

Zeitschrift: Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen = Swiss forestry journal = Journal forestier suisse
Herausgeber: Schweizerischer Forstverein
Band: 136 (1985)
Heft: 6

Artikel: Ingenieurbiologie : Beispiele über Planung und Ausführung
Autor: Weibel, Thomas
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-764483>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 02.05.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Ingenieurbiologie – Beispiele über Planung und Ausführung¹

Von *Thomas Weibel*, Horgen

Oxf.: 384.9:19

1. Einleitung

Ingenieurbiologie ist die Wissenschaft von der Fähigkeit der Pflanzen, Boden gegen mechanische Angriffe zu schützen. Kennzeichnend ist deshalb der Einsatz von lebenden Pflanzen als Baumaterial. Besondere Bedeutung kommt den bodenmechanischen Kennziffern des Materials zu. Entsprechend unterschiedlich ist ihre Beeinflussung durch Pflanzen. Generell kann gesagt werden, dass die Wurzeln einen wasserunabhängigen Kohäsionsteil beisteuern. Dadurch wird die Standsicherheit im Vergleich zu unverbautem Material erhöht. Ausserdem werden durch Stabilbauweisen mögliche Gleitfugen in tiefere Schichten verlagert: in Zonen also, die aufgrund geringerer Verwitterung oft grössere Stabilität aufweisen. (1) Messungen an von Gehölzen durchwurzelter Proben sind kaum verfügbar. Deshalb ist weitgehend unbekannt, wie die Vegetation rechnerisch einbezogen werden kann. Ingenieurbiologie umfasst nach *Schiechl* (2) die Teilgebiete Grünverbauung (Bauweisen im Erdbau), Lebendverbauung (Bauweisen im Wasserbau) und Landschaftsschutzpflanzungen. Mit einem Einblick in Planung und Ausführung zeige ich die Einsatzmöglichkeiten der Ingenieurbiologie auf. Ich beschränke mich auf Beispiele für die Grünverbauung, deren Grundlagen von *Kuonen* (3) behandelt sind. Die Auswahl ist willkürlich erfolgt. Die Preise sind deshalb nicht repräsentativ und liegen erfahrungsgemäss eher tiefer.

2. Beispiele (Abbildungen 1 bis 5)

2.1 Wiederinstandstellungsprojekt Waldweg Parnegl/Prim

Der Waldweg Parnegl/Prim erschliesst Gehöfte, landwirtschaftliches Kulturland und Waldflächen von Scharans und Fürstenau. Im Mai 1983 verursachten die Niederschläge an Pfingsten Bodenerosion bergseits des Waldweges.

¹ Referat gehalten am 10. Dezember 1984 im Rahmen der forst- und holzwirtschaftlichen Kolloquien an der ETH Zürich.

2.11 Projektangaben

Bauherr: Gemeinde Scharans
Projektverfasser: Kreisforstamt 13, Thusis (Jörg Barandun) in Zusammenarbeit mit Forsting. Paul Barandun
Ausführung: Amarforst, Chur
Standort: 840 m. ü.M.
Exposition Süd-Südwest
Neigung 38 ° (etwa 3:4)
Fläche: rund 900 m²

2.12 Massnahmen

Der Hangfuss wurde im Bereich des bestehenden Waldweges mit einer rund 2 m hohen Zyklopenmauer gestützt und entwässert. Die Erosionsfläche musste von Lockergestein und Stöcken geräumt werden. Zur Stabilisierung wurden Weidenbuschlagen eingebaut. Als sofortiger Schutz gegen Oberflächenerosion wurde die Fläche mit einer Strohdecksaat begrünt. Ausserdem wurden Fichten, Föhren und Birken gepflanzt (etwa 1 Stk/m²).

2.13 Planung

Als Grundlage für die Ausführung und für die Subventionierung wurde ein Wiederinstandstellungsprojekt ausgearbeitet. Es umfasst neben dem Technischen Bericht und Kostenvoranschlag Situation 1:500, Schnitt 1:250 und Detail 1:50.

2.14 Ausführungskosten

Der Auftrag für die Hangsicherung wurde aufgrund einer Submission auf Einladung vergeben. Dabei zeigte sich, wie schwierig es ist, genaue Kostenvoranschläge zu erstellen. Die offerierten Laufmeter-Preise für das Erstellen der Buschlagen variierten zwischen 15 und 25 Franken und lagen damit weit unter dem Kostenvoranschlag. Zusätzlich sind mindestens 5 Franken je Laufmeter für die Weidenbeschaffung einzurechnen.

