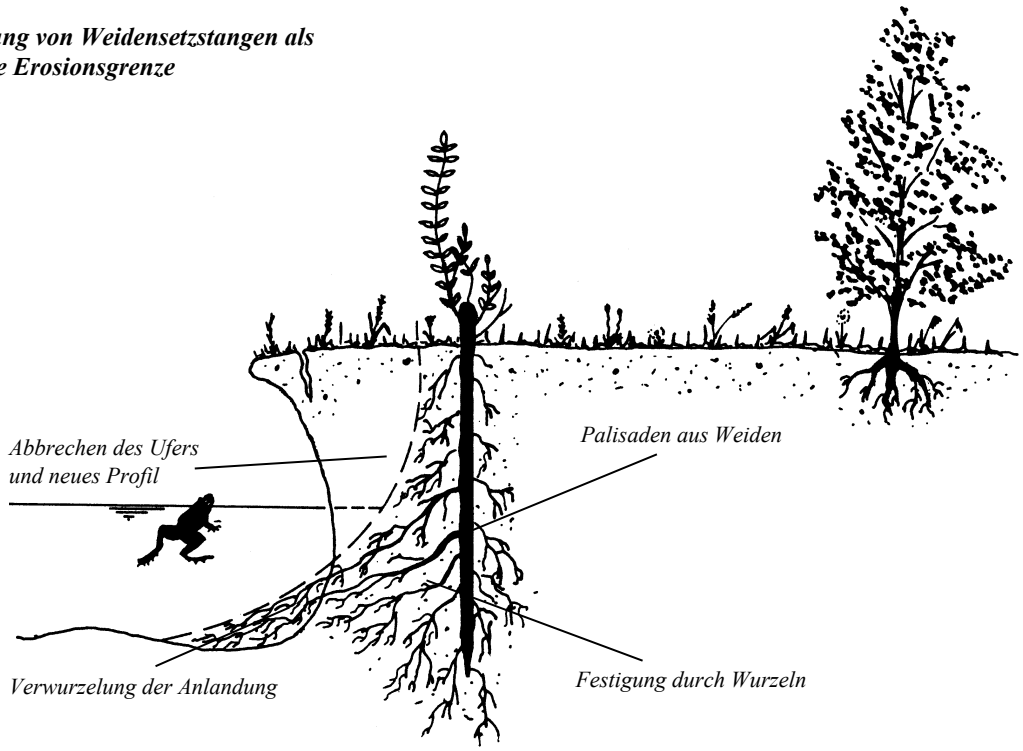
> Anwendungsbereiche

Pionierbewuchs von Ufern und Böschungen; billige Bepflanzung feuchter Hangteile; rasche und dauernd wirksam bleibende Bekämpfung der Winderosion; schnelle und flächenhafte Beschattung. Weidenarten aus der Region verwenden.

2.3 Palisaden, lebende Bürsten und Kämme



Verwendung von Weidensetzstangen als zukünftige Erosionsgrenze



> Beschreibung

Lebende, unten zugespitzte, oben gerade geschnittene, möglichst gleichmässig gewachsene Pfähle von Weiden schlägt man nebeneinander in den Boden und tritt sie fest. In der Böschung werden die Palisaden – gegeneinander versetzt – in erosionsgefährdete Nassstellen eingeschlagen, so dass 2/3 ihrer Länge im Boden stecken. An abbruchgefährdeten Steilufern werden die grossen, starken Steckhölzer unmittelbar hinter der Abbruchkante oder der Böschungskrone in vorgebohrte Löcher zu 2/3 ihrer Länge eingeschlagen. Pflanzenabstand 60–100 cm. Bei lebenden Bürsten oder Kämmen werden Steckhölzer und Äste ausschlagfähiger Gehölze dicht nebeneinander in Reihen versetzt, so dass die Hälfte herausschaut. Die Kämme müssen annähernd quer zur Fliessrichtung mit einem Winkel von 10–30° zur Querachse geneigt sein und einen Abstand von 100 cm haben.

> Material

Stangenartige, geradschäftige Weidenhölzer von 1–2 m Länge und 3–8 cm Durchmesser.

> Zeitwahl

Nur während der Vegetationsruhezeit.

> Wirkungen

Punktuelle bis lineare Sicherung. Die Palisaden durchwurzeln tief und intensiv die erosionsgefährdeten Böden. Am Steilufer schützen Palisaden vor weiteren Abbrüchen. Bürsten oder Kämme halten Geschiebe des Fliessgewässers auf und fördern so die Verlandung an Rutschufern.

> Vorteile

Rasch und einfach herzustellen, auch in tiefgründigen Löss-, Lehm- und Schluffböden. Prophylaktischer Uferschutz. Verlandung mit der natürlichen Kraft des Wassers.

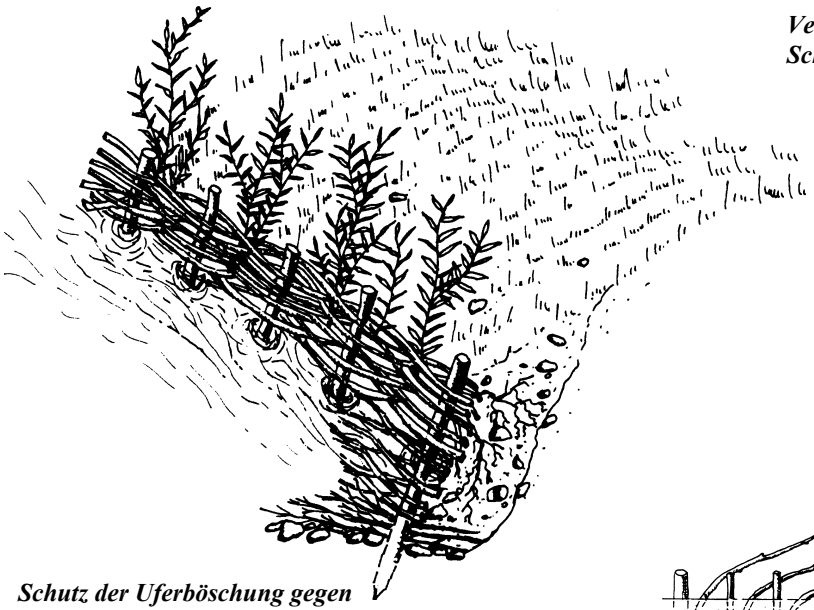
> Nachteile

Punktuelle bzw. lineare Sicherung; nur bedingt möglich in steinigem Grund; Querprofileinengung bei lebenden Bürsten.

> Anwendungsbereiche

An Nassstellen in Böschungen. Zur Anpflanzung künftiger Kopfweiden. Am steil abfallenden Strassenbord ersetzen Palisaden Leitplanken. Einzige Arbeitsweise für Querschwellen in Moorgräben. An steilen Uferabbrüchen dürfen die Palisaden nur bis max. 100 cm unter die Mittelwasserlinie ragen, da sie sonst verfaulen. In flachen Überflutungsbereichen, Bermen, Schwemmablagerungen und Flutmulden führen die Kämme nach erfolgter Verlandung auf dem Wege der natürlichen Pflanzensukzession zu einem Auwald über.

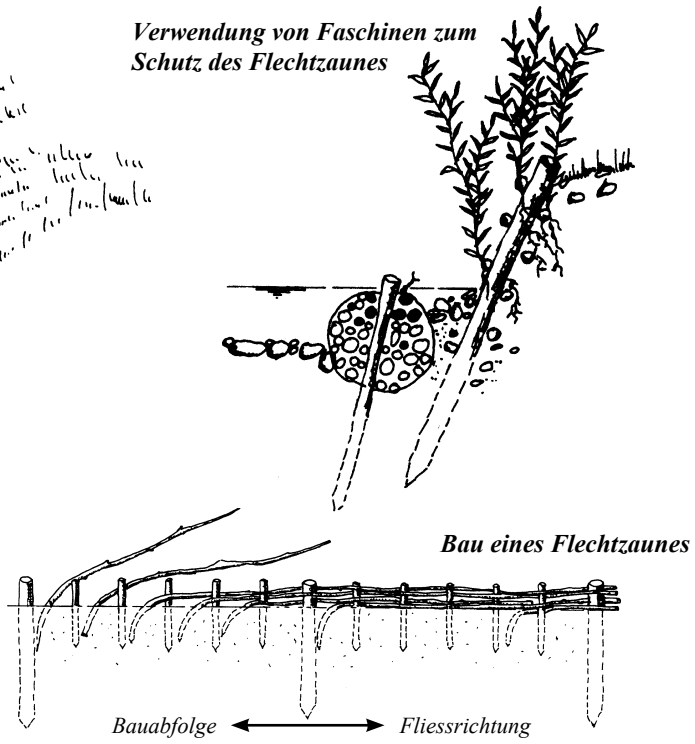
2.4 Flechtzaun



Schutz der Uferböschung gegen Auswaschung durch Flechtzaun und Astlagen

Verwendung von Faschinen zum Schutz des Flechtzaunes

Bau eines Flechtzaunes



> Beschreibung

Lange Pfähle aus Holz oder Stahl werden in Abständen von 100–300 cm schräg gegen das Ufer oder in die Böschung geschlagen. Dazwischen werden in Abständen von ca. 30 cm kurze, lebende Steckhölzer gesetzt. Danach sind lange, biegsame Ruten ausschlagfähiger Weiden mit dem dicken Ende in den Boden zu stecken und nach Korbmacherart um die Pfähle zu flechten. Der Flechtzaun ist mit Erde zu hinterfüllen, damit die lebenden Äste anwurzeln und ein dichtes Buschwerk bilden können. Ganz in den Boden versenkte Flechtzäune wachsen besser an als die, die über den Boden herausragen. Die am Boden liegenden Äste trocknen aus und sterben ab. Flechtzäune können in horizontalen Reihen als Diagonal- oder Kammergeflecht (Rauten) ausgeführt werden. An Ufern beugt man der Unterspülung mit einem Fussschutz aus Astlagen oder Faschinen vor.

> Material

Elastische, lebende Zweige ausschlagfähiger Holzarten (vor allem Weiden) von 2–4 m Länge, Durchmesser 2–5 cm; Holzpfähle von 30–100 cm Länge, Durchmesser 8–10 cm, oder Rundstahl mit einer Länge von 100 cm, Durchmesser 14–20 mm; Hinterfüllungsmaterial.

> Zeitwahl

Nur während der Vegetationsruhezeit; bei Verwendung nicht austriebsfähiger Ruten beliebig.

> Wirkungen

Konsolidierend für lose Oberbodenschichten; nur geringe Tiefenwirkung; nach Bewurzelung bodenbindend, mit Astlage oder Faschine auswaschungssichere Uferbefestigung mit Bodenrückhalt; ökologisch wertvolles Wurzelgeflecht. Damit sich die Austriebe nicht selbst beschatten, sollten Flechtzäune stets zum Hang geneigt sein.

> Vorteile

Sofortiger Bodenrückhalt an Böschungen in Verbindung mit Abstufung; gute Anpassung an bestehende Geländeverhältnisse.

> Nachteile

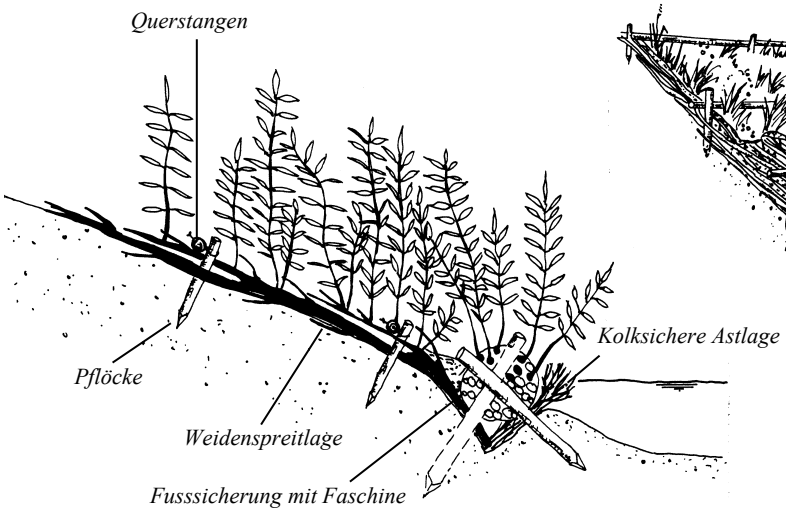
Geringe Bewurzelung bei hohem Materialverbrauch. Nur lange, gut flechtbare Äste sind geeignet; sehr arbeitsaufwendig; unbrauchbar in steinigem und felsigem Gelände; Einengung des Querprofils und daher pflegebedürftig.

> Anwendungsbereiche

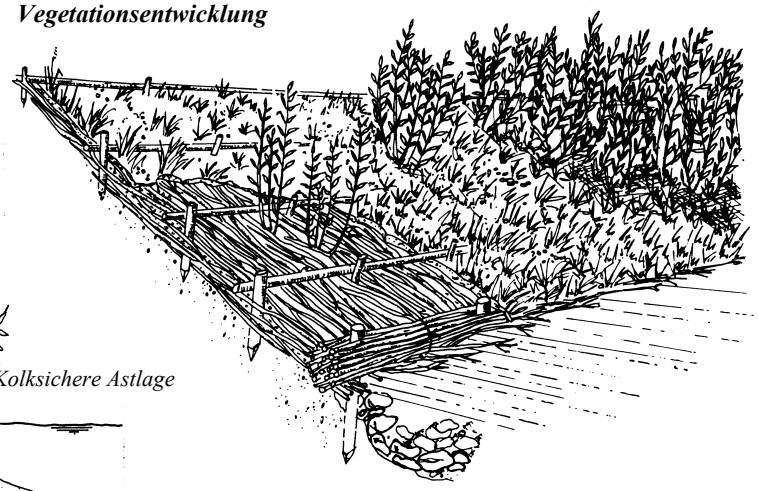
Fusssicherung an kleineren Fliessgewässern; für kleinere Instandstellungen, auch Abstufung möglich, bei Unterspülungen von lückenhaft stehenden Ufergehölzen; als Fussschutz in Verbindung mit Spreitlage verwendbar. Im Erdbau in Verbindung mit Entwässerungsmulden häufig durch Hangfaschinen ersetzt.

2.5 Spreitlage

Spreitlage mit Uferfaschine und Astlage



Ansicht der Spreitlage mit fortschreitender Vegetationsentwicklung



> Beschreibung

Auf einem zu schützenden Ufer, maximal auf 2:3 abgeflacht, werden lebende und bis zu 50 % tote Äste so dicht ausgelegt, dass die Fläche bedeckt wird. Das untere Ende wird in den Boden bzw. in die Bachsohle gesteckt. Das obere Ende überragt das Fussende der nächsthöheren Reihe. In Reihen von 80–100 cm Abstand befestigt man die Spreitlage mit Pfählen, quergelegten Ruten und Draht fest am Boden. Dazu werden, vor dem Auslegen der Ruten, in Abständen von 50–60 cm, Holzpfähle bis auf 20 cm in den Boden geschlagen. Nach der Fertigstellung deckt man alles leicht mit Erde zu, so dass die Äste noch sichtbar sind. Die Ruten und Äste werden sich dann im Boden anwurzeln. Damit die Spreitlage nicht ausgespült wird, braucht sie eine Fusssicherung.

> Material

Triebfähige, möglichst mehrere Meter lange und gerade Äste und Ruten. Je nach Stärke werden 10–30 Äste je Laufmeter an der Böschung verwendet. Ist zu wenig lebendes Material vorhanden, kann man bis zu 50 % tote Äste daruntermischen. Wird ganz aus totem Material gebaut, muss die Spreitlage mit Junggehölzen (Forstware) durchpflanzt werden. Befestigungsmaterial: Pfähle 50–150 cm lang, Durchmesser 4–8 cm, Stangen, Durchmesser 3–6 cm, geglühter Draht, Durchmesser 3 mm, bindiges Material zum Übererden. Fusssicherung aus Balken, Faschinen oder Steinschüttung.

> Zeitwahl

Meist während der Vegetationsruhezeit. Im Sommer muss das lebende Weidenmaterial noch am Tage des Schnitts wieder eingesetzt werden.

> Wirkungen

Die Lagen von triebfähigen Weidenästen decken die Bodenoberfläche sofort nach dem Einlegen ab. Sie schützen sie gegen Erosion durch Wellenschlag. Je tiefer die Wurzeln in den Boden eindringen, desto besser wird das Gelände in die Tiefe stabilisiert. Pflege durch Einhicken.

> Vorteile

Einfache Materialien, meist vor Ort vorhanden: Spreitlagen wirken sofort, treiben dicht aus und bewurzeln dicht. An Fliessgewässern bilden sie einen dauernd elastischen Buschgürtel, der das Pionierstadium des neuen Uferwaldes darstellt.

> Nachteile

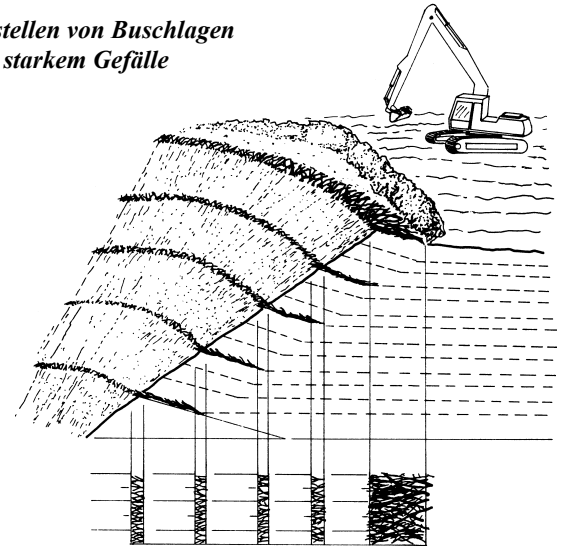
Spreitlagen benötigen viel Material und sind arbeitsaufwendig. Sie müssen lange gepflegt werden, weil der Rutenwuchs sehr dicht ist und die nachfolgenden Pflanzen sonst nicht wachsen können. Tendenz zu Weidenmonokulturen.

> Anwendungsbereiche

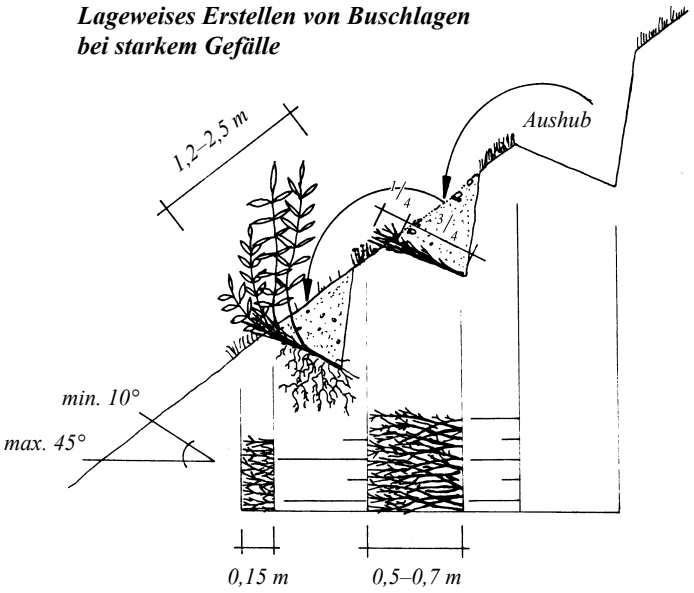
Uferböschungen, die durch fliessendes Wasser wesentlich gefährdet sind. Oberhalb der Mittelwasserlinie in Verbindung mit Flechtzaun und anderen Fusssicherungen. Erodierende Böschungen, die an der Oberfläche stabilisiert werden müssen. Die Spreitlage sollte mit Bepflanzungen ergänzt werden, um in eine Dauergesellschaft überzuführen.

2.6 Buschlage

Erstellen von Buschlagen bei starkem Gefälle



Lageweises Erstellen von Buschlagen bei starkem Gefälle



> Beschreibung

Zur Sanierung eines Rutschhanges werden von unten nach oben auf kleinen Bermen, mindestens 50 cm tief, dicht nebeneinander kreuzweise Weiden gelegt, mit dem dicken Ende in den gewachsenen Boden gedrückt und mit dem Aushub der nächsthöheren Berme zugedeckt. Bei Aufschüttungen legt man 2–4 m lange Weidenäste auf die leicht nach hinten geneigte Fläche und lässt vorne nur ca. 10–20 cm überragen; dann wird mit der Aufschüttung und Verdichtung bis zur nächsten Reihe fortgefahren. Der Reihenabstand richtet sich nach dem Aufschüttmaterial, der Hangneigung, der Standfestigkeit und der Höhe des Dammes, beträgt jedoch nie weniger als 150 cm. Die Reihen werden bei trockenen Hängen horizontal und bei vernässten Böschungen schräg verlegt. Zwischen den Reihen kann aufgeforstet werden.

> Material

Äste ausschlagfähiger Holzarten, vorwiegend Weiden, 10–20 Stück je Laufmeter mit allen Nebenästen, Durchmesser 2–8 cm. Die Lage der Äste ist abhängig vom Boden: in dichten Böden eher kurze Äste (ca. 60 cm), in lockeren, aufgeschütteten Böden eher lange Äste (2–4 m). In sehr wüchsigen Gegenden können bis zu 1/3 tote Äste verwendet werden.

> Zeitwahl

Nur während der Vegetationsruhezeit. Muss ausnahmsweise während der Vegetationszeit gearbeitet werden, können die Weidenzweige in der Ruhezeit geschnitten und bis zur Verwendung in Kühlhäusern bei 5 °C gelagert werden. Sie lassen sich jedoch auch ab Spätsommer am Vortag der Verwendung schneiden.

> Wirkungen

Tiefenwirkung bereits beim Einbau, die sich mit der Bewurzelung erhöht. Abgerutschtes Material wird von den Ästen aufgefangen und durchwurzelt. Buschlagen verringern die Abflussgeschwindigkeit des Wassers im Boden und weitgehend die Rillenerosion. Sie bringen Bodenbewegungen, Erosion und Verschüttungen allmählich zum Abklingen. Auch abgerutschte Buschlagen wachsen weiter.

> Vorteile

Einfache und beste Methode für grosse Tiefenwirkung. In Aufschüttungen noch einfacher und billiger, weil alle Arbeitsgänge bis auf das Legen der Äste mechanisiert ausgeführt werden. Hohe Regenerationsfähigkeit bei Rückschnitt.

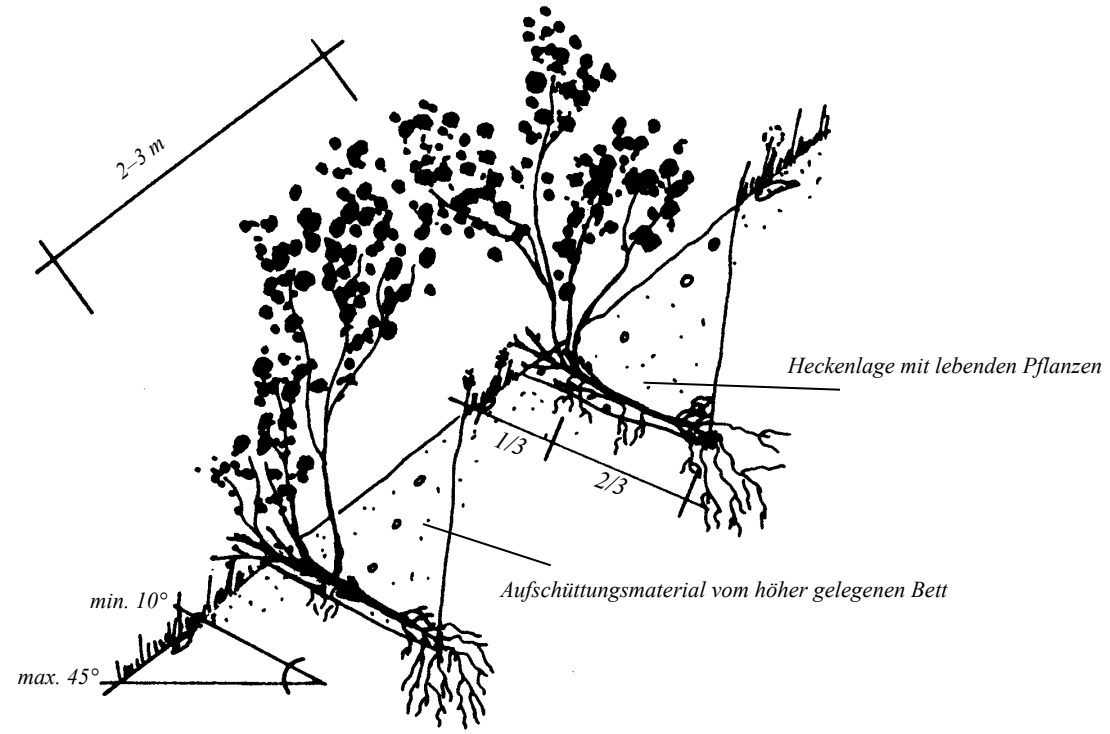
> Nachteile

Ungeeignet für Mutterbodenrückhalt, nur bei bearbeitbaren Böden anwendbar. Bei Monokultur krankheitsanfällig, Weiden vertragen keinen Schatten. Bei Rückschnitt schlagen Weiden immer wieder aus.

> Anwendungsbereiche

Wirksamste Bauweise zur raschen Sicherung extremer Lagen, besonders in labilem, erosions-, steinschlag- und rutschgefährdetem Gelände. Einzige armierende Bauweise für Dämme während der Aufschüttung. Im Flussbau zur Kolksicherung und Verstärkung von Faschinen. Häufig in Verbindung mit technischen Hilfsmitteln. Pioniervegetation für nachfolgende Pflanzengesellschaften.

2.7 Heckenlage



> Beschreibung

Auf einer rund 60 cm tiefen, schräg nach hinten fallenden Berme werden bewurzelte Pflanzen dicht nebeneinander verlegt. Bei nährstoffarmen oder trockenen Böden gibt man Stroh oder Humus über die Heckenpflanzen. Nun wird die Heckenlage mit dem Aushub der nächsthöheren Berme zugedeckt. Die Gehölze werden bis auf 10 cm zurückgeschnitten. Die Heckenlagen werden bei trockenen Hängen horizontal und bei nassen Hängen schräg in 1–3 m Abstand über die ganze Hangfläche eingebaut.

> Material

Je nach Art 5–8 Sämlinge oder Heister von 60–150 cm Länge je Laufmeter von adventiv bewurzelungsfähigen und verschüttungsverträglichen Laubgehölzen, z. B. Erle, Bergahorn, Vogelbeere, Schneeball, Hasel, Berberitze, Liguster u. a. Die Arten sind aufeinander und auf den Standort abzustimmen.

> Zeitwahl

Nur in der Vegetationsruhezeit.

> Wirkungen

Sofort nach Einbau bodenfestigend; Bodenbindung durch Wurzelbildung an der gesamten Länge. Pflanzen festigen den Boden, verbessern, beschatten und aktivieren ihn. Erlen mit Wurzelknöllchen und leicht verrottetem Laub haben einen besonders hohen ökologischen Wirkungsgrad. Grosse Artenvielfalt und Standortgerechtigkeit schaffen einen Dauerbestand.

