

Hang- und Böschungssicherung
Stabilisation des versants et des talus
Assicurazione di pendii e scarpate

INGENIEURBIOLOGIE
GENIE BIOLOGIQUE
INGEGNERIA NATURALISTICA

**Mitteilungsblatt für die Mitglieder
des Vereins für Ingenieurbiologie**

Heft Nr. 3/2014, 24. Jahrgang
Erscheint viermal jährlich

Herausgeber:

Verein für Ingenieurbiologie
c/o Zürcher Hochschule für Angewandte
Wissenschaften
Institut für Umwelt und Natürliche Ressourcen
Sekretariat Andrea Grimmer
Grüntal, Postfach 335, CH-8820 Wädenswil
Tel.: +41 58 934 55 31
E-Mail: sekretariat@ingenieurbio.ch

Internet-Adresse:

<http://www.ingenieurbio.ch>

Druck:

Vögeli AG, Langnau i. E.

**Verantwortliche Redaktorin/
Rédactrice responsable:**

Monika La Poutré
Tel.: +43 650 8615215
E-Mail: m.stampfer@gmx.at

**Redaktionsausschuss/
Comité de rédaction:**

Roland Scheibli
Tel.: +41 43 259 27 64
Fax: +41 43 259 51 48
E-Mail: roland.scheibli@bd.zh.ch

Robert Bänziger
Tel.: +41 44 850 11 81
Fax: +41 44 850 49 83
E-Mail: info@baenziger-ing.ch

Christian Rickli
Tel.: +41 44 739 24 03
Fax: +41 44 739 22 15
E-Mail: christian.rickli@wsl.ch

Lektorat/Lectorat:

Martin Huber
Tel.: +41 32 671 22 87
Fax: +41 32 671 22 00

Übersetzungen/Traductions:

Rolf T. Studer
E-Mail: rolf.studer@mail.com
Michel Jaeger
E-Mail: mr.mjaeger@gmail.com

Veranstaltungen:

Verein für Ingenieurbiologie
c/o Zürcher Hochschule für Angewandte
Wissenschaften
Institut für Umwelt und Natürliche Ressourcen
Sekretariat Andrea Grimmer
Grüntal, Postfach, CH-8820 Wädenswil
Tel.: +41 58 934 55 31
E-Mail: sekretariat@ingenieurbio.ch

**Weitere Exemplare dieses Heftes
können zum Stückpreis von Fr. 15.–
beim Sekretariat bezogen werden.**

Ein Hauptgebiet der Ingenieurbiologie ist, neben dem Flussbau, nach wie vor der Erdbau und damit in weiterer Folge Massnahmen zur Böschungssicherung. Grossteils kommen alte, bewährte Bauweisen zum Einsatz, bzw. Kombinationen davon. Neue Methoden werden selten ausprobiert. Dafür können nun wertvolle Erfahrungen durch Erfolgskontrollen bei inzwischen vor längerer Zeit ausgeführten Projekten gewonnen werden und fliessen in die Wahl der Sicherungsweise ein. Der Artikel von Prof. Florineth fasst ebensolche Erkenntnisse am Beispiel von Holzkrainerwänden in Südtirol zusammen.

In welche Richtung die Ingenieurbio- logie derzeit in Südtirol geht, wird in dem Bericht vom Sonderbetrieb für Bodenschutz, Wildbach- und Lawinerverbauung der Provinz Bozen beschrieben. Mit Hilfe eines Schutzbautenkatasters, in welchem die Bauwerke aufgenommen, katalogisiert und deren Zustand beschrieben wird, erhält man eine Übersicht und es kann bei neuen Projekten gezielt auf die Erfahrung von ähnlichen, bereits umgesetzten Projekten zurückgegriffen werden.

Innovativ sind die Untersuchungen der HTW Chur zusammen mit der Firma Lindner Suisse, welche mit der Verwendung von Holzwollevliesen als Erosionsschutzmatten neue Wege gehen bzw. alte, in Vergessenheit geratene Baustoffe wieder aufleben lassen. Die Ergebnisse der Untersuchungen von diesem in Europa durch den Boom der Kunststoffe zurückgedrängten natürlich wachsenden Material werden ausführlich beschrieben.

Abgerundet wird dieses Heft noch durch die Erfahrungen des Praxiskurses des Vereins für Ingenieurbio- logie in Niedergesteln (Wallis), wo an der Lötschbergsüdflanke ein Moränenhang

mittels ingenieurbio- logischer Massnahmen gesichert wurde.

Ich wünsche Ihnen viel Vergnügen beim Lesen und hoffe, dass auch für Sie interessante Beiträge dabei sind.

Monika La Poutré

Les travaux de terrassement, et par conséquent les mesures de stabilisation des talus, constituent parallèlement à l'aménagement des cours d'eau l'un des domaines principaux du génie biologique. La plupart des techniques utilisées proviennent d'anciennes méthodes de construction ayant fait leurs preuves ou d'une combinaison de celles-ci. De nouvelles méthodes sont rarement expérimentées. Ainsi, des enseignements précieux peuvent être tirés aujourd'hui en contrôlant les résultats des projets, achevés depuis longtemps, et influencer le choix des méthodes de stabilisation. L'article du professeur Florineth résume ces connaissances en présentant des exemples de caissons en bois dans le Tyrol du Sud.

Un rapport du département spécial pour la protection des sols, la correction des torrents et des ouvrages contre les avalanches de la province de Bolzano décrit la direction vers laquelle se dirige actuellement le génie biologique dans le Tyrol du Sud. On obtient une vue d'ensemble grâce aux cadastres des ouvrages de protection dans lequel les constructions ont été inscrites, cataloguées et leur état y est décrit. On peut y recourir pour les nouveaux projets en se basant sur l'expérience des projets similaires menés à bien.

Les recherches effectuées à la Haute Ecole Technique de Coire en collaboration avec l'entreprise suisse Lindner sont innovantes. En utilisant des géotextiles en laine de bois comme natte de protection contre l'érosion, elles ouvrent de nouvelles voies, ou plutôt remettent au goût du jour ces anciens matériaux tombés dans l'oubli. Les résultats de ces recherches sont exposés ici en détail.

Titelbild/Frontispice:

Holzkasten und Holzroste roh; Ph. Müller
Caissons et armature en bois; Ph. Müller
Briglie e griglie in legno grezzo; Ph. Müller

L'utilisation de ces matériaux poussant naturellement en Europe a été retardée par le boom des matières plastiques.

Ce bulletin est encore complété avec une rétrospective sur le cours pratique de l'Association pour le génie biologique qui a eu lieu à Niedergesteln en Valais durant lequel une moraine latérale du flanc sud du Lötschberg a été stabilisée avec des mesures de génie biologique.

Je vous souhaite une agréable lecture et espère que les contributions vous intéresseront.

Monika La Poutré

Uno dei temi principali dell'ingegneria naturalistica accanto all'ingegneria fluviale sono da sempre i lavori di terra e insieme ad essi le misure atte alla stabilizzazione di pendii. Nella maggior parte dei casi si applicano tecniche vecchie e comprovate oppure combinazioni di queste. Solo raramente si ricorre a nuovi metodi. Si può imparare molto tramite il controllo dei risultati di progetti eseguiti diverso tempo fa e integrare quest'esperienza nella scelta del metodo di stabilizzazione. L'articolo del Prof. Florineth riassume proprio questo tipo di conoscenze basandosi sulle briglie in legno in Alto Adige.

La direzione nella quale va l'ingegneria naturalistica in Alto Adige è descritta nel rapporto del «Sonderbetrieb für Bodenschutz, Wildbach- und Lawinverbauung» della provincia di Bolzano. Grazie all'aiuto di un catasto delle costruzioni di protezione nel quale vengono iscritte e catalogate tutte le opere, comprese di descrizione del loro stato attuale, si ha a disposizione una vista d'insieme delle misure. Nel caso di nuovi progetti il catasto permette di ricorrere alle esperienze fatte in passato in progetti simili già realizzati.

La HTW di Coira, in collaborazione con la ditta Lindner Suisse, ha eseguito ricerche innovative sull'utilizzo di stuoie in fibra di legno come materiale di prote-

zione contro l'erosione, aprendo nuove possibilità e riscoprendo al contempo materiali da costruzione andati dimenticati. I risultati della ricerca su questo materiale naturale, soppiantato in Europa dal boom dei materiali sintetici, vengono descritti in dettaglio.

Questa edizione è completata dalle esperienze fatte durante il corso di formazione continua dell'Associazione per l'ingegneria naturalistica a Niedergesteln (VS). Il pendio di una moraine sul lato sud del Lötschberg è stato assicurato tramite tecniche d'ingegneria naturalistica.

Vi auguro un'interessante lettura e spero che ognuno trovi gli articoli di suo interesse.

Monika La Poutré

IHR
VORTEIL:

SIFOR®

**natürlicher
Erosionsschutz
aus Jute und Kokos**

**Direktimport
aus dem Ursprungsland**




Kurzfristige Lieferung dank
grossem Lagerbestand!

Fragen Sie uns an -
wir beraten Sie gerne!





Stationsstrasse 43 · 8906 Bonstetten
Tel. +41 44 701 82 82 · Fax +41 44 701 82 99
www.geonatex.ch · relianz@relianz.ch

Langjährige Hangsicherungen durch bepflanzte Holzkrainerwände in Südtirol

Florin Florineth

Zusammenfassung

Pflanzen brauchen Zeit zum Wachsen. Darum sind zur Sicherung von Hängen und Böschungen Hilfsstoffe notwendig, die eine schnelle Wirksamkeit erzielen und so lange andauern, bis die Pflanzen selbst die Sicherungsfunktion erfüllen. Holz ist als Überbrückung sehr gut geeignet. Seine begrenzte Lebensdauer kann durch eine sorgfältige Auswahl der Holzarten und der Konstruktion um einiges verlängert werden. Von Bedeutung ist auch der Einbau von Pflanzen, die durch ihre Verdunstungsleistung den Erdkörper entwässern und dadurch sein Gewicht verringern, die Kohäsion und den Reibungswinkel erhöhen und damit den horizontalen Erddruck als treibende Kraft verringern.

Als Voraussetzung für ein gutes und dauerhaftes Pflanzenwachstum müssen entsprechende Standortbedingungen durch genügenden Lichteinfall, entsprechende Neigung des Bauwerks und Beschaffenheit des Bodens geschaffen werden.

Im folgenden Beitrag werden einige Beispiele von älteren Holzkrainerwänden in Südtirol vorgestellt.

Keywords

Holzkrainerwände, Lebensdauer und Verwendung von Rundhölzern, Einlage von Pflanzen

Protection durables des berges à l'aide de caisson en bois dans le Tyrol du Sud

Résumé

Les plantes ont besoin de temps pour croître. C'est pourquoi des moyens auxiliaires sont nécessaires pour protéger les versants et les talus. Ces moyens doivent être efficaces rapidement et perdurer suffisamment longtemps jusqu'à ce que les plantes puissent assurer elles-mêmes leur rôle de protection. Le bois

constitue un compromis très adapté. Sa durée de vie limitée peut être prolongée par un choix approprié des essences et par la construction autour d'un support. Il est aussi important d'implanter des espèces qui peuvent drainer le sol grâce à leur capacité d'évaporation. Cela diminue son poids, tout en augmentant la cohésion et l'angle de friction, diminuant par conséquent la force d'attraction horizontale comme force motrice.

Comme condition préalable afin d'assurer une croissance bonne et durable des plantes, il est impératif de constituer des conditions adaptées à la station par une luminosité suffisante, une inclinaison homogène de l'ouvrage et les propriétés du sol.

L'article suivant présente quelques exemples d'anciens caissons en bois qui ont été installés dans le Tyrol du Sud.

Mots-clés

Caisson en bois, durée de vie et utilisation des rondins en bois, insertion des plantes

Assicurazione di pendii a lungo termine tramite briglie in legno inverte in Alto Adige / Südtirol

Riassunto

Le piante hanno bisogno di tempo per crescere. Per questo è necessario l'impiego di materiali supplementari che abbiano un'efficacia immediata e una durata di vita abbastanza lunga finché le piante stesse non adempiono la funzione stabilizzatrice. Il legno si adice molto bene come sostituto. Tramite un'accurata scelta del tipo di legno e della tecnica di costruzione la sua durata di vita limitata può essere allungata notevolmente. Anche la scelta delle piante da impiantare è importante poiché drenano e alleggeriscono il terreno grazie alla loro capacità di assimilarne l'acqua che faranno poi evaporare. In-

oltre aumentano la coesione e l'angolo di resistenza al taglio riducendo la pressione orizzontale del terreno quale forza principale.

Per permettere una crescita buona e duratura della vegetazione bisogna creare delle condizioni locali ideali con un'incidenza luminosa sufficiente e al contempo adeguate inclinazione dell'opera e caratteristiche del terreno. Nell'articolo vengono presentati alcuni esempi di vecchie briglie in legno in Alto Adige.

Parole chiave

Briglie in legno, Durata di vita e uso di legname in tronchi, Inverdimento

1. Holz als zeitlich begrenzter Baustoff

Da Holz eine begrenzte Lebensdauer aufweist, kann dieses nur in Kombination mit Pflanzen eine langanhaltende Funktion zur Sicherung von Hängen und Böschungen ausüben. Anders interpretiert haben Holzkonstruktionen das Ziel, das Wachstum der Pflanzen so lange zu unterstützen, bis die Gehölze die entsprechende Sicherungsfunktion selbst übernehmen können. Dazu müssen wir gute Wachstumsvoraussetzungen für die Pflanzen schaffen durch ausreichenden Lichteinfall, eine sanfte Neigung des Holzbauwerks, damit sich die Gehölze nicht gegenseitig beschatten, und durch das Einfüllen eines Bodenmaterials, auf dem die Pflanzen gut wachsen können. Begrenzende Faktoren sind mangelnde Luftdurchlässigkeit des Bodens durch zu hohen Schluff- und Tongehalt oder vergleyte Bodenschichten, die toxisch für das Pflanzenwachstum wirken.

Die Kombination Holz mit Pflanzen zeigt eine enorme Wirksamkeit, braucht allerdings eine grosse Sorgfalt im Umgang mit dem Holz und den Pflanzen. Eine erste Voraussetzung ist die Verwendung von Rundhölzern mit einer

NATÜRLICHE DAUERHAFTIGKEIT MITTELEUROPÄISCHER HOLZARTEN IN BERÜHRUNG MIT DEM GEWACHSENEN BODEN NACH FINDLAY (1962), BOSSHARDT (1984), NÖTZLI (2002), URBAJS (2010), GRUBER (2010), LEITNER (2011)



sehr dauerhaft > 25 Jahre	dauerhaft 15 – 25 Jahre	mäßig dauerhaft 10 – 15 Jahre	wenig dauerhaft 5 – 10 Jahre	nicht dauerhaft < 5 Jahre
Eibe (Taxus baccata)	Robinie (Robinia pseudoacacia)	Lärche (Larix decidua)	Fichte (Picea excelsa)	Weide (Salix sp.)
	Eiche (Quercus robur)	Rotkiefer/Waldföhre (Pinus sylvestris) – imprägniert	Tanne (Abies alba)	Pappel (Populus sp.)
	Edelkastanie (Castanea sativa)		Esche (Fraxinus sp.)	Rotbuche (Fagus sylvatica)
			Ulme (Ulmus sp.)	Bergahorn (Acer pseudoplatanus)
			Schwarzföhre/- kiefer (Pinus nigra)	Erle (Alnus sp.)
				Birke (Betula sp.)

Tab. 1: Dauerhaftigkeit mitteleuropäischer Holzarten in Berührung mit dem Boden nach FINDLAY (1962), BOSSHARDT (1984), NOETZLI (2002), URBAJS (2010), GRUBER (2010), LEITNER (2011).

Tab. 1: Durabilité des essences d'Europe centrale en contact avec le sol, d'après FINDLAY (1962), BOSSHARDT (1984), NOETZLI (2002), URBAJS (2010), GRUBER (2010), LEITNER (2011).

hohen Lebensdauer. Die Tabelle 1 gibt Auskunft über die Dauerhaftigkeit von mitteleuropäischen Holzarten in Berührung mit dem gewachsenen Boden. Überraschend lange halten nach Untersuchungen am eigenen Institut (Diplomarbeiten von Doris ASTLEITNER und Christine LEITNER, 2011) die imprägnierten Rundhölzer der Rotkiefer (Pinus sylvestris), auch Waldföhre genannt. Die Kesseldruckimprägnierung mit gelösten C-K-F-Salzen (Chrom-Kupfer-Fluor) schützt die Hölzer wirksam gegen

Pilzbefall: an 17 bzw. 24 Jahre alten Pilotenwänden und Holzsperrern wurden noch intakte bis aussen leicht ange-morschte Rundhölzer vorgefunden. Die Ergebnisse der Resistographen-Untersuchungen sind in meinem Buch «Pflanzen statt Beton» auf Seite 217 dargestellt. Ein langsam gewachsenes Lärchenholz mit dünnen Jahresringen und einem dünnen Splint (maximal 2 cm stark) hält nach wie vor 15–25 Jahre je nach Standortbedingungen und Pflanzen-wachstum. Eine geringe Lebensdauer

weist hingegen die Schwarzföhre (Pinus nigra) auf: nach 11 Jahren waren die Rundhölzer einer Schaukrienerwand im eigenen Versuchsgarten in Wien-Essling bereits gänzlich vermorscht (Diplomarbeit von Maria Theresia GRUBER, 2011, bzw. Buch «Pflanzen statt Beton» Seite 183). Fichte und Tanne sind ebenso wenig für Erdbauarbeiten geeignet. Die dauerhaftesten Laubhölzer sind Robinie, Eiche und Edelkastanie, wobei die Robinie am leichtesten und im Verhältnis zur Eiche preisgünstig zu bekommen ist.

Neben der Auswahl der Rundhölzer können die Standortbedingungen deren Dauerhaftigkeit erhöhen: anaerobe Verhältnisse wie überflossene oder feucht gehaltene Rundhölzer (frisch geschnitten und eingebaut, Beschattung durch Pflanzen, Nord-Exposition u.a.m.) bieten den holzabbauenden Pilzen schlechte Lebensbedingungen. Die besten Wachstumsverhältnisse für holzerstörende Basidiomyceten stellen Wassergehalte von 15–25 % im Holz dar (siehe Dissertation von Konrad Philipp NOETZLI, 2002). Der dritte lebensverlängernde Faktor für Rundhölzer liegt in wichtigen Details der Holzkonstruktion. Die Holzverbindung am Stoss sorgt für weniger Wechsel-feuchtigkeit, wirkt fester und ist schneller zu bauen als die Überblattung, die zeit-



Abb. 1: Ein langsam gewachsenes Lärchen-Rundholz mit engen Jahresringen und dünnem Splint hält im Erdbau 15–25 Jahre lang. Die Qualität eines Lärchenholzes bedingt neben einer fachgerechten Bauweise entscheidend dessen Lebensdauer.

Fig. 1: Un rondin de mélèze à croissance lente avec des cernes annuelles étroites et minces s'arrête dans les travaux de terrassement durant 15 à 25 ans. La qualité du bois du mélèze conditionne sa durée de vie de manière décisive lorsque celui-ci est placé à côté d'un ouvrage spécialisé.



Abb. 2: C-K-F-imprägnierte Rotkiefernholz (Pinus sylvestris) halten im Erdbau noch länger als gute Lärchenhölzer.

Fig. 2: Le bois du pin sylvestre (Pinus sylvestris) imprégnés C-K-F tient encore plus longtemps dans la zone de terrassement que des bons mélèzes.



Abb. 3: Das Schwarzkiefernholz (*Pinus nigra*) ist für ingenieurbio­logische Massnahmen nicht geeignet: eine Schau­rainerwand im Versuchsgarten Wien Essling war nach 11 Jahren fast gänzlich vermorscht.
 Fig. 3: Le bois du pin noir (*Pinus nigra*) n'est pas approprié pour des mesures de génie biologique: un caisson en bois de démonstration dans le jardin d'essai de Vienne Essling était totalement vermoulu après 11 ans.