2.2 Hangsicherung Klosters (Abbildung 1)

Am 11. April 1982 rutschten rund 3000 m³ Erdmaterial zwischen der Rütipromenade und der Landquart gegen das Bachbett. Die Gleitschicht lag etwa 2 m unter der Oberfläche. Die Rutschung wurde durch eine defekte Wasserleitung und die starke Schneeschmelze ausgelöst.

SCHEMASCHNITT

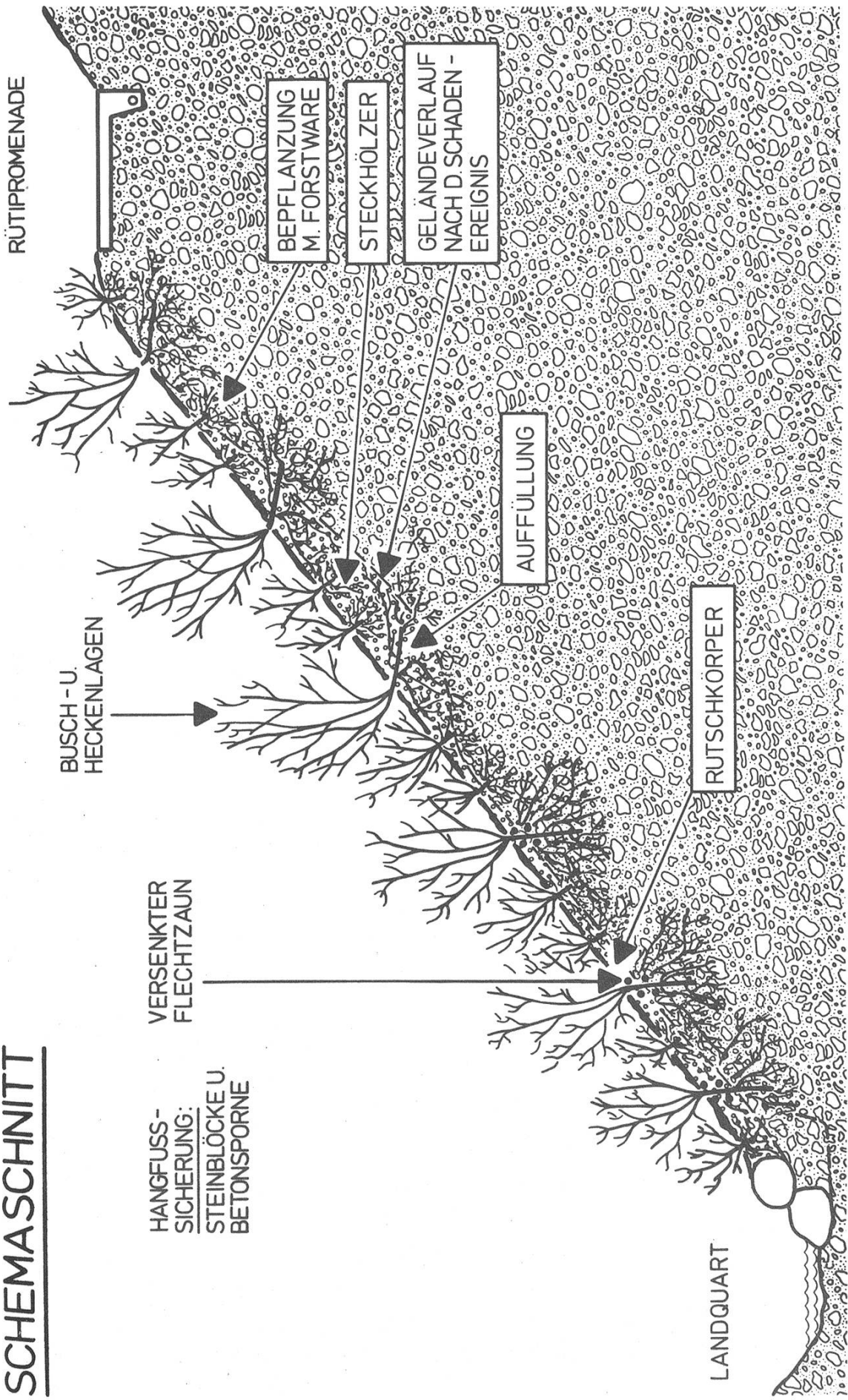


Abbildung 1. Schemaschnitt der Rutschsanierung in Klosters. Die Sanierung erfolgte mit Flechtzäunen, Busch- und Heckenlagen, Steckhölzern und Bepflanzung mit Forstware.