> Vorteile

Möglichkeit, ohne Vorkultur ein dichtes Laubwerk zu begründen, bessere Tiefenwirkung als bei der Pflanzung. Eher schattenverträglich als Weiden.

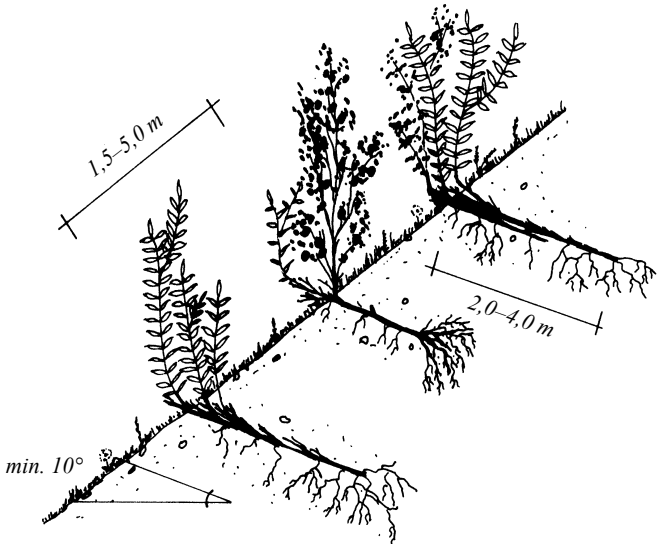
> Nachteile

Hoher Pflanzenbedarf, teuer, nur auf günstigen Standorten, bei feinkörnigen Böden, langsamer wachsend als Buschlagen, ungeeignet auf steinigen und felsigen Böden.

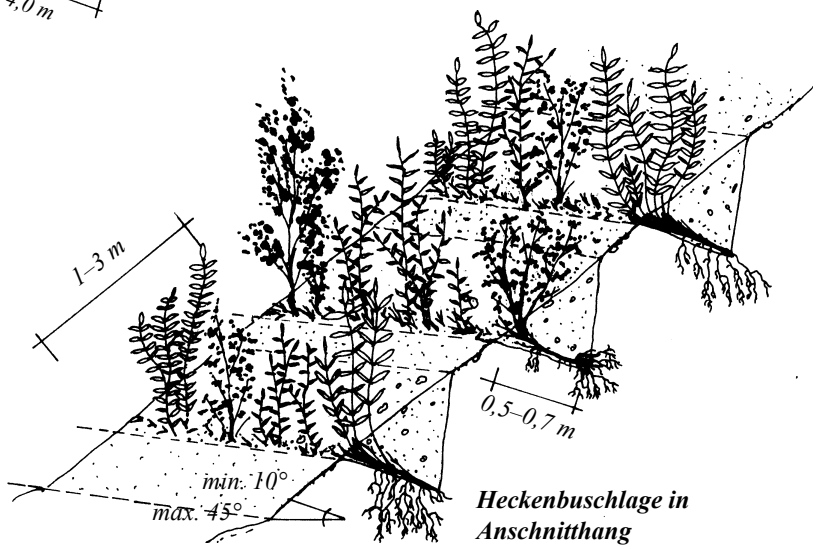
> Anwendungsbereiche

Auf guten Böden, nährstoffreich, mit Sand und Mergel, wo das Pionierstadium durch die Weiden vermieden werden kann; auf kalkarmen Substraten und wo pflanzensoziologisch Weiden nicht in Frage kommen. Vielfach durch billigere Bauweise ersetzbar.

2.8 Heckenbuschlage



Heckenbuschlage in einer Aufschüttung



Heckenbuschlage in Anschnitthang

> Beschreibung

An Anschnittböschungen mit genügend Feinbodenanteil werden von unten nach oben auf kleinen Bermen dicht nebeneinander kreuzweise Weiden und bewurzelte Pflanzen gelegt und mit dem Aushub der nächsthöheren Berme zugedeckt. Bei Aufschüttungen legt man 2–4 m lange Äste und eine bewurzelte Pflanze je Laufmeter auf eine nach hinten geneigte Fläche und lässt vorne ca. 10–20 cm herausragen. Dann wird die Aufschüttung fortgesetzt. Der Reihenabstand richtet sich nach dem Schüttmaterial, der Hangneigung, der Standfestigkeit und der Höhe der Böschung.

> Material

10–20 Weidenäste mit allen Nebenästen, 70–400 cm lang, und 1–2 Sämlinge oder Heister je Laufmeter, 60–150 cm lang. Die Weiden können bis zu 50 % durch tote Äste ersetzt werden.

> Zeitwahl

Nur in der Vegetationsruhezeit.

> Wirkungen

Tiefe und rasche Bodendurchwurzelung labiler Böden; Verhinderung von Rillenerosion und Bodenbewegungen; wirkt dränierend. Die Heckenbuschlagen leiten eine artenreiche und dauerhafte Pflanzengesellschaft ein.

> Vorteile

Von Hand oder maschinell ausführbar; tiefe Durchwurzelung. Mit der Pioniervegetation werden in einem Arbeitsgang die standortgerechten Gehölze gleich mit eingebracht.

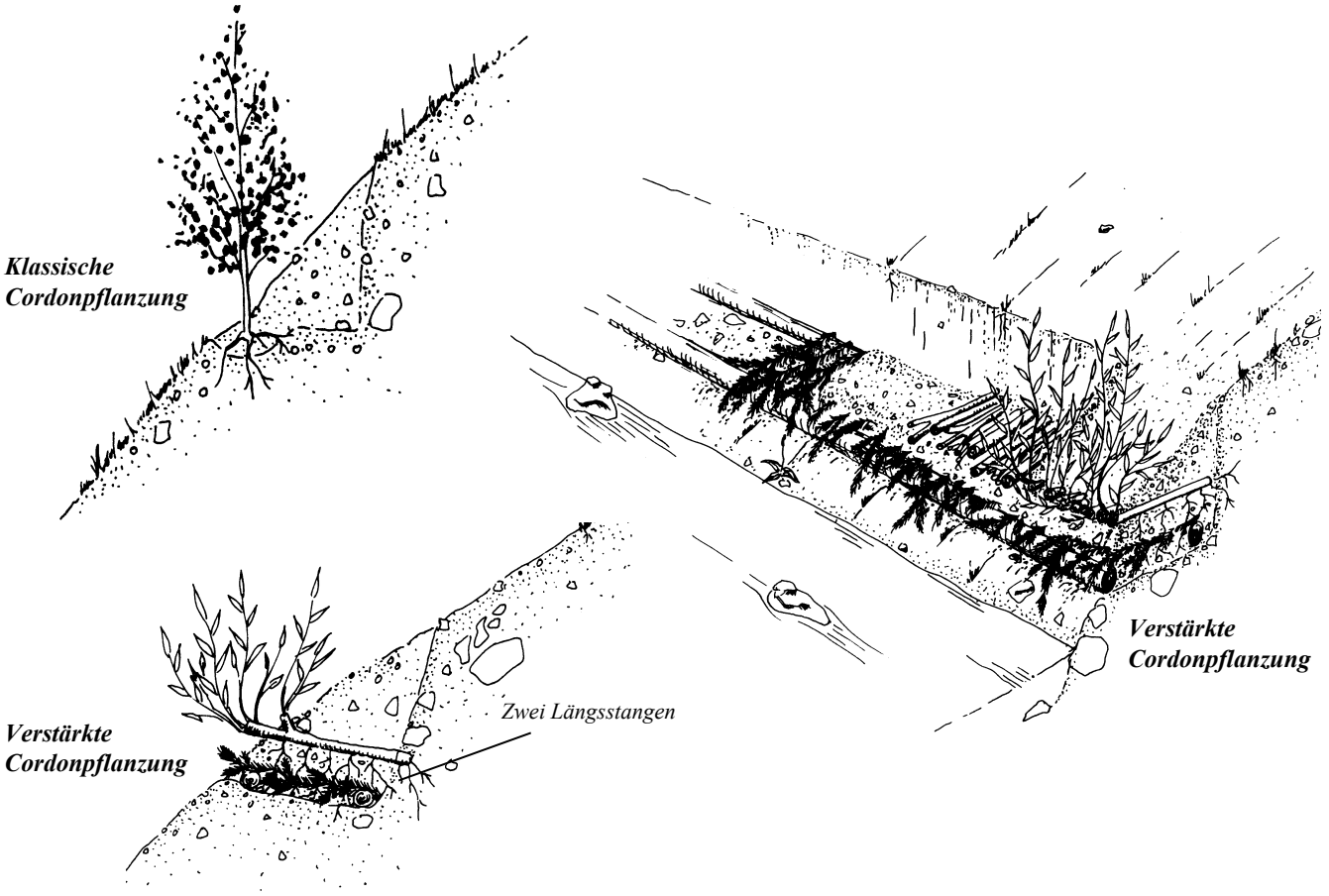
> Nachteile

Anfangsstabilität zwischen den Reihen gering; Gehölze können zwischen den Buschlagen ersticken, weshalb eine Pflanzung zwischen den Reihen sicherer wäre.

> Anwendungsbereiche

Hohe, steile Anrisse; lose erdige Ufer und Hänge, die tief stabilisiert werden müssen; vernässte Böschungen und Rutschhänge; Schadstellen mit geringer Bodenfeuchtigkeit; Neuschüttungen in trockenen Lagen.

2.9 Cordonpflanzung



> Beschreibung

Bei der einfachen Cordonpflanzung werden junge Pflanzen in kleine Vertiefungsrinnen gestellt und hernach zugeschüttet. Bei der verstärkten Cordonpflanzung werden auf ein Querbankett Längsstangen mit einer Reisigbettung verlegt. Darüber schüttet man ca. 10 cm Erde und verlegt dann Weidenstecklinge dicht nebeneinander, welche sich nach der Überschüttung entwickeln. Arbeitsfortgang von unten nach oben, in horizontalen Reihen mit ca. 3 m Abstand. Zwischen den Reihen kann aufgeforstet werden.

> Material

Bei der einfachen Cordonpflanzung: 2–3 Sämlinge oder Jungpflanzen je Laufmeter; bei der verstärkten Cordonpflanzung 1–2 Stangen bis zu 12 cm Durchmesser; Nadelholzäste zum Auslegen, zugeschnitten auf Banketttiefe; 10–25 Steckhölzer je Laufmeter, mindestens 60 cm lang, 1 Gehölz/m².

> Zeitwahl

Nur während der Vegetationsruhezeit.

> Wirkungen

Standortverbesserung durch Wasserrückhalt und flaches, gestuftes Pflanzenbett. Stabilisierung labiler Hänge durch steife Reisigunterlage, gute Bodendurchwurzelung durch Stecklinge. Durch das Pflanzen in Reihen schützen sie sich gegenseitig vor Wasser- und Winderosion. Zusammen mit dem Laubfall wird der Zwischenraum für die folgenden Pflanzengesellschaften vorbereitet.

> Vorteile

Mit in den Hang geneigten Bermen guter Wasserrückhalt in Trockengebieten; Verstärkung im Rutschterrain.

> Nachteile

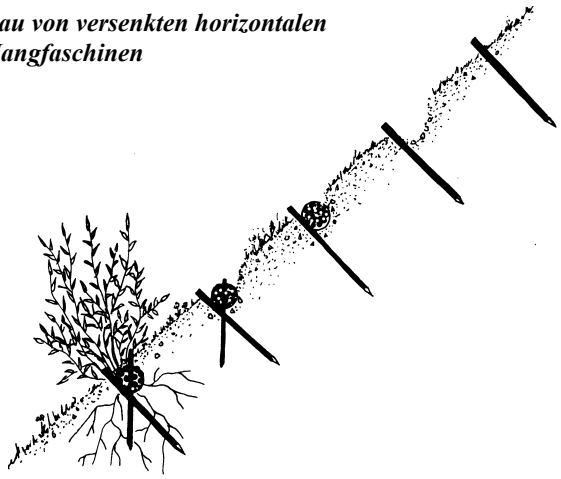
Vorsicht: Das Wasser darf sich auf Banketten nicht stauen; Bedarf an Reisig sollte umgebende Wälder nicht schädigen.

> Anwendungsbereiche

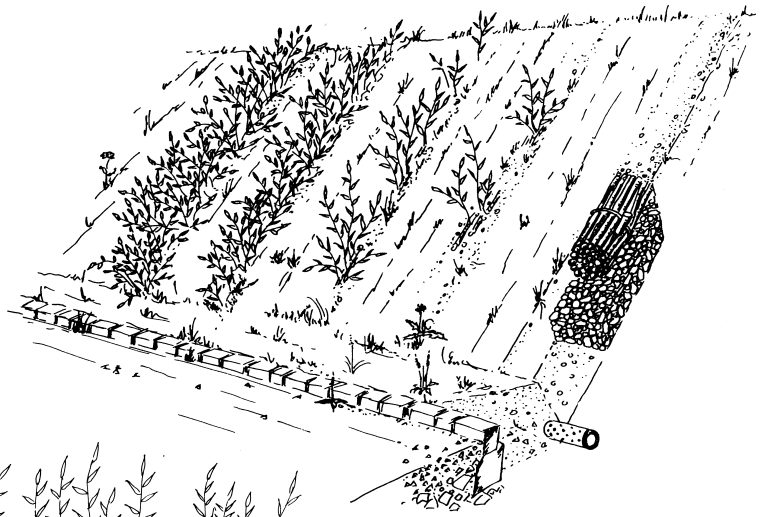
Zur Aufforstung von Trockengebieten; Stabilisierung feuchter Hänge in tonigen, mergeligen und schiefrigen Böden. Zunehmend von wirtschaftlicheren und wirksameren Bauweisen abgelöst.

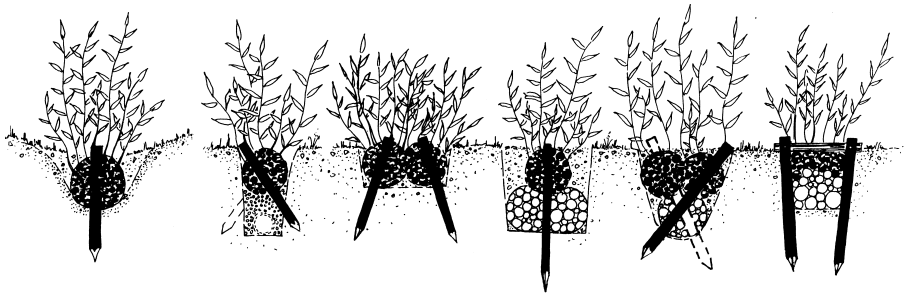
2.10 Hangfaschine

Bau von versenkten horizontalen Hangfaschinen



Vertikale biotechnische Entwässerung





Verschiedene Arten von lebenden Faschinen zur Entwässerung

> Beschreibung

Hangfaschinen werden aus lebenden Ästen und/oder toten Ruten zu 20–40 cm dicken Walzen zusammengebunden. Man zieht Gräben von 30–50 cm Tiefe und Breite und verlegt die Faschinen (einzeln oder zu mehreren) entlang wasserführender Schichten im Hang, horizontal, schräg, senkrecht oder Y-förmig. Die Faschinen werden an den Enden fest ineinandergestossen, mit Pfählen aus Holz oder mit Stahlstäben im Abstand von 80–100 cm befestigt und leicht mit Erde überdeckt, so dass sie anwachsen können. Mit einem Drahtseil können Hangfaschinen verstärkt werden, indem sie an einem Pflock am oberen Ende der Faschine festgebunden werden.

> Material

Weidenäste und bis zu 50 % tote Äste, Durchmesser 2–8 cm, Länge 2–4 m; geglühter Draht, Durchmesser 2–3 mm, keine verzinkten Drähte oder Kunststoffbänder; je Laufmeter 1 Pfahl, Durchmesser 8–12 cm, Länge 30–60 cm; oder 1 Rundstahl, Durchmesser 14–20 mm, evtl. mit Draht, Drahtseil oder Geotextilien verstärken; Hilfsmittel: Faschinenbock mit Spannhilfe.

> Zeitwahl

Während der Vegetationsruhezeit, evtl. auch in der Vegetationszeit.

> Wirkungen

Bei horizontaler Anordnung wasserspeichernd; bei geneigter oder vertikaler Anordnung entwässernd wegen der Leitwirkung der längsgerichteten Äste. Durch den hohen Wasserverbrauch der Pflanzen wird nach dem Anwachsen dem Boden Wasser entzogen und damit die Erosion verhindert. Erster mechanischer Schutz für Saaten und Pflanzungen.

> Vorteile

Rasche und einfache Ausführung, sofortige und nachhaltige Entwässerung; Wurzelaktivitäten verhindern ein Verstopfen der Entwässerung.

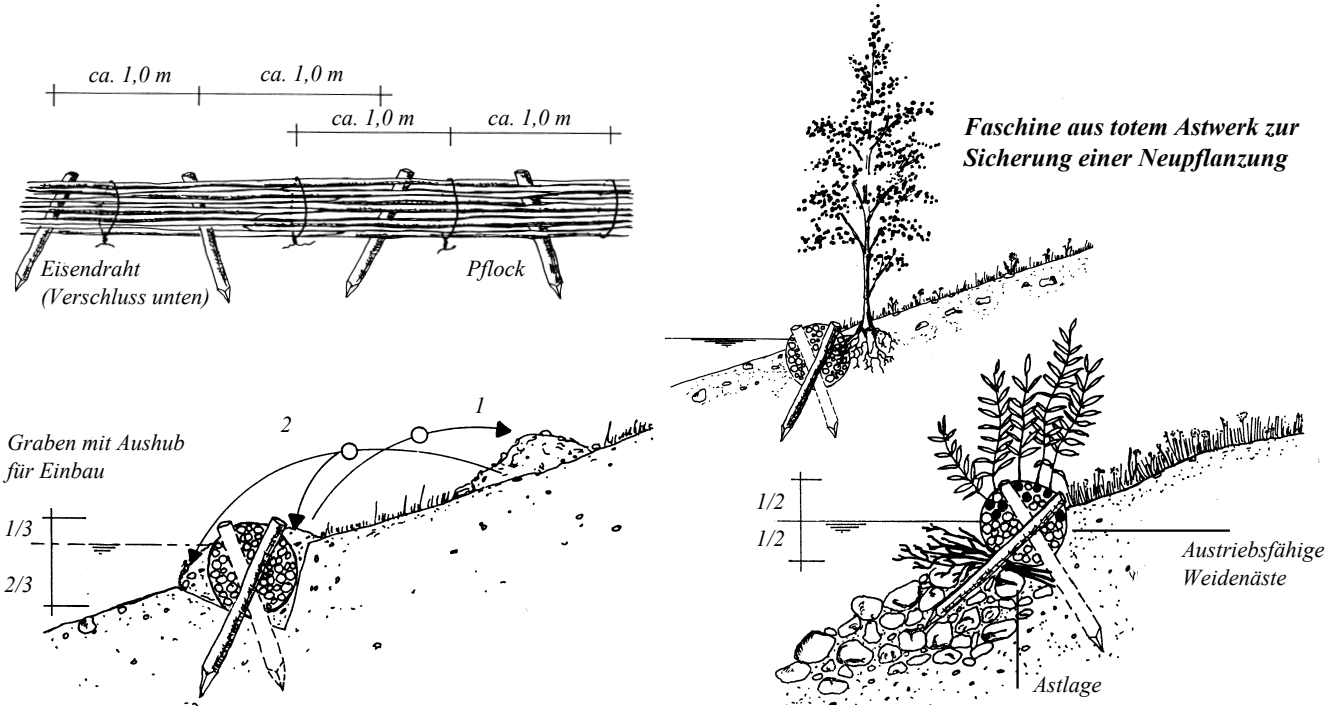
> Nachteile

Geringe Tiefenwirkung, empfindlich gegen Bewegung.

> Anwendungsbereiche

Steile Böschungen, in leichtem Boden und in tiefwüchsigen Lagen. Zur flächenhaften Entwässerung von längeren Hängen. Die Hangfaschine wird auch bei Ufersicherungen verwendet. Bei tiefen und wasserundurchlässigen Verhältnissen kombiniert man die Hangfaschinen mit Totfaschinen, Ast- und Stangenpackungen, Kies- oder Steinpackungen oder mit Dränröhren. Oberhalb der Hangentwässerung muss das Oberflächenwasser abgeführt und unterhalb muss die entwässernde Hangfaschine an den Vorfluter angeschlossen werden.

2.11 Uferfaschine



> Beschreibung

Man schneidet lange Weidenäste, schichtet sie mit der Basis einmal rechts und einmal links in einen Faschinenbock und zieht sie mit einem Seil zu einem Durchmesser von 20–40 cm eng zusammen. Alle Laufmeter wird ein Draht oder ein Metallband gebunden. Die Faschine kann zu 30–80 % aus totem Astwerk bestehen. Nun werden entlang der Mittelwasserlinie kleine Mulden ausgehoben, in welche man die Faschinen an den Stössen ineinandergeschoben verlegt. Die Faschinen werden alle Laufmeter je nach Untergrund mit Holzpfählen oder Stahlstäben verpflockt. Man hinterfüllt die Faschine, so dass sie anwachsen kann. Zum Schutz gegen Wellenschlag und Unterspülung kann die Faschine auf eine Astlage gelegt werden, deren Zweigspitzen 20–50 cm über die Faschine in das Gewässer hinausragen. Diagonal vom Wasser über die Uferböschung hochgezogen, bilden die Faschinen kleine Buhnen und unbefestigte Zwischenräume für die Dynamik des Fliessgewässers.

> Material

2–6 m lange Weidenäste mit Seitenzweigen und/oder Ruten ausschlagfähiger Holzarten und bis zu 80 % tote Äste; Holzpfähle, Durchmesser 4–8 cm, 80–100 cm lang, oder bei kiesigem Untergrund Rundeisen, 1–1,5 m lang, Durchmesser 14–20 mm, geglühter Bindedraht, Durchmesser 3 mm, oder Stahlbänder; Faschinenbock zum Zusammenziehen, Zangen.

> Zeitwahl

Während der Vegetationsruhezeit, nicht bei Frost; im Sommer nur bei sofortigem Einbau des geschnittenen Materials.

> Wirkungen

Wirkungsvolle Fuss- und Längssicherung. Der Aufwuchs aus Faschinen ist das Pionierstadium des neuen Uferwaldes. Die zahlreichen Äste vermindern durch ihre Elastizität die Strömungsgeschwindigkeit bzw. den Wellenschlag und verhindern damit eine Schädigung des Ufers. Nach der Bewurzelung und dem Austrieb erhöht sich die Wirkung durch Bildung von Wurzelvorhängen. Ausserdem durchwurzeln Faschinen den Uferbereich und festigen die Uferböschung. Eingehackte Weiden erhöhen die Wirkungsweise der Faschine.

> Vorteile

Sofortiger Uferschutz, rasch und einfach zu erstellen; länger wirksam als tote Faschinen, da sie sich selbst regenerieren; Material meist vor Ort vorhanden; billig.

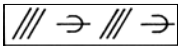
> Nachteile

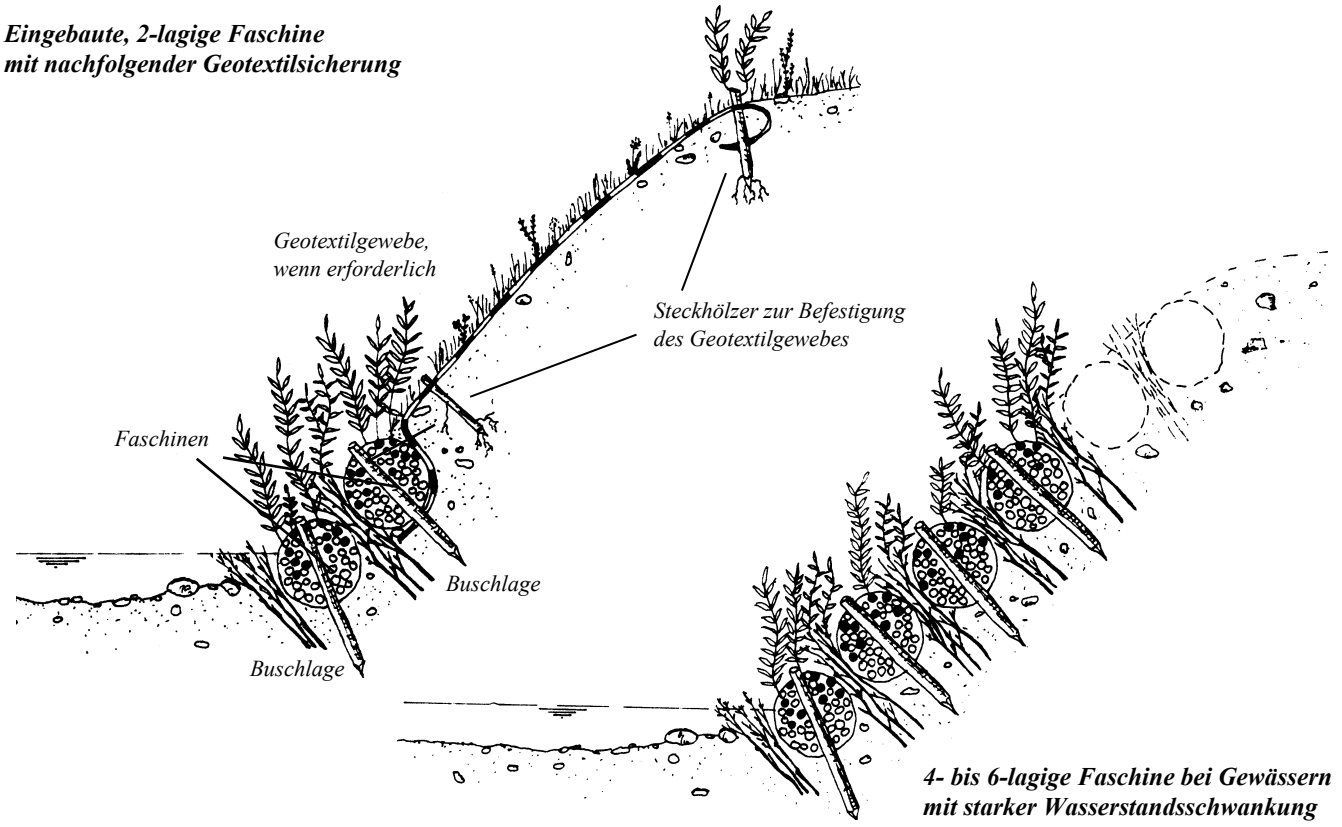
Meist nur in der Vegetationsruhezeit zu realisieren; pflegeintensiv, da Rückschnitt erforderlich; Einengung des Querprofils, daher mehr Platz für das Fliessgewässer vorsehen.