Abb. 4: Die Holzverbindung am Stoss sorgt für eine geringere Wechsel­feuchtigkeit durch das gute Abrinnen des Wassers, ist schneller zu bauen und dauerhafter.
 Fig. 4: L'assemblage serré des bois garantit une moindre variation de l'humidité due au ruissellement des eaux, est plus rapide à construire et présente une meilleure durabilité.



Abb. 5: Die Überblattung zeigt zwar gute handwerkliche Fähigkeiten, durch die hohe Wechsel­feuchtigkeit fault diese Stelle viel schneller.
 Fig. 5: L'assemblage à recouvrement montre certes de bonnes capacités artisanales, mais pourrait beaucoup plus vite en raison des fortes variations de l'humidité.



Abb. 6: Das Einschneiden der Rundhölzer bei der Überblattung verursacht eine Schwächung der Holzfestigkeit. Bei starkem vertikalem Erddruck bricht der eingeschnittene Teil.
 Fig. 6: L'entaille des rondins au niveau de l'assemblage affaiblit la résistance du bois. En cas de fortes poussées verticales du terrain la partie incisée rompt.

lich aufwändiger ist, das einrieselnde Wasser staut und durch das Einschneiden die Holzstruktur schwächt (Einrisse durch starken vertikalen Erddruck). Nägel erhöhen den Eisengehalt im Holz und fördern das Pilzwachstum (NOETZLI, 2002), daher sollen Nagelstellen reduziert und verzinkte Nägel mit Köpfen verwendet werden (ein Nagelkopf verhindert das Einrieseln von Wasser entlang des Nagels). Beschädigte Rundhölzer werden schneller von Pilzen befallen als unbeschä-

digte: zu empfehlen sind daher ein Vorbohren der Nagellöcher, die Verwendung von zugespitzten und verzinkten Nägeln und die Vermeidung von Einschnitten in das Rundholz und damit Verletzungen des schützenden Splintholzringes. Die Verwendung von genügend langen Nägeln, von Holzkeilen bei Unebenheiten und ein schräges bzw. glattes Nachschneiden der Aussenkanten der Querhölzer als Schutz gegen Beschädi-

gungen durch Steinschlag stellen wirksame lebensverlängernde Massnahmen von Rundhölzern dar. Als vierter Faktor zur Erhöhung der Dauerhaftigkeit von Rundhölzern gilt die Verwendung von starken Holzdurchmessern. Obwohl aus statischen Gründen bezüglich Druck- und Zugfestigkeit Durchmesser von 12–15 cm ausreichen, sollen 18–25 cm starke Rundhölzer verwendet werden, damit die notwendige Holzstärke bei beginnender Fäulnis von aussen noch lange gewährleistet wird (NOETZLI, 2002).



Abb. 7: Rostende Nägel lassen Eisenionen in das angrenzende Holz diffundieren, wodurch das Wachstum fäulnisregender Pilze gefördert wird. Verzinkte Nägel mit Köpfen verhindern das Rosten und Eindringen von Wasser entlang der Nägel.

Fig. 7: Les clous rouillés laissent diffuser des ions de fer dans le bois avoisinant ce qui favorisera la croissance de champignons putréfactifs. Des clous zingués à tête empêchent la rouille et l'intrusion d'eau le long du clou.

2. Sicherung der Runer-Mure, Matsch im Vinschgau

Nach starken Niederschlagsereignissen im Mai 1987 ist über den Runerhöfen in Matsch im Vinschgau (Südtirol) ein ca. 0,5 Hektar grosser Hang abgerutscht. Nach dem Abräumen des ab-



Abb. 8: Sicherung der Runer-Mure bei Matsch mit einer Blocksteinmauer am Fuss und vier bepflanzten Holzkrainerwänden. Im Bau ist (von oben gesehen) die 3. Holzkrainerwand, Frühjahr 1987.
Fig. 8: Protection contre les coulées de boue de la Run au niveau de Matsch avec un mur en blocs et quatre caissons implantés. Le troisième caisson est ici en construction (vue du dessus), printemps 1987.

gebrochenen Bodenmaterials und der mitgerissenen Fichten und wenigen Lärchen wurde der Zufahrtsweg freigelegt und eine Blocksteinmauer zur Fussicherung des erodierten Hanges errichtet. Anschliessend sind im Abbruchbereich vier bepflanzte Holzkrainerwände errichtet worden. Zwei Bauwerke wurden mit 40 m Länge, eines mit 30 m und eines mit 25 m Länge gebaut, jeweils 2 m hoch und 2 m tief. Die Begrünung der offenen Zwischenbereiche erfolgte mit der Bitumenstrohdecksaat. Für das Fernhalten von Weidetieren wurde ein 1 m hoher Weidezaun aufgestellt.

Nach gutem Wachstum der Gräser-Kräuter-Ansaat und der eingelegten Laubgehölze in den Holzkrainerwänden (Esche, Bergahorn, Eberesche) ist die gesamte ehemalige Abbruchfläche mit Grünerlen und Ebereschen bepflanzt worden. Die Meereshöhe von 1600 bis 1700 m schränkte die Verwendung von anderen Laubgehölzen stark ein.

Heute nach 27 Jahren präsentiert sich der Hang als gut angewachsener Laubholzstreifen mitten in einem Fichten-Lärchen-Wald. Die vier bepflanzten Holzkrainerwände sind nur mehr ansatzweise als höher wachsende Querstreifen sichtbar. Bei den verwendeten Lärchen-Rundhölzern ist der Splint bereits vermorscht. Das langsam gewachsene Kernholz hingegen ist zum

Grossteil noch völlig intakt. Die Lärchen wurden in der nächsten Umgebung geschlägert, wodurch die hohe Dauerhaftigkeit gegeben ist.

3. Sicherung der talseitigen Böschung des Zufahrtsweges zum Pfannhorn bei Toblach

Der Abbruch des LKW-befahrenen Zufahrtsweges durch ein Starkniederschlagsereignis machte im Frühjahr 1984 die sofortige Sicherung der talseitigen Böschung notwendig. Dazu wurde nach dem grosszügigen Aushub eine 10 m lange, 6 m hohe und 4–6 m tiefe Holzkrainerwand gebaut. Die Tiefe der Wand reicht bis zur Wegmitte, damit die Verkehrslast direkt auf die Holzkonstruktion übertragen wird und somit eine erhöhte Kipp- und Gleitsicherheit gegeben ist. Die Bepflanzung erfolgte mit Grauerlen, wenigen Eschen und Bergahornen. Nach drei Jahren hat die Grauerle allerdings die beiden anderen Laubgehölze überwuchert. Inzwischen sind Hollunder, Esche und Birke nachgewachsen, die Pionierpflanze Grauerle ist nur mehr sporadisch zu sehen. Die Lärchen-Rundhölzer der Krainerwand sind aussen bereits angemorscht – sowohl das Splint- als auch das Kernholz. Am Zufahrtsweg wurden bisher keine Setzungen beobachtet, daher ist anzunehmen, dass die eingeschütteten Lärchenhölzer unter anaeroben Verhältnissen noch intakt sind.

4. Sicherung des Zufahrtsweges zu den Widmayrhöfen über Jenesien

Ein notdürftig mit Drahtsteinkörben am Fuss gesicherter Rutschhang des LKW-befahrenen Zufahrtsweges im Gemeindegebiet von Jenesien über Bozen drückte die Drahtsteinkörbe immer stärker nach vorne, so dass diese umzukippen drohten. Aus diesem Grund wurden die Gabionen im Frühjahr 1991 abgebaut und ein grosses Fundament für eine 2 m tiefe, 2,5 m hohe und 15 m lange bepflanzte Holzkrainerwand ausgehoben. Die Steine der abgebauten Drahtsteinkörbe sind für eine bergseitige Ringdrainage verwendet worden, ebenso für die entlang der untersten Krainerwand verlaufenden Drainage. Im Abstand von



Abb. 9: Eine fertig gestellte Holzkrainerwand mit der Einlage von bewurzelten Laubgehölzen und dem kritischen Blick von Christian Göldi, Frühjahr 1987.

Fig. 9: Un caisson en bois terminé avec insertion de feuillus enracinés et le regard critique de Christian Göldi, printemps 1987.



Abb. 10: Die gesicherte Runer-Mure nach 4 Jahren, Sommer 1991.

Fig. 10: Le Runer-Mure sécurisé quatre ans après, été 1991.



Abb. 11: Die Runer-Mure nach der Bepflanzung mit Grünerlen und Ebereschen, 7 Jahre nach den Sicherungsarbeiten, Sommer 1994.

Fig. 11: Le Runer-Mure après l'implantation d'aulnes verts et de sorbiers, 7 ans après les travaux de stabilisation, été 1994.



Abb. 12: Die Runer-Mure nach 24 Jahren, Sommer 2011.

Fig. 12: Le Runer-Mure 24 ans après, été 2011.

jeweils 10 m sind darüber zwei weitere bepflanzen Holzkrainerwände aus Lärchen-Rundhölzern errichtet worden. Zur Erhöhung der Gleit- und Kippsicherheit wurden zugespitzte Eisenbahnschienen vor den hinteren Längsrundhölzern mit einem hydraulischen Schlaghammer eingeschlagen. Diese zusätzliche Stabilisierung erfolgte auch an den vorher besprochenen Standorten sowie generell bei allen von mir geplanten Holzkrainerwänden.

Nach der Bepflanzung der Zwischenfelder mit bewurzelten Laubgehölzen wurden die offenen Bodenflächen mit

Hydrosaat begrünt. Die Auswahl der Gehölze war dieselbe wie bei der Einlage in die Holzkrainerwand: Grauerle, Esche, Bergahorn, Salweide, Traubenkirsche. Die Lavendelweide wurde als Steckholz in die Krainerwand eingelegt. Die Lärchen-Rundhölzer zeigen nach 20 Jahren unterschiedliche Dauerhaftigkeit: das Splintholz ist zum Grossteil vermorscht, der Kern teilweise noch intakt, teilweise bereits angemorscht (siehe Fotos).

Die Hangstabilität ist dadurch nicht gefährdet, weil die Gehölze stark gewachsen sind und mit der Dübel- und An-

kerwirkung ihrer Wurzeln die ehemals gleitenden Bodenschichten von 1,5–2 m Tiefe wirksam befestigen. Zudem wird durch die Transpiration der Boden entfeuchtet. Von oben eindringendes Hangwasser wird durch die Ringdrainagen abgeleitet. Risse im gesicherten Hangabschnitt waren nicht zu sehen.

5. Schlussfolgerung

Für eine langanhaltende Dauerhaftigkeit von Rundhölzern in Holzkrainerwänden und die Schaffung bestmöglicher Wachstumsbedingungen von Pflanzen, die Zeit haben, sich zu entwickeln, sind



Abb. 13: Die Runer-Mure nach 27 Jahren, Sommer 2014.
 Fig. 13: Le Runer-Mure 27 ans après, été 2014



Abb. 14: Sicherung des abgebrochenen LKW-befahrenen Zufahrtsweges zum Pfannhorn/Toblach durch eine hohe und in das Wegeplanum hineinreichende Holzkrainerwand, Frühjahr 1984.
 Fig. 14: Protection du chemin d'accès endommagé par les camions dans la région de Pfannhorn/Toblach par l'installation d'un grand caisson en bois et par l'insertion de ce tronçon dans le plan directeur de circulation, printemps 1984.



Abb. 15: Die bepflanzen Holzkrainerwand nach 3 Jahren, Sommer 1987.
 Fig. 15: Le caisson en bois implanté 3 ans après, été 1987.

für beide Baustoffe – Holz und Pflanze – folgende Voraussetzungen erforderlich:

- die beste Qualität und beste Auswahl
- eine fachgerechte Konstruktion und ein pflanzengerechter Einbau

6. Literaturverzeichnis

ASTLEITNER D., 2008: Untersuchung von Pilotenwänden in Südtirol. Diplomarbeit an der Universität für Bodenkultur Wien.
 BOSSHARDT H. H., 1984: Holzkunde – Aspekte der Holzbearbeitung und Holz-

verwertung. Band 3, Birkhäuser Verlag, Basel – Boston – Stuttgart, 296 Seiten.
 FINDLAY W. P. K., 1962: The Preservation of Timber. Adam & Charles Black, London, 162 Seiten.
 FLORINETH F., 2012: Pflanzen statt Beton – Sichern und Gestalten mit Pflanzen. 2. Auflage, Patzer Verlag Berlin/Hannover.
 GRUBER M.-Th., 2010: Untersuchung des Holzzustandes einer Schau-Krainerwand aus Schwarzföhrenholz im Versuchsgarten Wien/Essling. Diplomarbeit an der Universität für Bodenkultur Wien.
 LEITNER Ch., 2011: Untersuchung von Holzsperrern zur Grabensicherung im Vinschgau/Südtirol. Diplomarbeit an der Universität für Bodenkultur Wien.
 NOETZLI K. P., 2002: Ursachen und Dynamik von Fäulen an Holzkonstruktionen im Wildbachverbau. Dissertation an der ETH Zürich.
 URBAJS D., 2010: Untersuchung des Holzzustandes am 5-jährigen Lärmschutzwall im Irenental/Purkersdorf. Diplomarbeit an der Universität für Bodenkultur Wien.

Kontaktadresse

Prof. Florin Florineth
 Universität für Bodenkultur Wien
 Institut für Ingenieurbiologie und Landschaftsbau
 Peter-Jordan-Strasse 82
 A-1190 Wien
 www.baunat.boku.ac.at/iblb
 E-Mail: florin.florineth@boku.ac.at



Abb. 16: Die bepflanzte Holzkrainerwand am Zufahrtsweg zum Pfannhorn/Toblach nach 27 Jahren, Sommer 2011.

Fig. 16: Le caisson en bois implanté le long du chemin d'accès au Pfannhorn/Toblach 27 ans après, été 2011



Abb. 17: Rutschhang und Zufahrtsweg zu den Widmayrhöfen über Jenesien, im Bild die kippenden Drahtsteinkörbe am Fuss des Abbruches, Frühjahr 1991.

Fig. 17: Pente instable et chemin d'accès au Widmayrhöfen au-dessus de Jenesien; sur l'image les gabions métalliques au pied de la zone de rupture, printemps 1991.



Abb. 18: Abbau der Drahtsteinkörbe und Sicherung des Rutschhanges mit drei bepflanzten Holzkrainerwänden aus Lärchenholz. Die 2. Holzkrainerwand (im Bau), gesichert mit Eisenpiloten, Frühjahr 1991.

Fig. 18: Démantèlement des gabions en pierre et stabilisation du glissement avec l'implantation de trois caissons en mélèze. Le 2ème caisson (en construction) est bloqué par des pieux de fer, printemps 1991.



Abb. 19: Unmittelbar nach der Fertigstellung der drei Holzkrainerwände und der Bepflanzung der Zwischenfelder zeigen sich Risse in den oberflächennahen Bodenschichten, die sofort geschlossen wurden, Frühjahr 1991.

Fig. 19: Peu après l'installation des trois parois en bois et le boisement des parties entre les parois, les fissures sur les couches de sol proche de la surface se referment, printemps 1991.



Abb. 20: Der gesicherte und stabile Hangabschnitt nach 20 Jahren, Sommer 2011.

Fig. 20: La partie sécurisée et stabilisée du glissement 20 ans après, été 2011.



Abb. 21: Die soeben fertig gestellte bepflanzte Holzkrainerwand zur Fussicherung des Rutschhanges, von der Seite gesehen mit der bergseitigen Wegdrainage, Frühjahr 1991.

Fig. 21: La même paroi fraîchement terminée et implantée pour la stabilisation du glissement en pied de berge, vue depuis le côté du drainage routier en amont, printemps 1991.



Abb. 22: Die Holzkrainerwand nach einem Jahr, Frühjahr 1992.
Fig. 22: La paroi en bois après une année, printemps 1992.



Abb. 23: Die Holzkrainerwand nach 20 Jahren, Sommer 2011.
Fig. 23: La paroi en bois après 20 ans, été 2011.



Abb. 24: Nahezu intakte Lärchenhölzer an der untersten Krainerwand des Zufahrtsweges zu den Widmayrhöfen, nach 20 Jahren, Sommer 2011.
Fig. 24: Bois de mélèze presque intact sous le caisson protégeant le chemin d'accès pour Widmayrhöfen, 20 ans après son installation, été 2011.



Abb. 25: Teilweise vermorschter Splint (unten) und bereits beginnende Fäulnis des Kernholzes (oben), was auf eine unterschiedliche Qualität der Lärchen-Rundhölzer schliessen lässt, Sommer 2011.
Fig. 25: Aubier partiellement vermoulu (dessous) et début du pourrissement du noyau (dessus), permettant de conclure sur la différente qualité des rondins en mélèze, été 2011.



HOWOLIS

Lindner
SUISSE

Erosions-Schutzvlies

aus Schweizer Holz.
Der natürliche Schutz gegen Wind- und Wassererosion.
Bei der Planung nicht vergessen!

produziert von: Lindner Suisse GmbH | Bleikenstrasse 98 | CH-9630 Wattwil
Phone +41 (0) 71 987 61 51 | Fax +41 (0) 71 987 61 59 | holzwolle@lindner.ch | www.lindner.ch

Ingenieurbiologische Hangsicherungsmaßnahmen in Südtirol: planen, bauen, überwachen

Willigis Gallmetzer

Zusammenfassung

Die Anwendung von ingenieurbiologischen Massnahmen zur Hangsicherung hat in Südtirol eine lange Tradition. Der Sonderbetrieb für Bodenschutz, Wildbach- und Lawinenverbauung der Autonomen Provinz Bozen führt jährlich in Eigenregie Massnahmen zur Hangsicherung durch. In den vergangenen Jahren haben der Umfang an ingenieurbiologischen Arbeiten und die Vielfalt an realisierten Bautypologien abgenommen. Dennoch sind ingenieurbiologische Massnahmen wertvolle Ergänzungen zu technischen Massnahmen im Schutzwasserbau und Erosionsschutz der Wildbach- und Lawinenverbauung, die nachweislich ihre Wirksamkeit zur Bodenfestigung erfüllen.

Keywords

Ingenieurbiologische Hangverbauungen, Schutzbautenkataster, Instandhaltung

Mesures de génie biologique pour stabiliser les talus dans le Tyrol du Sud: conception, construction, surveillance

Résumé

L'utilisation des mesures de génie biologique pour stabiliser les versants a une longue tradition dans le Tyrol du Sud. Le département spécial de la protection du sol, de la correction des torrents et des ouvrages contre les avalanches de la province autonome de Bolzano a réalisé au fil des années des mesures uniques pour stabiliser les versants. Au cours des dernières années, on a diminué l'étendue et la diversité de la typologie des ouvrages réalisés au profit des travaux de génie biologique. Pourtant les mesures de génie biologique sont des précieux compléments aux mesures techniques des ouvrages hydrauliques de protection et protec-

tion contre l'érosion des aménagements de torrents et de protection contre les avalanches ayant déjà démontré leur efficacité pour fixer et stabiliser les sols.

Mots-clés

Ouvrage de génie biologique pour la stabilisation de glissement, cadastres des ouvrages de protection, maintenance

Stabilizzazione di pendii con misure d'ingegneria naturalistica in Alto Adige / Südtirol: pianificare, costruire, monitorare

Riassunto

L'utilizzo di tecniche d'ingegneria naturalistica per la stabilizzazione dei versanti ha in Alto Adige una lunga tradizione. L'Azienda Speciale per regolazione dei corsi d'acqua e la difesa del suolo della provincia autonoma di Bolzano, realizza ogni anno in economia diretta interventi finalizzati alla stabilizzazione di versanti.

Negli anni passati si è assistito a una diminuzione sia per quanto riguarda il numero complessivo d'interventi d'ingegneria naturalistica realizzati, sia per quanto riguarda la varietà di tipologie costruttive adottate.