2.21 Projektangaben

| | |
|-------------------|---|
| Bauherr: | Gemeinde Klosters |
| Projektverfasser: | Ingenieurbüro Joos + Co., Davos Beratung Büro Lang Uster (Sachbearbeiter: T. Weibel) |
| Ausführung: | Zingg Felsberg und Schneider AG Chur |
| Standort: | 1150 bis 1200 m ü.M. Exposition Nordost Neigung etwa 40 ° |
| Fläche: | rund 2000 m ² |

2.22 Massnahmen

Grundlage aller Sanierungsmassnahmen ist, dass austretendes Wasser keinen Schaden anrichten kann. Dies wird erreicht durch die neue Entwässerung des Weges und einen mit Sickerpackungen gefüllten Entwässerungsgraben. Ungefähr in der Mitte der Rutschfläche werden mehrere erkannte Wasseraustritte abgeleitet. Mit der Anordnung der ingenieurbiologischen Verbauungen wird die ganze Fläche entwässert. Das Abtragsmaterial der Anpassungsflächen (vor allem Ausrunden der Abrisskanten) wurde zum Ausgleichen der Rutschfläche verwendet. Gleichzeitig mit dem Materialeinbau wurden lagenweise Weidenäste und Forstpflanzen eingelegt. Diese Busch- und Heckenlagen durchwurzeln das geschüttete wie das gewachsene Material und stabilisieren dadurch die gefährdeten Zonen.

In Zonen, die mit Lockermaterial überschüttet sind, wurden versenkte Flechtzäune eingebaut. In Gräben wurden Weidenpfähle geschlagen, mit Weidenästen verflochten und wieder eingedeckt. Dadurch ist das Lockermaterial fixiert.

Die Rutschfläche soll mit verschiedenen Sträuchern bewachsen werden. Deshalb sind zwischen den linearen Verbauungssystemen Forstpflanzen und Steckhölzer gesetzt worden. Die Artenwahl entspricht der natürlichen Vegetation. Durch die Mischung von bewurzelter Forstware mit Steckhölzern verschiedener Weidenarten entsteht ein stufiges Wurzelprofil das seinen Beitrag zur Stabilisierung des Hanges leistet.

Als sofortiger Schutz der Oberfläche gegen Erosion wurde der Hang im Trockensaatverfahren begrünt. Dadurch werden lokale Ausschwemmungen verhindert und für die Gehölze in der Verbauung ein besseres Lokalklima geschaffen.

2.23 Planung

Anhand von Profilen im Massstab 1:100 wurde die optimale Massnahmenkombination ermittelt. Das Ergebnis ist schematisch im Massnahmenplan 1:500 festgehalten. Ergänzend sind die Massnahmen in Schemaschnitten festgehalten.

2.24 Ausführungskosten

Der Auftrag wurde mit einer Submission auf Einladung vergeben. Die Preisdifferenzen hielten sich in sehr engen Grenzen.

| | |
|-----------------------------|--------------------------|
| Spreitlage (nicht erstellt) | Fr. 105.— bis 110.— je m |
| Buschlage | Fr. 34.— bis 36.— je m |
| Heckenlage | Fr. 24.60 bis 25.— je m |
| Steckholz 40 cm | Fr. 2.50 bis 2.70 je Stk |
| Steckholz 100 cm | Fr. 5.50 bis 5.80 je Stk |
| Flechtzaun | Fr. 39.50 bis 42.— je m |

Gesamthaft wurden für die Hangsanierung Fr. 17.— je Quadratmeter angewendet.

2.3 Hangrost Berlingen

In einem privaten Grundstück entstand eine Rutschung. Nach Abklärung der geologischen Situation und Überprüfung verschiedener Varianten entschloss man sich für eine kombinierte Sanierung mit Injektionen und einem begrünten Hangrost. Schadenursache war die Wassersättigung einer kohligten Mergelschicht. Der Hangrost hat die Aufgabe, das wieder aufgeschüttete Material zu stützen.