> Anwendungsbereiche

Zur Unterfangung von unterspülten Ufern. Zum Uferschutz in Fliessgewässern, die in der Vegetationszeit mindestens drei Monate Wasserfreiheit an den Uferfaschinen erlauben. Vor allem in Verbindung mit anderen Ufersicherungen: Berasungen, Spreitlage, Flechtwerke, Senkfaschine, Totfaschine, Böschungsschutzmatte, Bepflanzungen.

2.12 Faschine auf Buschlage, Weidenwippe





> Beschreibung

Buschlagen aus toten und lebenden Ästen werden 10–20 cm dick ausgelegt. Darüber werden Längsfaschinen an der Böschungsvorderkante versetzt, verpflockt und hinterfüllt. Das wechselt man so oft übereinander ab wie nötig. Unter Wasser oder weit in den Boden reichende Faschinen sind aus totem Astwerk herzustellen. Am Fusse der durch Auswaschung gefährdeten Ufer werden unter der Mittelwasserlinie Steine verlegt. Wenn erforderlich, wird oberhalb ein Geotextil verlegt und mit Gehölzen bepflanzt.

> Material

Weidenäste und bis zu 80 % totes Astwerk mit sämtlichen Seitenzweigen und in beliebigen Längen, auf Einbautiefe zuschneiden; geglühter Draht, Durchmesser 2–3 mm; Pfähle, Durchmesser 3–8 cm, Länge 60–120 cm; Steine unterhalb der Mittelwasserlinie; Geotextil, Gehölze.

> Zeitwahl

Während der Vegetationsruhezeit.

> Wirkungen

Die Faschine wippt auf der Buschlage; sie lenkt das Wasser und verhindert eine Ausspülung in der Längsrichtung. Die Buschlage bremst die Fliessgeschwindigkeit und verankert die Verbauung im Böschungsbereich. So hält der Weidenschutz selbst an Ufern mit Aushöhlungen dem Hochwasser stand.

> Vorteile

Wesentlich günstiger als Hartbauweise. Sofort wirksame, natürliche Bauweise, vollkommen widerstandsfähig gegen grosse Schubkraft.

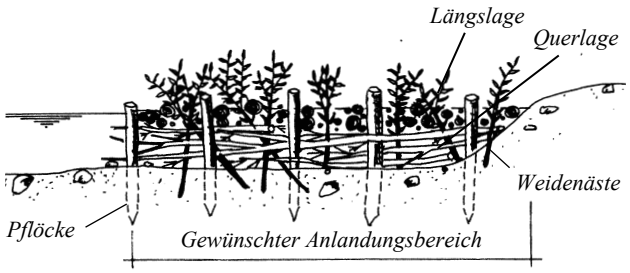
> Nachteile

Arbeitsintensiv, nur in der Vegetationsruhezeit durchführbar. Hoher Weidenbedarf, Einengung des Querprofils durch Bewuchs.

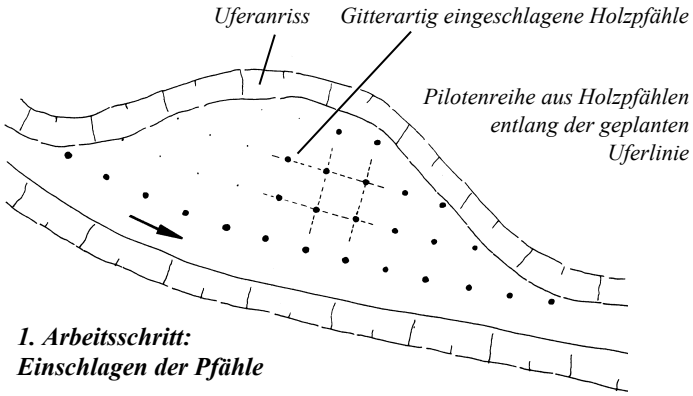
> Anwendungsbereiche

Sanierung tiefer Ufereinrisse bei grosser Wassertiefe. Zur Sicherung von ausgewaschenen Ufern in Verbindung mit Steinschüttungen, Holzverbauungen oder Senkfaschinen. Verfestigung von nicht weiter abflachbaren Böschungen oder wertvollem Holzbestand.

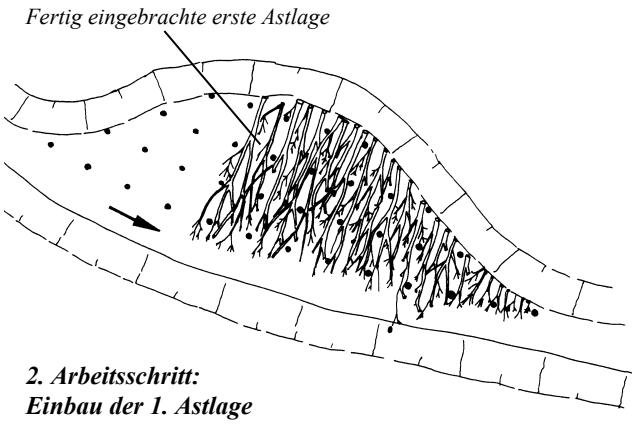
2.13 Gitterbuschbau



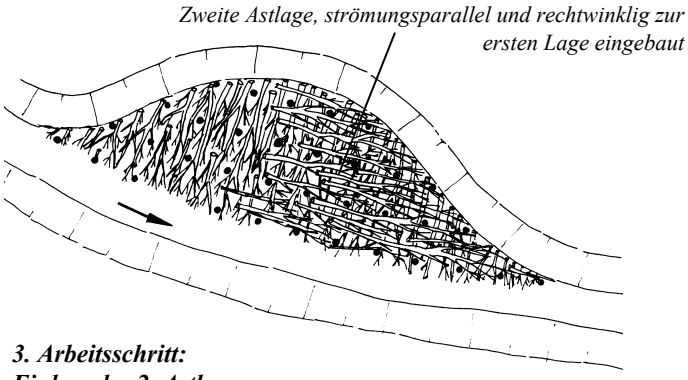
Fertiger Gitterbuschbau im Querschnitt mit eingesteckten Weidenästen



1. Arbeitsschritt: Einschlagen der Pfähle



2. Arbeitsschritt: Einbau der 1. Astlage



3. Arbeitsschritt: Einbau der 2. Astlage

> Beschreibung

An der zu verbauenden Uferlinie wird eine Reihe Holzpfähle eingeschlagen. Im dahinter liegenden Anrissbereich packt man nun totes und lebendes Buschmaterial quer und längs zu einem Gitter. Triebfähige Äste werden in den Boden gesteckt. Zuunterst können auch ganze Bäume verlegt werden. Fehlt geeignetes Füllmaterial, ist ein Verdrahten des Astwerks notwendig.

> Material

Holzpfähle, Durchmesser 5–10 cm, je nach Anrisstiefe 120–300 cm lang und 1 Stück pro Laufmeter an der ehemaligen Uferlinie. Buschmaterial aller Art, lebende Weidenäste mit Seitenzweigen; evtl. Steine oder Schotter zum Beschweren oder geglühter Draht, Durchmesser 3 mm, zum Festbinden des Astwerks.

> Zeitwahl

Jederzeit; Weiden in der Vegetationsruhezeit einstecken.

> Wirkungen

Äste, die quer und längs verlegt werden, ergeben ein dichtes, stabiles Gitter. Das Wasser, welches bei Hochwasser über den Gitterbuschbau reicht, verlangsamt seine Geschwindigkeit, so dass es sein mitgeführtes Material ablagert und allmählich den Uferanriss auffüllt. Die Weiden übernehmen die Pionierbegrünung, weitere Gehölze wachsen von selbst und stabilisieren mit ihrem Wurzelwerk den ehemaligen Uferanriss.

> Vorteile

Einfache und billige Sofortmassnahme bei Anrissen. Unterschlupf für Fische.

> Nachteile

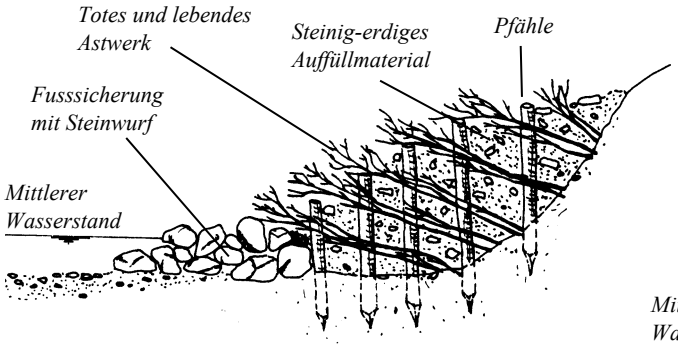
Bei zu viel Gitterbuschbau können vielfältige Lebensräume verloren gehen. Da das Astwerk unordentlich aussieht, wird dieses nicht als solches erkannt und deshalb oft weggeräumt oder verbrannt.

> Anwendungsbereiche

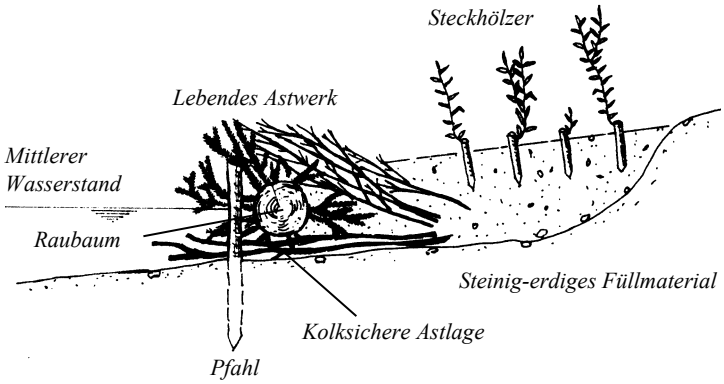
Ausladende Anrisse von geschiebeführenden Gewässern können mit der eigenen Kraft des Wassers stillgelegt und begrünt werden. Bei grösseren Anrissen reicht der Gitterbuschbau am Anfang des Ufereinrisses aus. Flussabwärts können leichtere Buschbautraversen oder lebende Bürsten folgen. Die Pilotenreihe kann wasserseitig durch eine zusätzliche Steinlage geschützt werden.

2.14 Packwerk

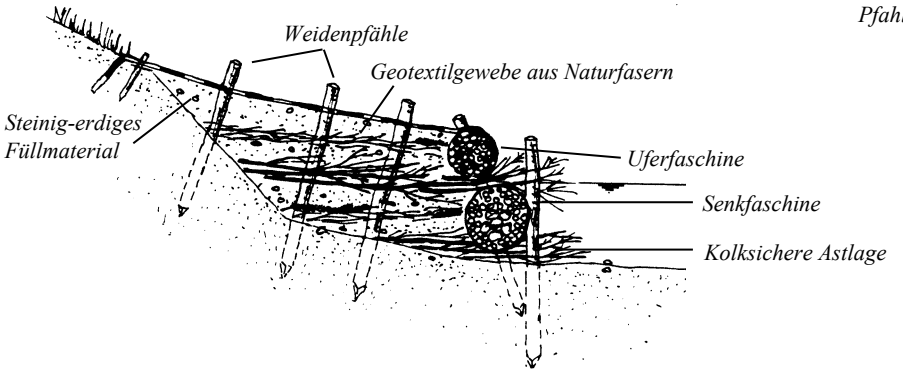
Durchpflocktes, lebendes Astwerk mit Füllmaterial



Lebendes Packwerk mit Raubaumsicherung und nachfolgenden Steckhölzern



Durchpflocktes, lebendes Packwerk mit Faschinen und Geotextilsicherung



> Beschreibung

An einem wiederherzustellenden Ufer wird quer zur Fliessrichtung lebendes Astwerk mit Füllmaterial gepackt und verdichtet. Um ein Wegtreiben zu verhindern, werden die Astpackungen mit Pfählen verpflockt, und um die Rauigkeit am Fuss zu erhöhen und die Unterspülung zu verhindern, verlegt man zuunterst einen Raubaum in Fliessrichtung. Auch mit Faschinen und Geotextilien verstärkbar.

> Material

Raubäume, gefällte Bäume aller Art, Länge 3–10 m; gemischtes Astwerk (50 % Weiden), Länge 2–4 m mit sämtlichen Seitenzweigen; geeignetes Füllmaterial für das Ufer, zugespitzte Pfähle bzw. Eisenstangen verschiedener Längen und Dicke, Faschinen, Kokosgewebe.

> Zeitwahl

Jederzeit, Steckhölzer und lebende Weidenäste in der Vegetationsruhezeit.

> Wirkungen

Packwerkverbauung wirkt wegen ihrer grossen Rauigkeit stark bremsend auf die Abflussgeschwindigkeit und dadurch anlandend. Es können auch radikale Änderungen der Abflussrichtung erreicht werden. Die Weiden verwurzeln die Verbauung dauerhaft. In den vielen Nischen und den späteren Wurzelvorhängen finden viele Wassertiere Schutz und Unterschlupf.

> Vorteile

Anlandend, anrisswirksam, elastisch, billig.

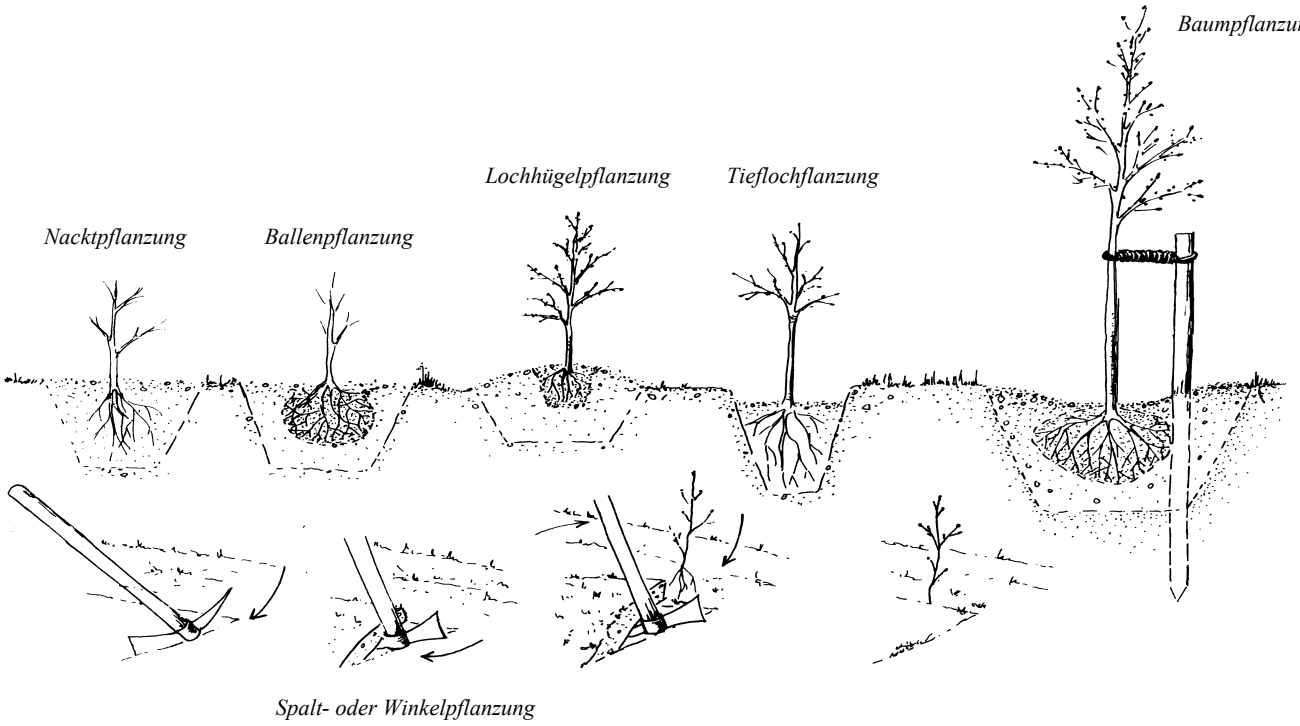
> Nachteile

Bei ausgespülten Ufern in der Anwuchsphase nicht anrisssicher. Nur bei Gewässern mit Geschiebefracht.

> Anwendungsbereiche

Sofort wirkende, sehr stabile Bauweise für Auffüllungen, tiefe Kolke, Sanierungen von Ufereinbrüchen. Auch in einem See oder Fluss als hinausragende Verbauung oder Filtrierpalisade geeignet.

2.15 Gehölzpflanzung



> Beschreibung

Vorkultivierte Gehölze, meist aus Forstbaumschulen, werden je nach Art sowie Standortverhältnissen nach obigen Zeichnungen gepflanzt. Der Pflegeabstand richtet sich nach der Grösse der Pflanzware, in der Regel 1 Stück/m². Grosse Bäume müssen an einen Pfahl angebunden werden.

> Material

Sämlinge oder mehrmals verschulte Sträucher oder Bäume standortheimischer Arten, meist Forstware, 60–100 cm Grösse, Laubgehölze als Nacktware, empfindliche Gehölze im Topf oder Container. Werkzeug: Schaufel oder Spaten, evtl. Pickel, Schere, Pfähle, Kokosstrick, Schlegel.

> Zeitwahl

In der Vegetationsruhezeit; Ballen und Container das ganze Jahr.

> Wirkungen

Zunächst nur punktförmige Wirkung, mit dem Kronenschluss Beschattung des Bodens und standortverbessernd durch Laubfall. Als Nacktpflanzung werden alle Gehölze gepflanzt, die auf unproblematischen Standorten in die Schlussgesellschaft überführen. Bei der Ballenpflanzung werden die Wurzelballen vor allem beim Transport vor Austrocknung geschützt, und der Pflanzschock wird gemildert. Die Büschelpflanzung (2–3 Gehölze in ein Pflanzloch) garantiert bei Erosionssicherungen, dass wenigstens 1 Stück pro Pflanzloch anwächst. Die Container- oder Topfpflanzung erlaubt es, das ganze Jahr hindurch zu pflanzen. Die Spalt- oder Winkelpflanzung ermöglicht es, mit einer Wiedehopfhacke schnell grosse Mengen zu verpflanzen, und verletzt die Bodenoberfläche nur gering. Bei der Lochpflanzung werden je nach Standort die konkurrenzierende Bodenvegetation entfernt, Löcher ausgehoben und der Boden gelockert. In Feuchtgebieten: Lochhügelpflanzung; in Trockengebieten: Tieflochpflanzung. Die Baumpflanzung kommt nur für entsprechend verschulte Grossbäume in Frage.

> Vorteile

Durch die Gehölzpflanzung wird die Schlussgesellschaft eingeleitet. Ziel der Verbauung ist ein Wald.

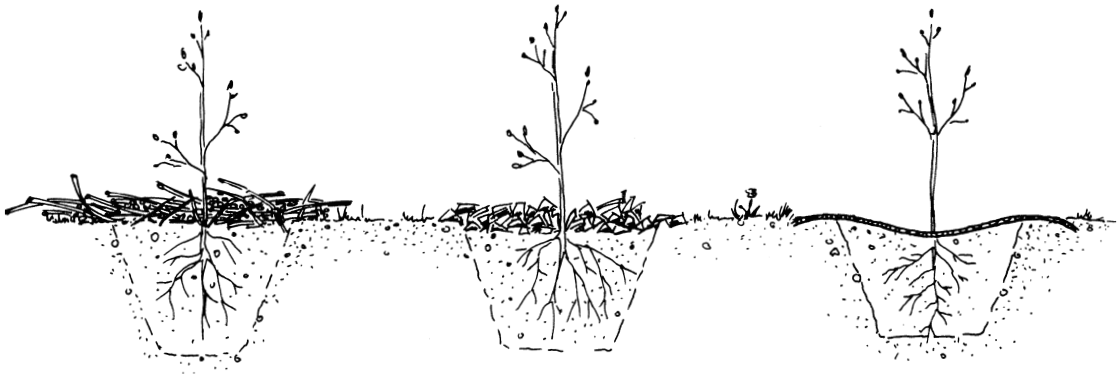
> Nachteile

Die natürliche Sukzession kann durch falsche Artenwahl verhindert werden. Nicht auf Rohböden ohne Humus.

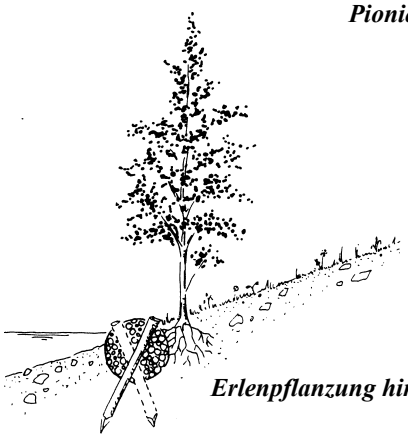
> Anwendungsbereiche

Ergänzung von ingenieurbiologischen Bauwerken aus Pioniergesellschaften. Anpflanzung extremer Standorte, die sich nicht selbst bewalden. Zur Landschaftsgestaltung, für Ufergehölze, zur Eingliederung von Bauwerken.

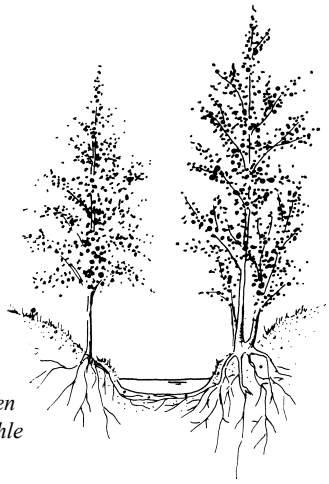
2.16 Pionierpflanzung



Pionierpflanzung mit Mulch, Holzhäcksel und Kokosvlies



Erlenpflanzung hinter Totfaschine



Erlenwurzeln wachsen bis unter die Bachsohle

> Beschreibung

Auf Rohböden (ohne Humus) werden Pioniergehölze (Rohbodenbesiedler) als Erstbesiedler gepflanzt, um den Boden für nachfolgende Arten vorzubereiten. Um die Pflanzen vor Austrocknung zu schützen, werden sie in gelockerte Löcher gesetzt und mit feuchtem Stroh oder ähnlichem Mulchmaterial gedeckt. Die Materialien sollen nicht die Wurzeln berühren. Sie schützen das Pioniergehölz vor übermässiger Verkrautung. Um in steinigen Böden an der Mittelwasserlinie Gehölze anzusiedeln, pflanzt man sie hinter einer verpflockten Totfaschine.

> Material

1- bis 2-jährige Setzlinge, 1 Stück/m², folgender Pionierarten: Erlen, Weiden, Birken, Pappeln, je nach Standortbedingungen; Mulchmaterial: Stroh, Schilf, Zellulose, Holzhäcksel, Kokosmanschetten, Mulchscheiben; Totfaschinen.

> Zeitwahl

Während der Vegetationsruhezeit, am besten zu Beginn der Vegetationszeit.

> Wirkungen

Pionierpflanzungen wirken bodenverbessernd durch Laubfall und Stickstoffanreicherung mittels Bakterien. Dadurch werden die Lebensbedingungen für nachfolgende Pflanzengesellschaften verbessert. Erlen sind die einzigen Gehölze, die in sandigen Böden noch unter der Sohle hindurchwurzeln und Sohlenbefestigungen erübrigen.

> Vorteile

Im Bereich der Mulchung ist der Graswuchs reduziert, und es muss nicht gemäht werden. Setzlinge müssen nicht an einen Pfahl gebunden werden.

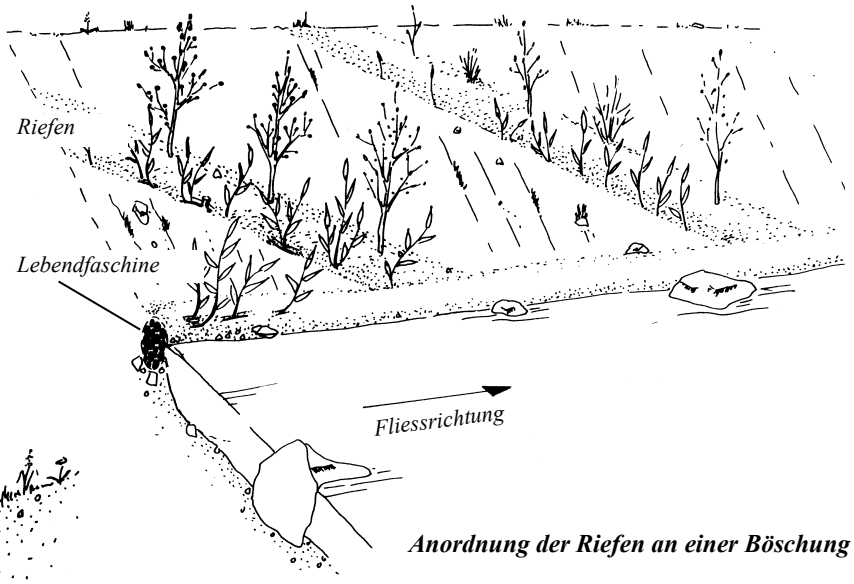
> Nachteile

Zur Bodenstabilisierung nur in Ergänzung zu anderen Bauweisen oder Bepflanzungen. Vorsicht: Mäuse!

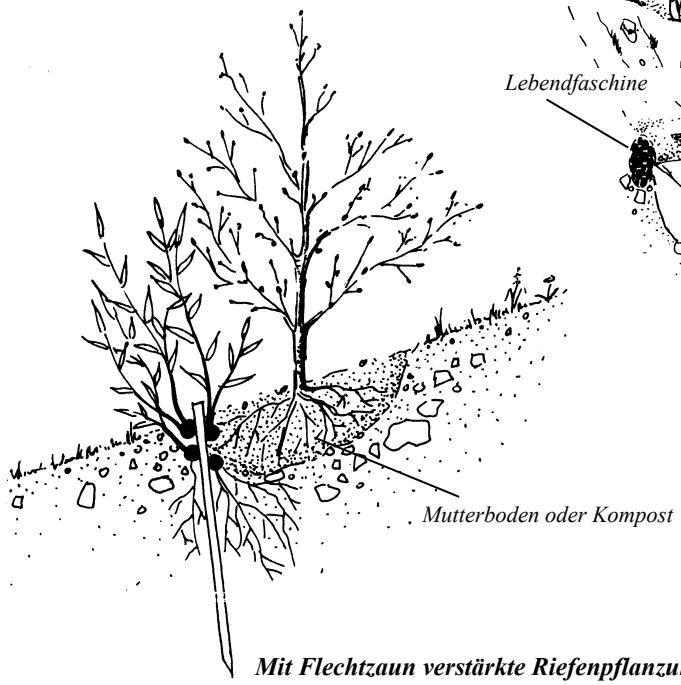
> Anwendungsbereiche

Auf humuslosen Böschungen, Aufschüttungen, Rutschungen, Ufern, z. B. Erlen entlang der Mittelwasserlinie in 1-Meter-Abständen hinter toten Faschinen. Als Ergänzung zu anderen Bauweisen, z. B. Buschlagen, Ansaaten.

2.17 Riefenpflanzung



Anordnung der Riefen an einer Böschung



Mit Flechtzaun verstärkte Riefenpflanzung

> Beschreibung

In der zu bepflanzenden Böschung werden «Riefen», also Gräben von 30–60 cm Breite und etwa einer Spatentiefe (ca. 30 cm tief), schräg über den Hang gezogen. An der Unterseite der Gräben kann man Hangfaschinen oder Flechtzäune versetzen, so dass der danach eingefüllte Humus nicht abrutscht. Darin werden standortgerechte Gehölze gepflanzt.