Ciononostante le sistemazioni con tecniche d'ingegneria naturalistica rimangono ancora oggi valide integrazioni in interventi di tipo tecnico di difesa idraulica e di protezione dai fenomeni erosivi, svolgendo una comprovata efficacia nel consolidamento del terreno.

Parole chiave

Stabilizzazione di pendii con misure d'ingegneria naturalistica, Briglie di protezione, Manutenzione di opere

1. Einführung

Ingenieurbiologische Baumassnahmen haben in Südtirol eine lange Tradition. Angefangen mit J. Duile im 18. Jhd. über die Zeit von Florin Florineth, der derzeit an der Universität für Bodenkultur Wien am Institut für Ingenieurbiologie und Landschaftsplanung lehrt, bis herauf in die Gegenwart. Vielfältig waren und sind die Einsatzgebiete: von Uferverbauungen über Hangsicherungen bis hin zu Hochlagenbegrünungen. In Südtirol führt vor allem der Sonderbetrieb für Bodenschutz, Wildbach- und Lawinenverbauung neben dem Bau von technischen Schutzbauwerken gegen Naturgefahren bzw. zur Risikoreduktion auch ingenieurbiologische Massnahmen durch.

Vor rund 20 Jahren lag der Schwerpunkt noch bei Hangsicherungen und Hochlagenbegrünungen. Vor allem die Anwendung letzt genannter hat in den vergangenen Jahren abgenommen. Dafür hat aber das Einsatzgebiet der Bach- und Flussrevitalisierungen stark zugenommen.

Eine weitere Tendenz ist der verstärkte Fokus auf die Risikoreduktion, die meist durch technische Schutzbauten gewährleistet wird und wo ingenieurbiologische Bauweisen als ergänzende und begleitende Massnahmen zum Einsatz kommen.

Nicht das Entweder/Oder, sondern das Sowohl-als-auch von technischen Schutzbauwerken und ingenieurbiologischen Massnahmen ist die Praxis bei der Wildbach- und Lawinenverbauung in Südtirol.

2. Organisation der Wildbachverbauung heute

In der Wildbach- und Lawinenverbauung Südtirols arbeiten zurzeit rund 200 Bauarbeiter und 80 Mitarbeiter in der Verwaltung.

Drei Bautrupps mit insgesamt 19 Bauarbeitern beschäftigen sich beinahe das ganze Jahr über mit der Ausführung von ingenieurbiologischen Massnahmen.

men. Die Arbeiter haben sich im Laufe der Jahre eine profunde Erfahrung für die Bauausführung von ingenieurbio- logischen Massnahmen angeeignet.

Dies erfolgte im gegenseitigen Wechselspiel von Beratung und Führung von Seiten der Führungskräfte und eigenem handwerklichem und schöpferischem Können im Umgang mit Pflanzen als Baumaterial und in Verbindung mit anderen Materialien, die bei ingenieurbio- logischen Baumassnahmen Anwendung finden.

Um Zweigleisigkeiten und Koordinationsprobleme zu vermeiden, wurde 1999 der ursprünglich separate ingenieurbio- logische Dienst in die Gebiets- bauleitungen der Wildbach- und Lawinerverbauung integriert, welche bis dahin ausschliesslich technische Schutz- bauten erstellt hatten.

Von drei logistischen Stützpunkten aus werden alle Bautrupps mit Maschinen und Geräten versorgt. Dort wird auch die Instandhaltung und Reparatur des gesamten Maschinen- und Fuhrparks durchgeführt.

Neben den drei ingenieurbio- logischen Bautrupps auf den Baustellen gibt es auch eine Arbeitergruppe im betriebs- eigenen Pflanzgarten in Prad im Vinsch- gau, bei der übrigens überwiegend Frauen beschäftigt sind. Der Pflanzgar- ten produziert sämtliche autochthone Laubgehölze, welche auf den Baustellen verwendet werden, so dass keine Pflan- zen mit unter Umständen unbekannter Herkunft zugekauft werden müssen. Nadelhölzer und spezielle Laubhölzer, welche nicht selbst produziert werden, werden kostenlos von der Forstbehörde bezogen.

Bei der Wildbach- und Lawinerver- bauung in Südtirol erfolgt der gesamte Prozess von der Planung bis zur Bau- ausführung der ingenieurbio- logischen Massnahmen durch interne Mitarbeiter, wobei in der Verwaltung ausschliesslich Angestellte mit Beamtenstatus und auf den Baustellen überwiegend Bauarbei- ter mit einem privatrechtlichen Vertrag tätig sind. Seit 2007 wurde als erster Schritt im Planungsprozess verpflichtend der sogenannte Grundsatzentscheid eingeführt. Das heisst, dass vor Beginn des eigentlichen Planungsprozesses

eine je nach Komplexität des Problems mehr oder weniger intensive Analyse verschiedener Aspekte (System- bzw. Einzugsgebietsbeschreibung, Problem- stellung, Gefährdung, Schadenspoten- tial, Variantenstudium für Lösungsvor- schläge, Kosten, Nutzen) durchgeführt werden muss. Dieses Dokument wird dem Abteilungsleiter vorgelegt, welcher über die Umsetzung der vorgeschlage- nen Massnahmen entscheidet.

Durch die enge Zusammenarbeit inner- halb des Betriebes konnten ein hohes Know-how und eine eingespielte Zusam- menarbeit zwischen Planern und Ausführ- enden entstehen. Darauf kann derzeit mit Stolz zurückgegriffen werden.

3. Konzentration auf «wenige» wirksame Bauweisen

«Einhellig wird der Rückgang der Viel- falt an ingenieurbio- logischen Arbeiten bedauert. Dieser steht landesweit je-

doch eine grössere Intensität an den Ufergehölzen gegenüber», stellte bereits Pramstraller 2009 fest. Dieser Trend der Anwendung einiger weniger, dafür aber breit anwendbarer Methoden hat sich in den vergangenen fünf Jahren noch fortgesetzt, wie in Abb. 1 ersichtlich ist. Durchgesetzt haben sich bepflanzte Holzkrainerwände, Hangroste und Buschlagen sowie Bepflanzungen und Saaten, einzeln oder miteinander kom- biniert oder aber auch in Kombination mit technischen Schutzbauwerken.

Die vermehrte Beschränkung auf die Kernkompetenzen der Wildbach- und Lawinerverbauung, d.h. auf das Natur- gefahrenmanagement für Siedlungsbe- reiche und Infrastrukturen, bedingt, dass auch Fragen wie das Verhältnis von Kos- ten und Nutzen und die Risikoreduktion in den Vordergrund gestellt werden.

Nichtsdestotrotz spielt aber bei der Pla- nung auch der Aspekt von Natur und

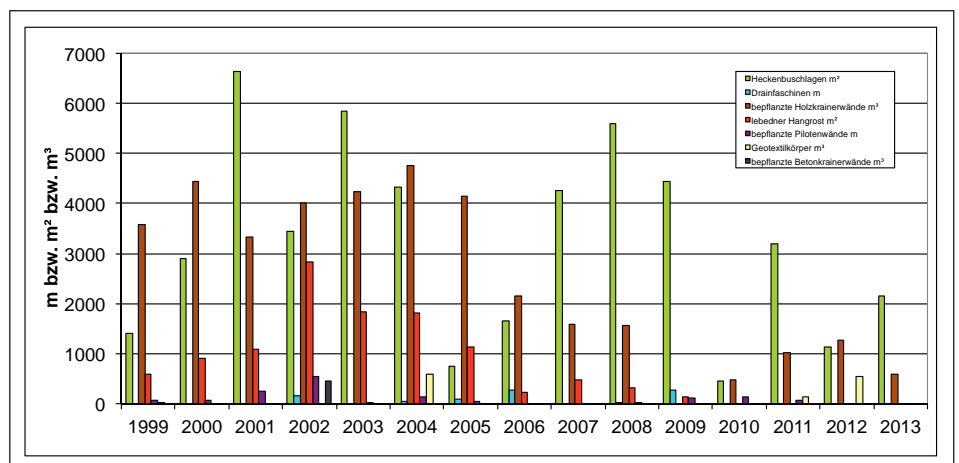


Abb. 1: Einsatz ingenieurbio- logischer Hangsicherungs- massnahmen in den vergan- genen 14 Jahren.
Fig. 1: Utilisation des mesures de génie biologique pour stabiliser les glissements durant les 14 dernières années.

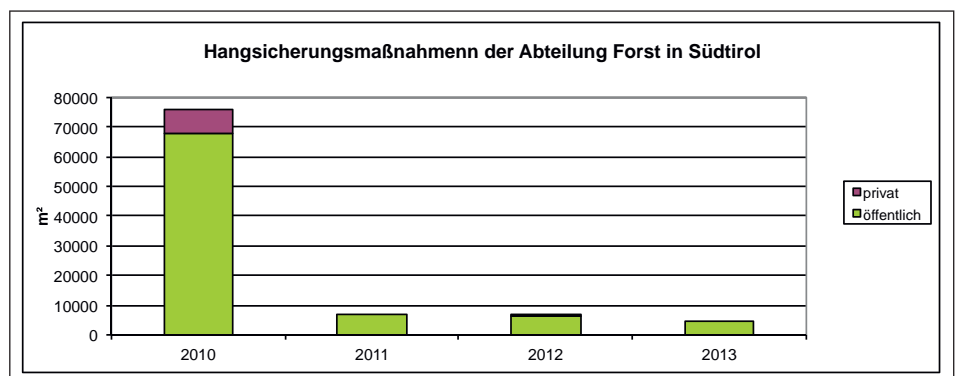


Abb. 2: Hangverbauungen der Forstverwaltung in Südtirol in den vergan- genen 4 Jahren (Quelle: Agrar- und Forstberichte der Autonomen Provinz Bozen-Südtirol 2010, 2011, 2012 und 2013).
Fig. 2: Ouvrages de stabilisation des pentes du Service des forêts dans le Tyrol du Sud durant les 4 dernières années (source: Rapport 2010, 2011, 2012 et 2013 sur la situation agricole et forestière de la Province autonome de Bolzano, Tyrol du Sud).

Landschaft eine immer wichtigere Rolle. Hangverbauungen werden heute vor allem dort durchgeführt, wo der Geschiebeeintrag aus Hängen oder Böschungen in die Fließgewässer zu einer Gefahr werden kann. Gerade der Geschiebe- und Schwemmhölzeintrag aus seitlichen Hängen ist ein Unsicherheitsfaktor, der zu erheblichen Problemen bei Naturereignissen führen kann. Besondere Schwierigkeiten stellt in diesem Zusammenhang auch die Abschätzung und Bewertung dieser Phänomene im Rahmen der Gefahrenzonenplanung dar.

Rund 10% des Budgets der Wildbachverbauung in Südtirol wird jährlich für ingenieurbio-logische Verbauungsmaßnahmen ausgegeben. Daneben führt auch die Südtiroler Forstverwaltung Hangverbauungen durch (Abb. 2). Die umfangreichen Hangsicherungsmassnahmen der Forstverwaltung im Jahr 2010 wurden vor allem im Forstinspektorat Schlanders im Vinschgau durchgeführt, wobei diese in umfangreichen Hangbegrünungen bestehen.

4. Pflanzen als Baustoff

Im betriebseigenen Pflanzgarten werden jährlich rund 60'000 heimische Laubgehölze herangezogen, die dann auf den Baustellen der Wildbach- und Lawinenverbauung eingesetzt werden. Die Pflanzen werden zum Grossteil als Nacktwurzler im Frühjahr verpflanzt oder als Einlagen beim Bau von be-pflanzten Holzkrainerwänden, Hangrosten und im Buschlagenbau verwendet. Ein Teil der herangezogenen Laubgehölze wird im Frühjahr vertopft, sodass sie noch bis in den Herbst hinein



Abb. 3 und 4: Links: Autochthone Laubgehölze werden im Pflanzgarten des Sonderbetriebes für Bodenschutz, Wildbach- und Lawinenverbauung der Autonomen Provinz Bozen-Südtirol herangezogen.

Rechts: Ein Teil der Laubgehölze wird vertopft. Die Topfpflanzen können noch bis in den Herbst hinein für ingenieurbio-logische Baumassnahmen verwendet werden.

Fig. 3 et 4: A gauche: Des feuillus autochtones ont été plantés dans le jardin botanique du service spéciales de la protection du sol, de la correction des torrents et des ouvrages contre les avalanches de la province autonome de Bolzano au Tyrol du Sud.

A droite: Une partie des feuillus ont été mis en pot. Les plantes en pot peuvent encore être utilisées jusqu'en automne pour des mesures de construction de génie biologique.



Abb. 5: Übersicht zu den ingenieurbio-logischen Baumassnahmen im Schutzbautenkataster.

Fig. 5: Aperçu sur les mesures constructives de génie biologique dans le cadastre des ouvrages de protection.

für ingenieurbio-logische Baumassnahmen eingesetzt werden können.

5. Zusammenarbeit mit Universitäten und Forschungseinrichtungen

In den vergangenen Jahren hat der Sonderbetrieb für Bodenschutz, Wildbach- und Lawinenverbauung eine rege Zusammenarbeit mit Universitäten und Forschungseinrichtungen aus dem In- und Ausland gepflegt. Dabei wurden Fragestellungen, die für beide Partner interessant waren, bearbeitet. Zu nennen sind unter anderem Untersuchungen zur Wirksamkeit von Holzkrainerwänden, Holzpilotenwänden, Buschlagen, Weidenspreitlagen oder Hangrosten.

Im Sommer 2003 z.B. wurden in Südtirol an acht mit be-pflanzten Holzkrainer-



Abb. 6: Detailansicht der ingenieurbioologischen Massnahmen als digitalisierte Flächen im Schutzbautenkataster.

Fig. 6: Vue détaillée des mesures de génie biologique digitalisées en surface dans le cadastre des ouvrages de protection.

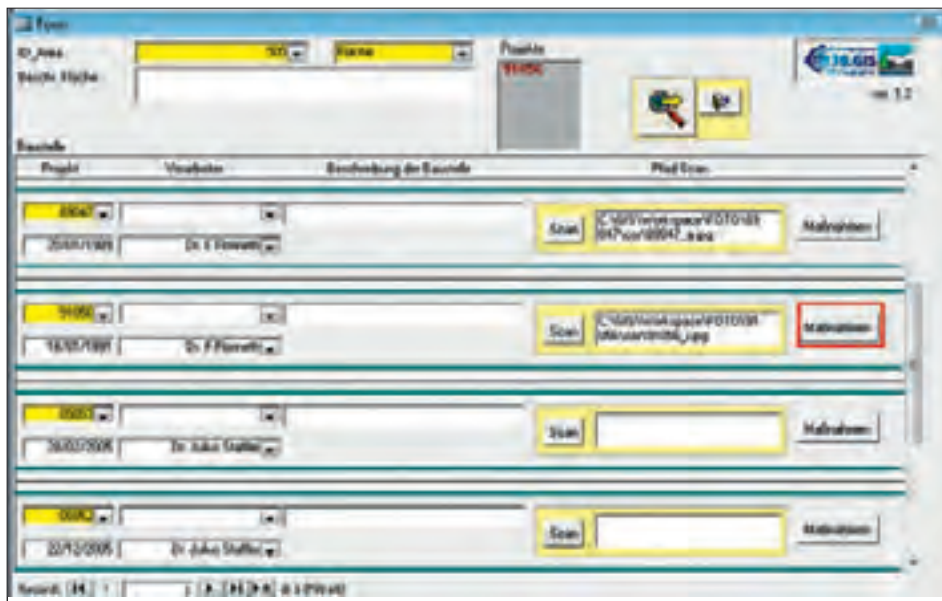


Abb. 7: Datenbankmaske des Schutzbautenkatasters. Bautyp, Masse, technischer Zustand und Zustand der Pflanzen sind in der Datenbank gespeichert.

Fig. 7: Apparence de la base de données du cadastre des ouvrages de protection. Le type d'ouvrage, les dimensions, l'état technique et l'état des plantes sont enregistrés dans la base de données.

wänden gesicherten Hanganbrüchen unterschiedlicher Altersgruppen genaue Erfolgskontrollen durchgeführt. Es wurden die Holzkonstruktionen und der aktuelle Zustand der Vegetation bewertet, an ausgewählten Krainerwänden wurden die Gehölz- und Wurzelstrukturen detailliert untersucht sowie Holzbohrungen mittels Resistograf zur Einschätzung des Holzzustandes durchgeführt (Stangl, 2003). An allen untersuchten

Standorten waren die Krainerwandkästen durchwegs gut konstruiert, wodurch eine dauerhafte Stabilität gewährleistet ist (Stangl & Gallmetzer 2004). Wesentlich sind eine korrekte Bauausführung sowie die Berücksichtigung gelände- oder standortsbedingter Besonderheiten. Ein Ergebnis der Untersuchungen war, dass auf Standorten ähnlicher Problematik punktuelle oder lineare Stützele-

mente, die einen Beitrag zur Inklinations-senkung leisten, unbedingt mit flächen-wirksamen Deckbauweisen kombiniert werden müssen. Nur so kann ein optimaler Oberflächenschutz gewährleistet werden (Stangl & Gallmetzer 2004). Die Ergebnisse der Studien enthalten neben wissenschaftlichen Erkenntnissen zu Stabilität, Bodendurchwurzelung, Holzzustand und Zersetzungsgrad auch wichtige Hinweise für die Praxis bezüglich Pflege und Instandhaltung der ingenieurbioologischen Bauwerke. Diese Hinweise sind besonders wichtig, denn ingenieurbioologische Bauwerke und damit auch die ingenieurbio-logischen Hangverbaungen erreichen den höchsten Wirkungsgrad an Stabilisierung oder Schutz bekanntlich erst im Laufe der Zeit. Damit die geforderte Wirkung aber auch erhalten bleibt, benötigen ingenieurbioologische Bauwerke eine regelmässige Pflege und Instandhaltung. Durchzuführen sind vor allem Schnittmassnahmen an den Gehölzen. Dies geht vom Formschnitt über Durchforstungen bis hin zum «Auf-den-Stock-Setzen» der ausschlagfähigen Laubhölzer. Aber auch das Neupflanzen von zusätzlichen Gehölzarten kann notwendig sein. Wichtig ist auch, dass kleinere Schäden an Hangverbaungen, wie etwa neue Erosionsherde, Setzungen oder neue Anbrüche, so rasch wie möglich behoben werden. Eine regelmässige Beobachtung und Bewertung der durchgeführten ingenieurbioologischen Baumassnahmen ist unerlässlich, um die rasche Ausbreitung von Schadstellen zu verhindern und den Instandhaltungsaufwand klein zu halten.

6. Schutzbautenkataster (BAUKAT30)

Um eine Übersicht über die Art, Lokalisierung und den Zustand der in Südtirol errichteten Schutzbauten zu erlangen, wurde vor rund 10 Jahren begonnen, sämtliche Bauwerke in einem Schutzbautenkataster zu erfassen. Insgesamt sind derzeit rund 45'000 Bauwerke in diesem Schutzbautenkataster erfasst, darunter rund 4000 ingenieurbioologische «Bauwerke» an insgesamt 872 Stellen in Südtirol.



Abb. 8 und 9: Die ingenieurbioologischen Massnahmen sind im Schutzbautenkataster mit Bildern dokumentiert.
 Fig. 8 et 9: Les mesures de génie biologique sont documentées dans le cadastre des ouvrages de protection par des images.

BAUKAT30 bezweckt hauptsächlich, auf möglichst nachvollziehbare Weise den Verbauungszustand der verschiedenen Einzugsgebiete zu erfassen. Um das zu erreichen, ist eine konstante Aktualisierung des Archivs nötig, da laufend neue Bauwerke errichtet oder bestehende infolge von Naturereignissen zerstört bzw. beschädigt werden. Die alphanumerischen und geographischen Daten werden in einer GIS-Software archiviert und bearbeitet. Die Fotos der Bauwerke werden in einer Foto-Datenbank gespeichert und sind mit der GIS-Software BAUKAT30 verknüpft (Macconi et. al. 2009).