2.31 Projektangaben

| | |
|-------------------|--|
| Bauherr: | Schmid |
| Projektverfasser: | Hangrost durch Büro Lang Uster (Sachbearbeiter: T. Weibel) |
| Ausführung: | Eberle AG, Herisau |
| Standort: | 430 bis 440 m ü.M. Exposition Süd Neigung 42—52 ° |
| Fläche: | rund 500 m ² |

2.32 Massnahmen

Die vom Geologen und vom Bauingenieur zur Erhöhung der Gesamtstabilität vorgesehenen Injektionen dienten ebenfalls als Fundament für den Hangrost und zur Verankerung an der Böschungskrone. Begrünt ist der Hangrost mit Busch- und Heckenlagen. Die Fläche wurde im Nassverfahren angesät. Die Pflanzen werden mit ihren Wurzeln langfristig gesehen die Standsicherheit der Böschung gewährleisten. Die Übernahme der Sicherheitsfunktion durch die Pflanzen verläuft kontinuierlich und parallel zur Abnahme der Festigkeit der Holzkonstruktion.

2.33 Planung

Die Projektierungsarbeiten wurden sehr detailliert durchgeführt. Es wurde erstellt:

| | |
|----------------------|-------|
| Situation | 1:100 |
| Massnahmen | 1:100 |
| Sanierung Schema | |
| Verlegeplan Ansicht | 1:100 |
| Profile | 1:100 |
| Konstruktionsdetails | 1:10 |
| Pflanzplan | 1:100 |

Die Erfahrung bestätigt, dass der Foundation zentrale Bedeutung zukommt. Fremdkonstruktionen, auf die man sich abstützt, müssen immer bezüglich Sicherheit überprüft werden.

2.34 Ausführungskosten

Die Arbeit wurde aufgrund einer Offerte vergeben.

| | |
|----------------------|--|
| Hangrostkonstruktion | Fr. 650.— je m ³ verbautes Holz |
| Buschlage | Fr. 25.50 je m |
| Heckenlage | Fr. 15.50 je m |

Gesamthaft betragen die Kosten rund Fr. 90.— je m² Böschungsfläche.

2.4 Hangrost Lej da Champfèr

Mit dem Ausbau der Kantonsstrasse entlang des Lej da Champfèr entstanden neue Abtragsböschungen. Ein Einschnitt wurde so steil belassen, dass die Stabilität mit der fortlaufenden Verwitterung des Moränenmaterials nicht mehr gegeben wäre. Der Hangrost hat also im Gegensatz zum vorherigen Beispiel nicht primär Stützfunktion, sondern bildet einen stabilen Verwitterungsschutz.

2.41 Projektangaben

| | |
|-------------------|---|
| Bauherr: | Kanton Graubünden |
| Projektverfasser: | Büro Lang Uster (Sachbearbeiter: T. Weibel) |
| Ausführung: | Grischa AG, Chur |
| Standort: | 1830 m ü.M. Exposition Südost Neigung 42—57 ° |
| Fläche: | rund 500 m ² |

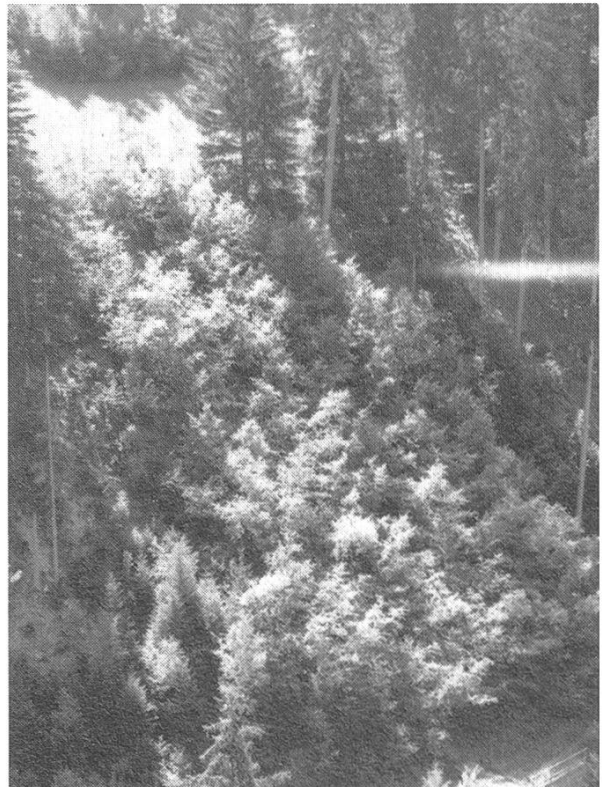


Abbildung 2. Flechtzaun: Im schaufeltiefen Graben werden Weidenpfähle in einem Abstand von etwa 1,00 m eingerammt. Dazwischen werden Weidenäste geflochten und anschließend mit dem Aushubmaterial wieder eingedeckt. So sind die Äste gegen Austrocknung geschützt und können sich zu kompletten Pflanzen regenerieren.