> Material

Standortgerechte Gehölze, meist junge Forstsetzlinge, 1–2 Stück pro Laufmeter. Bei Rutschgefahr zusätzlich Hangfaschinen oder Flechtzäune, Oberboden rund 0,05 m³/m².

> Zeitwahl

Vegetationsruhezeit oder zu Beginn der Vegetationszeit.

> Wirkungen

Die Gehölze gedeihen am Anfang im Oberboden besser als im Rohboden. Bei schräger Anordnung wirken die Riefen entwässernd, und gleichzeitig sammelt sich das Wasser darin. Weidenfaschinen festigen die Riefe. Die Gehölze legen sich bei Hochwasser in der Fliessrichtung, das Strauchwerk reduziert die Fliessgeschwindigkeit.

> Vorteile

Gute Kombination von Bewässerung und Entwässerung, wenig Oberbodenverbrauch, da nicht die ganze Böschung damit bedeckt wird.

> Nachteile

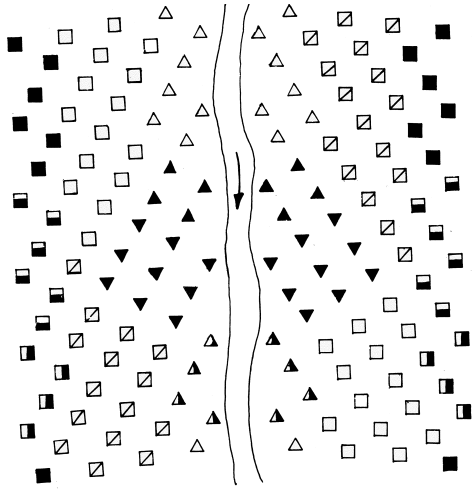
Nur auf flachen Hängen, nicht auf steinigen Böschungen.

> Anwendungsbereiche

Für flache, feuchte Hänge, vor allem auf erosionsgefährdeten, tiefgründigen Böden; Uferböschungen, Strassenborde.

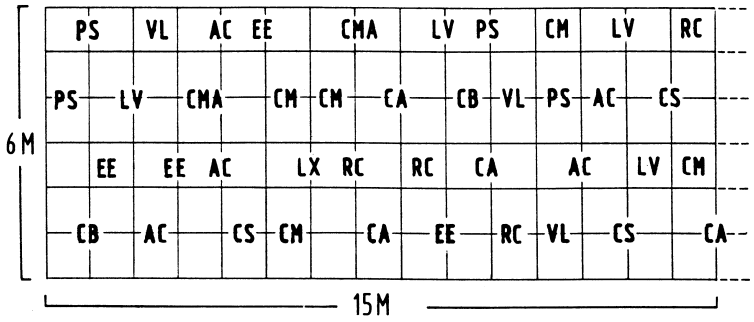
2.18 Aufforstung

Pflanzschema:
Artenkombination entlang von Fliessgewässern



Eiche	10 %	Schneeball	11 %
Kirsche	8 %	Weissdorn	12 %
Bergahorn	6 %	Pfaffenhütchen	5 %
Schwarzerle	23 %	Purpurweide	5 %
Bruchweide	20 %		

Pflanzenschema:
Engbestockung der Sträucher



AC	Acer campestre	12 %	LV	Ligustrum vulgare	10 %
CA	Corylus avellana	10 %	LX	Lonicera xylosteum	2 %
CB	Carpinus betulus	5 %	PS	Prunus spinosa	10 %
CMA	Cornus mas	5 %	RC	Rosa canina	10 %
CS	Cornus sanguinea	7 %	VL	Viburnum lantana	7 %
CM	Crataegus monogyna	12 %			
EE	Euonymus europaeus	10 %	CV	Clematis vitalba (zusätzlich)	

> Beschreibung

Sämtliche Vegetationsflächen können sich zu einem Gehölz entwickeln. Um den Bewaldungsprozess zu beschleunigen, werden die standortgerechten Bäume gleich nach der Stabilisierung gepflanzt. An den Uferzonen ist ein genügender Abstand zwischen Pflanzen und Wasser einzuhalten.

> Material

Einheimische, standortgerechte Sträucher und Bäume aus Baumschulen, möglichst junge Setzlinge mit kräftigem Wurzelwerk, 0,5–1 Stück/m². Sträucher: Hartriegel, Liguster, Pfaffenhütchen, Heckenkirsche, Hasel, Johannisbeere, Holunder, Faulbaum, Schneeball, Weissdorn, Schwarzdorn, Rosen, Strauchweiden usw.; Bäume: Eiche, Ahorn, Linde, Buche, Esche, Erle, Birke, Vogelbeere, Lorbeer, Traubenkirsche, Hainbuche, Pappel, Lärche, Rottanne, Föhre, Baumweide usw.

> Zeitwahl

Nur in der Vegetationsruhezeit.

> Wirkungen

Rasches Wachstum der potenziellen natürlichen Vegetation, anfangs nur punktförmige Wirkung, später vollständige Ausdehnung auf die gesamte Fläche. Am Wasser Wurzelvorhänge bildend, die das Ufer vor Erosion schützen. Der Blätterwuchs sorgt für eine bessere Beschattung des Fliessgewässers und führt somit zu Temperaturverminderung: Der Graswuchs im Wasser und unter den Gehölzen wird verhindert.

> Vorteile

Rasche Überführung in Wald oder Ufergehölz, Beschattung des Fliessgewässers, wenig Graswuchs, Mäharbeiten entfallen. Tiefere Wassertemperatur für Fische.

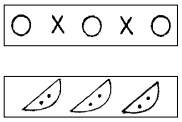
> Nachteile

Zu schnelle Waldbildung, viel Platz für Ufergehölz. Abflusseinschränkung bei engen Gerinnen.

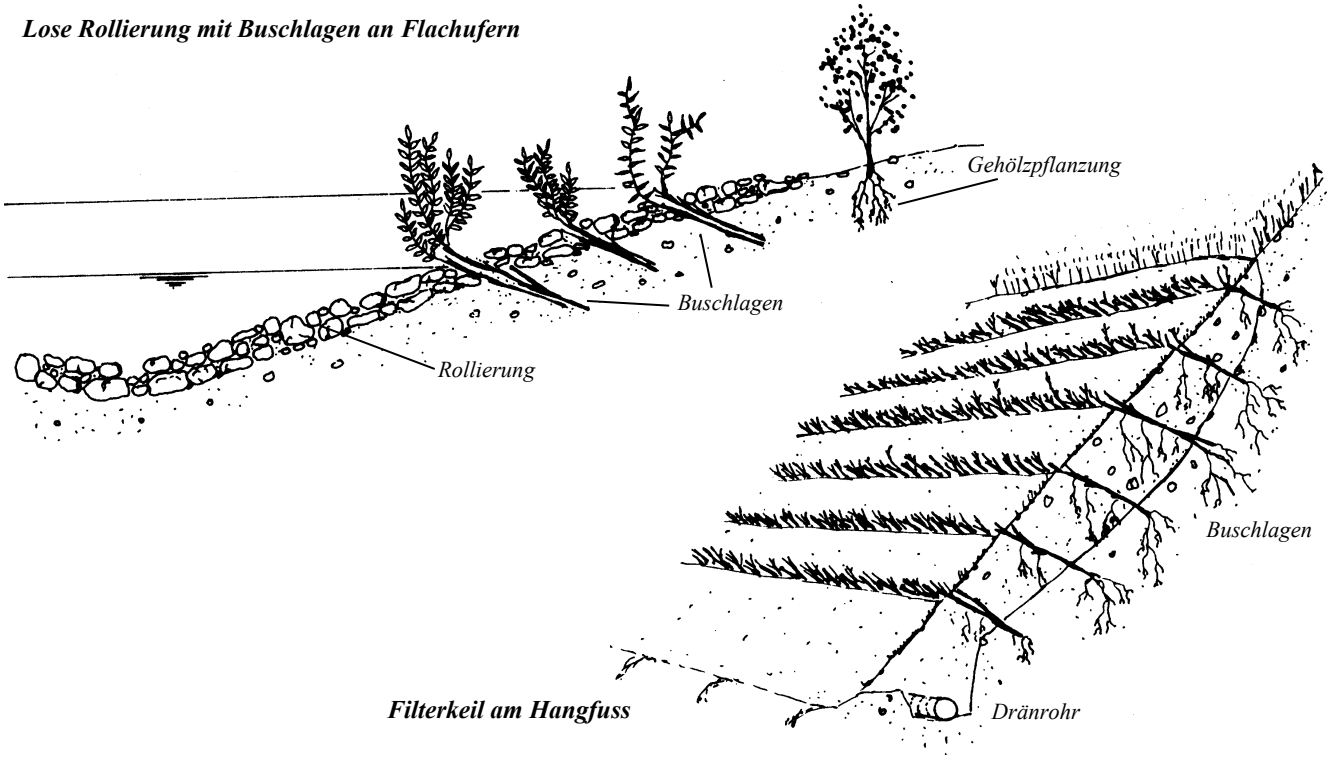
> Anwendungsbereiche

Bestockung kahler Flächen nach der Stabilisierung oder nach der Uferbefestigung oberhalb der Mittelwasserlinie. Aus Naturschutzgründen nicht alle trockenen oder feuchten Sonderstandorte aufforsten. Magerflächen auch der Sukzession überlassen. Am Rande von Aufforstungen und Hecken einen Waldmantel und Saum anlegen.

3.1 Begrünte Steinschüttung, Begrünter Filterkeil



Lose Rollierung mit Buschlagen an Flachufern



Filterkeil am Hangfuss

> Beschreibung

Auf feinkörnigen erosiven Böden können gröbere Kiese oder Steine zur Abdeckung und Dränierung flächig aufgetragen werden. Die Vegetation verbindet die Schüttung mit dem Untergrund. Man schüttet dränfähiges Material lagenweise und verdichtet es mit üblichen Erdbaumaschinen. Am Böschungsfuss wird bei Bedarf eine gröbere Fusssicherung geschüttet. Steingrösse, Neigung und Festigkeit der Schüttung müssen durch Spezialisten berechnet werden. Filterkriterien sind einzuhalten. Buschlagen werden mit der Schüttung hochgezogen, Röhrichtballen, Steckhölzer und Gehölzpflanzungen können nachträglich eingebracht werden, müssen aber in den durchwurzelbaren Untergrund reichen. Die Vegetation am Gewässer darf erst oberhalb der Mittelwasserlinie eingebracht werden.

> Material

Kiese (2–10 cm) und Steine (10–30 cm) entsprechend der Geologie des Ortes, wo der Damm erstellt wird, oder bei einem Fluss entsprechend der Geologie des Einzugsgebietes (kein Granit im Jura). Steckhölzer, Buschlagen, Gehölze, Röhrichtballen, evtl. Dränrohr.

> Zeitwahl

Jederzeit für Steinschüttungen, die der Selbstbesiedlung überlassen werden; Steckhölzer, Buschlagen und Bepflanzungen in der Vegetationsruhezeit.

> Wirkungen

Schutz vor Oberflächenerosion, sofort abstützend und dränierend. Steine schützen bei Wellenschlag das Anwachsen der Pflanzen, die mit der Zeit vollständig durch- und überwachsen. Die Oberflächenrauigkeit filtert Feinmaterial aus dem Fliessgewässer und fördert die Durchwurzelung. Lebensraum für Lückenbewohner.

> Vorteile

Sofortiger Oberflächenschutz, der die dauerhafte Begrünung sichert.

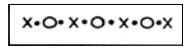
> Nachteile

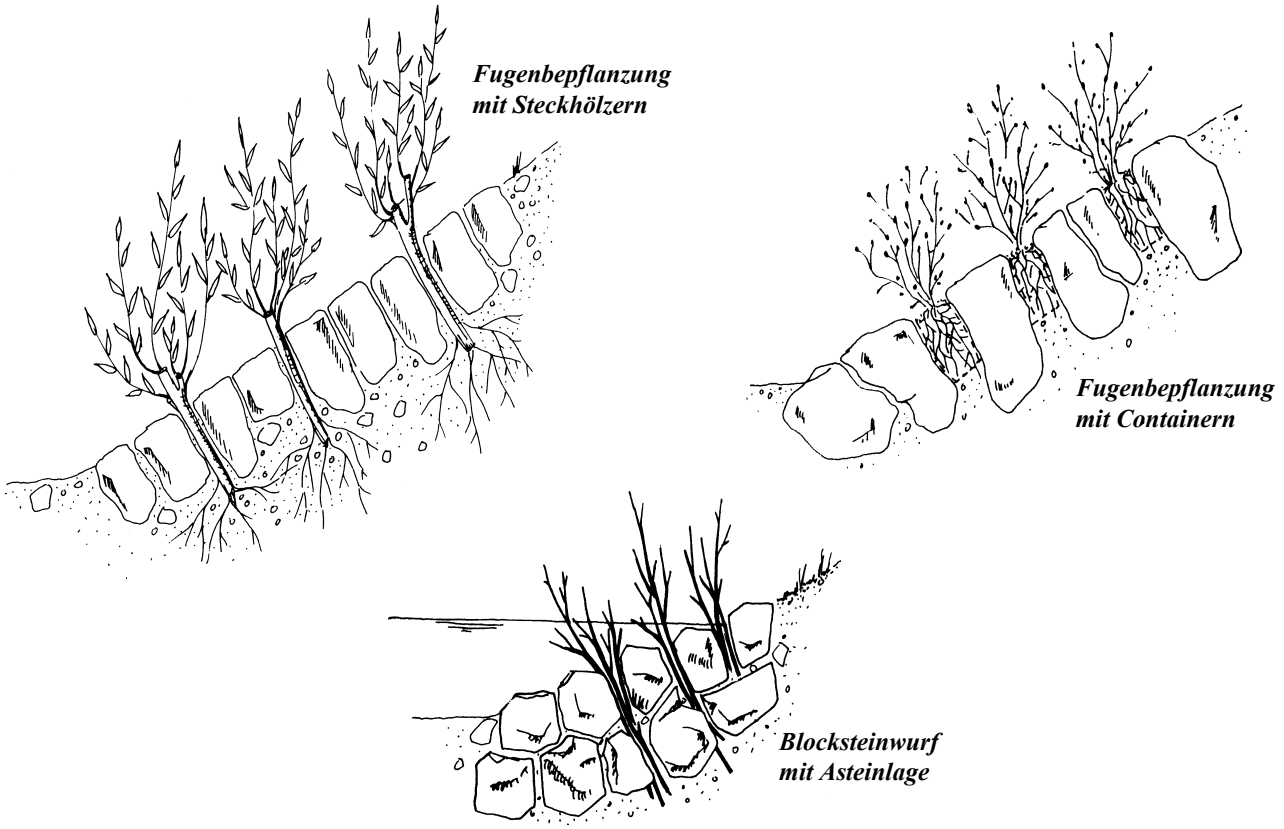
Nur anwendbar, wo Kies und Steine vorhanden sind. Nicht an Lehmbächen.

> Anwendungsbereiche

Verbauung und Begrünung von Erddämmen und Uferböschungen, Muschelbrüchen, Hangrutschen und Nassstellen am Hangfuss. Zur Entwässerung grosser Hangrutsche bis 3 m Mächtigkeit können auch Filterkeile eingesetzt werden.

3.2 Fugenbepflanzung, begrünte Pflasterung





> Beschreibung

An Böschungen mit maximaler Neigung von 45° werden grosse Steine unregelmässig und dazwischen mit lebenden Astlagen oder dicken Steckhölzern von unten nach oben versetzt, und zwar so, dass die Pflanzen mit ihren Wurzeln in den Untergrund reichen können. Werden die Pflanzen nachträglich eingebracht, müssen Löcher mit einer Brechstange oder dem Kompressor vorgebohrt werden. Das Anwachsen wird begünstigt, wenn die Lücken zwischen den Steinen mit Feinschotter aufgefüllt werden.

> Material

Natursteinblöcke, 0,5–2 t, entsprechend der Geologie des Verwendungsortes, unbehauen. Dicke und lange Steckhölzer 1–5 Stück/m², Astlagen (tot und lebend), Containerpflanzen 1 Stück/m², feines Auffüllmaterial.

> Zeitwahl

In der Vegetationsruhezeit. Die Steine müssen im Sommer bei Niedrigwasser verlegt werden. Die Vegetation kann nachträglich im Herbst oder Frühjahr gepflanzt werden.

> Wirkungen

Schwergewichtiges Bauwerk, sofort schützend, unter Wasser bremsend. Mit Bewuchs bilden die Wurzeln einen kompakten Verband zwischen Steinen und Untergrund.

> Vorteile

Rauigkeit lagert Feinmaterial an, begrünter Blockwurf wird nicht ausgespült.

> Nachteile

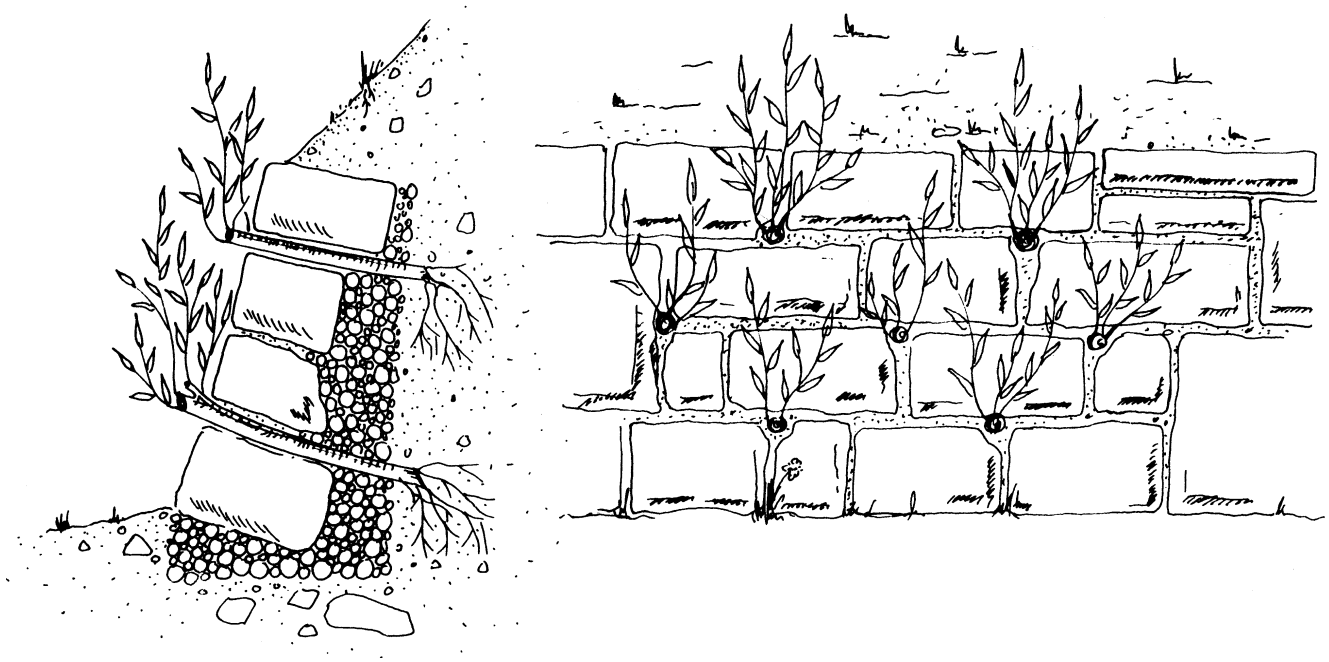
Fremdkörper. Praktisch keine Selbstbesiedlung möglich, hohe Ausfälle bei Pflanzungen (bis 80 %). Lange Übergangszeit von Weidenmonokulturen zu vielfältigem Ufergehölz. Kein flächendeckendes Wurzelgeflecht.

> Anwendungsbereiche

Schutz von steilen Ufern, wo sanftere Methoden nicht ausreichen. Fusssicherung unter Wasser, die oberhalb des Mittelwassers von anderen Bauweisen abgelöst werden: z. B. Weidenwippe, Holzgrünschwelle. Bei engen Platzverhältnissen werden die Natursteinblöcke so verlegt, dass sie als Fischnischen dienen. Weitere Anwendungsbereiche sind lebende Buhnen; im Erdbau Böschungsfusssicherung und Lawinenschutz.

3.3 Begrünte Trockenmauer

Durch Steckhölzer und Rasensoden begrünte Trockenmauer



> Beschreibung

Blöcke oder stapelbare Steine werden manuell oder maschinell aufeinander geschichtet. Während des Baus legt man lebendes Astwerk, bewurzelte Gehölzpflanzen oder dicke Rasenziegel ein. Die Trockenmauern dürfen niemals hinterbetoniert werden, weil die Pflanzen bis zum gewachsenen Boden reichen müssen. In den Fugen sollte Feinmaterial das Anwachsen erleichtern. Die Äste sollten maximal 10 cm vor die Mauer ragen.

> Material

Behauene Steine verschiedener Grösse oder stapelbare Blöcke, manuell 25–50 kg, maschinell 500–1500 kg, Kiesmaterial zur Hinterfüllung; Buschlagen 10 Stück/m², bewurzelte Pflanzen von Straucharten 2–5 Stück/m² (Baumwurzeln sprengen das Trockenmauerwerk). Transplantate, Rasenziegel für die Fugen, vegetationsfähiger Boden.

> Zeitwahl

Mit Gehölzen während der Vegetationsruhezeit; Rasenziegel ausserhalb der Frostperiode das ganze Jahr; Mulchsaaten in den Fugen nur während der Vegetationszeit.

> Wirkungen

Stabilisierung von Hangabschnitten, dauerhaft, wasserdurchlässig, elastisch. Bewuchs festigt das Mauergefüge und entwässert.

> Vorteile

Flexibler und schöner als Betonmauer. Nischen für Tiere und Pflanzen.

> Nachteile

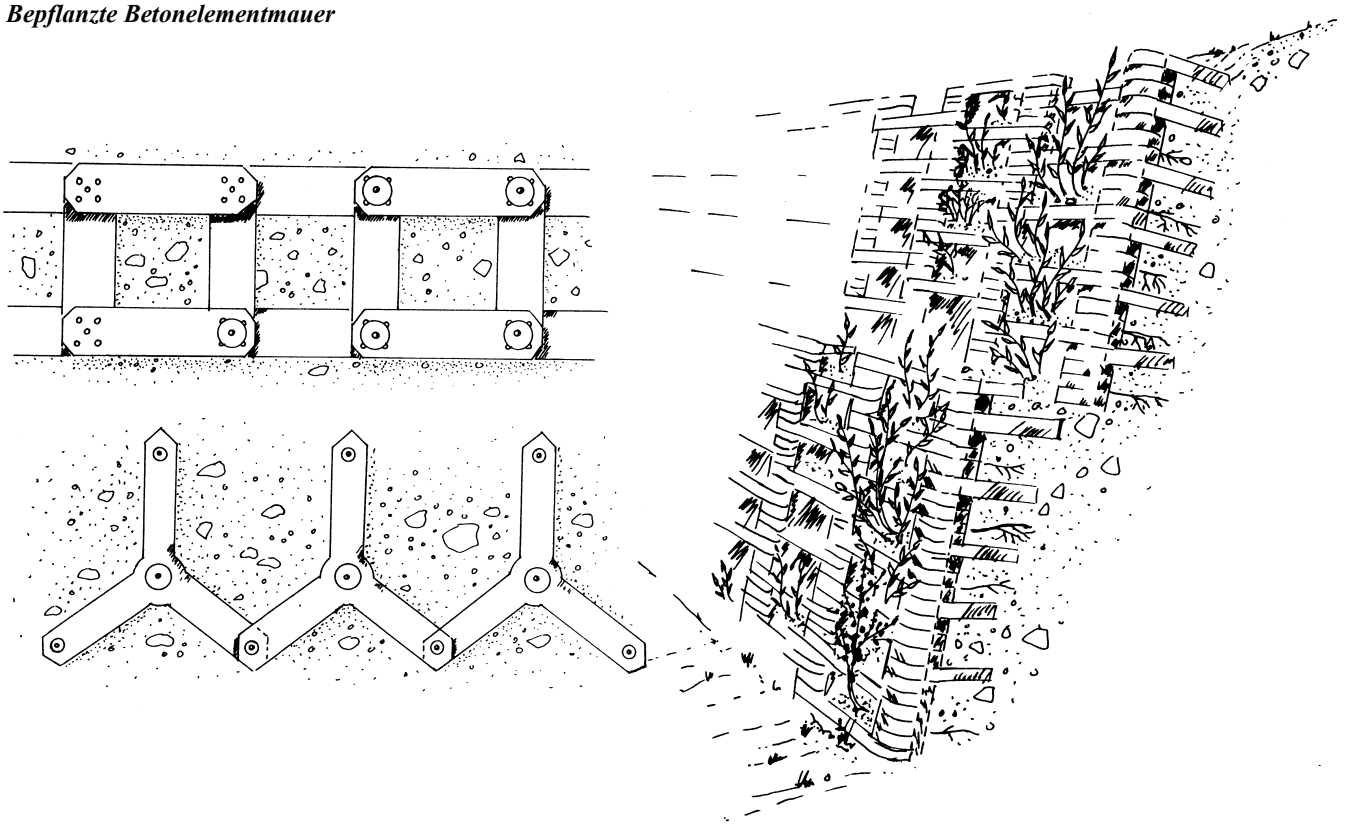
Bauhöhen beschränkt, Trockenmauer max. 3 m, Blockmauerwerk max. 5 m, Neigung nicht steiler als 80°.

> Anwendungsbereiche

Punktförmige oder lineare Fusssicherung an Hängen, Ufern und in Runsen. Strassenböschungen (auch alpin), Wildbach- und Lawinenverbauungen, wertvolle Trockenbiotope – überall, wo geeignete Natursteine vorhanden sind.

3.4 Bepflanzte Betonkrainerwand

Bepflanzte Betonelementmauer



> Beschreibung

Grenzbauweise der Ingenieurbiologie, da die Stützfunktion vom Beton übernommen wird und die Pflanzen nur noch das hinterfüllte Erdreich festhalten. Man baut die Betonfertigteile der verschiedenen Typen im Baukastensystem zusammen. Sie werden mit Schüttmaterial hinterfüllt, und gleichzeitig werden Buschlagen oder Gehölze so in die Zwischenräume eingelegt, dass sie durch den ganzen Schüttkörper bis in den gewachsenen Boden reichen. Die Zwischenräume können auch angesät oder mit Schling- oder Containerpflanzen bepflanzt werden.

> Material

Ein- oder doppelwandige Elementmauern aus Rasengittersteinen, Löffelsteinen, Betonkrainerwänden, Elementwänden, Evergreenelementen, Otto-Elementen. Verankerung z. B. mit Eisenstäben; wasserdurchlässiges und vegetationsfähiges Auffüllmaterial; Buschlagen, Gehölze, Schlingpflanzen, Ansaaten, krautige Pflanzungen. Für die richtige Artenkombination den Spezialisten beiziehen.