Im Folgenden werden beispielhaft und steckbriefartig einige Beispiele von ingenieurbioologischen Hangverbauungen vorgestellt.

Nr.1

HydroSaat
 St. Ursen
 Tel. 026 322 45 25
 www.hydrofaat.ch

- **Ansaat**
 von Strassen- und Bahnböschungen, Felspartien, Skipisten, Kies- und Schotterhalden und nichthumusierte Flächen
- **Dachbegrünungen**
 mit Xeroflor®-Sedummatte für Dächer, Böschungen, Garten- und Rasenabschlüsse, Verkehrsinseln, Trottoirs
- **Ecotex®-Erosionsschutz**
 mit Geotextilien, natürlich und biologisch abbaubar
- **Ingenieurbioologische Bauweisen**
 Stützkonstruktionen zur Stabilisierung von Uferzonen und Böschungen



Lokalität Anbruch Valtelehof, Gemeinde Mölten, Südtirol
Meereshöhe 1000 m
Exposition West
Neigung Ca. 30°

Problematik Hanganbruch neben Möltnerbach, Geschiebeeintrag
Ziel Hangstabilisierung
Bautypen Bepflanzte Holzkrainerwände aus Lärchenholz (15 m, 45 m, 25 m, 7,5 m, durchschnittliche Höhe 3 m) mit Drainagen bergwärts der Krainerwände und diversen Drainagen im Hang, Ansaaten und Bepflanzung mit Laubgehölzen, längs der Strasse wurde der Hangfuss mit Zyklopenmauerwerk stabilisiert

Bepflanzung Bergahorn, Birke, Eberesche, Gemeine Esche, Grauerle, Rote Heckenkirsche, Schwarzer Holunder, Salweide, Traubenkirsche, Vogelkirsche

Bauzeit April bis Juni 2012

Bemerkungen Kleinere Anbruchstellen im Hang, die stabilisiert werden müssen, bevor sie sich ausdehnen

Vorher



Bauphase 2014



Nach Fertigstellung



7. Literatur

Duile, J. (1826): Über die Verbauung von Wildbächen in Gebirgsländern, vornehmlich in der Provinz Tirol und Vorarlberg, Innsbruck, gedruckt in Raichischen Schriften.

Macconi, P., Mantovani, D., Messina, L., Formaggioni, O. (2009): Datenbanken der Abteilung Wasserschutzbauten. Wildbach- und Lawinenverbau – Südtirol, Zeitschrift für Wildbach-, Lawinen-, Erosions- und Steinschlagschutz. Verein der Diplomingenieure der Wildbach- und Lawinenverbauung Österreichs, 73. Jahrgang, April 2009, Heft Nr. 161. S. 38–48.

Pramstaller, A. (2009): Die Ingenieurbiologie im Wandel der Zeit. Wildbach- und Lawinenverbau – Südtirol, Zeitschrift für Wildbach-, Lawinen-, Erosions- und Steinschlagschutz. Verein der Diplomingenieure der Wildbach- und Lawinenverbauung Österreichs, 73. Jahrgang, April 2009, Heft Nr. 161. S. 38–48.

Stangl, R. (2003): Wirksamkeit von bepflanzten Holzkrainerwänden als ingenieurbiologische Hangsicherungsmassnahmen – Eine Zustandsbewertung, Arbeitsbericht im Auftrag der Autonomen Provinz Bozen-Südtirol.

Stangl, R. (2004): Wirksamkeit von bepflanzten Hangrosten als ingenieurbiologische Hangsicherungsmassnahmen – Eine Zustandsbewertung, Arbeitsbericht im Auftrag der Autonomen Provinz Bozen-Südtirol.

Stangl, R. und Gallmetzer, W. (2004): Zustandsanalyse ingenieurbiologischer Massnahmen an Hängen von Wildbacheinzugsgebieten in Nord- und Südtirol. Ingenieurbiologie, Mitteilungsblatt Nr. 2, September 2004. S. 73–79.

Stangl, R. & Zenz, W. (2005): Wirksamkeit von Heckenbuschlagen als ingenieurbiologische Hangsicherungsmassnahmen – Eine Zustandsbewertung, Arbeitsbericht im Auftrag der Autonomen Provinz Bozen-Südtirol.

Stangl, R. (2006): Pflege- und Sanierungsempfehlungen zu den untersuchten Holzkrainerwänden (2003), Hangrosten (2004) und Heckenbuschlagen (2005), Arbeitsbericht im Auftrag der Autonomen Provinz Bozen-Südtirol.

Lokalität Anbruch Verdins, Gemeinde Schenna, Südtirol
Meereshöhe 900 m
Exposition West
Neigung Ca. 30°

Problematik Hanganbruch liefert Geschiebe in Vorfluter, Gefährdung einer Forststrasse, die auch ein viel begangener Weg ist. In den 1980er-Jahren Anbruch mit ca. 300'000 m³, hervorgerufen durch Intensivniederschläge und vermutlich durch einen Rohrbruch einer Beregnungswasserleitung.

Ziel Reduzierung des Geschiebeeintrages in Vorfluter, Schutz der Forststrasse auch als viel begangener Weg

Bautypen Bepflanzte Holzkrainerwände (3 Reihen mit einer Gesamtlänge von 90 m), Hangrost (300 m²), Heckenbuschlagen (1000 m²), Bepflanzung (1000 m²), Ansaaten nach Aufbringen einer Schicht von langhalmigem Stroh

Bepflanzung Traubenkirsche, Grauerle, Eberesche, Gemeine Esche, Vogelkirsche

Bauzeit 2005

Bemerkungen Starker Wildverbiss an den Pflanzen

Vorher
2005



Bauphase
2005



1 Monat nach
Fertigstellung
2005



Auf die Wurzeln
 kommt es an...



Samen und Pflanzen für die Hangsicherung zusammengestellt nach Wurzelprofilen und Erosionsschutzwirkung.
 Objektbesichtigung kostenlos
 Lieferung ganze Schweiz und EU

schutzfilisur
 100 jahre Samen Pflanzen AG

Schutz Filisur, Samen u. Pflanzen AG, CH-7477 Filisur
 Tel. 081 410 40 00, Fax. 081 410 40 77
 samenpflanzen@schutzfilisur.ch

Lokalität	St. Kassian, Gadertal, Südtirol
Meereshöhe	1500 m
Exposition	Nord-Ost
Neigung	30°–35°
Problematik	Mehrere Hanganbrüche durch Ufererosion entlang des Kassianerbaches, Gefährdung einer Forststrasse, die auch als Wander- und Radweg benutzt wird, und auch Gefahr des erhöhten Geschiebeeintrages in den Vorfluter und in der Folge mögliche Verkläusung, mit schwerwiegenden Folgen auf die Ortschaften talwärts
Ziel	Reduzierung des Geschiebeeintrages, Sicherung der Forststrasse als Wander- und Radweg, Ufersicherung
Bautypen	Bepflanzte Holzkrainerwände (610 m ³), Abböschten der Abbruchkanten, Errichtung von Holzsperrern in den Gräben, Hydrosaat (5000 m ²), Bepflanzung mit Laubgehölzen
Bepflanzung	Salweide, Grossblattweide, Grauerle, Eberesche, Traubenkirsche, Vogelkirsche, Wolliger Schneeball, Roter Holunder
Bauzeit	Sommermonate 2001 und 2002, Bepflanzung mit Laubgehölzen in den Folgejahren bis 2012, Instandhaltungsarbeiten 2009
Bemerkungen	Derzeit keine Instandhaltung, regelmässige Kontrollen werden durchgeführt vor allem nach Starkregenereignissen

**Vorher
(2000)**



**Nach Abschluss
der Bauarbeiten
(2001)**



**Nach Instandhaltungs-
arbeiten
(2009)**



Kontaktadresse

Willigis Gallmetzer
Autonome Provinz Bozen
Provincia Autonoma di Bolzano

Abteilung Wasserschutzbauten
Ripartizione Opere idrauliche
Bereich Projektentwicklung
30.0.1 Settore Sviluppo progetti
Tel.: +39 0471 414568
E-Mail:
Willigis.Gallmetzer@provinz.bz.it

Entwicklung und Anwendung von naturbelassener Holzwolle für die Hangsicherung

Imad Lifa

Zusammenfassung

Die interne Stabilität von Hängen und Böschungen ist durch die innere Reibung im normal anstehenden Boden gegeben. Starke Regenfälle wirken deshalb destabilisierend, weil die Poren im Boden mit Wasser gefüllt werden und den Zusammenhalt zwischen den Bodenkörnern verringern. Eine Störung des Kräftegleichgewichts kann zu Hangrutschungen führen. Eine funktionale Vegetation schützt vor Bodenerosion und wirkt auf die Hangstabilität, indem sie den Wasserhaushalt positiv beeinflusst. Hierfür gibt es zahlreiche Baulösungen, die gegen Bodenerosion eingesetzt werden. Eine dieser Baulösungen zielt darauf ab, die Bodenoberfläche zum Beispiel mit Erosionsschuttmatten oder Geotextilien abzudecken, wodurch ein temporärer Schutz geboten wird. Matten oder Vliese aus Holzwolle eignen sich zum Schutz gegen Oberflächenerosion, weil sie das Regenwasser an der Hangoberfläche speichern und das rasche Wachstum von Pflanzen begünstigen. Nach Bildung eines dichten Wurzelwerkes versickert weniger Regenwasser in den Untergrund. Durch den Schutz gegen Erosion mit Holzwolle wird die temporäre Ursache für Entfestigung des Gebirges in Hanglage stark reduziert oder sogar eliminiert. Erosionsschutz mit Holzwolle ist eine mögliche Lösung zum Schutz gegen Erosion, die in Europa und in der Schweiz durch den Boom von Kunststoffen verdrängt worden ist. Deshalb ist das Wissen über die Eignung der verschiedenen einheimischen Hölzer für die Verwendung in Holzwolleprodukten im Bauwesen verloren gegangen. In Zusammenarbeit mit dem Unternehmen Lindner Suisse aus Wattwil möchte das Institut für Bauen im alpinen Raum (IBAR) der HTW Chur das notwendige Grundlagenwissen für den Erosionsschutz mit Holzwolle in der Schweiz und Europa wiederherstellen.

In den letzten zwei Jahren wurden einige Projekte mit dem Einsatz von Holzwolle-matten umgesetzt. Das erste Pilotprojekt befindet sich in Wattwil und wurde von der Abteilung für Melioration des Kantons St. Gallen unterstützt. Die Versuchsfläche hat gezeigt, dass Holzwolle eine stabilisierende und keimbegünstigende Wirkung auf mineralische und schwach organische Bodenoberflächen hat. Damit bietet sie ein grosses Potenzial bei der Begrünung und Sicherung von steilen Flächen im Bereich der kritischen Neigung.

Unmittelbar lässt sich sagen, dass sich durch den Einsatz von bestimmten Holzarten ein neuer Verwendungszweck für einheimisches Laubholz ergibt, welches sich sonst teilweise nur schwer absetzen liesse. Für den praktischen Alltagseinsatz sind vor allem noch Fragen bezüglich des Einbaus zu klären. Es darf aber angenommen werden, dass sich hier keine wesentlichen Unterschiede zur Verwendung anderer Materialien nach dem gleichen Konzept ergeben (Jutenetze, Kokosmatten).

Die Versuche im Baulabor zeigen realistische Werte, die mit ähnlichem Material aus den USA vergleichbar sind. Der Feldversuch zeigt, dass eine Hangbegrünung mit einheimischen Hölzern erfolgreich sein kann. Allerdings sind die diversen und möglichen Einflussparameter nicht erfasst worden. Diese müssen in einem Folgeprojekt genauer untersucht werden. Darüber hinaus ist die Befestigung der Vliese zu ermitteln.

Keywords

Erosionsschutz, Oberflächenerosion, Rutschungen, Hangstabilisation, Geotextil, Erosionsschuttmatten, Holzwollevlies, Melioration, Drainage

Développement et utilisation de la laine de bois naturelle pour la stabilisation de pente

Résumé

La stabilité interne des pentes et des talus est déterminée par la friction interne du sol. Les fortes précipitations destabilisent les versants en remplissant les pores du sol avec de l'eau ce qui réduit la cohésion entre les grains du sol. Une perturbation de l'équilibre des forces est la conséquence qui peut amener à un glissement de terrain. Une végétation fonctionnelle protège de l'érosion du sol et agit sur la stabilité de la pente en régulant de manière positive les stocks d'eau dans le sol. Il y a de nombreux produits et solutions constructives qui sont employés contre l'érosion du sol. Les nattes de protection contre l'érosion en laine de bois stockent l'eau de pluie à la surface du talus et favorisent la croissance rapide des plantes. Une fois qu'un réseau dense de racine est formé, il y a moins d'eau de pluie qui s'infiltré dans le sous-sol. Les mesures de protection contre l'érosion en laine de bois permettent de réduire temporairement voire même d'éliminer les causes de destabilisation du versant.

La laine de bois est une des solutions possibles pour protéger contre l'érosion. Ce matériau a été évincé en Europe et en Suisse lors du boom des matières plastiques. C'est ainsi qu'on a perdu les connaissances sur les aptitudes des différentes essences indigènes pour l'utilisation des produits issus de la laine de bois dans la construction. L'institut pour les constructions dans l'espace alpin (Institut für Bauen im alpinen Raum, IBAR) de la haute école technique et d'économie (Hochschule für Technik und Wirtschaft, HTW) de Coire en collaboration avec l'entreprise suisse Lindner de Wattwil aimerait restaurer les connaissances fondamentales nécessaires pour la protection contre l'érosion avec

la laine de bois en Europe et en Suisse. Au cours des deux dernières années, il y a eu quelques projets utilisant des nattes de laine de bois. Le premier projet pilote se trouve à Wattwil et a été soutenu par le service de remaniement parcellaire de Saint-Gall. Les surfaces d'essais ont démontré que la laine de bois a un effet qui stabilise le talus et qui favorise la germination à la surface de terrains rocaillieux et faiblement végétalisés. Par conséquent ces matériaux offrent un grand potentiel pour la stabilisation et la végétalisation des terrains abrupts présentant une pente critique. L'utilisation des certaines essences offre une nouvelle perspective d'emploi pour les feuillus autochtones difficile à mettre en place. Pour l'utilisation quotidienne concrète, quelques questions restent à éclaircir quant à leur installation. Mais on peut s'attendre à ce qu'il n'y ait pas de différences significatives dans l'application de la laine de bois avec d'autres matériaux reposant sur le même concept (filet de jute, nattes de coco). Les essais en laboratoire montrent des valeurs réalistes qui sont comparables avec des matériaux similaires utilisés aux USA. Les essais de terrain indiquent que la végétalisation des talus avec du bois indigène peut être couronnée de succès. Cependant les divers paramètres d'influence possibles n'ont pas encore été inclus. Ceux-ci doivent encore être examinés plus précisément dans un projet à suivre.

Mots-clés

Protection contre l'érosion, érosion de surface, glissement de terrains, stabilisation de versant, géotextile, nattes de protection contre l'érosion, géotextile (toison) en laine de bois, remaniement parcellaire, drainage

Sviluppo e uso di fibra di legno naturale per la stabilizzazione di pendii

Riassunto

La stabilità di pendii e scarpate è data dall'attrito interno al suolo. Le forti piogge hanno un'azione destabi-

lizzante poiché i pori del terreno si riempiono d'acqua riducendo così la coesione. Uno squilibrio troppo grande delle forze agenti nel terreno può avere come conseguenza uno scivolamento del pendio. Una vegetazione funzionale protegge dall'erosione e influenza la stabilità del suolo grazie alla sua influenza positiva sul bilancio idrologico. Per contrastare l'erosione si possono adoperare diversi prodotti e soluzioni costruttive.

Stuoie anti-erosione in fibra di legno immagazzinano la pioggia sulla superficie del pendio e favoriscono un rapido sviluppo delle piante. La formazione di dense radici permette in seguito a meno acqua di percolare nel sottosuolo. Grazie alla protezione dall'erosione tramite fibra di legno si riduce o addirittura elimina la causa dell'instabilità temporanea di pendii.

La protezione contro l'erosione con fibra di legno è una possibile soluzione che in Europa e in Svizzera è stata superata dal boom dei materiali sintetici. Per questo motivo il sapere sull'idoneità dei diversi tipi di legname indigeno per la produzione di fibra di legno nell'ingegneria edile è andato perso. L'istituto per le costruzioni nella regione alpina (BAR) della HTW di Coira, in collaborazione con l'azienda Lindner Suisse di Wattwil, vuole ricostruire le conoscenze di base per la protezione contro l'erosione con fibra di legno in Europa e in Svizzera.

Negli ultimi due anni sono stati eseguiti alcuni progetti con l'uso di stuoie anti-erosione. Il primo progetto pilota si trova a Wattwil ed è stato sovvenzionato dall'ufficio «Melioration» del Canton San Gallo. L'area sperimentale ha dimostrato che l'uso della fibra di legno ha un'azione stabilizzante e promuove la germinazione su superfici minerali e poco organiche. Ha quindi un grande potenziale per l'inverdimento e la stabilizzazione di zone ripide con un'inclinazione critica.

I primi risultati mostrano che, per determinati tipi di alberi, esiste un nuovo possibile uso del legno indigeno il quale sarebbe altrimenti in parte difficile da commercializzare. Per l'uso quotidiano rimangono soprattutto da chiarire do-

mande a riguardo della costruzione. Si può però già presumere che non vi siano grandi differenze rispetto all'uso di altri materiali simili come reti in juta o stuoie in cocco.

I test in laboratorio danno valori realistici comparabili a materiali simili prodotti negli Stati Uniti. La prova sul campo mostra che l'inverdimento di pendii con legname indigeno può essere efficace. Tuttavia non sono stati rilevati diversi parametri che possono avere una certa influenza. Questi dovranno in seguito essere esaminati più in dettaglio. Sarà inoltre da determinare il metodo di fissazione delle stuoie.

Parole chiave

Protezione contro l'erosione, Erosione della superficie, Scivolamenti, Stabilizzazione di pendii, Geotessili, Stuoie anti-erosione, Stuoie in fibra di legno, Melioration, Drenaggio

1. Einleitung

Erosionsschutzmatten aus Holzwolle speichern das Regenwasser an der Hangoberfläche und begünstigen das rasche Wachstum von Pflanzen. Nach Bildung eines dichten Wurzelwerkes versickert weniger Regenwasser in den Untergrund. Durch den Schutz gegen Erosion mit Holzwolle wird die temporäre Ursache für die Entfestigung des Gebirges in Hanglage stark reduziert oder sogar eliminiert. Das Institut für Bauen im alpinen Raum (IBAR) der HTW Chur untersucht gemeinsam mit der Herstellerin der Holzwolle, Lindner Suisse, wie und ob der Einsatz von Holzwoollmatten funktioniert.

Hänge, Dämme und Böschungen verfügen über interne Stabilität, die durch die innere Reibung zwischen den Bodenteilchen gegeben ist. Auflasten aus Bauwerken, Schnee und Verkehr können die Stabilität von Hängen gefährden. Auch starke Regenfälle gelten als besondere temporäre Belastungsfälle und wirken destabilisierend. Wassertropfen sammeln sich zu Rinnsalen und bahnen sich einen Weg den Hang herab oder versickern durch die Boden-

schichten ins Grundwasser. Sobald die Poren im Boden mit Wasser gefüllt sind und der Boden gesättigt ist, verringert sich der Zusammenhalt zwischen den Bodenkörnern, und die innere Stabilität des Hanges nimmt rapide ab. Infolgedessen fließt das überschüssige Regenwasser auf der Hangoberfläche und reisst Bodenteilchen mit sich den Hang abwärts. Man spricht von der Bildung einer Hangmure (Rüfe).