Abbildung 3. Buschlage: Auf einer Berme von rund 50 cm Breite, die gegen den Hang geneigt ist, werden Weidenäste kreuzweise verlegt. Mit dem Aushub für die nächste Lage wird die unten liegende wieder eingedeckt. Abschließend sind die vorstehenden Triebe auf etwa 15 cm zurückzuschneiden.

Abbildung 4. Heckenlage: Der Unterschied zur Buschlage besteht darin, dass anstelle von Weidenästen bewurzelte Pioniergehölze eingelegt werden. Der Hang wurde vor 15 Jahren mit einer Druckleitung durchquert. Heute sehen wir einen aus Heckenlagen hervorgegangenen Erlenbestand, der mithilfe, die Schneise raschmöglichst zu schliessen.



2.42 Massnahmen

Die Sicherung des Böschungsfusses mit einer rund 1,5 m hohen Zyklopmauer war bereits vorgängig erfolgt. Die Hangrostkonstruktion wurde hinter die Steinblöcke gestellt und ist somit gut abgestützt. Die Begrünung erfolgte wiederum mit Busch- und Heckenlagen. Als sofort wirksamer Erosionsschutz wurde Strohdecksaat aufgebracht.

2.43 Planung

Die Unterlagen wurden ähnlich dem vorangegangenen Beispiel erstellt. Sie umfassen

| | |
|---------------------|-------|
| Übersichtsplan | 1:500 |
| Schema Hangrost | |
| Situation | 1:100 |
| Profile | 1:100 |
| Verlegeplan-Ansicht | |
| Pflanzplan | 1:100 |

Spezielle Probleme ergaben sich aus der schlechten Qualität des anstehenden Materials. Der hohe Anteil an Sand und Schluff bewirkte, dass der Abstand zwischen den horizontalen Festigungselementen reduziert werden musste. Er beträgt jetzt zwischen den Hölzern 1,50 m und zwischen den Pflanzenlagen 0,75 m.

2.44 Kosten

Der Auftrag wurde nach einer öffentlichen Submission vergeben.

| | |
|----------------------------|--|
| Hangrostkonstruktion | Fr. 450.— (850.—) je m ³ verbautes Holz |
| Buschlage | Fr. 35.— (30.50) je m |
| Heckenlage <i>Sorbus</i> | Fr. 18.— (10.—) je m |
| Heckenlage <i>Lonicera</i> | Fr. 44.— (24.—) je m |

Gesamthaft betragen die Kosten etwa Fr. 75.— je m² Böschungsfläche. Die Differenz zum vorangegangenen Beispiel erklärt sich aus der Zugänglichkeit des Objektes, den Abtrags- und Auftragskubaturen sowie der unterschiedlichen Fundation.