> Zeitwahl

Jederzeit. Die pflanzliche Füllung zur Vegetationsruhezeit; Gräser und Kräuter im Sommer.

> Wirkungen

Definitive grüne Stabilisierung anstelle von gleichförmigen Betonmauern. Aktive Entwässerung durch die Vegetation. Wenn der Erdkörper gut durchwurzelt ist, werden punktuelle Lasteinwirkungen auf grössere Flächen verteilt.

> Vorteile

Hohe Stabilität, dennoch elastisch trotz Betonelementen. Rasche und einfache Montage.

> Nachteile

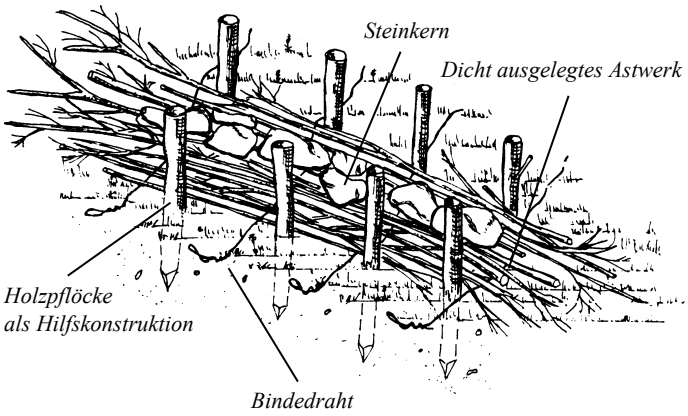
Bis zum völligen Einwachsen unschön in der Landschaft, relativ hohes Gewicht der Einzelteile.

> Anwendungsbereiche

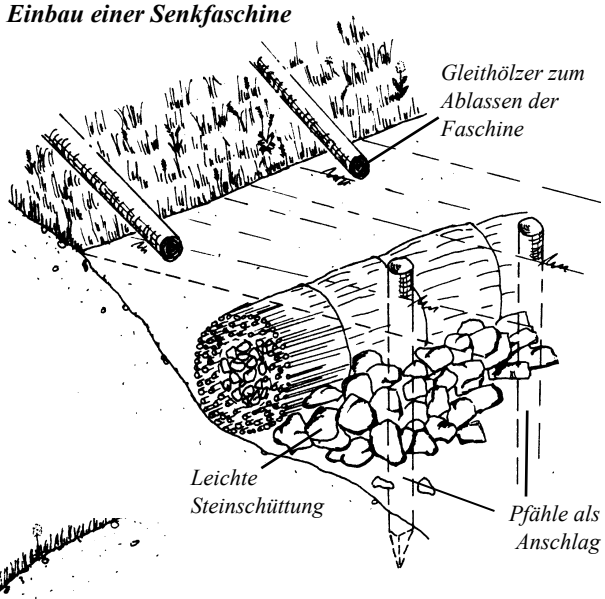
An Strassen- und Bahnböschungen, Hangfüssen, Böschungsabstützungen im Siedlungsraum, Gartenmauern.

3.5 Senkfaschine

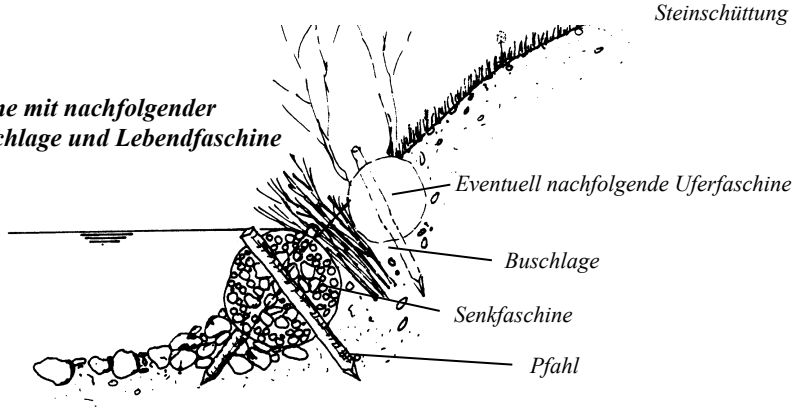
Herstellung einer Senkfaschine zwischen einem Hilfsgürtel



Einbau einer Senkfaschine



Eingebaute Senkfaschine mit nachfolgender Ufersicherung aus Buschlage und Lebendfaschine



> Beschreibung

Aus totem Buschwerk wird eine 3–6 m lange Faschine gebunden und in der Mitte mit Steinen beschwert. Bei einem Durchmesser der Senkfaschine über 30 cm empfiehlt sich als Ummantelung Draht, Band oder Gewebe. Die Senkfaschine wird wegen ihres Gewichtes vor Ort an Land oder auf einem Boot hergestellt. Evtl. wird sie mit Drahtgeflecht oder Geotextilien ummantelt. Man verpflockt sie am Übergang der Sohle zum Ufer, leicht versenkt. Bei tiefen Anrissen können auch mehrere Senkfaschinen schräg versetzt übereinander verlegt werden. An der gewünschten neuen Uferlinie ist zuerst eine Pilotenreihe (Holzpfähle, Durchmesser 15–20 cm) einzurammen. Bei flachen Anrissen kann die Senkfaschine als Wurzelschutz für die direkt dahinter gepflanzten Gehölze oder die Uferfaschine dienen.

> Material

Möglichst lange tote Äste mit sämtlichen Seitenzweigen, auch Pfähle je nach Untergrund, Länge 60–150 cm oder Armierungsstahl; geglühter Draht, Durchmesser 3 mm, oder Geotextilgewebe, Drahtgeflecht. Füllmaterial: möglichst gemischtkörniges Ufersubstrat (Wandkies, Steine).

> Zeitwahl

Jederzeit.

> Wirkungen

Die grosse Rauigkeit vermindert die Fliessgeschwindigkeit, dadurch Schutz vor Erosion. Das Ufer bleibt wasserdurchlässig und bietet Kleintieren einen guten Unterschlupf.

> Vorteile

Bei geringem Material- und Platzaufwand Unterspülungsschutz; Sofortwirkung; billig.

> Nachteile

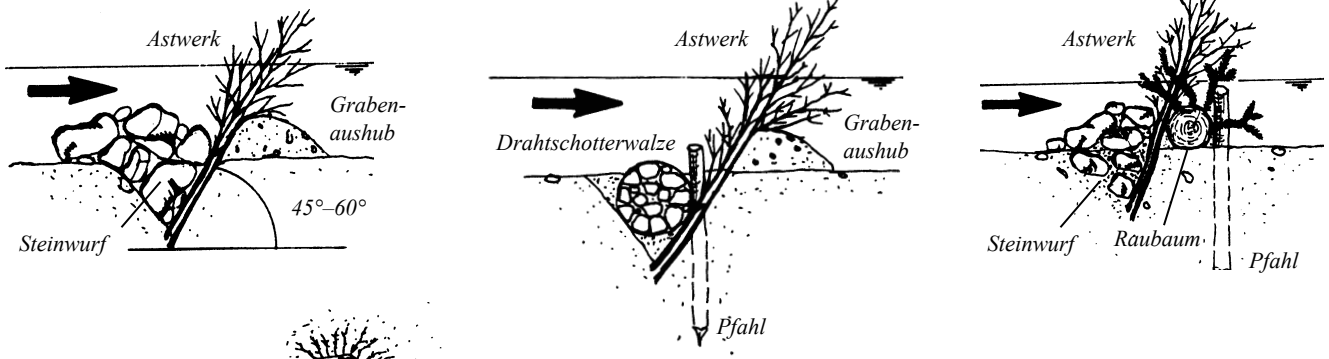
Nicht lebend, weil unter Wasser. Hohes Gewicht erfordert Bau vor Ort.

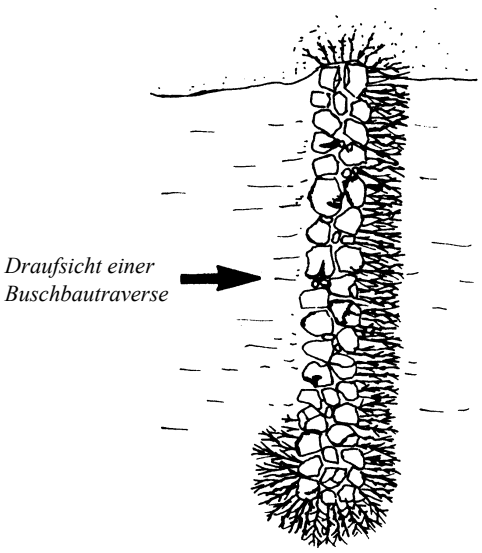
> Anwendungsbereiche

Unterwasserkolke, deren oberer Teil lebend verbaut werden soll, in Verbindung mit Uferfaschinen, Spreitlagen, Buschlagen. Zur Sicherung von Uferunterspülungen in Flüssen des Flachlandes.

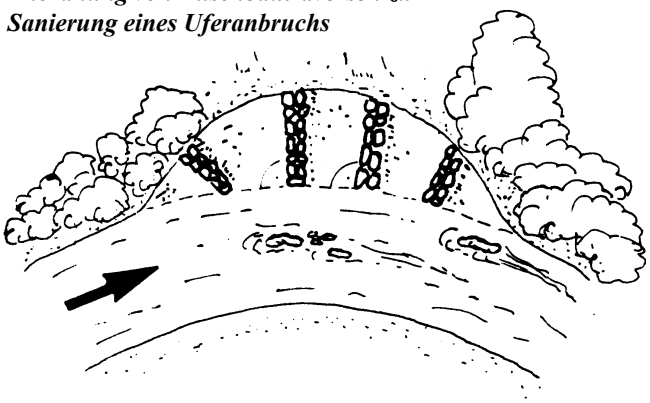
3.6 Buschbautraverse

Verschiedene Bautypen der Buschbautraverse





Anordnung von Buschbautraversen zur Sanierung eines Uferanbruchs



> Beschreibung

Buschbautraversen werden bei Niedrigwasserstand erstellt, damit sie im Untergrund befestigt werden können. Man zieht 30–50 cm tiefe Gräben und lagert den Abraum flussabwärts. In die Gräben werden lebende Weidenäste dicht nebeneinander und 45–60° flussabwärts geneigt gesteckt, bis eine geschlossene Astwand entsteht. Dann werden die Äste mit Bruchsteinen oder Drahtschotterwalzen bis zur Mittelwasserlinie beschwert und verpflockt. Der wasserseitige «Kopf» ist mit Weidenästen fächerförmig zu unterbauen. Die uferseitige «Wurzel» wird tiefer eingebunden und zum Ufer hin angehoben. Der Abstand zwischen den Buschbautraversen beträgt das 1- bis 1,5-Fache ihrer Länge.

> Material

Lebende Weidenäste, 100–150 cm lang, verzweigt, elastisch; Bruchsteine oder Drahtschotterwalzen; Pfähle, Durchmesser 4–8 cm, Länge 60–150 cm; geglühter Draht, Durchmesser 3 mm.

> Zeitwahl

Während der Vegetationsruhezeit bei Niedrigwasser.

> Wirkungen

Die Fliessgeschwindigkeit des Wassers wird durch die vielen lebenden Äste reduziert, wodurch das mitgeführte Geschiebe abgelagert wird. Die Verlandung kann bei Hochwasser und bei mittlerem Wasserstand erfolgen. Die Buschbautraverse wächst an und bildet einen wichtigen Lebensraum im amphibischen Bereich.

> Vorteile

Einfache Bauweise, rasche Wirkung.

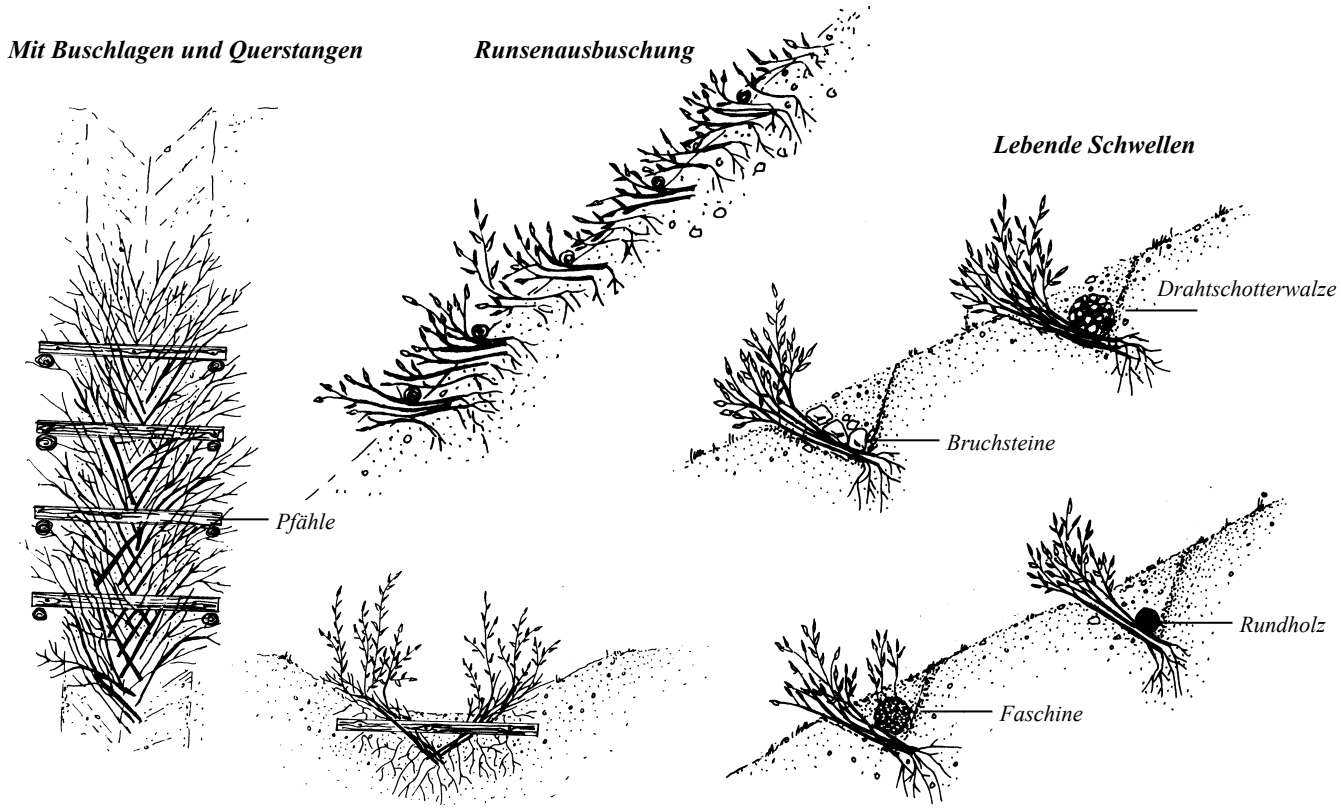
> Nachteile

Nicht für Wildbäche, die schweres Geschiebe führen; nur während der Vegetationsruhezeit ausführen.

> Anwendungsbereiche

Zur Sanierung von Fluss- und Bachbetten durch Auflandung und Selbstausbildung eines Gerinnes im Doppelprofil. Für Bäche, Flüsse und Ströme mit mittlerer Geschiebeführung zur Anlandung im Bereich zwischen Niedrigwasser und mittlerem Wasserstand. Verlandung von Kolken mit Gitterbuschbau, Palisaden, lebenden Kämmen usw.

3.7 Runsenausbuschung



> Beschreibung

Zur Konsolidierung erodierender Runsen werden Äste so eingelegt, dass sie auflandend wirken. Bei der Runsenausbuschung werden bis 3 m tiefe und 8 m breite Runsen 0,5 m dick mit toten und lebenden Ästen fischgrätenartig ausgelegt. Alle 1–2 m werden sie mit Querhölzern befestigt. Die Äste müssen entweder an der Basis gesteckt oder übererdet werden, so dass die ganze Packung anwachsen kann. Beim Verfahren mit lebenden Schwellen werden die Äste in zuvor ausgehobene Bermen und mit der Basis in die Runse verlegt. Sie werden mit Steinen, Drahtschotterwalzen oder Faschinen befestigt.

> Material

Ausschlagfähige Weidenäste und andere, möglichst kräftig und lang; lebende oder tote Pfähle und Querhölzer, Bäume, Durchmesser 10–30 cm, je nach Runsenbreite; geglühter Draht, Durchmesser 3 mm.

> Zeitwahl

Nur während der Vegetationsruhezeit.

> Wirkungen

Durch die grosse Rauigkeit des Astwerks wird Material aufgefangen und zwischen den Ästen abgelagert. Die Weiden vertragen nicht nur Verschüttung, sondern wachsen an und verbinden optimal den Runsengrund mit dem gesamten aufgeschütteten Material. Allerdings darf nie mehr als 1/3 des Jahrestriebs überschüttet werden. Die Runse darf gelegentlich Wasser führen.

> Vorteile

Bei geringer Überschotterung dauerhaftes Verwachsen der Runse.

> Nachteile

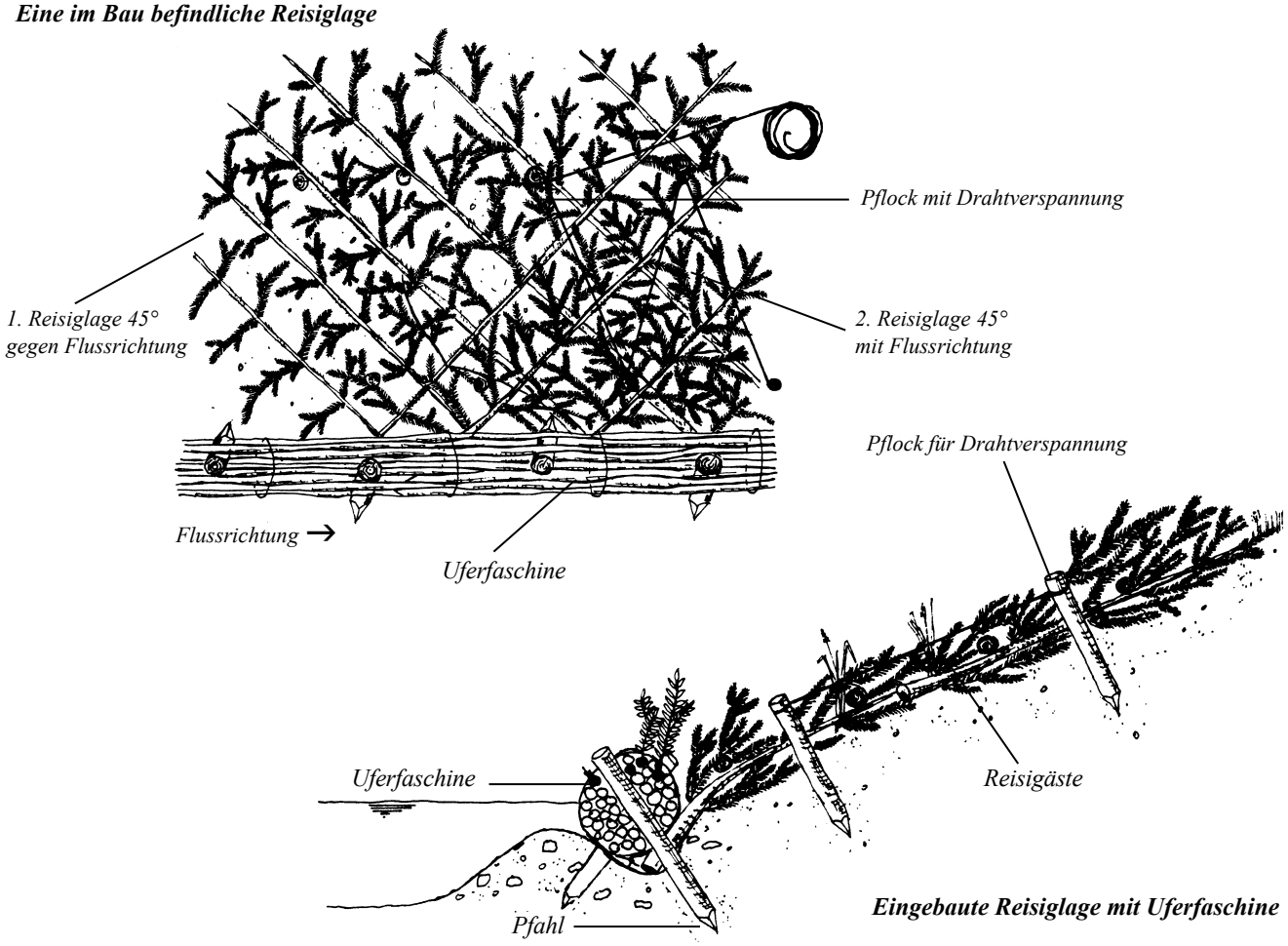
Grosser Mengenbedarf an Ästen. Nicht bei Materialablagerungen über 0,5 m pro Ereignis.

> Anwendungsbereiche

Sanierung von ausgespülten Runsen mit zeitweiliger Wasserführung und zur Verhinderung weiterer Tiefenerosion. Langsame Verlandung durch geringe, zeitweilige Geschiebeführung und allmähliche Auflandung durch Abbröckeln und Steinschlag von den Flanken. Kombination mit Steinen, Drahtschotterwalzen, Faschinen, Flechtzäunen.

3.8 Reisiglage

Eine im Bau befindliche Reisiglage



Eingebaute Reisiglage mit Uferfaschine

> Beschreibung

Der Boden wird dicht mit totem Reisig (auch Tannreisig) abgedeckt und mit Draht an Pflöcken befestigt (ähnlich der Spreitlage). Es können auch Raubäume mit der Spitze nach unten in Anrissen verpflockt werden. Zu ergänzen mit lebenden Pflanzen oder der Sukzession zu überlassen.

> Material

Frische Äste nicht ausschlagfähiger Gehölze, Nadelholzreisig, Draht, Pflöcke, Astgabeln, evtl. Netze.

> Zeitwahl

Jederzeit.

> Wirkungen

Die Hohlräume zwischen und unter den Zweigen sind Auffangräume für abrieselndes Material. Im Schutz der Zweige können anfliegende Samen keimen und werden nicht mehr von Wind oder Wasser weggetragen. Die Frostgefahr wird gemildert. Sofortige flächenschützende Wirkung.

> Vorteile

Meist reichlich vorkommendes Abfallmaterial, das durch seine Verrottung die organische Substanz im Boden anreichert. Keine technischen Eingriffe.

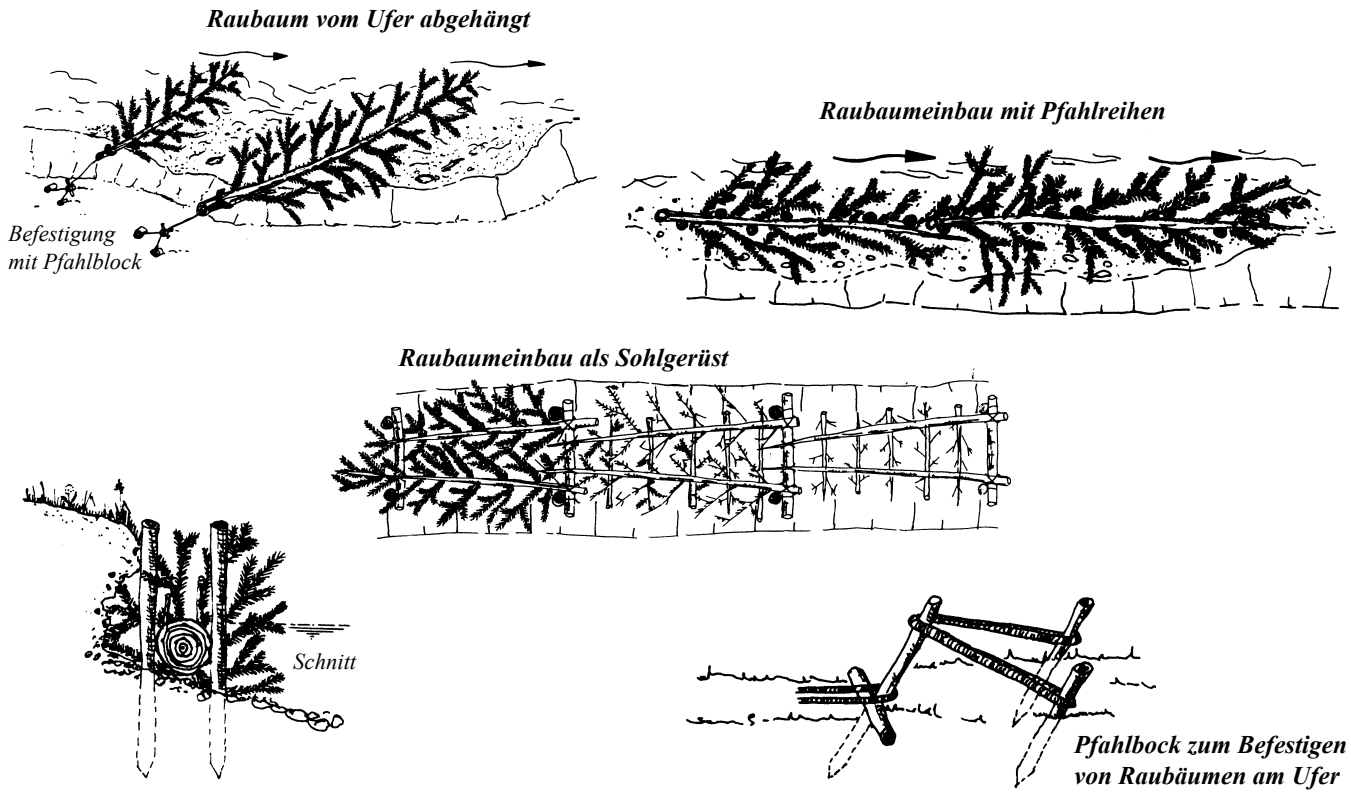
> Nachteile

Rasch verrottend, dauerhafte Stabilisierung vom Bewuchs abhängig.

> Anwendungsbereiche

Anrisse auf steilen Böschungen, Sandböden, Dünenschutz, Uferböschungen im Hochwasserbereich, vorübergehender Schutz für Gehölzpflanzungen. Kombination mit Heublumensaat, Stecklingen, Gehölzpflanzungen usw.

3.9 Raubaum



> Beschreibung

An ausgewaschenen Ufern, an denen vom Wasser transportiertes Feinmaterial angelagert werden kann, befestigt man in Fliessrichtung lange, vollbenadelte, frisch gefällte Tannen oder Fichten an der Uferlinie. Je nach Art der Befestigung können diese parallel oder bis zu 20° zur Fliessrichtung geneigt eingebaut werden. Die Grösse der Stämme richtet sich nach dem Verwendungszweck. Bei tiefen Kolken müssen Raubäume mit Gewichten versenkt werden. Raubäume werden mit geglühtem Draht oder Stahlseilen am dickeren Drittel mit einer Schlinge und am Fuss mit einer halben Schlinge festgebunden. Am Ufer wird das Stahlseil lose an einen Pfahl, an eine Reihe von hintereinander heruntergebundenen Pfählen oder an einen Pfahlbock gehängt. Eine andere Möglichkeit ist das Verklemmen der Raubäume zwischen zwei Pflockreihen.