2. Das Klima als Risiko

Sind noch weitere tiefere Bodenschichten vom Regenwasser durchweicht worden, werden sie aufgeschwemmt und erfahren einen Auftrieb. Gleichzeitig verringert sich die innere Reibung des Bodens, die durch den Kontakt zwischen den Bodenteilchen gegeben war und im Kraftgleichgewicht stabilisierend wirkte. Mit zunehmendem Porenwasserdruck verliert der Hang seine interne Stabilität. Die Folge ist eine Hangrutschung. Demnach entsteht eine Hangmure aus einer flachgründigen Rutschung, die mit einer grossen Geschwindigkeit von bis zu 35 Stundenkilometern in ein Gerinne abfließt und sich zu einem Murgang entwickelt.

3. Ursachen für Rutschungen

Ursache für das Auftreten von Rutschungen sind wie oben erläutert Störungen des Kräftegleichgewichts zwischen stabilisierenden und destabilisierenden Kräften im Hang. Tektonik, Verwitterung, Auflockerung sowie Erosion, die permanent oder temporär wirken, lösen dieses Ungleichgewicht aus und führen zu einer Entfestigung des Gebirges in Hanglage. Die Vegetation schützt vor Erosion und wirkt auf die Hangstabilität, indem sie den Wasserhaushalt beeinflusst.

Die Oberflächen von Hängen, Dämmen und Böschungen, die im Laufe der Zeit abgetragen werden können, bieten eine Angriffsfläche für Wasser, Regen, Wind und Schneeschmelze. Dieser Prozess wird als Erosion bezeichnet und beginnt schon nach Fertigstellung einer Böschungsanlage. Erst mit der Entstehung eines Wurzelwerkes erfährt die Böschungsoberfläche einen ausreichenden Schutz gegen Erosion.

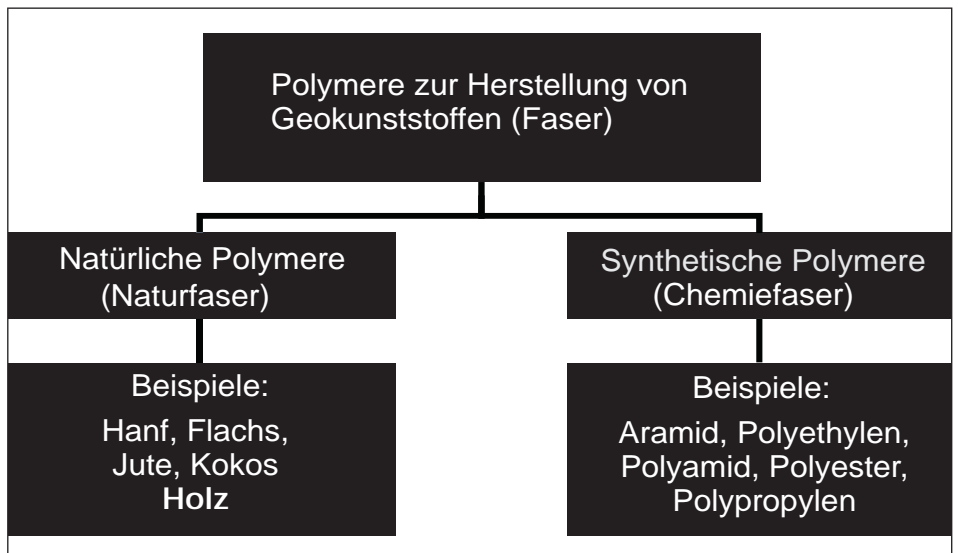


Abb. 1: Polymere zur Herstellung von Geokunststoffen
 Fig. 1: Polymère utilisé pour la fabrication des géoplastiques

Geodrahtwirrlagen und Geonetze aus Naturfasern (Kokos, Jute, Hanf, Sisal und Baumwolle) können einen Schutz gegen Erosion bieten. Naturfaserstoffe verrotten nach rund zwei Jahren. Dies ist ein ausreichender Zeitraum, bis ein Wurzelwerk von Gras und Pflanzen den Erosionsschutz übernimmt.

4. Geokunststoffe gegen Erosion

Geokunststoffe kommen im Tiefbau als Baustoffe zum Einsatz, um verschiedene Funktionen zu erfüllen. In der europäischen Norm DIN EN 10318 bzw. Schweizer Norm SN 670 240 sind die Geokunststoffe und ihre Eigenschaften beschrieben. Zu den bekannten Funktionen zählen heute filtern, dränieren, schützen, bewehren, abdichten, verpacken und Erosionsschutz.

Die Funktionen und Anwendungen der Geokunststoffe werden in mehreren SN-Normen beschrieben. In der Norm SN 670 253a werden die geforderten Eigenschaften für die Anwendung in externen Erosionsschutzanlagen vorgegeben.

5. Holzwohle gegen Erosion

Erosionsschutz mit Holzwohle ist eine bekannte Anwendung, die vor allem in den USA stark verbreitet ist. In Europa dagegen wurde Holzwohle vor Jahrzehnten durch Kunststoffe und Naturfasern abgelöst. Das Wissen über die Eignung der verschiedenen einheimi-

schen Hölzer für die Verwendung in Holzwohleprodukten im Bauwesen ist verloren gegangen. In Zusammenarbeit mit dem Unternehmen Lindner Suisse aus Wattwil möchte das Institut für Bauen im alpinen Raum (IBAR) der HTW Chur das notwendige Grundlagenwissen für den Erosionsschutz mit Holzwohle in der Schweiz und Europa wiederherstellen. Dabei spielen die Besonderheiten des alpinen Raumes eine wichtige Rolle. Die Faktoren Standort, Schneegleiten und -kriechen, Höhenlage, Exposition, Holz- und Pflanzenarten sind Parameter, die den Erosionsschutz beeinflussen können und deshalb untersucht werden müssen. Sowohl das IBAR als auch Lindner verfolgen das Ziel, Holzwohleplatten aus einheimischen Hölzern, abgestimmt auf spezifische Boden- und Geländeeigenschaften, zu entwickeln, an mehreren Standorten einzubauen und wissenschaftlich zu untersuchen.

Das regionale Holz wird in Wattwil zu Platten verarbeitet und als einbaufertiges Produkt zurückgeliefert. Die Forstverwaltungen der Kantone oder beauftragte Bauunternehmen installieren die Platten vor Ort. Regionale Holzarten wie Buche und Fichte sind in mehreren Kantonen beheimatet. Später werden eventuell Hölzer wie Lärche, Kastanie und Robinie verwendet.

In den vergangenen zwei Jahren wurden einige Pilotprojekte mit Holzwohle durchgeführt. Die geschützten Hänge

sind unterschiedlich exponiert und sind zwischen 30 und 70 Grad steil mit einigen Unebenheiten wie Steinen und Wurzelwerken. Mehrere Matten mit unterschiedlichen Konstruktionen wurden bislang verlegt. Die Matten sind mit Netzen aus Polypropylen oder Jute zusammengehalten. Darüber hinaus sind sie unterschiedlich stark in der Konstruktion der Holzwollfasern. Je nach Mattendicke, Fasereigenschaft und Holzart verrotten die Matten sehr unterschiedlich. Auch die Exposition der Böschung und die Eigenschaft des Bodens können die Begrünung verlangsamen oder beschleunigen. Diese Faktoren und ihre Abhängigkeiten werden vom Institut für Bauen im alpinen Raum (IBAR) wissenschaftlich untersucht. Im Baulabor der Hochschule wurden im Mai und Juni 2014 mehrere Versuche durchgeführt, um die Tragfähigkeit und das Wasseraufnahmevermögen der Holzwollmatten festzustellen. Je nach Konstruktion und Holzart können die Matten bis zu 400% ihres Eigengewichts an Wasser aufnehmen. Bei den bisher ausgeführten Projekten wurde ein unterschiedliches, jedoch schnelles Wachstum der Begrünung festgestellt. Der Begrünungsgrad lag nach sechs bis zehn Monaten bei 60 bis 80%.

6. Pilotprojekt in Wattwil

Lindner Suisse hat vom Bundesamt für Umwelt (BAFU) eine finanzielle Unterstützung erhalten, um die Anwendung von naturbelassener Holzwolle im Grundbau und in der Sediment Control zu untersuchen.

Das Ziel war, einheimische Holzwollmatten (vom Hersteller Lindner Holzvolleliese genannt) zu entwickeln, welche den Anforderungsprofilen genügen können. Die Produkte wurden im Feldversuch geprüft. Als Pilotprojekt diente eine Hangfläche, die vom Kanton St. Gallen in Wattwil zur Verfügung gestellt wurde.

7. Holz als Polymer

Das Material Holz ist ein Naturpolymer bzw. ein Werkstoff mit Vor- und Nachteilen. Es hat hygroskopische Eigenschaften, weil es an oder von seiner Umgebung Feuchtigkeit annehmen oder

abgeben kann. Holz ist sowohl inhomogen als auch anisotrop sowie biologisch abbaubar.

Zur Gewinnung von Holzwolle eignen sich in erster Linie weiche Holzarten. Als Nadelhölzer sind Gemeine Fichte, Waldkiefer und Lärche geeignet. Holzwolle lässt sich auch aus Laubhölzern wie zum Beispiel Buche, Esche und Pappel herstellen.

Bereits in den 80er-Jahren hat Frau Dr. Urbanska Krystyna als erste ETH-Professorin überhaupt mit einer grossen, mehrjährigen Studie den sinnvollen Einsatz von Holzwolle im Bündnerland erfolgreich geprüft. Parallel dazu führten auch die Bergbahnen Elm im Glarnerland verschiedene Versuche durch, damals mit importierten Holzwollmatten aus den USA. Nach dem erneuten, positiven Versuch mit Holzwollmatten aus Schweizer Holz fast 30 Jahre später ist es an der Zeit, dass die öffentliche Hand, Forschung und Lehre, Firmen, Bauherren und Private diese brauchbare Alternative zur Kenntnis nehmen und in Projekte einplanen.

8. Die Definition der Holzwolle

Unter Holzwolle werden Fasern aus Holz mit einer Dicke von 0,05 bis 0,5 mm sowie einer Breite von 1 bis 6 mm verstanden. Als Rohmaterial eignen sich vorzugsweise die Nadelhölzer in erster Linie, dann auch die weichen Laubhölzer und die Rotbuche. Zur Herstellung der Holzfasern soll das Holz möglichst ast-

mässigen feinen und bis zu 500 mm langen, elastischen, losen, holzsplitterfreien und quasi staubfreien Holzwollfäden. Diese werden aus entrindeten und bis auf 13% Holzfeuchte luftgetrockneten Baumstämmen der höchsten Qualitätsklassen hergestellt. Eingesetzt wird die Holzwolle als Füll-, Stopf-, Dämm-, Isolations-, Drainage- und Filtermaterial in unzähligen Branchen für anspruchsvolle Problemlösungen und Produkte, aber auch in der Hygiene sowie für die Verpackung empfindlicher Produkte und Lebensmittel.

Qualität: Rundholz, Klasse A und B / keine Restholzanteile.

Form: Rundholz / Winterschlag / entrindet / Durchmesser 16 bis 45 cm / pestizidfrei aus Schweizer Wäldern / Herkunftsdeklaration nach HSH (Holz Schweizer Herkunft), zertifiziert nach FSC (Forest Stewardship Council) und EFC (Programme for the Endorsement of Forest Certification).

Versand: Die Holzwolle wird in luftdicht verschlossenen Säcken oder Behältnissen geliefert.

Holzwollmatten sind Steppverbindungen aus Holzwolle verschiedener Holzarten und Jute oder abbaubarem Polypropylen. Dank ihrer guten mechanischen Eigenschaften und ihrer biologischen Abbaubarkeit eignen sie sich gut für den Bodenschutz und die Begrünung von Freiflächen. Mit unterschiedlichen

Typ	LA 1	LA 2	LA 8	LB	LC 1	LC 2	LD	LE
max. Länge [mm]	500	500	500	500	500	500	500	500
Dicke [mm]	0,12	0,12	0,12	0,15	0,20	0,25	0,25	0,25
Breite [mm]	1,3	3,0	8,0	2,0	2,0	2,0	3,0	8,0
Feuchte [%]	13	13	13	13	13	13	13	13
max. Kurzfasergehalt pro kg [%]	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2

Tab. 1: Spezifikationen der Holzwollfäden

Tab. 1: Spécifications des géotextiles en laine de bois

frei sein. Seine Verarbeitung erfolgt am besten in halbfeuchtem Zustand.

9. Holzwolle nach schweizerischem Standard

Holzwolle ist ein hochwertiger naturbelassener Werkstoff in Form von gleich-

Holzwollrezepturen kann die Dauer des Verrottungsvorgangs gesteuert werden. Eine zentrale Rolle bei diesen Rezepturen spielt Buchenholz. Angesichts der Klimaveränderung mit den zunehmenden Starkregen-Ereignissen ist der Erosionsschutz eine Anwendung mit grossem

Rollenbreite [cm]	80	80	120	120	240	240
Rollenlänge [m]	22	42	22	42	22	42
Fläche [m²]	17,6	33,6	26,6	50,4	52,8	100,8
Rollengewicht [kg]	4,9	9,3	7,3	14,6	14,7	28,1
Rollendurchmesser [cm]	18-20	25-27	18-20	25-27	18-20	25-27

Tab. 2: Ausführungsarten der Holzwollevliese (Howolis) der Lindner Suisse GmbH
 Tab. 2: *Mode opératoire du groupe Lindner Sàrl dans l'installation de géotextile en laine de bois (Howolis Holzwollevliese)*

Potential für die Holzwolle. Ein anderes Einsatzfeld ist der Forststrassenbau. Werden dort Holzwolleunterlagen eingesetzt, schliesst sich auch der Kreis zum Rohstoff Holz [Wald und Holz, S. 5]. Lindner Suisse GmbH bezeichnet das Material als **Holzwollevliese (Howolis)** und bietet diese in sechs Ausführungen an (Tab. 2).

In den USA wird Holzwolle aus Laubholz seit den 1880er-Jahren auch in den Bereichen «land improvement» und «erosion and sediment control» im grossen Stil eingesetzt, heute primär in Form von sogenannten «blankets» (Vliese oder Matten). In den herstellerunabhängigen Labortests und Praxisversuchen mit alternativen Produkten aus anderen pflanzlichen Fasern – wie beispielsweise Stroh, Bambus oder Kokos – erweist sich die Holzwolle in der Regel als die beste Lösung.

10. Renaturierungen von Skipisten

In den 90er-Jahren des vergangenen Jahrhunderts wurden an der ETH Zürich, Departement Biologie, verschiedene Studien zum Thema Renaturierung von Skipisten verfasst. Für diese Studie wurden die Resultate einer 1998 von Marzio Fattorini vorgelegten Dissertation zusammengefasst. Die Dissertation trägt den Titel «Entwicklung der Vegetation auf standortgerecht renaturierten Skipisten oberhalb der Waldgrenze». Die Testflächen der Skipisten mit von Pistenfahrzeugen beschädigten Grasnarben lagen am Jakobshorn bei Davos. Herr Fattorini untersuchte den Verlauf der Renaturierung im Laufe von mehreren Jahren.

Die Ergebnisse der Dissertation werden an dieser Stelle auf die für uns relevanten Punkte reduziert:

- Die Überlebensrate der Transplantate von Gräsern war grösser als 70%. Eine Verjüngung der Mischbestände war deutlich erkennbar, da sich zahlreiche Transplantat-Arten rasch und erfolgreich durch Samen fortgepflanzt haben. Die Vielfalt der Blütenpflanzen

hat sich innerhalb von zwölf Jahren von anfänglich 8 auf 29 Arten erhöht. Diese Zunahme erfolgte durch die Einwanderung von Diasporen aus der nahe gelegenen Vegetation sowie aus benachbarten Renaturierungsflächen.

- Die bei den eingeführten und spontan eingewanderten Arten ablaufenden Populationsprozesse belegen die Bedeutung der Schutzstellen-Nachahmung (der amerikanischen Curlex-Vliese) für eine erfolgreiche Renaturierung.
- Die Ergebnisse des Monitorings lassen die meisten Transplantat-Arten als geeignet für Renaturierungen oberhalb der Waldgrenze empfehlen. Es wird dabei betont, dass eine Mischung verschiedener Pflanzengruppen ver-



Abb. 2a: 10 Jute Classic (70% Buche, 30% Föhre)



Abb. 2b: 10H/PP Classic



Abb. 2c: 10H/PP Wirrgelege



Abb. 2d: 20H/HD/PP Wirrgelege



Abb. 2e: H/PP Wintervlies (Fichte, Föhre, Buche)



Abb. 2f: H/M/PP Mulchvlies (Laub- und Nadelholz)

Abb. 2: Im Labor geprüfte Holzwollevliese
 Fig. 2: *Test en laboratoire des géotextiles en laine de bois*

Holzwolle-Typ	Rippen [cm]		durchschnittliche Anzahl der Zuelemente			Flächengewicht Normalklima [g/m ²]
	oben	unten	N _m [pro m]	n _i [pro Messprobe]	c [N _m /n _i]	
10 Jute Classic	1,5x1,5	1,5x1,5	66	13	5,08	417,1
10H/PP Classic	0,6x0,6	1,5x1,5	66	13	5,08	300,3
10H/PP Wirrgelege	0,6x0,6	1,5x1,5	66	13	5,08	437,6
20H/HD/PP Wirrgelege	0,6x0,6	1,5x1,5	66	13	5,08	407,8
H/PP Wintervlies	0,6x0,6	1,5x1,5	66	13	5,08	434,7
H/M/PP Mulchvlies	0,6x0,6	1,5x1,5	166	33	5,03	467,5

Tab. 3: Eigenschaften Holzwollevliese
 Tab. 3: Propriétés des géotextiles en laine de bois

wendet werden sollte, um eine entsprechende Verteilung des Risikos zu gewährleisten.

Das Konzept von Schutzinseln, d.h. die kleinflächige Installation einzelner Gruppen von Renaturierungsflächen, ist in der Praxis durchaus realisierbar und seine Vorteile überwiegen gegenüber jenen der üblichen kommerziellen Begrünung [Marzio Fattorini, S. 130].

Zusammenfassend kann festgestellt werden:

- Curlex Holzwollevliese sind bei Renaturierungen im hochalpinen Raum Standard.
- Die Renaturierung der beschädigten Grasnarbe der Piste am Jakobshorn bei Davos war erfolgreich.
- Curlex Holzwollevliese bieten Schutzstellen, an welchen auch ein spontaner Populationsprozess stattfinden kann.

11. Holzwollevliese im Labor

Die in Abb. 2 dargestellten Holzwollevliese wurden im Labor des IBAR getestet.

In Tab. 3 sind die Eigenschaften der verschiedenen Holzwollevliese zusammengefasst.

12. Zugfestigkeit

Die Prüfung der Zugfestigkeit wurde in Anlehnung an die Norm DIN EN ISO 10319: Geokunststoffe – Zugversuch am breiten Streifen durchgeführt. Pro Holzwolle-Typ wurden mindestens fünf Messproben, sowohl in Produktionsrichtung (lang) als auch in Querrichtung (quer) geprüft. Die Messproben wurden

mit einer Nennbreite von 200 mm und einer genügend grossen Länge hergestellt, damit 100 mm zwischen den Klemmen sichergestellt werden konnten. Alle Versuche wurden mit einer Zuggeschwindigkeit von 1 kN/s durchgeführt. In Abb. 3 und Abb. 4 sind die rohen Kraft-Weg-Diagramme der Prüfung der Holzwolle 20H-HD-PP Wirrgelege dargestellt.

13. Resultate

Zum Vergleich der verschiedenen Holzwollevliese wurden die Mittelwerte der einzelnen Prüfergebnisse ermittelt und in Abb. 5 zusammengefasst.