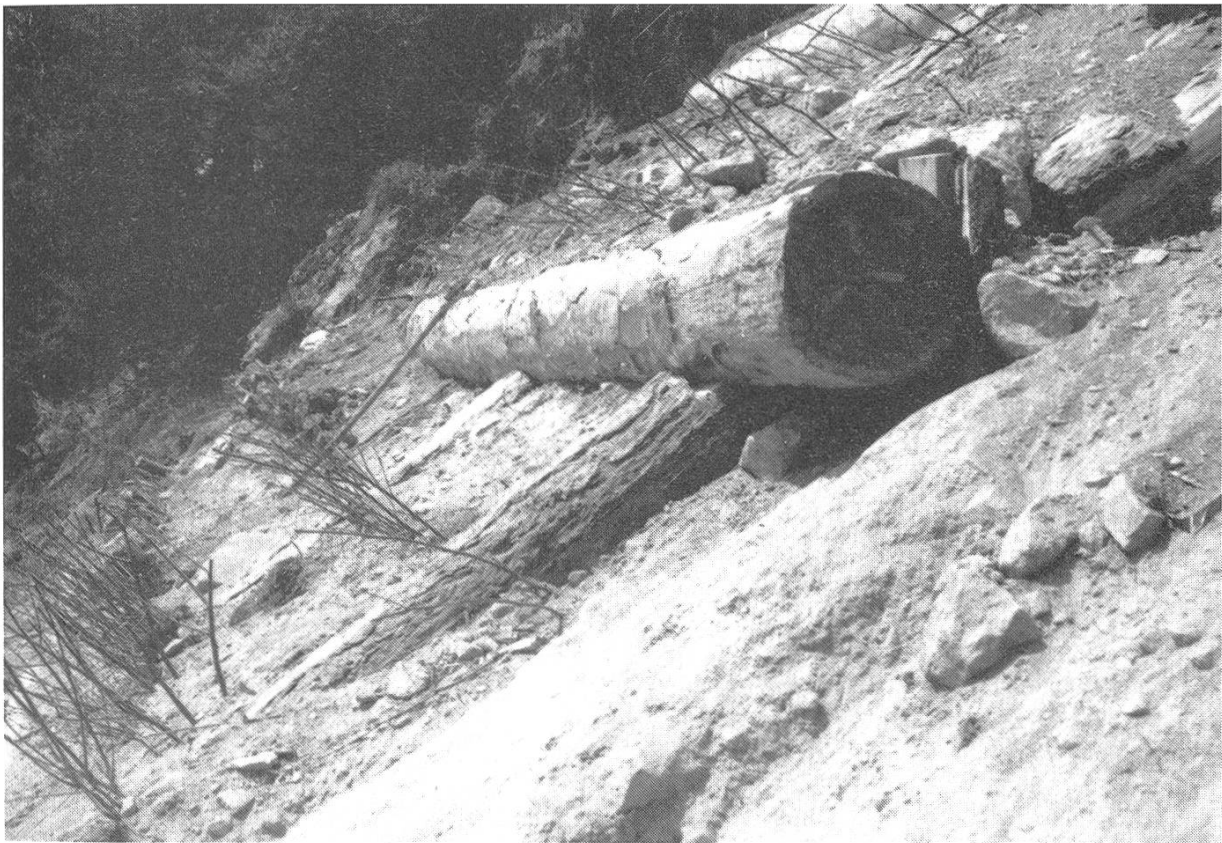


Abbildung 5. Hangrost: Die eingebauten Busch- und Heckenlagen benötigen in den ersten Jahren zusätzliche Stützen. Die Hangrostkonstruktion aus Rundhölzern erhöht die Stabilität in dieser kritischen Zeit. Gleichzeitig mit dem Vermorschen des Holzes wachsen die Wurzeln, so dass die Vegetation die Standsicherheit des Objektes gewährleisten kann.

3. Pflege und Unterhalt

Ingenieurbiologische Verbauungen erfordern eine periodische Kontrolle. Es ist dann aber mit geringem Aufwand möglich, sich abzeichnende Schwachstellen zu verstärken. Je nach Zustand sind Pflege-, Unterhalts- oder Ergänzungsmassnahmen notwendig. Wichtig ist, dass man bei den Kontrollgängen immer das Ziel und die Aufgabe der Verbauung vor Augen hat. Dabei ist die unterschiedliche Funktion der Weiden massgebend:

- Bilden die Weiden den Endbestand, so ist in Abständen von 3 bis 8 Jahren ein Rückschnitt notwendig. Rückschnitt ist gleichbedeutend mit «Auf den Stock setzen» und soll nur in Teilflächen durchgeführt werden. Das anfallende Weidenmaterial ist bestens für weitere Verbauungen geeignet.
- Haben die Weiden nur eine technische Aufgabe und bilden andere Gehölze den Endbestand, so muss dieses Ziel mit Pflege erreicht werden. Zwischen den möglichen Wegen ist der zweckmässigste nach waldbaulichen Kriterien zu wählen. Von grösster Bedeutung ist, dass die technische Funktion des Werkes dauernd erhalten bleibt.

4. Anforderung an Planung und Ausführung

Oberster Grundsatz ist, dass der Aufwand für Planung und der Aufwand für die Ausführung in einem vernünftigen Verhältnis zueinander stehen müssen. Massgebende Kriterien für einen sinnvollen Planungsaufwand sind:

- Grösse des Projektes
- Gefährdung und Art umliegender Objekte
- Stabilitätsverhältnisse
- Art der Arbeitsvergebung an Ausführungsfirmen
- Erfahrung der ausführenden Arbeitsequipe.