> Material

Tannen oder Fichten, 3–10 m Länge, oder Baumkronen (Weihnachtsbaum-Recycling!). Holzpfähle, Länge je nach Einschlagtiefe, Durchmesser 8–15 cm; Draht zum Festbinden Durchmesser 3–5 mm, oder Stahlseile.

> Zeitwahl

Jederzeit, vor allem nach Katastrophen.

> Wirkungen

Raubäume durchwirbeln das Wasser, wenn es ihr Geäst durchströmt, und reduzieren dadurch die Fliessgeschwindigkeit. Das Wasser beruhigt sich und lagert mitgeführtes oder aufgeschwemmtes Material ab. Die Anbruchstelle ist nach kurzer Zeit verlandet und kann mit lebendem Material (z. B. Palisaden), das den verrottenden Raubaum ablöst, verbaut werden.

> Vorteile

Wirkt sofort; Grösse kann nach Wassertiefe variiert werden; einfach und billig, rasch herstellbar.

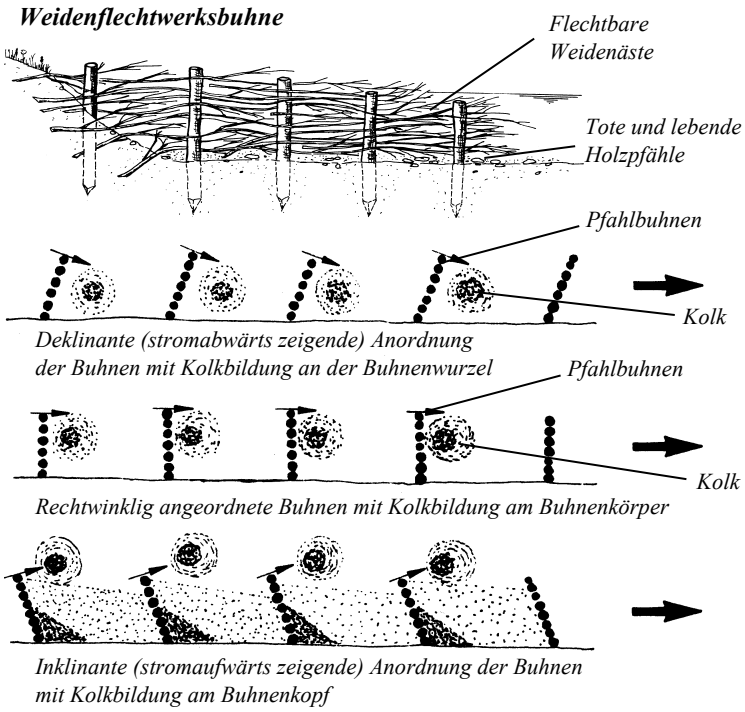
> Nachteile

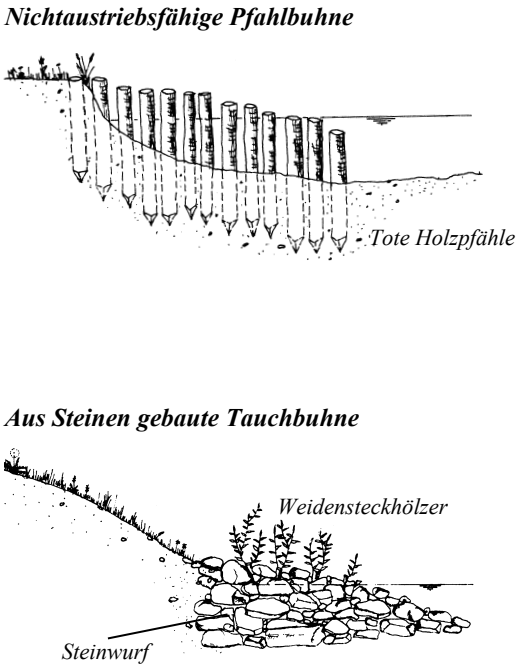
Bauwerk aus totem Material, welches verrottet, muss durch lebendes ergänzt werden; nur an anlandenden Ufern; altert rasch.

> Anwendungsbereiche

Während Hochwässern und bei Uferanbrüchen, Kolken, Anlandungsufer in genügend breiten Gerinnen, auch bei Böschungsanbrüchen im Wald, Böschungsfusssicherungen, Fusssicherungen von Spreitlagen. In den Strom gerichtet als Buhne. Fliessgewässer mit hoher Triebkraft, Katastropheneinsatz, Bachverbauung mit Tannenwipfeln bei kleineren Zuflüssen im Alpengebiet.

3.10 Lebende Buhne





> Beschreibung

Buhnen sind dammartige Bauwerke von 0,5–15 m Länge, die vom Ufer meist schräg flussaufwärts (deklinant), rechtwinklig oder schräg flussabwärts (inklinant) errichtet werden. Die Buhnenwurzel muss sehr sorgfältig ins Ufer eingebunden werden, während der Buhnenkopf wegen der turbulenten Strömung gesichert werden muss. Der Abstand von Buhne zu Buhne ist ungefähr so gross, wie das Gewässer breit ist, oder das 1,5- bis 2,5-Fache der Buhnenlänge. Um die Bettbreite einzuschränken, werden die Buhnen direkt gegenüber angeordnet; zur Bildung von Mäandern ist es jedoch nötig, sie versetzt gegenüber einzubauen. Die Anordnung soll auf die natürliche Mäanderfolge (ca. 8- bis 12-mal die Breite des Gewässers) Rücksicht nehmen. Zwischen den Buhnen findet die Sedimentation statt, so dass am Ufer keine Verbauung mehr notwendig ist. Die Oberkante der Buhnen wird ungefähr auf den mittleren Wasserstand festgelegt, wobei sie vom Ufer zur Mitte abfallen sollte. Lebende Buhnen werden gebaut aus Raubäumen, Flechtwerk, Packwerk, Faschinen, und zwar als begrünter Blockwurf oder als Dreiecksflügelbuhne.

> Material

Raubäume, ganze Bäume, Flechtwerk, Packwerk, Faschinen, begrünter Blockwurf. Ausreichend Pfähle, Durchmesser 5–20 cm, Länge 1–4 m. In grösseren Gewässern dickere und längere Pfähle oder Stahlstäbe bzw. Eisenbahnschienen, evtl. kiesiges Auffüllmaterial und Geotextilien.

> Zeitwahl

Lebende Buhnen in der Vegetationsruhezeit; tote Buhnen jederzeit.

> Wirkungen

Buhnen erhöhen die Rauigkeit des Flussbettes und verlagern die Hauptströmungslinie. Inklinante Buhnen verursachen Auswaschungen am Buhnenkopf, deklinante Buhnen an der Buhnenwurzel. Die Buhnenfelder begünstigen Materialablagerungen. Lebende Buhnen sind im Bewuchs durchströmbar und sind hervorragende Lebensräume.

> Vorteile

Anpassungsfähig, können mit wenig Aufwand verlängert oder verkürzt werden. Längsverbauungen erübrigen sich. Buhnenfelder sind hervorragende Laich- und Aufwuchsplätze für Fische.

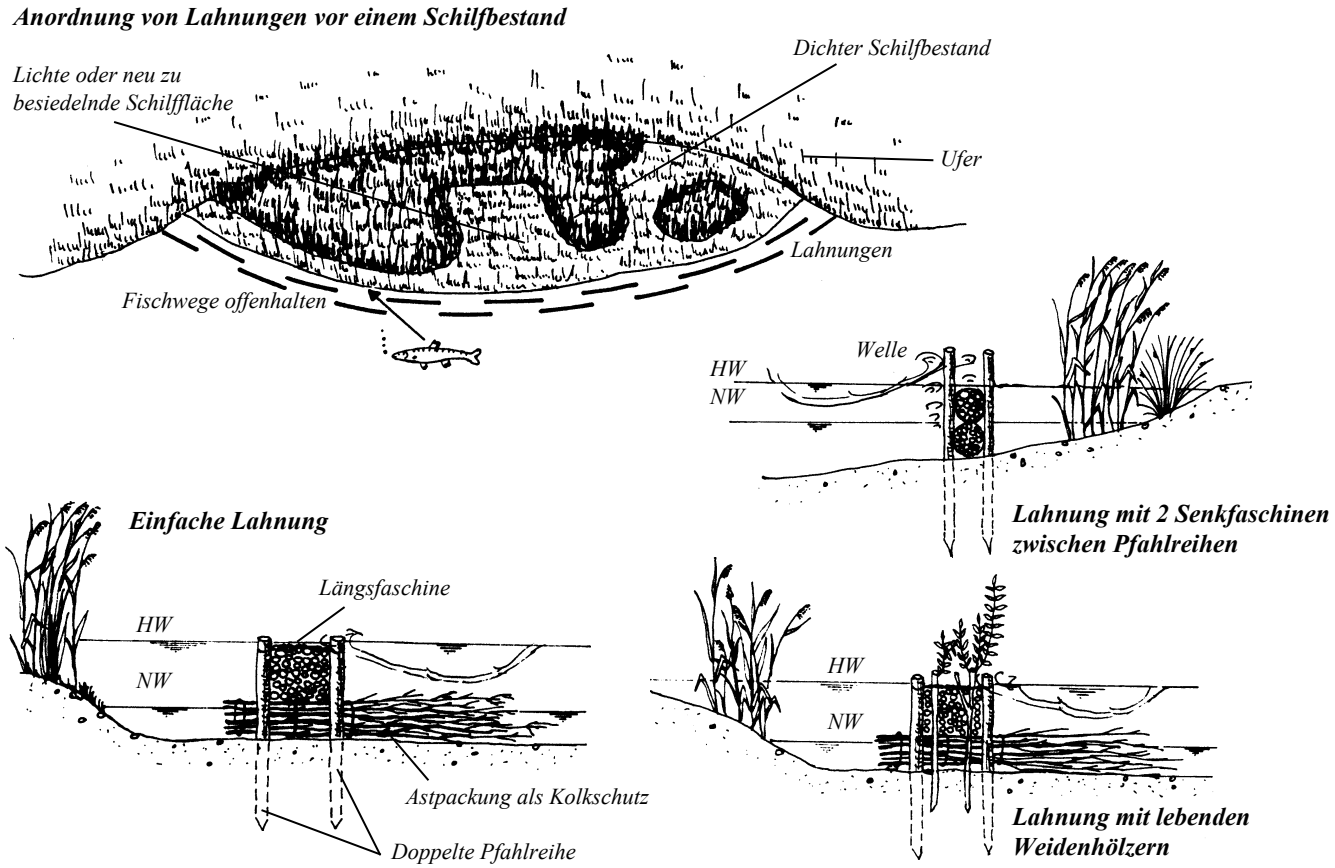
> Nachteile

Verursachen Querströmungen und Kolke am Buhnenkopf oder an der Buhnenwurzel.

> Anwendungsbereiche

Verminderung zu grosser Abflussmengen, Revitalisierung mit Mäanderbildungen, ausspülungsgefährdete Altholzufer, ausgeuferte Hochwasserbereiche, in kleinen Bächen wie in Flüssen lebende Buhnen, in grösseren Fliessgewässern und Wildbächen kombiniert mit Schienen und Steinen.

3.11 Lahnung



> Beschreibung

Vom Ponton aus werden 2 Reihen Pfähle zur Hälfte ihrer Länge bis zum Stand des Hochwasserspiegels eingerammt. Der Querabstand der Pfähle beträgt 0,4–0,6 m, der Längsabstand 1,5–2,5 m. Zwischen die Doppelreihe werden quer Astpackungen und eine oder zwei Längsfaschinenlagen verlegt und mit Draht zwischen den Pfählen durch Drehen verspannt. Der Querschnitt der fertigen Lahnung soll trapezförmig sein, die Krone soll maximal nur leicht über dem Hochwasserniveau liegen. Die Lahnungen können in beliebiger Form (nicht zu lang) vom Ufer abgehend bis parallel zur Uferlinie angeordnet werden.

> Material

Holzpfosten, Durchmesser 10–20 cm, Länge je nach Wassertiefe und Untergrund (1–3 m); totes und lebendes Astwerk; Bindedraht, Durchmesser 3 mm; evtl. Füllmaterial und Geotextilien; evtl. lange Steckhölzer.

> Zeitwahl

Bei Niedrigwasser. Bei lebenden Lahnungen in der Vegetationsruhezeit.

> Wirkungen

Die Wellen- und Strömungsdynamik wird gebremst und reguliert. Treibholz lässt sich vom Ufer fernhalten. Schilfbestände und unterspülte Bäume vermögen sich zu erholen. Landwärts von Lahnungen sedimentieren Schwebstoffe, so dass sich das Schilf regenerieren und wieder ausbreiten kann.

> Vorteile

Filtrierender Wellenbrecher, anlandend. Abgrenzung für Schiffsverkehr.

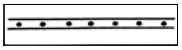
> Nachteile

Nicht dauerhaft, muss nachgeschichtet werden.

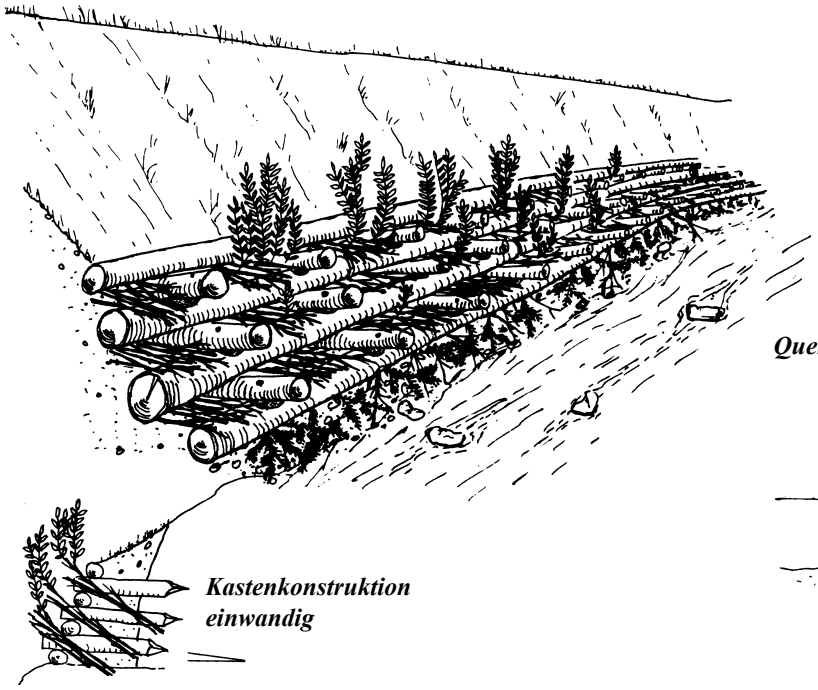
> Anwendungsbereiche

Als Wellenbrecher für Schilfbestände oder gehölzbestockte Ufer an Seen und langsam fliessenden Flüssen. Schutz der Ufer und des gewonnenen Landes, als Wellenbrecher bei Schiffsverkehr oder Wind. Kombination mit Packwerk, Senkfaschinen und Buhnen.

3.12 Bepflanzte Holzkrainerwand

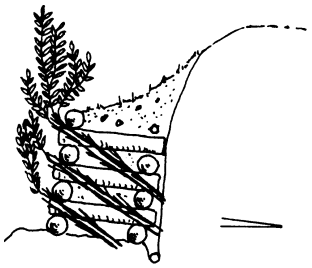


Ansicht der Holzkrainerwand mit beginnender Vegetationsentwicklung

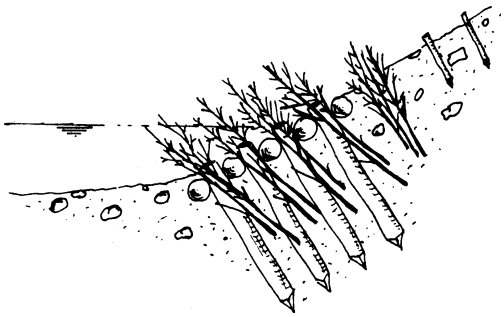


Kastenkonstruktion einwandig

Kastenkonstruktion doppelwandig



Querschnitt der flach eingebauten Holzkrainerwand



> Beschreibung

Holzkrainerwände erfordern Holz als Stützwerk und Pflanzen, wodurch die dauerhafte Böschungsstabilisierung erreicht wird. Zunächst werden 1–2 Lagen Hölzer in Längsrichtung ausgelegt. Darüber wird im Abstand von rund 2 m im rechten Winkel zum Längsholz Holz als Binder gelegt und teilweise in den Boden eingeschlagen. Der Zwischenraum wird mit Buschlagen, Heckenlagen oder Heckenbuschlagen und Erdmaterial gefüllt, dann werden nächste Hölzer daraufgestapelt. Es können 1–4 m hohe Wände entstehen, dann sollte ein Absatz folgen. Die Neigung sollte nicht stärker als 60° sein, damit die unteren Pflanzen noch Licht und Wasser bekommen. Das Holz wird mit Armierungseisen verbunden. Übererdete Holzkrainerwände halten länger. Es können ebenfalls Rasenziegel zwischen die Hölzer gepackt werden. Unter Wasser lässt man die untere Reihe leer als Fischunterstand und sichert gegebenenfalls im Hintergrund mit einer Faschine.

> Material

Geschältes Rund- oder Kantholz von Nadelhölzern (Robinie, Kastanie), Durchmesser 10–40 cm; lebende Äste, 20 Stück pro Laufmeter, und/oder Gehölze, bis 3 Stück pro Laufmeter, evtl. Schlingpflanzen; Auffüllmaterial; Armierungseisen, Durchmesser 12–24 mm.

> Zeitwahl

Jederzeit; mit Buschlage in der Vegetationsruhezeit.

> Wirkungen

Sofortige Böschungs- und Uferstabilisierung. Die Hölzer – Lebensdauer 20–35 Jahre – schützen die Pflanzen in der Anwuchsphase. Nachher übernehmen die Wurzeln die Funktion des vermorschenden Holzes und entwässern den Hang. Am Ufer leichter als eine Steinverbauung, deshalb auf wenig belastbarem Untergrund möglich.

> Vorteile

Beliebige Länge, auch gekrümmt, leicht, an Terrainsituationen anpassbar, flexibel.

> Nachteile

Holz vermorscht. Bei falscher Holzwahl verkürzte Lebensdauer.

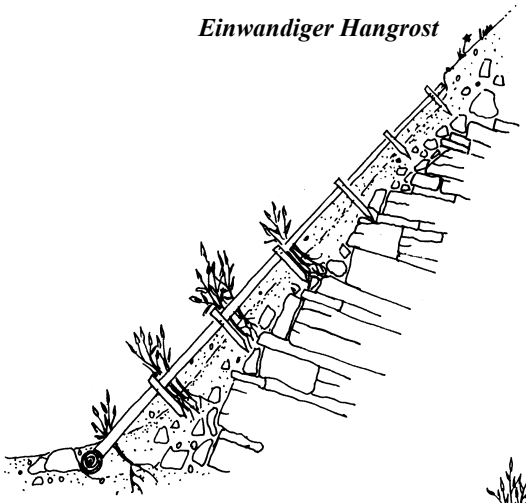
> Anwendungsbereiche

Ein- oder doppelwandige Holzkrainerwände stabilisieren steile Hang- und Uferböschungen. Längsverbauungen und Fusssicherungen, in Runsen als Querwerke, in beschatteten, feuchten, nordexponierten Wildbächen mit feinkörniger Geschiebeführung als Sperrenkonstruktion. Im Strassenbau zur Abstützung von Böschungen und Aufschüttungen. Auch im Katastrophenfall. Zusammenhängende Holzverbauung in steilen Gerinnen. Kombination mit Buschlage, Ansaaten, Buhnen usw.

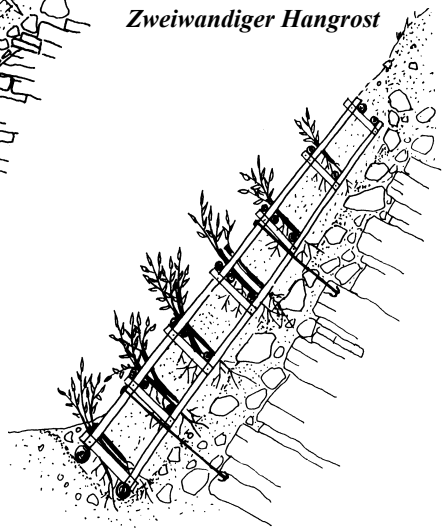
3.13 Hangrost



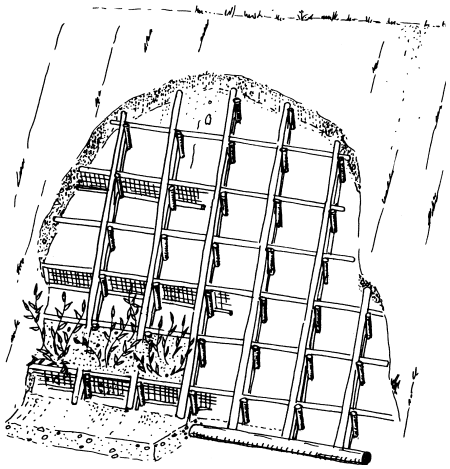
Einwandiger Hangrost



Zweiwandiger Hangrost



Ansicht der Holzgitterkonstruktion



> Beschreibung

Der Hangrost ist eine Holzkonstruktion zur dauerhaften Sicherung von Böschungen mit Pflanzen. Lebende Hangroste können ganz aus lebenden Weidenruten erstellt werden oder aber aus ein- oder doppelwandigen Tothölzern, die ganz mit Pflanzen ausgefüllt werden. Auf standfestem Untergrund werden die an der Böschung in der Falllinie angelehnten Hölzer in der Böschung fixiert, maximal bis 55° steil und 20 m hoch. Dann befestigt man die erste Schicht Querholz, breitet die Äste bzw. Gehölze aus und füllt sie mit Pflanzenmaterial auf. Dann folgt das nächste Querholz usw. Hohe und steile Hangroste müssen im Untergrund verankert werden. Die Oberfläche kann mit Kokosgewebe oder Armierungsnetzen gesichert werden.

> Material

Totes oder lebendes Kant- oder Rundholz (Fichte, Tanne, Robinie, Kastanie), je nach Bauart, Durchmesser 10–30 cm; Armierungseisen, Ankerpfähle, Durchmesser 10–20 mm; Stahlseil, evtl. Armierungsnetz, Geotextilien, Anker; Fusssicherung am Ufer mit Steinen.

> Zeitwahl

Bei Verwendung von lebenden Hölzern, Steckhölzern und Gehölzen nur während der Vegetationsruhezeit. Besteht das Gerüst aus totem Material, kann es jederzeit erstellt, aber erst in der Vegetationsruhezeit mit Pflanzen und Erde aufgefüllt werden.

> Wirkungen

Das dreidimensionale Gitter stützt grosse Hangbereiche ab. Die lebenden Pflanzen durchwurzeln den Boden, verankern ihn mit dem Untergrund und dränieren ihn.

> Vorteile

Sofortige Hangabstützung, viele Varianten, vorfabrizierbar.

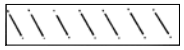
> Nachteile

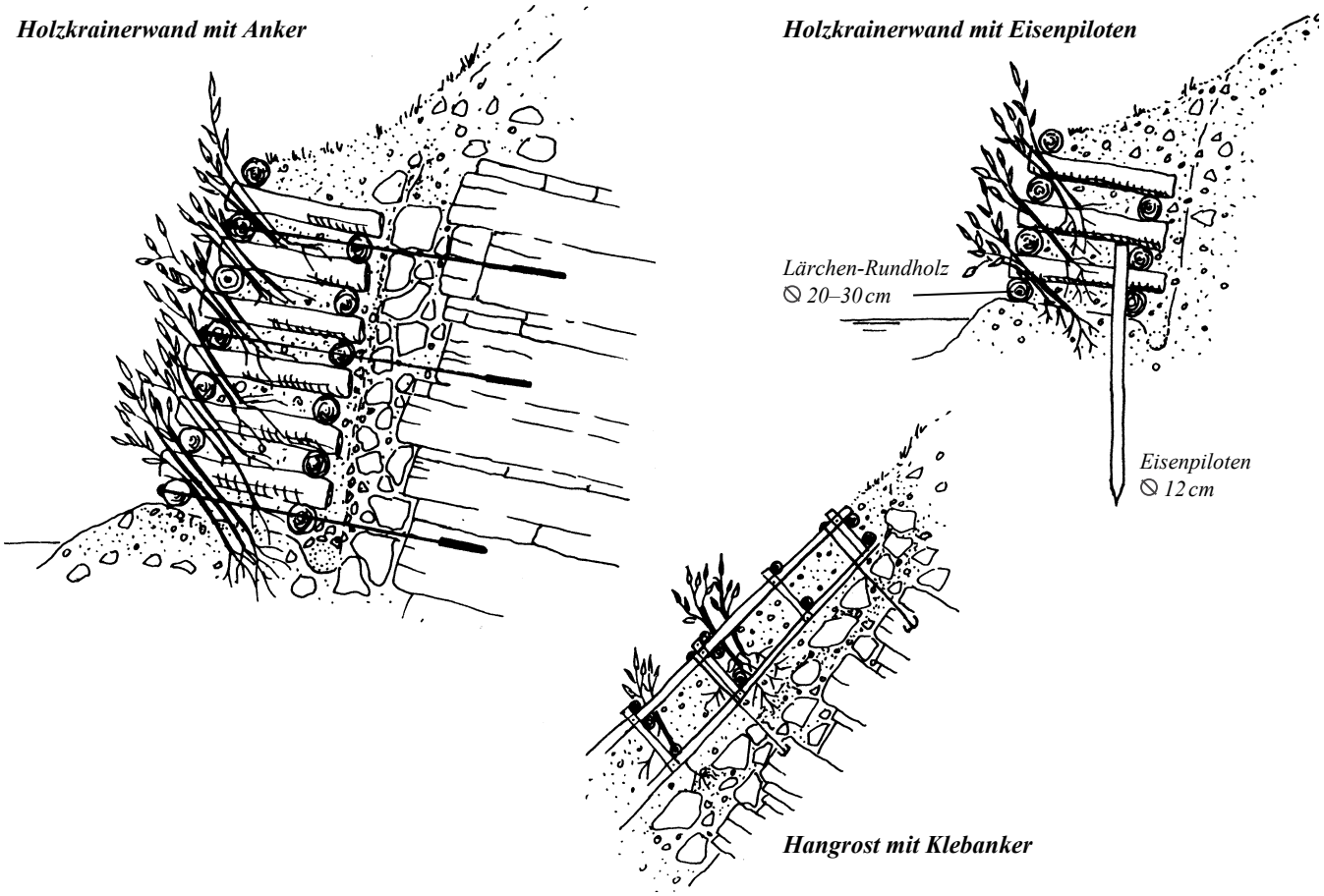
Holz vermorscht; arbeitsintensiv in sehr steilem Gelände.