In Tab. 4 sind die Berechnungen folgender Werte zusammengefasst:

- Höchstzugkraft F_{max} : Höchstkraft, die während einer Prüfung erreicht wird
- Höchstzugkraftdehnung E_{max} : Dehnung, die die Messprobe unter Höchstzugkraft aufweist

- Zugfestigkeit T_{max} : Höchstzugkraft je Breitereinheit, beobachtet während einer Prüfung, in der eine Messprobe bis zum Bruch gedehnt wird.

14. Wasseraufnahmefähigkeit

Die Prüfung der Wasseraufnahmefähigkeit wurde in Anlehnung an die Norm DIN 53129 durchgeführt: Prüfung von Vollpappe – Wasseraufnahme und Dickenquellung, Wasserlagerung.

Aus den verschiedenen Holzwollevliesen wurden jeweils 10 Proben mit den Abmessungen 250 mm x 250 mm geschnitten. Jede Probe wurde gewogen, um das Gewicht bei Normalklima (20 °C, 40% Luftfeuchtigkeit) zu bestimmen. Anschliessend wurden die Proben so in das Wässerungsgefäss eingebracht, dass ein allseitig freier Wasserzutritt an jeder Probe sichergestellt war. Nach der Wasserlagerung von 24 h wurden die Proben erneut gewogen. Anhand der Gewichte der trockenen und nassen Proben konnte die Wasseraufnahme W_a sowie die relative Wasseraufnahme W_g für die verschiedenen Holzwollevliese ermittelt werden (Tab. 5).

15. Feldversuche

Für die Feldversuche wurde eine Versuchsfläche in der Gemeinde Wattwil zur Verfügung gestellt.

Am 2. April 2013 wurden die in der Produktentwicklung verifizierten Holz-

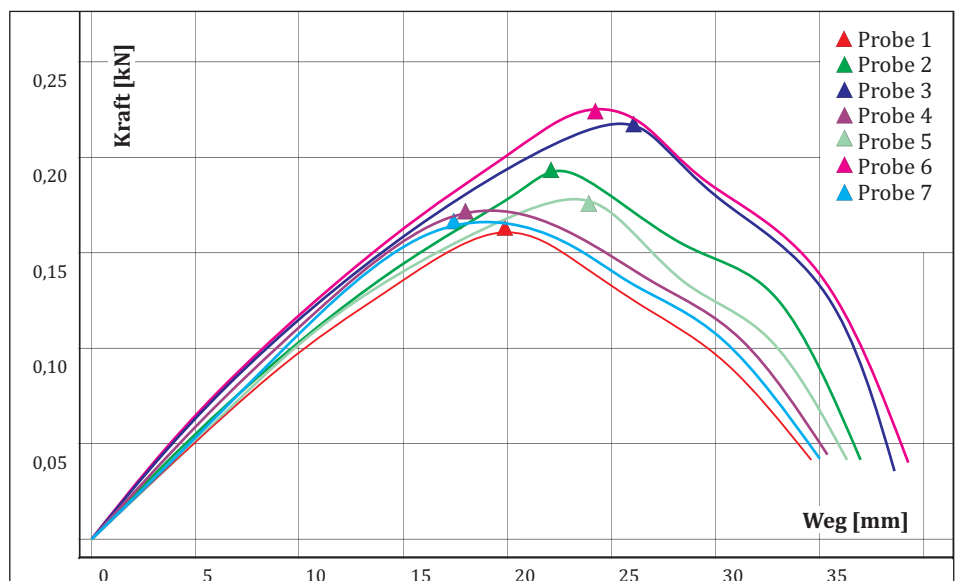


Abb. 3: Rohdaten Zugprüfung 20H-HD-PP Wirrgelege quer
 Fig. 3: Données brutes du test de résistance à la traction 20H-HD-PP treillis transversal

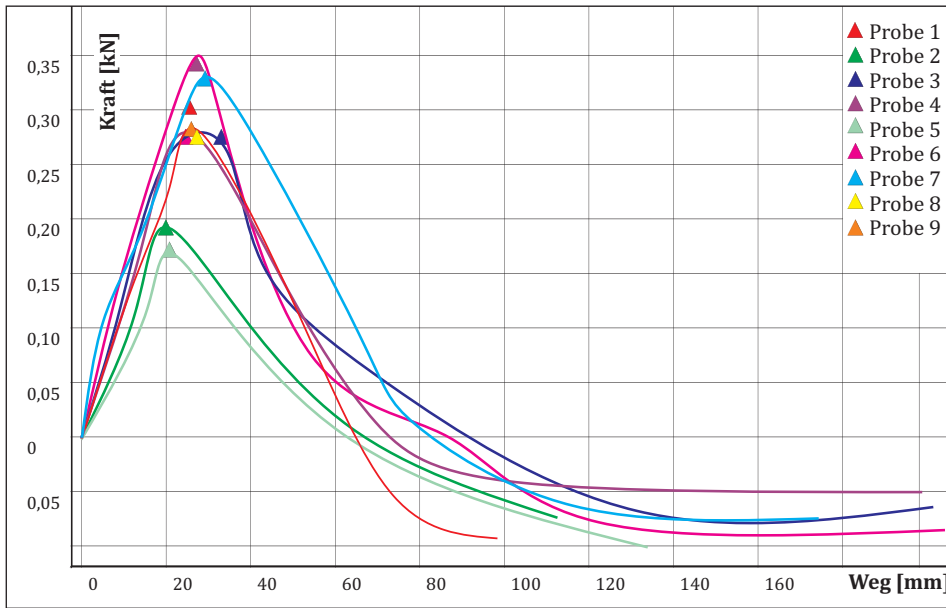


Abb. 4: Rohdaten Zugprüfung 20H-HD-P-MD Wirrgelege lang
 Fig. 4: Données brutes du test de résistance à la traction 20H-HD-P-MD treillis longitudinal

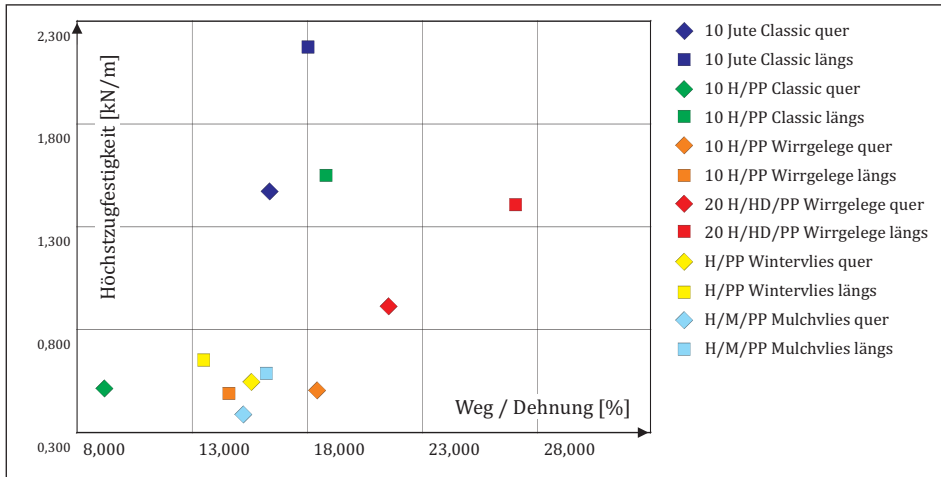


Abb. 5: Zusammenfassung Resultate Zugprüfung
 Fig. 5: Synthèse des résultats du test de résistance à la traction

wollevliese in Wattwil verlegt. Die Verlegung wurde fachmännisch durch Mitarbeiter der E. Weber AG, Baugeschäft, Fachleute des Landschaftsamtes des Kantons St. Gallen sowie weitere Spezialisten aus dem Bereich Garten- und Landschaftsbau vorgenommen. Die Feldarbeiten wurden von Dr. Kurt Hollenstein vom Landwirtschaftsamt des Kantons St. Gallen, Abteilung Strukturverbesserung und BGBB, dokumentiert. Der vollständige Bericht ist in diesem Kapitel integriert.

15.1 Beschreibung der Fläche

Die Projektfläche von ca. 270 m² wurde am 4. Januar 2013 fachmännisch ausgemessen. Sie ist nach Norden expo-

niert und hat eine mittlere Neigung von ca. 45°. An manchen Falllinien beträgt die Neigung 70°. Der anstehende Boden besteht aus mergelreichen Kon-

glomeraten mit einem hohen Anteil an feinen Fraktionen (Silt und Ton). Damit ist die Anfälligkeit auf Erosionsprozesse wie zum Beispiel durch Wasser, Schnee und Wind gegeben.

15.2 Ziel und Vorgehen des Versuchs

Die Eignung der Holzwollevliese und die Anwuchsbedingungen sollten untersucht werden.

Im April 2013 wurde die Versuchsfläche mit Holzwollevliesen abgedeckt und mit einer standardisierten Samenmischung begrünt. Um realistische Aussagen über Wirkungsweise dieser Holzwollevliese zu erhalten, wurden folgende Einflussparameter über einen Zeitraum von total 6 Jahren untersucht:

- Verhalten der Vliese hinsichtlich der geometrischen Verformung und Verrottung
- Verhalten der Verankerung in Bezug auf Korrosion und Verrottung
- Anwuchsverhalten der Grassamen

Dabei wurden verschiedene Holzarten und Konstruktionen der Holzwollevliese eingesetzt, um Antworten auf folgende Fragen zu finden:

- Inwiefern können die Holzwollevliese den Anwuchs einer Begrünung beeinflussen? Eine Kontrollfläche ohne Holzwolle wurde deshalb angelegt und mit derselben Samenmischung begrünt.
- Welchen Einfluss hat die Konstruktion der eingesetzten Holzwolleplatten (Grammatur)?
- Welche Dauerhaftigkeit haben die verschiedenen Holzarten?

Holzwolle-Typ	Zugkraft F _{max} [kN/20cm]		Dehnung ε _{max} [%]		Zugkraft T _{max} [kN/m]	
	längs	quer	längs	quer	längs	quer
10 Jute Classic	2,19	1,48	17,9	16,4	10,95	7,40
10H/PP Classic	1,55	0,51	18,8	9,2	7,75	2,55
10H/PP Wirrgelege	0,49	0,51	14,5	18,4	2,45	2,55
20H/HD/PP Wirrgelege	1,42	0,93	27,0	21,6	7,10	4,65
H/PP Wintervlies	0,66	0,54	13,3	15,6	3,30	2,70
H/M/PP Mulchvlies	0,58	0,39	16,2	15,3	2,90	1,95

Tab. 4: Zusammenfassung Resultate Zugprüfung (Mittelwerte)
 Tab. 4: Synthèse des résultats du test de résistance à la traction (moyenne)

Holzwohle-Typ	Wasseraufnahme W_a [g/m ²]	Relative Wasseraufnahme W_g [%]
10 Jute Classic	810,2	194,2
10H/PP Classic	569,6	189,7
10H/PP Wirrgelege	899,7	205,6
20H/HD/PP Wirrgelege	756,5	185,5
H/PP Wintervlies	1111,5	255,5
H/M/PP Mulchvlies	920,6	196,9

Tab. 5: Auswertung Wasseraufnahmefähigkeit
 Tab. 5: Evaluation de la capacité d'absorption d'eau

- Welche Trägermaterialien sind geeignet? Diese sind Netze aus Jute, Kokos oder synthetischen Fasern.
- Wie verändert sich die Vegetation über die Dauer der Versuchsperiode?

15.3 Auswahl der Versuchsflächen

Es wurden 10 Flächen mit Holzwohle-matten unterschiedlicher Konstruktionen und Holz-mischungen verlegt. Diese Versuchsflächen sind in Abbildung 7 dargestellt. Die Fläche rechts diente als Kontrollfläche ohne Holzwohle, aber mit der gleichen Begrünung.

Gewählt für diesen Versuch wurden Buche und Föhre im Verhältnis 10, 30, 70 und 90% zur Prüfung des Einflusses der



Abb. 6: Lage der Versuchsfläche, Bild Kurt Hollenstein
 Fig. 6: Situation de la parcelle d'expérimentation, image Kurt Hollenstein

Holzart. Als Trägermaterialien wurden Jute und Polypropylen eingesetzt. Darüber hinaus wurden zwei Konstruktionen mit 350 und 500 g/m² gewählt.

15.4 Begrünung

Vor dem Einbau der Holzwohle-matten wurde Saatgut des Typs OH-Schotter mittels Gebläse (Druckluft) aufgebracht (Abb. 8 und 9). Nach Einbau der Matten wurde dieser Prozess wiederholt und das Saatgut noch einmal aufgebracht. Im unteren Teil der Versuchsfläche wurde Kleber eingesetzt, um das Wegspülen der Samen durch Regenwasser zu verhindern

15.5 Einbau der Holzwohlevliese

Eine Verankerung der Matten erfolgte an der Schulter und am Fuss des Hanges, um die Matten vor Verrutschungen zu schützen. Eine Überlappung der Bahnen von 20 cm wurde eingehalten. Vorgängig wurde hinter der Abrisskante des Hangs ein Graben erstellt. An-

schliessend wurde der Graben wieder aufgefüllt. Mit diesem Verfahren erreichte man eine bessere Lastverteilung und eine Reduktion der in der Matte wirkenden Zugspannungen.

Als Nächstes wurden die Matten in der Falllinie durch die Schwerkraft abgerollt und gerichtet. Anschliessend wurden die Matten vernagelt (Abb. 10 bis 13). Und einzelne Pflanzen und Felsnasen dabei ausgeschnitten. Die Vernagelung erfolgte in einem Raster von ca. 1,0 m (vertikal) auf 0,5 m (horizontal). Es wurden Nägel aus Metall und aus Holz eingesetzt, wobei Metall zahlenmässig klar überwog; dies hing u.a. auch mit dem wesentlich grösseren Eindringwiderstand der Holznägel im eher kompakten Fels zusammen.

15.6 Anwuchskontrolle

Bei der ersten visuellen Kontrolle einen Monat nach dem Einbau, im Mai 2013, wurden keine wesentlichen Verschiebungen und Verformungen und auch keine mechanischen Beschädigungen festgestellt. Lediglich in konkaven Stellen wiesen die Matten bis zu 10 cm Distanz vom Gelände auf. Dies wies auf eine Schrumpfung der Trägernetze hin. Am Hangfuss waren deutliche Wülste aus erodiertem Bodenmaterial.

Abbildung 14 zeigt die Ansicht der Fläche vom Mai 2013. Die Nahaufnahmen in Abbildung 15 zeigen den Beginn einer lockeren Vegetation.

Bei der zweiten Kontrolle im Juni 2013 waren keine Verschiebungen oder

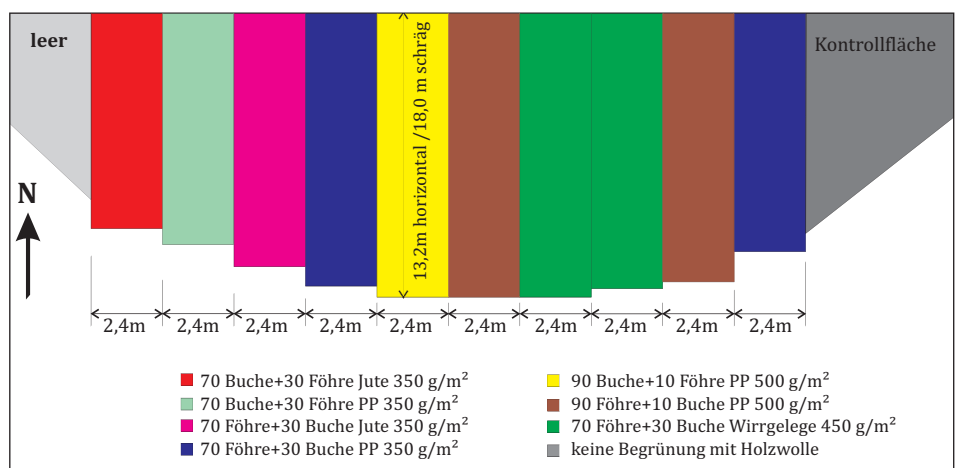


Abb. 7: Belegungsplan für die Versuchsfläche
 Fig. 7: Plan d'implantation de la parcelle expérimentale



Abb. 8: Einbringen der Samen unter das Vlies, Bild Kurt Hollenstein
 Fig. 8: Introduction des semis sous le géotextile, image Kurt Hollenstein



Abb. 10: Verankerung der Matten
 Abb. 10: Ancrage des nattes



Abb. 11: Vernagelung der Matten am Hang
 Fig. 11: Clouages des nattes dans le talus



Abb. 12: Überlappung der Bahnen
 Fig. 12: Chevauchement entre les bandes



Abb. 13: Fortsetzung der Installation
 Fig. 13: Suite de l'installation



Abb. 9: Verwendetes Saatgut, Bild Kurt Hollenstein
 Fig. 9: Semences utilisées, image Kurt Hollenstein



Abb. 14: Zustand der Versuchsfläche einen Monat nach dem Einbau, Bild Kurt Hollenstein
 Fig. 14: Etat de la parcelle expérimentale un mois après son installation

mechanische Beschädigungen festzustellen. Die Matten hatten das Geländeformat in den konkaven Bereichen angenommen und die Bodenwülste am Hangfuß waren unverändert geblieben. Im Gegenteil zur ersten Kontrolle war eine signifikante Verdichtung der Vegetation sichtbar (Abb. 16).

In den Abbildungen 17 bis 25 sind Nahaufnahmen aus dem oberen und unteren Drittel der eingebauten Matten in gleicher Anordnung von rechts nach links zu sehen.

Es ist ersichtlich, dass der Anwuchs am unteren Ende der Matten höher war als am oberen Ende. Offensichtlich hatten die Samen im unteren Bereich mehr Feuchtigkeit zur Verfügung. Darüber hinaus könnte ein Abtransport von Samen stattgefunden haben. Eine klare Aussage über den Einfluss der Konstruktionen und Holzarten konnte nicht gemacht werden.

Ende August 2013 fand eine weitere Kontrolle statt. Dabei waren ebenfalls keine Verschiebungen oder mechani-

sche Beschädigungen festzustellen. Die Matten hatten das Geländeformat in den konkaven Bereichen angenommen und die Bodenwülste am Hangfuß waren unverändert geblieben. Eine signifikante Verdichtung der Vegetation war sichtbar (Abb. 26).

In den Abbildung 27 bis 35 sind Nahaufnahmen aus dem oberen und unteren Drittel der eingebauten Matten in gleicher Anordnung von rechts nach links zu sehen.



Abb. 15a: Vegetation einen Monat nach dem Einbau. Matte mit hoher Grammatur, Bild Kurt Hollenstein

Fig. 15a: Végétation un mois après la mise en place. Géotextile avec un grammage plus élevé, image Kurt Hollenstein



Abb. 15b: Vegetation einen Monat nach dem Einbau. Matte mit tiefer Grammatur, Bild Kurt Hollenstein

Fig. 15b: Végétation un mois après la mise en place. Géotextile avec un grammage plus faible, image Kurt Hollenstein



Abb. 16: Zustand der Versuchsfläche zweieinhalb Monate nach dem Einbau, Bild Kurt Hollenstein

Fig. 16: Etat de la parcelle expérimentale deux mois et demi après son installation, image Kurt Hollenstein

Eine Kontrolle der Erdnägel für die Verankerung wurde auch durchgeführt. Eine Veränderung wurde hier nicht festgestellt. Die Dauer von fünf Monaten war zu kurz, um Veränderungen an den

Metall- bzw. Holznägeln zu registrieren. Die Betrachtung der Kontrollfläche und der Vergleich mit den benachbarten Flächen liess die Wirkung der Holzwolle-matten deutlich erkennen. Die Oberflä-



Abb. 17a: Aus dem oberen Drittel der Matte mit hoher Grammatur



Abb. 17b: Aus dem unteren Drittel der Matte mit tiefer Grammatur

Abb. 17: Zustand 10 Wochen nach Einbau für Typ 70 Buche 30 Föhre 350 g/m² Trägermaterial Jute, Bilder Kurt Hollenstein

Fig. 17: Etat 10 semaines après la mise en place pour le type: 70% hêtres, 30% pins, grammage 350 g/m², matériel de support en jute, images Kurt Hollenstein

che der Kontrollfläche zeigte deutliche Spuren von Erosion (vgl. Abb. 36).