Es muss mindestens Klarheit herrschen über

- Ziel der Verbauung
- Bodenmechanische Kennziffern
- Gewählte Baumassnahmen
- Gewählte Pflanzenarten
- Pflegegrundsätze.

Die Erfahrung zeigt, dass für Projekte, die nur minimal vorbereitet sind, die Bauleitung sehr intensiv und zeitaufwendig wird.

Wenn der Bodenmechanik zu wenig Beachtung geschenkt wird, besteht die Gefahr, dass die Böschungen zu steil angelegt werden. Kurzfristig sind solche Werke genügend standsicher. Nach dem Anfangserfolg werden sie jedoch durch Schadenereignisse wieder zerstört.

Planung, Ausführung und Bauleitung erfordern viel Erfahrung und Flexibilität. Das notwendige handwerkliche Können kann in Ausbildungskursen beispielsweise der Försterschule Maienfeld erlernt werden. Nur aufgrund der Erfahrung ist es heute möglich, die Verbauungselemente im Gelände richtig anzuordnen, den Arbeitsaufwand und somit die Kosten genügend genau abzuschätzen. Besonderes Gewicht erhält diese Aussage für das Ausarbeiten von Kostenvoranschlägen und Offerten. Auf dieser Basis müssen alle beteiligten Stellen flexibel sein und sich an die Besonderheiten jeder Baustelle anpassen können. Daraus ist ersichtlich, dass nicht jedes Ingenieurbüro und nicht jeder Ausführungsbetrieb für derartige Aufgaben geeignet sind. Erfahrene Forstunternehmungen und Gartenbaufirmen sind einem starken Preisdruck ausgesetzt. Die Konkurrenz will einen Auftrag unter allen Umständen ausführen oder kann den Aufwand nicht abschätzen. Besonders krass ist dies bei offenen Submissionen der Fall. Für Ausschreibungen ist im Interesse von qualitativ guter Arbeit ein gesundes Konkurrenzverhältnis unter den beteiligten Firmen anzustreben.

Um der Ingenieurbiologie zu weiterer Verbreitung zu verhelfen, müssen vorhandene Erfahrungen gesammelt und weitergegeben werden. Ich möchte daran erinnern, dass ich eine Dokumentation über ausgeführte Werke zusam-

menstelle. Ich danke allen, die mir schon behilflich gewesen sind, und bitte, mir weiterhin Altes und Neues zu melden. Ich beabsichtige, die Dokumentation gegliedert nach den verschiedenen Massnahmen zu veröffentlichen.

Als weitere Hilfe ist es unbedingt notwendig, dass die VSS-Norm 640 680 «Lebendverbau» überarbeitet wird. Auch die Ausschreibungstexte im Normpositionenkatalog führen zu Missverständnissen. Da Lebendverbau vorwiegend von Forstleuten und oft an Forststrassen eingesetzt wird, ist denkbar, dass eine entsprechende SAFS-Norm erarbeitet wird. Erste Vorbereitungen sind im Gang.

Mit vermehrtem Einsatz des Grünverbbaus wird das Vertrauen in die altbekannten Methoden wachsen. Bis wir soweit sind, gehört zur Realisierung oft der Mut zum Risiko.

Résumé

Stabilisation végétale — exemples de planification et de réalisation

La planification et la réalisation des travaux de stabilisation biologique des talus reposent sur des connaissances de mécanique des sols et de botanique. De plus, une solide expérience ainsi qu'un peu de souplesse sont indispensables. Plusieurs exemples, choisis arbitrairement, sont présentés; chaque objet est circonscrit par les données du projet, les mesures réalisées, la planification effectuée ainsi que par les coûts de réalisation. Certaines remarques relatives au soin et à l'entretien mettent en évidence les exigences posées à la planification et à l'exécution.

Traduction: *P. Junod*

Literatur

- (1) Böll, A., 1983. Lebendverbau bei der Sanierung von steilen Hängen. Schweiz. Z. Forstwes., 134 (1983) 3: 167—177
- (2) Schiechl, H., 1973. Sicherungsarbeiten im Landschaftsbau. 244 Seiten, München, Callwey
- (3) Kuonen, V., 1983. Wald- und Güterstrassen. S. 533—599, Pfaffhausen, Eigenverlag