> Anwendungsbereiche

Zur flächenhaften Sanierung von Steilhängen, die nicht weiter abgeflacht werden können. Extrem steile Strassen- und Uferböschungen, Flanken von Runsen. Kombination mit Fusssicherungen, Drahtschotterwalzen, Holzkrainerwänden.

3.14 Erd- und Felsnagel (Anker)





> Beschreibung

Verankerungen im geologischen Untergrund verfestigen rutschende Bodenmassen. Dadurch kann die Oberfläche durch Pflanzen besiedelt und befestigt werden. Zunächst trägt man, soweit nötig, abgerutschtes Material ab und befestigt die Anker im Untergrund (Technik und Länge der Anker je nach geotechnischer Abklärung durch Spezialisten). Nägel und Anker werden durch Rammen, Bohren, Spülen, Vibration oder Injektion eingebracht. Je nach Bodenverhältnissen und Steilheit können anschliessend alle möglichen ingenieurbiologischen Bauweisen eingesetzt werden.

> Material

Nägel mit Stabdurchmesser 20–30 mm verschiedener Längen, Stahlstäbe, Rohre, vorgespannte Anker, Teleanker, Injektionsbohrpfähle, Nagelköpfe oder Ankerplatten, Zementmörtel. Für Bodenverankerungen Palisaden aus Holz oder Stahl. Alle ingenieurbiologischen Bauweisen.

> Zeitwahl

Jederzeit, besonders nach Naturkatastrophen; später in der Vegetationsruhe mit lebenden Bauweisen ergänzen.

> Wirkungen

Die Tiefensicherung hängt von der Verankerung ab. Im durchwurzelbaren Oberflächenbereich übernehmen die Pflanzen die Sicherung.

> Vorteile

Einzige Bauweise mit der Kombination von Tiefen- und Oberflächentechniken.

> Nachteile

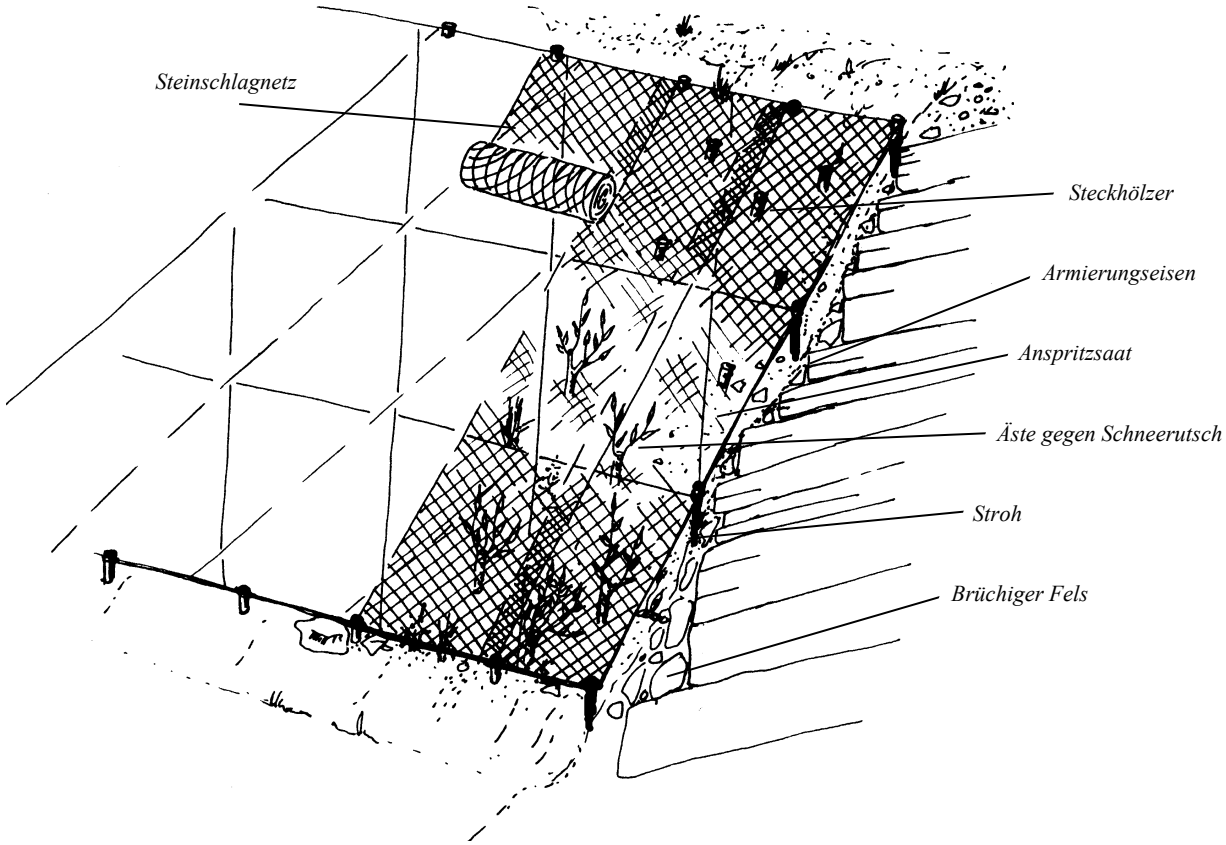
Vorgespannte Anker müssen ständig kontrolliert werden. Grosse Betonköpfe sind Fremdkörper in der Landschaft.

> Anwendungsbereiche

Die mit Verankerungen kombinierten Bauweisen können auch in die Tiefe stabilisieren. Bei Rutschhängen, die dadurch in den Griff zu bekommen sind. An Verkehrsträgern. In mooriegen und sumpfigen Böden für den Strassenbau. Verankerung von Uferbefestigungen als örtlicher Schutz.

3.15 Fangnetz, Steinschlagnetz

Drahtnetz als Steinschlagschutz bei brüchigem Fels



> Beschreibung

Drahtgeflecht verhindert das Herausfallen loser Steine an brüchigen Wänden. Die Vegetation hält teilweise das brüchige Material zurück. Brüchige und unebene Oberflächen werden planiert und mit einer dicken Strohschicht bedeckt. Das Geflecht wird dicht an den Boden gedrückt oder bis zu einem maximalen Abstand von 30 cm von der Oberfläche an der Felswand verhängt und verankert. Die Ränder des Geflechts müssen auf einer Breite von 40 cm übereinandergelegt oder vernäht werden. Fangnetze sollen stürzende Steine aufhalten und werden horizontal zwischen stabilen Stehern montiert.

> Material

Steinschlagnetze aus Drahtgeflecht, Kunststoff, Armierungseisen, Felsnägel, Stahlpfähle (alle Teile müssen gegen Korrosion behandelt sein), Zementmörtel. Steckhölzer, Langstroh, Anspritzsaat.

> Zeitwahl

Jederzeit, Saatgut im Sommer, Pflanzungen in der Vegetationsruhezeit.

> Wirkungen

Das Abbrechen und Herabkollern von Steinen wird verhindert. Langfristige Deckwirkung nur in Kombination mit Vegetation, aber bei geringer Bodenmächtigkeit spärlicher Bewuchs. Schneebremse.

> Vorteile

Felspartien werden stabilisiert und begrünt. Wertvoller Trockenstandort.

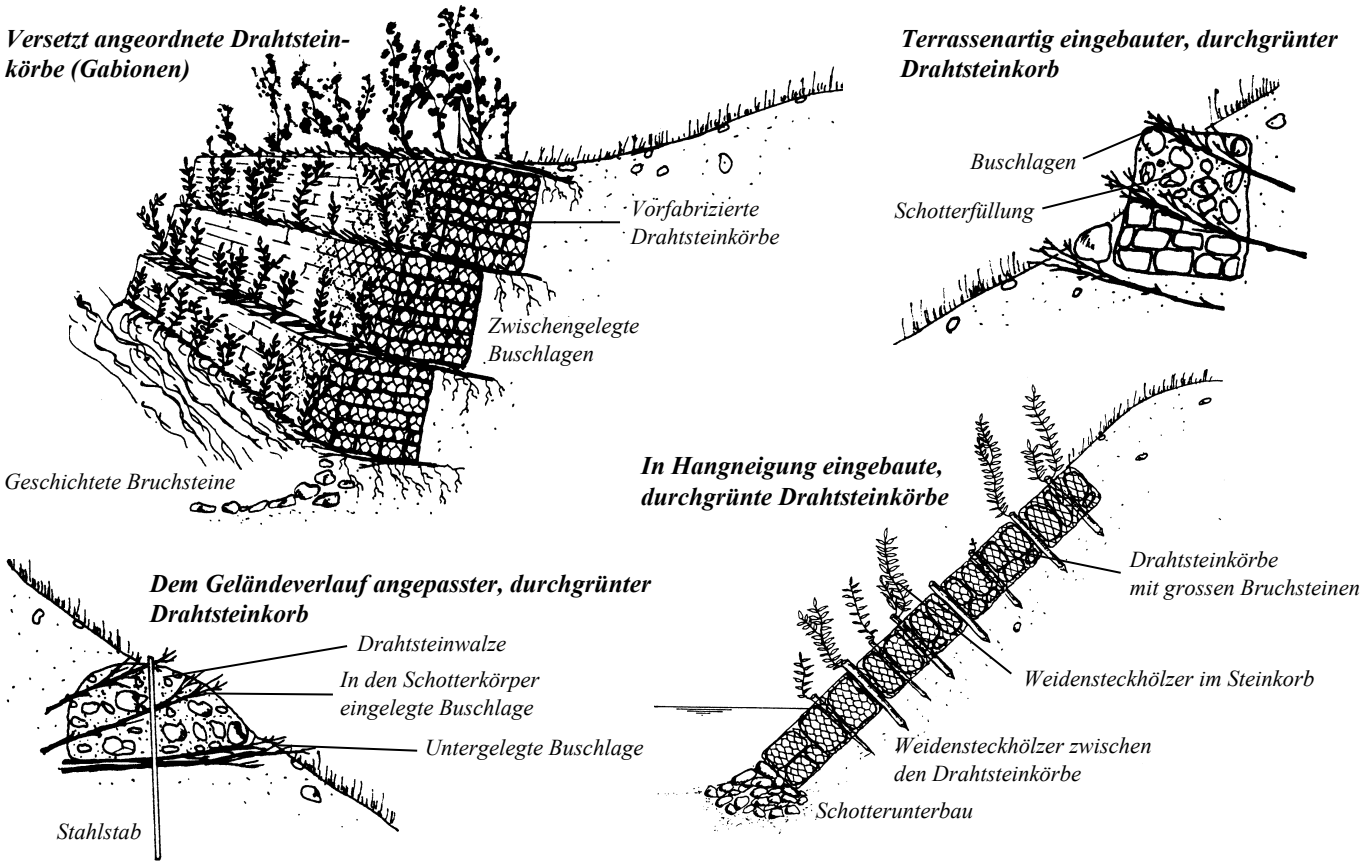
> Nachteile

Unregelmässiger Bewuchs. Zu gross werdende Pflanzen müssen geschnitten werden.

> Anwendungsbereiche

Zur oberflächigen Befestigung instabiler Felsböschungen an Strassen- und Bahnböschungen. An sehr steilen Böschungen aus brüchigem Fels oder Schotter, dort, wo Menschen und Güter vor herabfallenden Steinen geschützt werden müssen. Nicht erosionsgefährdete Felsen sollten nicht begrünt werden.

3.16 Bepflanzte Drahtsteinkörbe



> Beschreibung

Engmaschiges Drahtgeflecht wird in Mulden ausgelegt und mit Schotter und lebendem Astwerk oder Gehölzen aufgefüllt. Zum Schluss zieht man das Gitter zu einer Walze zusammen und vernäht es mit Eisendraht. Evtl. die Walze mit starken Stahlstiften im Untergrund fixieren. Am Ufer werden die Walzen gegen Unterspülung mit vorher quer zur Strömung verlegten Buschlagen geschützt. Vorfabrizierte Drahtsteinkörbe können nur in den Zwischenräumen auf einer Schicht mit vegetationsfähigem Boden mit Steckhölzern oder Heckenbuschlagen begrünt werden. Soll Kulturerde verwendet werden, muss man an der Basis des Korbes Gewebe einlegen. Nur bis 40° Neigung, mit einem Anzug von 10°.

> Material

Drahtgeflecht mit einer Maschenweite von 5–8 cm, vorgefertigte Drahtsteinkörbe aus viereckigem oder sechseckigem Drahtgeflecht; örtliche Grobschotter, kantige lagerhafte Bruchsteine; Draht; evtl. Stahlstäbe; Weidenäste, Weidensteckhölzer Junggehölze, Geotextil bei Erdverwendung.

> Zeitwahl

In der Vegetationsruhezeit.

> Wirkungen

Feste elastische und wasserdurchlässige Verbauungen in instabilem Gelände, dränierend, kein Rückstau. Weiden bilden im fliessenden Wasser bis vor die Walzen Wurzelvorhänge, die nach dem Durchrosten der Drähte deren Funktion übernehmen.

> Vorteile

Rasche, elastische Bauweise, sofortige Schutzwirkung bei gleichzeitiger Begrünung, durchgängig für Pflanzenwurzeln und Kleinlebewesen, langlebiger als tote Faschinen.

> Nachteile

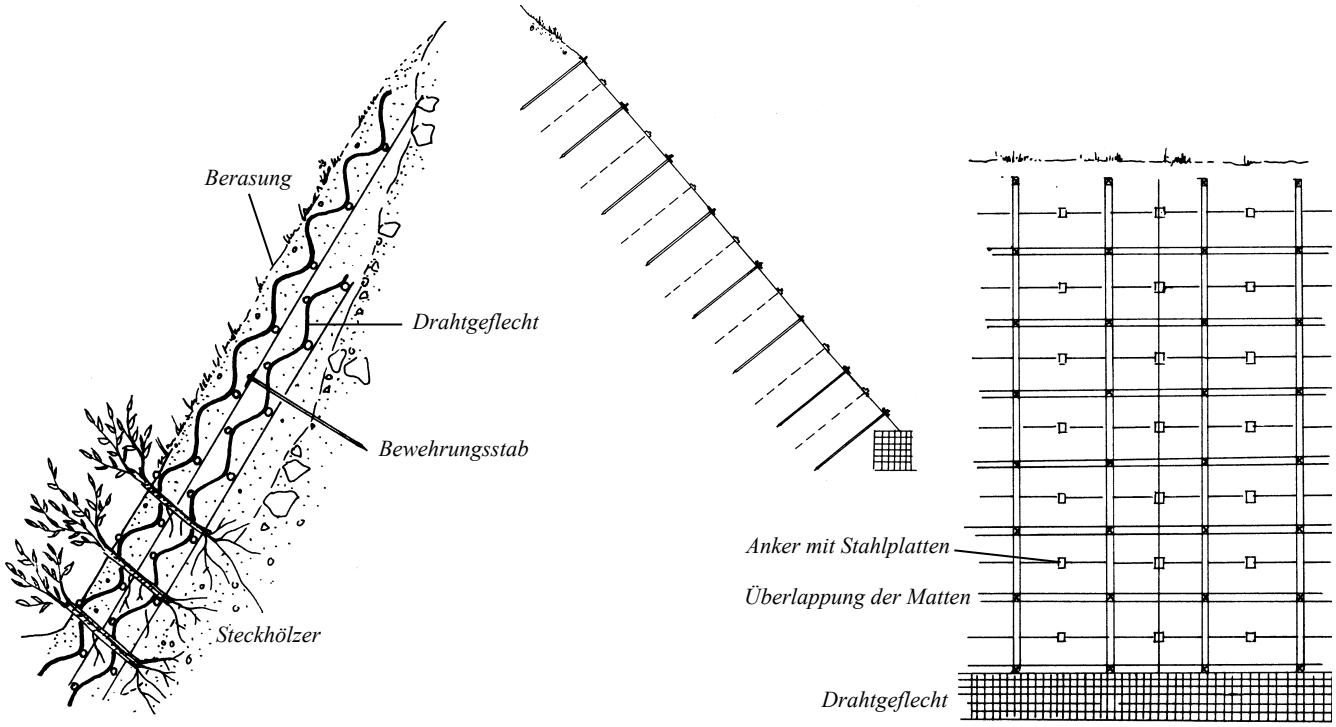
Nur an Orten verwendbar, wo Schotter vorhanden ist, nicht nachträglich begrünbar. Draht wird vom Geschiebe durchgescheuert; anfällig auf mechanische Verletzungen; Bauhöhe beschränkt.

> Anwendungsbereiche

Instabile und feuchte Hangfüsse, erosionsgefährdete Hänge, Runsen, Ufer mit Hangdruckwasser, Ersatz von Stützmauern in instabilem Gelände. Meist schöner als unbegrünte Steinmauern. Als Querwerk in Bächen ohne Geschiebeführung und zeitweiliger Wasserführung. Als Buhnen und Lahnungen.

3.17 Strukturgitter, Bewehrungsmatte

Strukturgitter aus gestanzten Gitternetzen oder verschweissten Armierungsnetzen



> Beschreibung

Rutsche können ohne Fussabstützung mit gewellten Drahtgeflechten o. Ä. stabilisiert werden. Man verankert ein oder mehrere Gitter übereinander mit Fels- oder Sedimentankern, gegebenenfalls mit Ankerplatten, oder legt sie als horizontale Bewehrung ein. Darüber wird ein Geotextil mit Erde oder Stroh gefüllt und mit einer Anspritzsaat begrünt. Ist der Untergrund weich genug, können auch Steckhölzer eingeschlagen werden.

> Material

Gewellte Drahtgeflechte, Strukturgitter, Baustahlgitter, verzinkte gestanzte Gitternetzelemente, Fels- und Sedimentanker, Ankerplatten, Bewehrungsstäbe, Geotextil, z. B. Kokos; Feinschotter oder Erde, Stroh, Anspritzsaat, Steckhölzer, evtl. Container- oder Topfpflanzen.

> Zeitwahl

Jederzeit, Ansaaten und Topfpflanzungen in der Vegetationszeit. Steckhölzer in der Vegetationsruhezeit.

> Wirkungen

Stabilisierung der Oberfläche, günstige Tiefenwirkung, schnelle Durchwurzelung des Untergrundes. Auftretende Kräfte werden in den ersten Jahren von Ankern oder Gittern absorbiert, später von den Pflanzen selbst. Stabilisiert Rutsche und lässt Wasser durchdringen. Gute landschaftliche Eingliederung.

> Vorteile

Sofortige Oberflächenkonsolidierung bei geringem Gewicht und je nach Anker unterschiedliche, beschränkte Tiefensicherung. Anpassungsfähig ans Gelände und wasserdurchlässig.

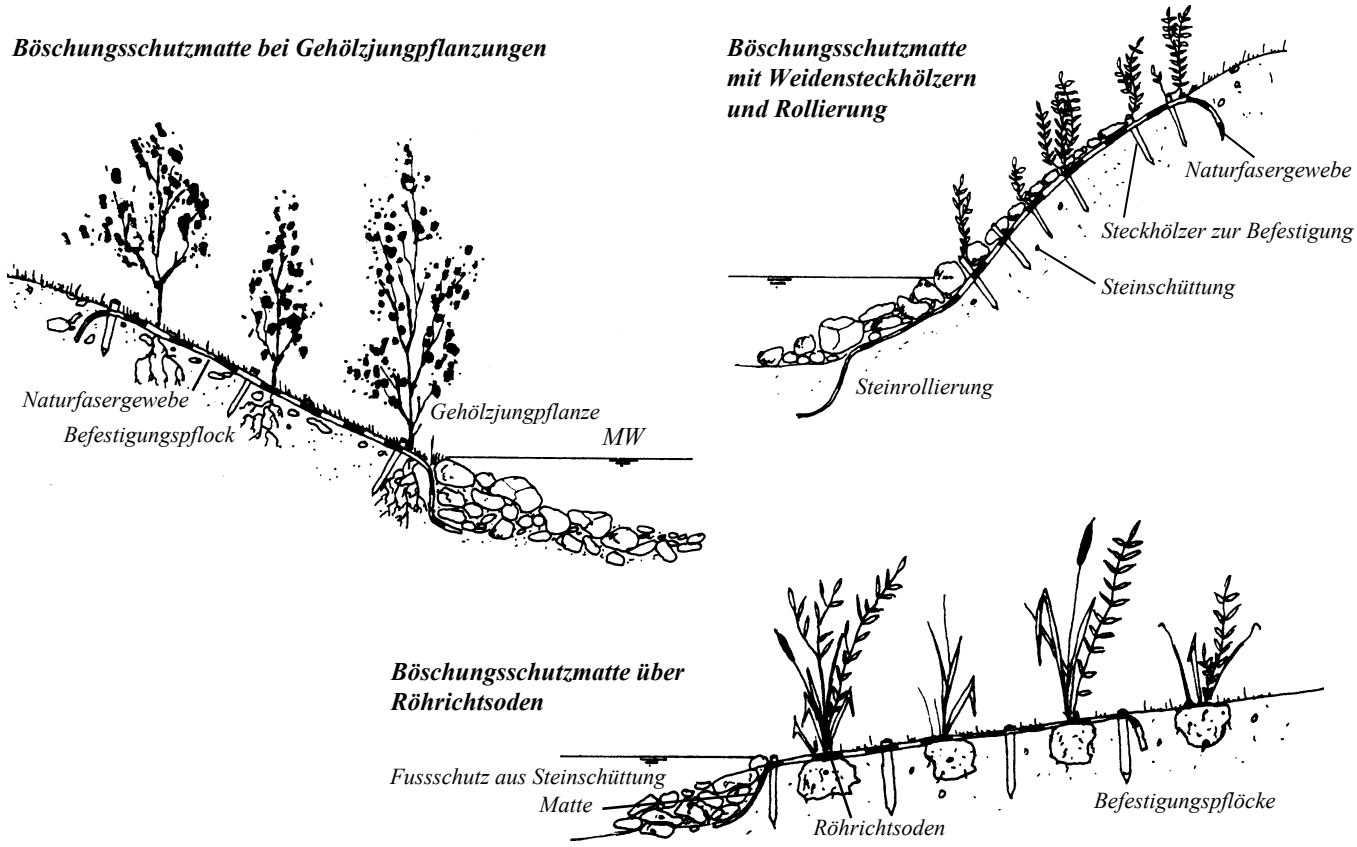
> Nachteile

Armierung altert, muss von Durchwurzelung übernommen werden.

> Anwendungsbereiche

Stabilisierung kleiner Rutschflächen zwischen Felsen oder feststehenden Böden bis max. 45°; Stützmauerersatz, Sanierung von durchnässten Hangflächen oder am Hang entstandenen Rutschen, ohne Abstützung nach unten, weil in der Böschung verankert. Kombination mit Fusssicherung, Hangrosten, verschiedenen Begrünungen.

3.18 Begrünte Böschungsschutzmatte



> Beschreibung

Zur Sicherung der Oberfläche von Böschungen und Ufern bedeckt man die planierten Flächen mit Böschungsschutzmatten und befestigt diese mit Steckhölzern, Dachlatten oder Armierungseisen. Das Gewebe muss an den Rändern 10–20 cm tief eingegraben werden. Bei Überlagerung des Textils geht der Arbeitsfortgang gegen die Fliessrichtung von unten nach oben, damit das Wasser nicht unterspülen kann. Geotextilien sollten mit Erde überdeckt werden. Man kann die Begrünung sich selbst überlassen, ansäen oder in kreuzförmig geschnittene Löcher gezielt pflanzen. Bei Transplantationen wird die Böschungsschutzmatte nachträglich ausgebreitet.

> Material

Je nach Verwendungszweck Geotextilien aus Naturfasern (Kokos, Jute, Hanf, Holzwolle usw.) mit den entsprechenden Maschenweiten; geeignetes Erdmaterial; Steckhölzer, Pfähle, Durchmesser 2–3 cm, Länge 20–30 cm oder Armierungseisen, Durchmesser 12–16 mm, Länge 30–40 cm, 1 St./m²; Saatgut, Pflanzen 1 Stück/m², Transplantate.

> Zeitwahl

Jederzeit, Ansaaten in der Vegetationszeit, Gehölzpflanzungen in der Vegetationsruhezeit.

> Wirkungen

Sofortiger Oberflächenschutz, das Gewebe muss nur so lange halten, bis die Vegetation die Böschungsstabilisierung übernimmt. Geotextilien sind elastisch und können durchwachsen werden, wenn sich die Maschen anpassen. Sie sind für Tiere durchgängig, sind wasserdurchlässig und verhindern Wasserrückstau. Ausserdem verhindern sie Steinschlag und das Herausfallen loser Erde.

> Vorteile

Sofortiger Oberflächenschutz, leichte Anwendung, hundertprozentiges Verrotten.

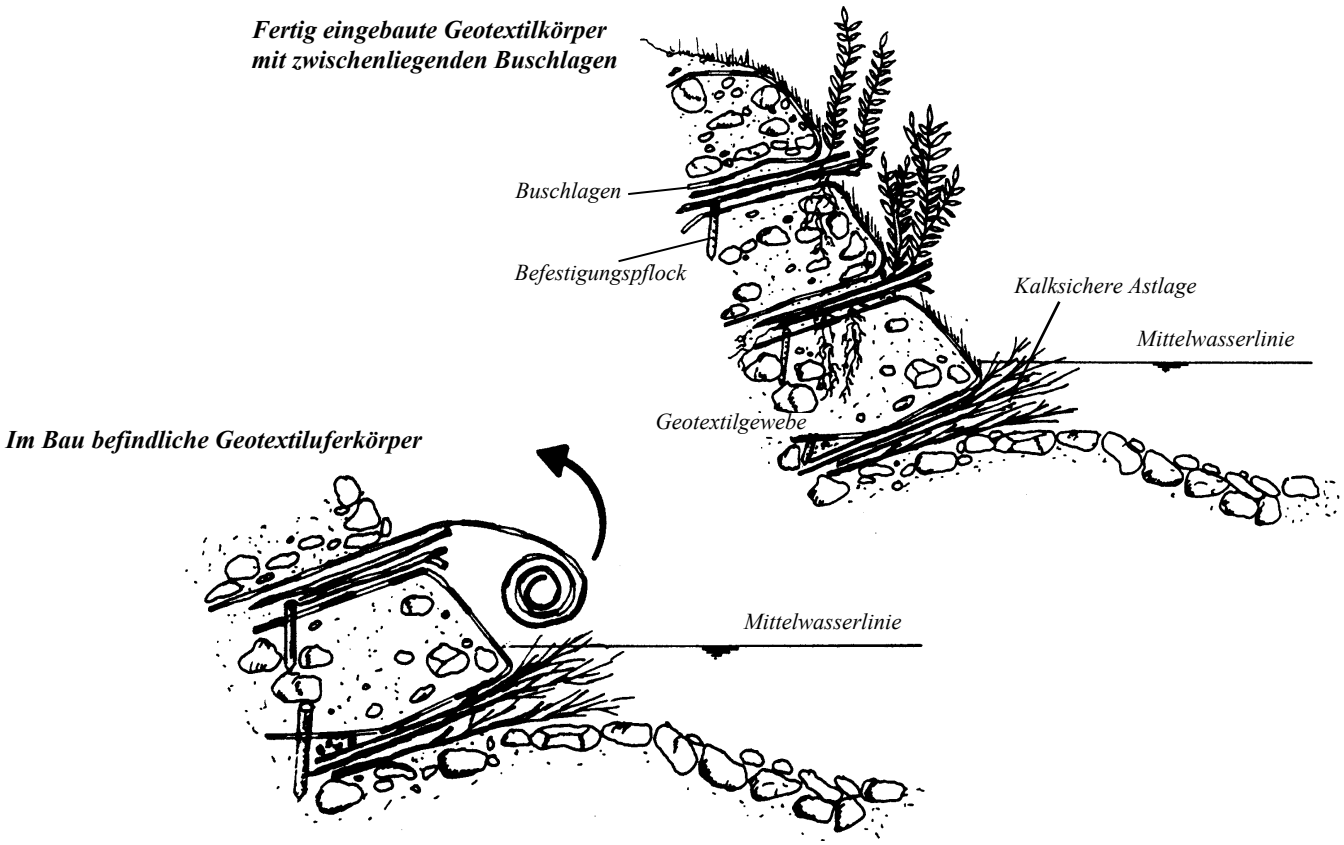
> Nachteile

Kurze Lebensdauer der Naturfasern: ein halbes Jahr für Jute, bis 8 Jahre für Kokos.