15.7 Kontrolle 5. März 2014

Es waren keine weiteren geometrischen Veränderungen der verlegten Holzwolle-matten feststellbar. Das Phänomen der Faserdehnung bzw. Faserschumpfung war in der Anfangsphase vorhanden. Die Trägernetze hatten sich anfänglich mit Wasser vollgesogen und dadurch gedehnt, wodurch sie sich der Geländeform anpassen konnten.

Veränderungen der Farben der Holzfasern wurden beobachtet. Dennoch waren keine globalen Abbauprozesse der Trägernetze zu erkennen. Diese waren für die Dauer von zwei Jahren ausgelegt, wobei Jute als Trägermaterial wesentlich schneller abgebaut wurde als die PP-Netze.

Eine klare visuelle Veränderung durch Verrottung war eindeutig bei den Buchenfasern erkennbar.

Dadurch bestätigt sich die Vermutung, dass die Dauerhaftigkeit der Holzwolle-matten von der Holzartenzusammensetzung bzw. vom Trägermaterial abhängt. Diese können nun qualitativ beurteilt werden:

- Die Dauerhaftigkeit der Holzwolle-matten hängt von der Holzartenzusammensetzung ab. Ein hoher Buchenanteil führt dazu, dass die Matten rasch abgebaut werden und ihre Funktion verlieren. Föhre ist deutlich dauerhafter als Buche.
- Die Dauerhaftigkeit des Trägermaterials beeinflusst den Zusammenhalt der Holzfasern. Jutefasern bauen rascher ab als PP-Fasern.
- Festigkeitsprüfungen nach dem Einbau wurden nicht durchgeführt.
- Bei den Ankern (Bodennägeln) konnten keine relevanten Korrosions- und Abbauerscheinungen festgestellt werden.

16. Schlussfolgerung und Resultate

Der Einsatz von Holzwolle-matten wirkt gegen Erosion und verbessert den Anwuchserfolg einer Begrünung. Die Versuchsfläche hat gezeigt, dass Holz-

wollematten eine stabilisierende und keimbegünstigende Wirkung auf Bodenoberflächen haben.

Wie und ab wann die Konstruktion der Holzwollematten den Begrünungsgrad verbessert, kann nicht bestätigt oder verworfen werden. Es sind weitere Untersuchungen erforderlich. Dickere Matten führen zu besseren Begrünungsgraden. Buchenholz und Jute sind wenig dauerhaft.

Schlecht anliegende Matten, die keinen Kontakt zum Boden haben, weisen geringe Begrünungsgrade auf. Hohlräume zwischen Matten und Boden haben eine negative Wirkung. Eine konkrete Anleitung für den Einbau wäre hilfreich und könnte das Problem beseitigen.

Die Dauerhaftigkeit der Holzwollematten muss über die gesamte Dauer der Anwuchsphase gewährleistet sein. Der

Abbau darf nicht vor Erreichung der vollständigen Begrünung erfolgen. Hier spielt die Auswahl der Materialien eine grosse Rolle.

Der Begrünungsgrad betrug 50% nach 5 Monaten und bis zu 80% nach einem Jahr. Teilweise lag der Begrünungsgrad an manchen Stellen unter 20%. Eine deutliche Ursache im Zusammenhang mit der Holzart liess sich nicht erkennen. Für die Versuche müssen viel mehr Installationsflächen zur Verfügung stehen. Auch die Messkriterien müssen entsprechend weiterentwickelt werden. Eine visuelle Kontrolle, um den Begrünungsgrad abzuschätzen, genügt nicht. Es fehlen noch Messmethoden, um die Durchwurzelungstiefe zu ermitteln.

Die Versuche im Baulabor zeigen realistische Werte, die mit ähnlichem Material (Curlex) vergleichbar sind. Der Feldversuch zeigt, dass eine Hangbegrünung mit einheimischen Hölzern erfolgreich sein kann. Allerdings sind in diesem Pilotprojekt die diversen und möglichen Einflussparameter nicht erfasst worden (Exposition, Hangneigung, Schnee und Regen, Temperatur, Feuchtigkeit, Bodenbeschaffenheit etc.). Ebenfalls wurden die Wechselwirkungen zwischen Samen und Holzart nicht erfasst. Diese müssen in einem Folgeprojekt genauer untersucht werden. Darüber hinaus ist die Befestigung der Vliese zu ermitteln. Weitere Einflussparameter werden in den kommenden zwei Jahren im Rahmen eines KTI-Projektes «Nachhaltiger Erosionsschutz mit Holzwole» eingehend untersucht.



Abb. 18a: Aus dem oberen Drittel der Matte



Abb. 18b: Aus dem unteren Drittel der Matte

Abb. 18: Zustand 10 Wochen nach Einbau für Typ 70 Buche 30 Föhre 350 g/m² Trägermaterial PP, Bilder Kurt Hollenstein

Fig. 18: Etat 10 semaines après la mise en place pour le type: 70% hêtres, 30% pins, grammage 350 g/m², matériel de support en PP, images Kurt Hollenstein

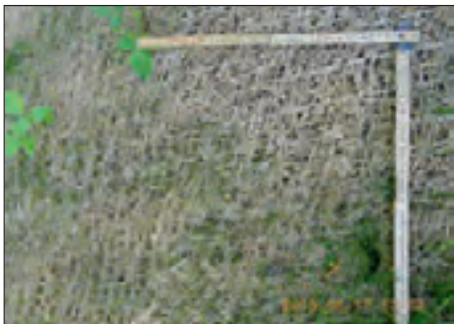


Abb. 19a: Aus dem oberen Drittel der Matte



Abb. 19b: Aus dem unteren Drittel der Matte

Abb. 19: Zustand 10 Wochen nach Einbau für Typ 70 Föhre 30 Buche 350 g/m² Trägermaterial Jute, Bilder Kurt Hollenstein

Fig. 19: Etat 10 semaines après la mise en place pour le type: 70% pins, 30% hêtres, grammage 350 g/m², matériel de support en jute, images Kurt Hollenstein



Abb. 20a: Aus dem oberen Drittel der Matte



Abb. 20b: Aus dem unteren Drittel der Matte

Abb. 20: Zustand 10 Wochen nach Einbau für Typ 70 Föhre 30 Buche 350 g/m² Trägermaterial PP, Bilder Kurt Hollenstein

Fig. 20: Etat 10 semaines après la mise en place pour le type: 70% pins, 30% hêtres, grammage 350 g/m², matériel de support PP, images Kurt Hollenstein

17. Danksagung

Für die Unterstützung bei den Recherchen und Stellung von Versuchsergebnissen, Texten und Bildmaterial bedanke ich mich bei den Projektbeteiligten, insbesondere bei den Herren Dr. Kurt Hollenstein und Thomas Wildberger.

18. Literatur

- American Excelsior, verschiedene Dokumente aus dem Internet, Internet: www.americanexcelsior.com, aufgerufen am 25. Juni 2013.



Abb. 21a: Aus dem oberen Drittel der Matte



Abb. 21b: Aus dem unteren Drittel der Matte

Abb. 21: Zustand 10 Wochen nach Einbau für Typ 90 Buche 10 Föhre 500 g/m² Trägermaterial PP, Bilder Kurt Hollenstein

Fig. 21: Etat 10 semaines après la mise en place pour le type: 90% hêtres, 10% pins, grammage 500 g/m², matériel de support en PP, images Kurt Hollenstein



Abb. 22a: Aus dem oberen Drittel der Matte



Abb. 22b: Aus dem unteren Drittel der Matte

Abb. 22: Zustand 10 Wochen nach Einbau für Typ 90 Föhre 10 Buche 500 g/m² Trägermaterial PP, Bilder Kurt Hollenstein

Fig. 22: Etat 10 semaines après la mise en place pour le type: 90% pins, 10% hêtres, grammage 500 g/m², matériel de support en PP, images Kurt Hollenstein



Abb. 23a: Aus dem oberen Drittel der Matte



Abb. 23b: Aus dem unteren Drittel der Matte

Abb. 23: Zustand 10 Wochen nach Einbau für Typ Wirrgelege 70 Föhre 30 Buche 450 g/m² Trägermaterial PP, Bilder Kurt Hollenstein

Fig. 23: Etat 10 semaines après la mise en place pour le type avec treillis: 70% pins, 30% hêtres, grammage 450 g/m², matériel de support en PP, images Kurt Hollenstein

- Biologische Begrünung und Erosionsschutz mit Jutenetzen und Holzwollevliesen, Quelle unbekannt.
- Fattorini Marzio: Entwicklung der Vegetation auf standortgerecht renaturierten Skipisten oberhalb der Waldgrenze, ETH Zürich, Zürich 1998.
- Frey Hanspeter: Werkstoffmonografie Holzwolle, edition Ylichtensteig, Deutschland 2011.

- Holzwolle – Neue nachhaltige Nutzung von Schweizer Laubholz geht in die Versuchsphase, Medieninformation vom 24. September 2012, Fonds zur Förderung der Wald- und Holzforschung.
- Howolis-Holzwollevliese: Der ökologische Erosionsschutz aus dem Schweizer Wald, Internet: www.lindner.ch, aufgerufen am 25. Juni 2013.

- Unauffälliger Alleskönner: Holzwolle – ein vielseitiger und natürlicher Holzwerkstoff, Wald und Holz, S. 3–6, Solothurn.
- Daniel Näf: Studie des Instituts für Bauen im alpinen Raum HTW Chur «Erosionsbekämpfung im alpinen Raum durch Einsatz von Holzwolle» 2013.
- [MET] MeteoSchweiz 2013, Klimabulletin Mai 2013. Zürich.
- Kurt Hollenstein: Versuchsbericht «Einsatz von Holzwollevliesen in der Hangsicherung und Begrünung», Version 0.1 vom 12. November 2013.
- Kurt Hollenstein: Bildermaterial des Versuchsberichtes «Einsatz von Holzwollevliesen in der Hangsicherung und Begrünung», Pilotprojekt Wattwil.

Kontaktadresse

Imad Lifa
 Leiter Institut für Bauen im alpinen Raum (IBAR)
 Tel.: 081 286 24 83
 E-Mail: imad.lifa@htwchur.ch

Projektbeteiligte

Produzent Holzwolle: Thomas Wildberger, Geschäftsführer der Lindner Suisse GmbH – Holzwolle Manufaktur, Bleikenstrasse 98, 9630 Wattwil
 Bauherrschaft: Kurt Hollenstein, Dr. sc. Techn., dipl. Forsting. ETH / SIA, Landwirtschaftsamt des Kantons St. Gallen, Abteilung Strukturverbesserung und BGBB, Unterstrasse 22, 9001 St. Gallen
 Lignum – Holzwolle St. Gallen, Davidstrasse 35, 9001 St. Gallen
 Beobachter: Pius Eicher, Schoellkopf AG, Riedackerstrasse 20, 8153 Rümlang
 Einbau: E. Weber AG, Ebnaterstrasse 79, 9630 Wattwil
 Begrünung: Peter Zurbuchen, Zurbuchen Bodenschutz GmbH, Holzmannshaus 2, 8566 Lippoldswilen
 Forschungsinstitut: Imad Lifa, Prof. Dr. Ing. TU/SIA, Leiter Institut für Bauen im alpinen Raum der HTW Chur



Abb. 24a: Aus dem oberen Drittel der Matte



Abb. 24b: Aus dem unteren Drittel der Matte

Abb. 24: Zustand 10 Wochen nach Einbau für Typ 90 Föhre 10 Buche 500 g/m² Trägermaterial PP, Bilder Kurt Hollenstein

Fig. 24: Etat 10 semaines après la mise en place pour le type: 90% pins, 10% hêtres, grammage 500 g/m², matériel de support en PP, images Kurt Hollenstein



Abb. 25a: Aus dem oberen Drittel der Matte



Abb. 25b: Aus dem unteren Drittel der Matte

Abb. 25: Zustand 10 Wochen nach Einbau für Typ 70 Föhre 30 Buche 350 g/m² Trägermaterial PP, Bilder Kurt Hollenstein

Fig. 25: Etat 10 semaines après la mise en place pour le type: 70% pins, 30% hêtres, grammage 350 g/m², matériel de support en PP, images Kurt Hollenstein



Abb. 26: Zustand der Versuchsfläche knapp fünf Monate nach dem Einbau, Bild Kurt Hollenstein

Fig. 26: Etat des parcelles expérimentales 5 mois à peine après leur installation, image Kurt Hollenstein



Abb. 27a: Aus dem oberen Drittel der Matte



Abb. 27b: Aus dem unteren Drittel der Matte

Abb. 27: Zustand 5 Monate nach Einbau für Typ 70 Buche 30 Föhre 350 g/m² Trägermaterial Jute, Bilder Kurt Hollenstein

Fig. 27: Etat 5 mois après la mise en place pour le type: 70% hêtres, 30% pins, grammage 350 g/m², matériel de support en jute, images Kurt Hollenstein



Abb. 28a: Aus dem oberen Drittel der Matte



Abb. 28b: Aus dem unteren Drittel der Matte

Abb. 28: Zustand 5 Monate nach Einbau für Typ 70 Buche 30 Föhre 350 g/m² Trägermaterial PP, Bilder Kurt Hollenstein

Fig. 28: Etat 5 mois après la mise en place pour le type: 70% hêtres, 30% pins, grammage 350 g/m², matériel de support en PP, images Kurt Hollenstein



Abb. 29a: Aus dem oberen Drittel der Matte



Abb. 29b: Aus dem unteren Drittel der Matte

Abb. 29: Zustand 5 Monate nach Einbau für Typ 70 Föhre 30 Buche 350 g/m² Trägermaterial Jute, Bilder Kurt Hollenstein

Fig. 29: Etat 5 mois après la mise en place pour le type: 70% pins, 30% hêtres, grammage 350 g/m², matériel de support en jute, images Kurt Hollenstein

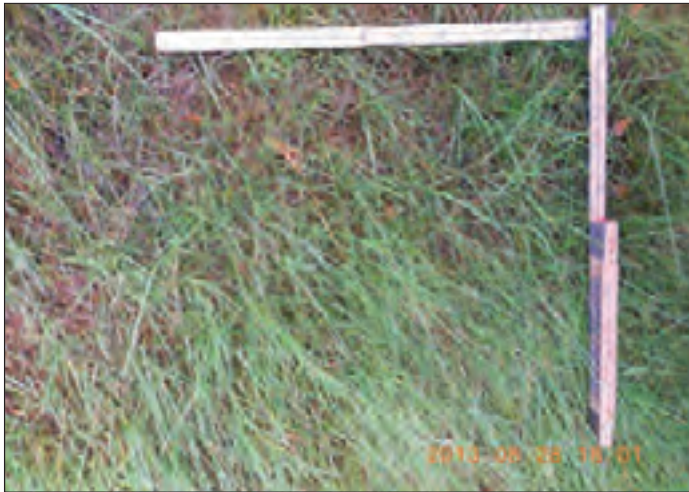


Abb. 30a: Aus dem oberen Drittel der Matte



Abb. 30b: Aus dem unteren Drittel der Matte

Abb. 30: Zustand 5 Monate nach Einbau für Typ 70 Föhre 30 Buche 350 g/m² Trägermaterial PP, Bilder Kurt Hollenstein

Fig. 30: Etat 5 mois après la mise en place pour le type: 70% pins, 30% hêtres, grammage 350 g/m², matériel de support en PP, images Kurt Hollenstein



Abb. 31a: Aus dem oberen Drittel der Matte



Abb. 31b: Aus dem unteren Drittel der Matte

Abb. 31: Zustand 5 Monate nach Einbau für Typ 90 Buche 10 Föhre 500 g/m² Trägermaterial PP, Bilder Kurt Hollenstein

Fig. 31: Etat 5 mois après la mise en place pour le type: 90% hêtres, 10% pins, grammage 500 g/m², matériel de support en PP, images Kurt Hollenstein



Abb. 32a: Aus dem oberen Drittel der Matte



Abb. 32b: Aus dem unteren Drittel der Matte

Abb. 32: Zustand 5 Monate nach Einbau für Typ 90 Föhre 10 Buche 500 g/m² Trägermaterial PP, Bilder Kurt Hollenstein

Fig. 32: Etat 5 mois après la mise en place pour le type: 90% pins, 10% hêtres, grammage 500 g/m², matériel de support en PP, images Kurt Hollenstein



Abb. 33a: Aus dem oberen Drittel der Matte



Abb. 33b: Aus dem unteren Drittel der Matte

Abb. 33: Zustand 5 Monate nach Einbau für Wirrgelege 70 Föhre 30 Buche 450 g/m² Trägermaterial PP, Bilder Kurt Hollenstein

Fig. 33: Etat 5 mois après la mise en place pour le type avec treillis: 70% pins, 30% hêtres, grammage 450 g/m², matériel de support en PP, images Kurt Hollenstein



Abb. 34a: Aus dem oberen Drittel der Matte



Abb. 34b: Aus dem unteren Drittel der Matte

Abb. 34: Zustand 5 Monate nach Einbau für Typ 90 Föhre 10 Buche 500 g/m² Trägermaterial PP, Bilder Kurt Hollenstein

Fig. 34: Etat 5 mois après la mise en place pour le type: 90% pins, 10% hêtres, grammage 500 g/m², matériel de support en PP, images Kurt Hollenstein



Abb. 35a: Aus dem oberen Drittel der Matte

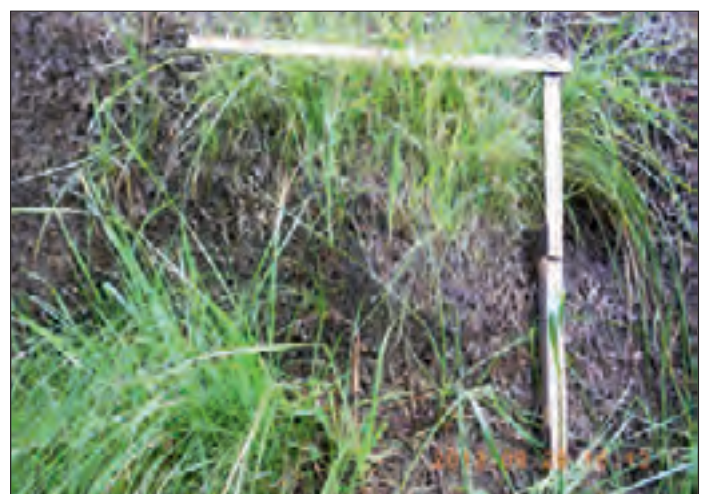


Abb. 35b: Aus dem unteren Drittel der Matte

Abb. 35: Zustand 5 Monate nach Einbau für Typ 70 Föhre 30 Buche 350 g/m² Trägermaterial PP, Bilder Kurt Hollenstein

Fig. 35: Etat 5 mois après la mise en place pour le type: 70% pins, 30% hêtres, grammage 350 g/m², matériel de support en PP, images Kurt Hollenstein



Abb. 36: Versuchsfläche (links) und Kontrollfläche (rechts). Die Vegetation auf der Versuchsfläche ist deutlich besser entwickelt. Bild Kurt Hollenstein
Fig. 36: Parcelles expérimentales (à gauche) et parcelles de contrôle (à droite). La végétation sur la parcelle expérimentale est nettement plus développée.
Image Kurt Hollenstein



Abb. 37: Stand April 2014, Bild Thomas Wildberger
Fig. 37: Etat en avril 2014, image Thomas Wildberger



Otto
Hauenstein
Samen AG

Die Rasenberater – Fachwissen vor Ort



Begrünungen für alle Fälle!