> Anwendungsbereiche

Strassenböschungen, instabile Felsflächen, Seeufer, Flussufer, zeitweiliger Hochwasserschutz. Am Ufer Kombination von Matten mit Steinwürfen vor allem unter Wasser.

3.19 Begrünter Geotextilkörper



> Beschreibung

Zur Stabilisierung nicht standfester Böschungen und Ufer werden Geotextilien schichtweise als walzenförmige Körper eingebaut. Man legt die Geotextilien auf ein 10° nach hinten geneigtes Planum, füllt sie 40–80 cm hoch mit am Ort vorhandenem, wasserdurchlässigem Material, verdichtet es und schlägt es zu Walzen um. Dann legt man Buschlagen, 10–20 Stück pro Laufmeter, oder kombiniert mit 2 Sträuchern oder Bäumen pro Laufmeter, überdeckt sie ca. 5 cm hoch mit Erde und fährt mit der nächsten Lage fort. So können je nach Auffüllmaterial bis zu 60° steile Wände gebaut werden. Geotextilwände können auch mit Anspritzsaat begrünt werden. Die Dimensionierung erfolgt nach bodentechnischen Erfordernissen.

> Material

Geotextilien aus Naturfasern nur bedingt. Geotextilien aus Kunstfasern mit unterschiedlichen Maschen sind aufgrund der hohen Reissfestigkeit besser geeignet. Befestigungsmaterialien aus Holz oder Stahl oder Kunststoffbändern. Auffüllmaterial, Steckhölzer, Buschlagen, Sträucher.

> Zeitwahl

Jederzeit, mit Ansaat zur Vegetationszeit, mit Gehölzen zur Vegetationsruhezeit.

> Wirkungen

Konsolidierend, armierend, elastisch, wasserdurchlässig, erhöht die Standfestigkeit. Die reissfesten Geotextilien erlauben eine Anwendung in steileren Böschungswinkeln, als der Reibungswinkel vorschreibt. Die Stützkonstruktion wird von Pflanzen verfestigt und überwachsen.

> Vorteile

Elastisches Bauwerk, Verwendung von Bauaushub, die Form ist dem Gelände anzupassen.

> Nachteile

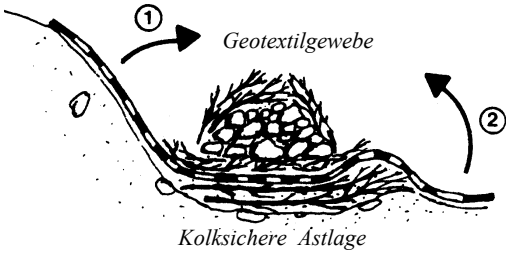
Kunststoffe sind schwer verwitterbar. Unbegrünt, unästhetisch. Sie haben eine begrenzte Lebensdauer. Ohne Geotextil nicht standfest.

> Anwendungsbereiche

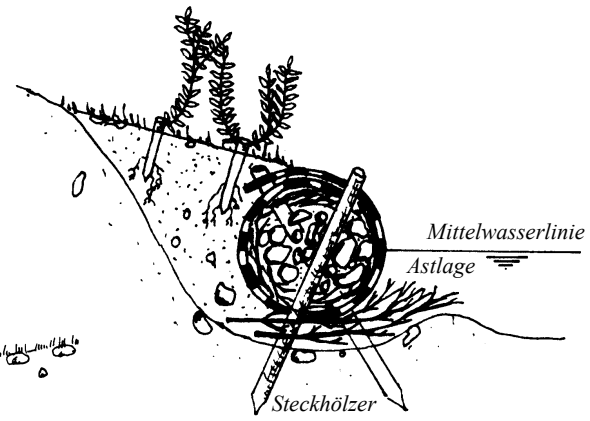
Strassen- und Bahnböschungen, Dämme, Lärmschutzdämme, Bauwerke bei Katastrophen, Fusssicherungen, Rutschhänge, in Kombination mit Baustahlgewebe, Ankerbändern, Holz oder Stein.

3.20 Geotextiluferfaschine

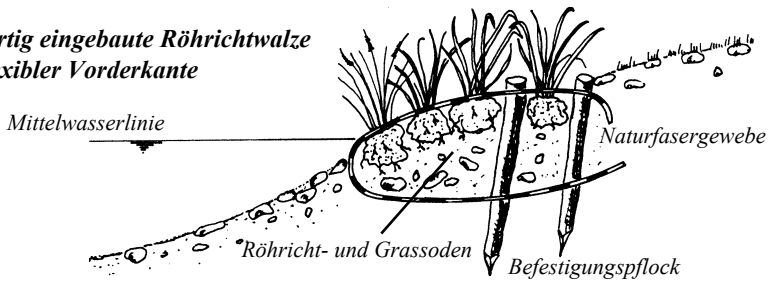
Im Bau befindliche Geotextiluferfaschine



Eingebaute Geotextiluferfaschine mit nachfolgenden Weidensteckhölzern



Sackartig eingebaute Röhrichtwalze mit flexibler Vorderkante



> Beschreibung

Zur Festigung von Uferböschungen werden die Ufer- oder Senkfaschinen in ein Geotextil eingewickelt. Das Geotextil wird an der Sohle einer Ufervertiefung ausgebreitet. Es kann beliebig in Längsrichtung verlängert werden. Diese Mulde füllt man walzenförmig mit toten und lebenden Ästen, mit vor Ort vorhandenem Lehm oder mit vegetationsfähigem Aushub. Nun wird das Geotextil mit Draht vernäht, oder es werden vorher unterlegte Drähte zusammengezogen. Zur Befestigung am Ufer werden Holzpfähle kreuzweise und in kiesigem Untergrund Stahlstäbe eingeschlagen. Auch auf dem Boot vorfabrizierbar. Bei Unterspülungsgefahr legt man unter die Faschine eine Astlage quer zur Fliessrichtung.

> Material

Geotextilgewebe langlebig, reissfest, grobmaschig, Maschenweite 1–2 cm, je nach Walzendurchmesser (0,3–1,0 m) 1–4 m Gewebebreite; 50 % vegetationsfähiges Füllmaterial, Kies und Steine, tote und lebende Äste; Weidenpfähle, Durchmesser 16–24 cm, Länge 1–3 m oder Eisenstäbe 1 Stück pro Laufmeter; geglühter Draht, Durchmesser 3 mm, oder Stahlbänder.

> Zeitwahl

Geotextilsenkfaschinen aus totem Astwerk das ganze Jahr; Geotextiluferfaschinen aus lebendem Astwerk in der Vegetationsruhezeit.

> Wirkungen

Elastischer und dauerhafter Schutz der Uferböschung. Die Rauigkeit der Äste in der Faschine filtert Feinmaterial aus dem Wasser, wodurch die Weiden und angeschwemmte Samen anwachsen können. Das Gewebe verhindert das Auswaschen in der Anwuchsphase und schützt die Faschine vor starker Strömung, Geschiebetrieb und Eisgang im Frühling. Der Bewuchs übernimmt dauerhaft die Uferstabilisierung. Ökologische Nischen für Kleintiere und Fische.

> Vorteile

Elastische Struktur in beliebiger Länge erstellbar, von Anfang an belastbar, rauere Oberfläche als Holz- oder Steinlängswerke.

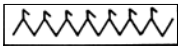
> Nachteile

Verrottbare Geotextilien sind nicht schürfresistent, Kunststoffe sind nicht umweltfreundlich und zudem unästhetisch. Nur an der Mittelwasserlinie gut verwachsend.

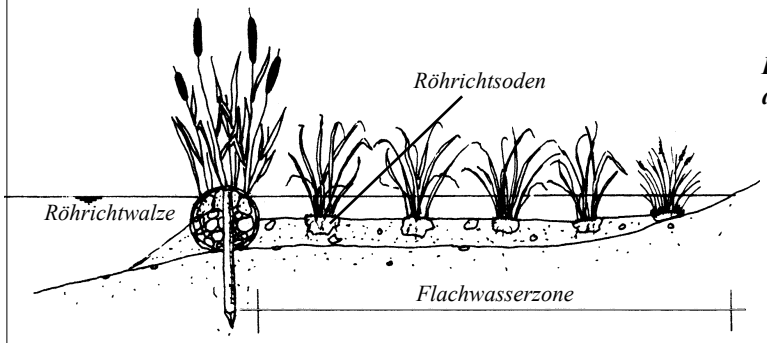
> Anwendungsbereiche

Nur im Wasserbau, auf Wasserstandshöhe oder unter Wasser, Fliessgewässer mit instabilen Nischen, zur Fusssicherung bei unterspülten Ufergehölzen. Die Faschinen können auch quer zur Fliessrichtung als Buhnen erstellt werden. Bei tiefem Wasser schlägt man zuerst eine Pfahlreihe ein, bevor die Faschinen versenkt werden. Varianten: Geotextilsäcke hinter Pflöcken oder begrünte Säcke, Kombination mit Spreitlage, Schutzmatte, Buschlage, Uferfaschine usw.

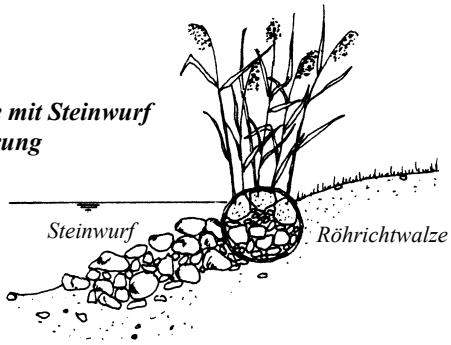
3.21 Vegetationswalze, Röhrichtwalze



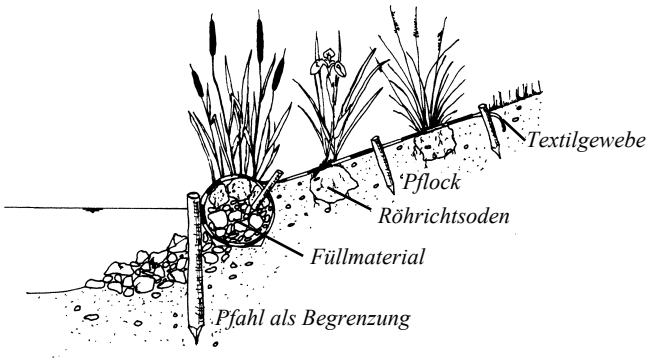
Röhrichtwalze mit nachfolgender, geotextilgesicherter Ballenpflanzung



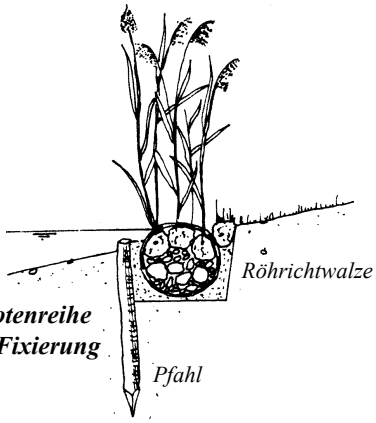
Röhrichtwalze mit Steinwurf als Fusssicherung



Röhrichtwalze mit nachfolgender, geotextilgesicherter Ballenpflanzung



Röhrichtwalze mit Pilotenreihe aus Holzpflöcken zur Fixierung



> Beschreibung

Zur Entwicklung und Sicherung von Röhricht werden Vegetationswalzen aus krautigen Pflanzenarten errichtet. Dazu packt man standortgerechte Wasserpflanzen in Geotextilien oder Maschendrahtgewebe und verpflockt sie am Verwendungsort. Im Abstand von 1 m werden Holzpfähle bis an die sommerliche Mittelwasserlinie eingerammt. Dahinter verlegt man Geotextil in die Vertiefung, füllt es zuunterst mit Sand oder Steinen und legt Pflanzenziegel darüber. Das Geotextil wird zu einer Walze umgeschlagen (Durchmesser 0,3–0,6 m) und vernäht; das restliche Gewebe wird über das Ufer gezogen, eingegraben und verpflockt.

> Material

Verrottbares reissfestes Geotextil (Kokos; 1–4 m breit), beliebige Längen, auch Kokoswalze; Pflöcke, Durchmesser 3–10 cm, Länge 0,6–1,5 m; Holzpfähle, Durchmesser 2–4 cm, Länge 0,3–0,5 m, vegetationsfähiges, kiesiges Auffüllmaterial; bewurzelte Pflanzentriebe, z. B. von Schilf, Rohrkolben, Rohrglanzgras, Seggen, Binsen, Schwertlilie, Moorgeissbart usw. als Topfpflanzen oder Transplantate.

> Zeitwahl

Zu Beginn der Vegetationszeit oder in der Vegetationsruhezeit, bei niedrigen Wasserständen. Kurze Lagerungszeiten.

> Wirkungen

Die Ballen werden in den Walzen zusammengehalten und so vor Erosion geschützt. Die Wurzelstöcke und unterirdischen Wurzeln festigen den Boden im Uferbereich.

> Vorteile

Sofortiger Uferschutz in der Röhrichtzone, fördert eine Ablagerung, hohe Reinigung des Wassers.

> Nachteile

Nur auf sonnigen Standorten und nährstoffreichen Böden.

> Anwendungsbereiche

Zur Schaffung eines schützenden Röhrichtbestandes an Ufern flacher Fliessgewässer und Seen. In der Röhrichtzone an langsam fliessenden Gewässern mit geringer Wasserspiegelschwankung und geringer Geschiebeführung. An Ufern mit geringem Gefälle, bei unterspülungsgefährdetem Schilf. An breiten Fliessgewässern zur Befestigung der Niederwasserrinne. In Kombination mit Astpackungen, krautigen Pflanzen, Schilfanpflanzung.

> Glossar

Adventiv
Fähigkeit zur zusätzlichen Wurzelentwicklung am Trieb.

Ballenpflanze
Verschulte Pflanze, deren Wurzel- und Erdknollen in verrottbare Gewebe eingehüllt sind.

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

Biotechnisch
Biologische, chemische, physikalische Mechanik von Pflanzen.

Biotop
Natürlicher, abgrenzbarer Lebensraum, in dem Organismen und deren Gemeinschaften ihre Existenzbedingungen finden und daher dort leben.

Containerpflanzen
In Behälter verschiedener Grösse und aus verschiedenem Material (Torf, Pappe, Plastik) gesäte oder verschulte (vertopfte) Pflanze.

Einhicken
Armstarke Ufergehölze, die sich regenerieren können, werden auf Kniehöhe so abgeschlagen («eingehackt»), dass sie noch mit der Rinde und ca. 1/10 des Kernholzes hängen bleiben.

Geotextilien
Vliese und Gewebe aus Naturfasern oder Kunststoffen, die im Erdbau verwendet werden können.

Heister
Mehrmals verpflanzte baumartige Gehölze, die sich bereits am Stammansatz verzweigen und gut bewurzelt sind.

Heublumen
Rückstände (Samen, Halme) von den geleerten Heuböden (nicht von gepressten Ballen) oder eingesammeltes Saatgut von Naturwiesen.

Hilfsstoffe
Unbelebte, technische Mittel wie Steine, Stahl, Draht, Holz, Bodenzusatz, Kleber, Geotextilien.

Initialvegetation
Anfangsstadium der Vegetationsentwicklung mit Erstbesiedlern. Frühes Jugendstadium einer natürlich entwickelten oder künstlich angelegten Vegetation.

Mittelwasserlinie
Wasserstand im Gerinne des gemittelten Jahresabflusses.

Mulchen
Verschieden mächtige Schicht aus Pflanzenfasern, z. B. Stroh oder Heu, zum Abdecken des Bodens gegen Austrocknung und Abschwemmung.

Palisade
Lebendige, gerade, gut ausschlagfähige Holzstange von 5–10 cm Durchmesser und 1–2,5 m Länge, die in den Boden eingeschlagen wird und weiterwächst.

Pfahl
Lebendes oder totes zugespitztes Stück Holz, das in den Boden eingeschlagen wird, um etwas daran zu befestigen, Länge ab 50 cm.

Pflock
Kurzes lebendes oder totes zugespitztes Stück Holz, das eingeschlagen wird, um etwas am Boden zu befestigen, z. B. Geotextilien. Länge zwischen 20 und 50 cm.

Pionier
Erstbesiedelnde Pflanze eines mageren und nährstoffarmen Standortes, die die Entwicklung höherer Pflanzengesellschaften einleitet.

Rasensode = Rasenziegel
Aus Natur- oder Zuchtrasen gewonnene Stücke bis zu 1 m² Flächengrösse.

Rhizom
Erdspross, Dauer- oder Speicherorgan zur Überwindung ungünstiger Vegetationsperioden.

Selbstbesiedlung
Eroberung von unbewachsenen Flächen durch Pflanzen.

Sukzession
Zeitliche oder örtliche Aufeinanderfolge von Organismengesellschaften, hervorgerufen durch sich verändernde Standortfaktoren sowie durch die Lebenstätigkeit der Organismen selbst.

Vegetationsruhezeit
Zeit im Jahresverlauf, in der die Pflanzen ruhen und in der Regel ihre Säfte in unterirdische Teile oder in den Stamm zurückziehen.

Vegetationszeit
Zeit im Jahresverlauf, in der die Pflanzen wachsen, also Wurzeln, Triebe, Knospen, Blüten und Blätter bilden.

VSS
Vereinigung Schweizerischer Strassenfachmänner.

Wurzelvorhang
Dichtes Wurzelwerk, welches Baumwurzeln (vor allem Weiden und Erlen) direkt am vorbeifliessenden Wasser bilden.

Zonierung
Aufeinanderfolge von Lebensgemeinschaften im Raum, z. B. vom Nassen zum Trockenen am Flussufer.

> Anpassung der Terminologie

> Anpassung an die neue internationale Terminologie

Die Begriffe der ingenieurbiologischen Bauweisen wurden 1993 beim erstmaligen Erscheinen dieser BAFU-Publikation so formuliert, wie sie damals in der Schweiz gebräuchlich waren. Inzwischen haben sich europäische Ingenieurbiologinnen und -biologen zusammengesetzt und anlässlich der Herausgabe des internationalen Werks «Ingenieurbiologie – Handbuch Bautypen» (Zeh H. 2007) sich sowohl für den deutschsprachigen als auch für den italienischen, französischen, spanischen und englischen Raum auf einheitliche und übersetzbare Begriffe geeinigt. Deshalb werden in der vorliegenden BAFU-Publikation diese Begriffe für die ingenieurbiologischen Bauweisen verwendet.

Alt: *kursiv* **wird ersetzt**	**Neu:**
Anspritzsaat	Nasssaat, Hydrosaat
Aufforstung	Aufforstung
Ballen- und Topfpflanzung	Container- und Topfpflanzung
Begrünte Betonfertigteile	Bepflanzte Betonkrainerwand
Begrünte Drahtschotterkörper	Bepflanzte Drahtsteinkörbe
Begrünte Steinschüttung, Begrünter Filterkeil	Begrünte Steinschüttung, Begrünter Filterkeil
Begrünte Trockenmauer	Begrünte Trockenmauer
Begrünter Blockwurf	Fugenbepflanzung, begrünte Pflasterung
Boden- und Felsverankerung	Erd- und Felsnagel, Anker mit Ingenieurbiologie
Böschungsschutz mit Geotextil	Begrünte Böschungsschutzmatte
Buschbautraverse	Buschbautraverse
Buschlage	Buschlage
Cordonpflanzung	Cordonpflanzung
Drahtgeflecht	Fangnetz, Steinschlagnetz
Faschinen und Steckhölzer	Faschine auf Buschlage, Weidenwippe
Flechtzaun	Flechtzaun
Gehölzpflanzung	Gehölzpflanzung
Gehölzsaat	Gehölzsaat
Geotextiluferfaschine	Geotextiluferfaschine
Geotextilwalzen	Begrünter Geotextilkörper
Gitterbuschbau	Gitterbuschbau
Hangfaschine	Hangfaschine
Hangrost	Hangrost
Heckenbuschlage	Heckenbuschlage
Heckenlage	Heckenlage
Heublumensaat	Heublumensaat
Holzgrünschwelle	Bepflanzte Holzkrainerwand
Krautige Pflanzung	Rhizompflanzung, Horstteilung
Lahnung	Lahnung
Lebendbuhnen	Lebende Buhne
Mulchsaat	Mulchsaat
Normale oder konventionelle Saat	Trockensaat
Packwerk	Packwerk

Alt: *kursiv* **wird ersetzt**	**Neu:**
Palisaden	Palisaden
Lebende Bürsten und Kämme	Lebende Bürsten und Kämme
Pionierpflanzung	Pionierpflanzung
Rasenverlegung	Fertigrasen, Rasenverlegung
Raubaum	Raubaum
Reisiglage	Reisiglage
Riefenpflanzung	Riefenpflanzung
Runsenausbuschung	Runsenausbuschung
Schilfhalmpflanzung	Halmpflanzung
Schotterrasen	Schotterrasen
Senkfaschine	Senkfaschine
Spreitlage	Spreitlage
Steckhölzer	Steckhölzer
Strukturelle Matten	Strukturgitter, Bewehrungsmatte
Uferfaschine	Uferfaschine
Umpflanzen	Transplantation, Umpflanzen
Vegetationsfaschine	Vegetationswalze, Röhrichtwalze

> Literaturverzeichnis

Adam Ph., Debiais N., Gerber F., Lachat B. 2008: Le génie végétal, Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, etc., Paris.
Baudirektion des Kantons Bern, Tiefbauamt 1988: Ingenieurbiologische Uferverbauungen, deutsch und französisch, Bern.

Baudirektion des Kantons Bern, Tiefbauamt 1989: Naturnahe Flachufer an Seen, Bern.

Begemann W., Schiechtl H.M. 1986: Ingenieurbiologie – Handbuch zum naturnahen Wasser- und Erdbau, Wiesbaden und Berlin.

Blab J. 1986: Grundlagen des Biotopschutzes für Tiere, Bundesforschungsanstalt für Naturschutz und Landschaftsökologie, Bonn – Bad Godesberg.

Böll A., Gerber W., Graf F. und Rickli C. 1999: Holzkonstruktionen im Wildbach-, Hang- und Runsenverbau, Birmensdorf.

Bundesamt für Umweltschutz 1986: Bau durchlässiger und bewachsener Plätze, Schriftenreihe Umweltschutz Nr. 50, Bern.

Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft 1992: Schutzwasserbau, Gewässerbetreuung, Ökologie, Wien.

Buser H., Klein A., Mase G. 1988: Gestaltung von Grünflächen an Strassen, Tiefbauamt Kanton Basel-Landschaft, Liestal.

Diez C.: Literaturdatenbank, über 6000 Titel über: www.ingenieurbiologie.ch

Ellenberg H. 1986: Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen in ökologischer Sicht, Stuttgart.

Florineth F. 2004: Pflanzen statt Beton – Handbuch zur Ingenieurbiologie und Vegetationstechnik, Berlin – Hannover.

Frauendorfer R., Jungwirth M. 1985: Der Zusammenhang zwischen Revitalisierungsmassnahmen und der Biozönose von Fliessgewässern am Beispiel der Fischerei, in: Landschaftswasserbau 5, TU Wien.

Geitz P. 1985: Naturnaher Wasserbau, Hrsg. Ausbildungsförderwerk Garten-, Landschafts- und Sportplatzbau e.V., Bad Honnef.

Gesellschaft für Ingenieurbiologie 1980–1999: Jahrbücher Ingenieurbiogie, Aachen.

Kuonen V. 1983: Wald- und Güterstrassen, Pfaffhausen Zürich.

Lachat B. 1994: Guide de protection des berges de cours d'eau en techniques végétales, Ministère de l'environnement, DIREN Rhône-Alpes.

Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg 1991: Umgestaltung der Enz in Pforzheim, Stuttgart.

Lange G., Lecher K. et al. 1989: Gewässerregelung, Gewässerpflege, Hamburg und Berlin.

Merian L. 1992: Ingenieurbiologische Bauweisen, eine Entscheidungshilfe (beim Verfasser).

Ministerium für Umwelt Baden-Württemberg 1993): Handbuch Wasserbau, Naturgemäße Bauweisen, Stuttgart.

Oplatka M. et al. 1996: Wörterbuch Ingenieurbiologie E/D/F/I, vdf Hochschulverlag, Zürich.

Österreichischer Wasserwirtschaftsverband 1984: Leitfaden für den natur- und landschaftsbezogenen Schutzwasserbau an Fliessgewässern, Wien.

Schiechtl H.M. 1973: Sicherungsarbeiten im Landschaftsbau, München.

Schiechtl H.M., Stern R. 1992: Handbuch für naturnahen Erdbau, Wien.

Schiechtl H.M., Stern R. 1994: Handbuch für naturnahen Wasserbau, Wien.

Schlüter U. 1990: Laubgehölze, Ingenieurbiologische Einsatzmöglichkeiten, Berlin und Hannover.

Schlüter U. 1996: Pflanze als Baustoff – Ingenieurbiologie in Praxis und Umwelt, Berlin und Hannover.

Schweizerischer Verband für Geotextilfachleute 1982: Referate der Geotextiltagung, Zürich.

Stern R. 1990: Ingenieurbiologische Sicherungsmassnahmen in steilen Gerinnen, Landschaftswasserbau 10, Wien.

Verein für Ingenieurbiologie1989–2009: Mitteilungsblätter Ingenieurbiologie, Horgen und Wädenswil, siehe auch www.ingenieurbiologie.ch.

VSS – Normen, SN 640 680 Ingenieurbiologie, erscheint 2010.

Zeh H. 1982: Verwendung von Geotextilien in der Ingenieurbiologie, Schweizer Baublatt 36, Zürich.

Zeh H. 2007: Ingenieurbiologie – Handbuch Bautypen, vdf Hochschulverlag, Zürich.