Bahnhofstrasse 92
Postfach 138
8197 Rafz
Tel. 044 879 17 19
Fax 044 879 17 30

info@hauenstein.ch
www.hauenstein.ch



Begrünung für alle Lagen

Die Spezialisten der
Eric Schweizer AG sind in allen
Begrünungsfragen für Sie da!

Eric Schweizer AG, Postfach 150, 3602 Thun
Tel. +41 33 227 57 21, Fax +41 33 227 57 28
www.ericsschweizer.ch

Rückblick auf den Praxiskurs des Vereins für Ingenieurbiologie 2011, Niedergesteln VS

Philipp Müller, Müller-LandschaftsArchitektur Küttigen

Zusammenfassung

Im Praxiskurs 2011 des Vereins für Ingenieurbiologie wurde unter der Leitung von Ernst Abgottspon, Jules Seiler und Philipp Müller und mit grossem Einsatz der Kursteilnehmer die Sicherung eines Moräneanschnittes in der Gemeinde Niedergesteln VS erstellt. Drei Jahre danach reflektiert dieser Bericht die Entwicklung des erstellten Bauwerkes: Die Vegetation der ingenieurbiologischen Verbauung entwickelt sich prächtig. Das Ziel zum Stoppen der Erosion ist auf gutem Wege. Steine behindern nur noch selten die Zufahrtsstrasse. Der Hang macht schon einen recht stabilen Eindruck. Das Bauwerk fügt sich behutsam in die Landschaft.

Dieser Bericht fasst eine kritische Zwischenbeurteilung des Bauwerkes und dessen Entwicklung zusammen.

Keywords

Praxiskurs, ingenieurbiologische Böschungssicherungen, Holzkasten, Hangroste, Piloten, Rückblick, Erfolgskontrolle, Erfahrungen

Rétrospective sur le cours pratique de l'Association pour le génie biologique en 2011, Niedergesteln VS

Résumé

Le cours pratique de l'Association pour le génie biologique 2011 a eu lieu dans

la commune de Niedergesteln (VS) sous la direction d'Ernst Abgottspon, de Jules Seiler et de Philipp Müller. Durant ce cours, les participants se sont énormément investis pour effectuer les travaux de stabilisation d'une moraine latérale. Ce rapport revient après trois ans sur le développement de l'ouvrage réalisé: la végétation de l'ouvrage de protection de génie biologique se développe à merveille. Le but de stopper l'érosion est en bonne voie. Les pierres encombrant rarement la route d'accès. Le versant donne déjà une bonne impression de stabilité et l'ouvrage s'insère en douceur dans le paysage. Ce récit présente conjointement une évaluation intermédiaire de l'ouvrage et son développement.

Mots-clés

Cours pratique, stabilisation des pentes à l'aide du génie biologique, caissons en bois, armature en bois, pilotis, rétrospective, contrôle des résultats, expériences

Retrospectiva sul corso di formazione continua 2011 dell'Associazione per l'ingegneria naturalistica a Niedergesteln (VS)

Riassunto

Durante il corso di formazione continua 2011 dell'Associazione per l'ingegneria naturalistica, condotto da Ernst Abgottspon, Jules Seiler e Philipp Müller, i partecipanti hanno stabilizzato con grande dedizione e impegno una sezione di una morena nel comune di Niedergesteln (VS). Quest'articolo fa un bilancio dell'opera eseguita tre anni fa. La vegetazione della misura d'ingegneria naturalistica si sviluppa in modo eccezionale. L'obiettivo prefissato di arrestare l'erosione è sulla buona via. Rocce e sassi ostacolano ancora solo raramente la strada d'accesso e il pendio dà un'impressione decisamente più stabile. Inoltre l'opera s'inserisce elegantemente nel paesaggio circostante. L'articolo fa una valutazione critica dell'opera e del suo sviluppo.

Parole chiave

Corso di formazione continua, Stabilizzazione di pendii con opere d'ingegneria naturalistica, Briglie in legno, Retrospectiva, Controllo dei risultati, Esperienze

1. Kurzbeschreibung Projekt

Im Oktober 2011 fand ein Praxiskurs des Vereins für Ingenieurbiologie in der Gemeinde Niedergesteln im Wallis statt. Der Erosionshang liegt an der Lötschberg-Südrampe auf rund 950 Meter über Meer. Beim Ausbau der Lötschberg-Bahnstrecke in den 70er-Jahren wurde die Moräne mit drei Strassen unprofessionell angeschnitten, um die Baustellen mit Material zu versorgen und gleichzeitig das Maiensäss «Bräggi» zu erschliessen. Mit

dem Strassenbau wurden damals keine Massnahmen zur Vegetationsschliessung geleistet, was das Fortschreiten der Erosion durch Wind und Wasser begünstigte. Später drohte sogar ein Abrutschen der Strasse. Ziel der eingeleiteten Massnahmen war es, die Erosion zu stoppen und eine stabilisierende Vegetationsschicht aufzubauen, was bei dieser Exposition, diesem ausgesprochen rauhen kontinentalen Klima und diesen starken Winden eine enorme Herausforderung an die Pflanzen darstellt. Mit der Abflachung der Böschung durch Umlegung der Flurstrasse, der Schaffung einer vegetations- und keimfähigen Oberfläche durch Auflockerung und Stützung mit Hangrosten und Pilotenstämmen, der Initiierung standortangepasster Pioniergehölze mit wurzelackten Büschen und Quickpot-Pflanzen, Pflanzensoden und Spritzsaat konnte die ästhetische Eingliederung in die Landschaft und eine Stabilisierung zur Sicherung der Wege erfolgreich mit ingenieurbiologischen Massnahmen erstellt werden. Der Gemeinde konnte somit auch eine Alternative zu den früher, an einem nahen Standort erstellten, schlecht abbaubaren Kunststoff-Geogitter aufgezeigt werden.

2. Auf- und Anwuchsbedingungen nach der Erstellung

2011: Der Herbst nach der Erstellung war erst eher trocken. Früh setzten dann die ersten Schneefälle ein, was eine gemächliche Wassergabe durch die nachfolgende Schmelze ergab; ideale Anwuchsbedingungen also.

2012: Auf das warme Wetter im März folgte eine eher kühle, wechselhafte Periode, die sich bis Mitte Juli dahinzog und wenig heisse, trockene Phasen bereitete. Dies zum Wohl der aufkommenden Vegetation, die in der Startphase bei extremen Bedingungen sicher eher Mühe gehabt hätte. Die Niederschlagsbilanz des Gesamtjahresverlaufs belief sich leicht über dem Durchschnittswert bei 103% (Sion). 2013: Auch das Frühjahr 13 war der aufkommenden Vegetation huldig. Der Jan./Feb. begann mild. Dann kam ein langanhaltender Winter mit eher tiefen Temperaturen, die von regelmässigen Niederschlägen begleitet wurden. Erst Anfang Juni folgte die erste Hitzeperi-

ode. Im Schnitt blieb die Niederschlagsmenge leicht unter dem Normwert bei 94% (Sion, 568 mm).

2014: Auf den eher trockenen Frühling (56% Niederschlag zur Norm) folgte ein niederschlagsreicher Sommer (126%), wobei auch die Temperaturen nicht in den üblichen Sommerhitzebereich stiegen und lange Hitzeperioden ausblieben.

Rückblickend bestanden in der Periode der ersten drei Jahre fast durchgehend Bedingungen, die die aufkommende Primärvegetation nie an den Grenzbereich der Vitalität brachten, was für die Sukzession zu einem standortangepassten Bestand optimale Voraussetzungen bot.

3. Kritische Reflexion der Massnahmen

3.1 Abflachung des Geländes

Die Abflachung des Geländes auf eine erosionsstabilere Neigung war die wichtigste Massnahme, um eine vegetationsdeckende Oberfläche zu erreichen. Die Kombination mit der vorgeschlagenen, neuen Bruchsteinmauer, der Erhöhung durch einen Holzkasten und der Umlegung der oberen Flurstrasse schaffte ein Böschungsverhältnis, das den Pflanzen eine Durchwurzelung ermöglicht, bevor das umgebende Feinmaterial durch Erosion abgetragen wird. Nur an vereinzelt Stellen im oberen Bereich sind die Neigungen eher noch zu hoch, sodass vor allem bei den Flächen mit Spritzsaat die aufkommenden Kräuter und Gräser Mühe haben, eine Vegetation mit hohem Deckungsgrad zu etablieren. Dies dürfte aber langfristig kein Problem darstellen, da das erodierende Material durch den unten aufkommenden Vegetationsgürtel aufgefangen wird, der Bodenaufbau im Gürtelbereich dabei begünstigt wird und durch diese natürliche, kontinuierliche Schüttung eine weitere Abflachung im oberen Bereich entsteht, was den Erosionsverlauf weiter zur Hangoberkante steigen lässt.

3.2 Oberflächenabdeckung Ansaat

Im vorhergehenden Zusammenhang ist auch zu erwähnen, dass im Gegensatz zu der Spritzsaat mit Mulch und organischem Kleber die verlegten Kokosmatten



Abb. 1: Erosionshang 2005; Ph. Müller
 Fig. 1: Le versant d'érosion en 2005; Ph. Müller



Abb. 2: Böschungsverbauung Juli 2012; Ph. Müller
 Fig. 2: L'ouvrage de stabilisation en juillet 2012; Ph. Müller



Abb. 3: Erosionshang 2009; Ph. Müller
 Fig. 3: Le versant d'érosion en 2009; Ph. Müller



Abb. 4: Erosionssicherung Juli 2012; Ph. Müller
 Fig. 4: Mesure de protection contre l'érosion en 2012 ; Ph. Müller



Abb. 5: Bau zweihäuptiger Holzkasten durch Forstgruppe; Ph. Müller
 Fig. 5: Construction des deux principaux caissons en bois par le groupe forestier; Ph. Müller



Abb. 6: Abflachung der Böschung und Hinterfüllung Holzroste; Ph. Müller
 Fig. 6: Aplatissage du talus et remplissage du treillage; Ph. Müller

zwar eher weniger schnell begrünen, die Oberflächenerosion bei satt anliegenden Matten durch den langen Abbauprozess aber länger aufgehalten wird. Es verfängt sich in den Maschen sogar organi-

sches Material, das den Aufbau von Rohhumus fördert und den Wasserrückhalt und somit die Keimung dadurch begünstigt. Sobald die Koksmatten aber nicht vollflächig auf der Oberfläche aufliegen,

könnte die Erosion unter den Matten weiter fortschreiten, es würde zu Sackbildungen mit größeren Steinkörnern führen, was weiterschreitend zum Herunterreißen der Matten führen könnte.

3.3 Gehölzinjizierung

Um möglichst schnell einen tiefer wirkenden Wurzelhorizont zu erreichen, wurden nebst dem Einlegen von standortvorkommenden Weidenästen (*Salix purpurea*) auch standortvorkommende Wurzeltriebe vom Sanddorn (*Hippophae rhamnoides*) und verschiedene Wildgehölze aus Saatgut des Wallis verwendet. Diese wurden als wurzelnackte Büsche oder im Quickpot geliefert.

Der Sanddorn hat sich an diesem Standort hervorragend etabliert und beginnt mit seinen Ausläufern auch das magere, dichte Moränematerial zu armieren. Die Weidenäste sind trotz eher zu trockenem Standort gut ausgeschlagen, schattieren durch ihre langen Triebe die umliegenden Pflanzen und weisen einen unkalkulierten Effekt aus: Sie werden von der örtlichen Überpopulation von Steinböcken gemieden. Dadurch werden die dazwischen gepflanzten Jungbuscharten geschont. Die Pflanzen im Quickpot sind anfangs deutlich besser angewachsen. Momentan kämpfen alle Büsche aber mit dem

jährlich mehrmals auftretenden Wildverbiss, was schon zu recht hohen Ausfällen geführt hat.

3.4 Hangroste

Der vom örtlichen Forstdienst erstellte Hangrost wurde, entgegen den Planungsvorgaben, mit Schrauben und nicht mit Nägeln ausgeführt. Die Vorteile der Arbeitserleichterung bei der Montage (kein Vorbohren, kein Nageln) sind aber durch die später auftretenden Brüche der Schrauben, welche den Spannungen der Lärchenstämme nicht standhalten, nicht gerechtfertigt. Stahlnägel der entsprechenden Dimension sind nach wie vor die geeignetsten Verbindungen und mindern die Kontrolle und den Unterhalt des erstellten Bauwerkes.

4. Fazit

Insgesamt dürfte sich das Bauwerk in eine erfolgreiche Richtung entwickeln und einen weiteren Beweis darstellen, dass mit ingenieurbioologischen Massnahmen und mehrheitlich organisch

abbaubaren Hilfsmitteln Erosionsnarben auch in extremen Expositionen wie diese behoben werden können. Dabei soll aber nicht nur die technische Lösung im Vordergrund stehen, genauso sollen bewusst die Auswirkungen auf das Landschaftsbild, also auf deren menschliche Wahrnehmung in der Landschaft in die Massnahmenfindung miteinbezogen werden.

5. Verdankung

Über zwei Mal zwei Tage und mit Beihilfe der Forstgruppe Südrampe Raron ermöglichte der Praxiskurs 2011 den Beteiligten einen Einblick in die Erstellung des gesamten Bauwerkes. Zudem konnte man selber Hand anlegen, die Problematiken der Ausführung erfahren und in den Diskussionen verschiedene Ansätze austauschen.

Im Namen des Vereines danke ich allen Teilnehmern, den Leitern, der Forstgruppe Raron, den Sponsoren (Hunn AG, Hydrosaat AG) und der Gemeinde Niedergesteln für ihren Einsatz und ihr Engagement.

Das Bauwerk ist auf einem guten Wege zur Rückführung in eine standortgerechte, stabile Vegetationsdecke.

Kontaktadresse

Philipp Müller
Müller LandschaftsArchitektur
Rainstrasse 46
5024 Küttigen
Tel.: 062 827 16 16
E-Mail: info@mueller-la.ch

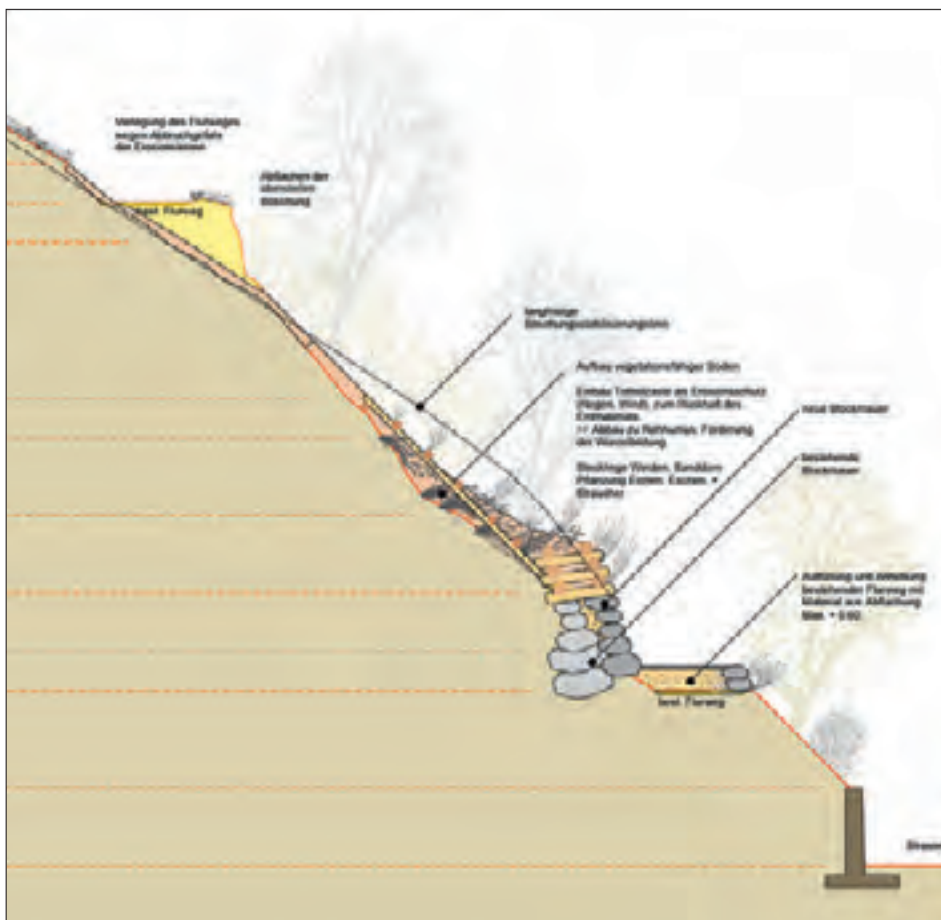


Abb. 7: Schnitt Bauprojekt; Müller LandschaftsArchitektur
Fig. 7: Coupe du projet de construction; Müller LandschaftsArchitektur



Abb. 8: Pflanzen im Quickpot; Ph. Müller
 Fig. 8: Plantes dans les pots «Quickpot»; Ph. Müller



Abb. 9: Pflanzen nach erster Vegetationsperiode; Ph. Müller
 Fig. 9: Les plantes après la première période de végétation; Ph. Müller



Abb. 10: Holzkasten und Holzroste während des Baus; Ph. Müller
 Fig. 10: Caissons et armature en bois pendant la construction; Ph. Müller



Abb. 11: Holzkasten und Holzroste während des Baus; Ph. Müller
 Fig. 11: Caissons et armature en bois pendant la construction; Ph. Müller



Abb. 12: Landschaftsbild 2007; Ph. Müller
 Fig. 12: Photographie du paysage en 2007; Ph. Müller



Abb. 13: Landschaftsbild 2014; Ph. Müller
 Fig. 13: Photographie du paysage en 2014; Ph. Müller



Abb. 14: Kursteilnehmer, Behördenmitglieder und Leiter; Ph. Müller
 Fig. 14: Participants au cours, représentants des autorités et organisateur; Ph. Müller.



PROFI GRÜN
ESPACES VERTS

UFA-Samen für eine erfolgreiche Begrünung

- Qualitäts-Saatgutmischungen
- Erosionsschutz
- Organische Bodenverbesserer
- Spezialdünger
- Beratung

Erhältlich in Ihrer LAND!
 fenaco | UFA-Samen PROFI GRÜN
 8401 Winterthur | Telefon 058 433 76 76 | www.ufasamen.ch

Mehr als grüne Böschungen. Mit Sicherheit!

- Böschungsbegrünung
- Erosionsschutz
- Nasssaat
- Jute- und Kokosgewebe
- Hochlagenbegrünung
- Rohbodenbegrünung
- Wildblumenwiese

**Unser Angebot für eine
erfolgreiche Begrünung:**

- Objektberatung
- Produkte ab Lager
- Ausführung und Einbau



Begrünungen Hunn

Fleischstrasse 14, CH-5430 Muri AG
 Tel. 056 664 22 25, Fax 056 664 29 25
info@begrueunngen-hunn.ch, www.begrueunngen-hunn.ch



Ausschreibung Begrünerpreis 2016

Die Arbeitsgruppe Hochlagenbegrünung (AGHB) des Vereins für IngenieurbioLOGIE setzt sich seit 1996 für schonende und standortgerechte Begrünung im Alpenraum ein.

Um Begrünungsprojekte mit vorbildhaftem Charakter aufzuzeigen, vergibt die AGHB einen Preis für gelungene Begrünungen im Bereich der Waldgrenze und höher. Es werden besonders gut gelungene Projekte und Massnahmen ausgezeichnet, welche die Qualität und Nachhaltigkeit von Hochlagenbegrünungen fördern. Die Anstrengungen der Projektbeteiligten werden in einer breiten Öffentlichkeit gewürdigt. Die Auszeichnung bringt die Bedeutung der Hochlagenbegrünungen in einem umfassenden Sinn in das Bewusstsein der Öffentlichkeit und motiviert Entscheidungsträger, ähnliche Projekte zu verwirklichen.

Preiswürdige Projekte zeichnen sich u.a. durch hohe Qualität bezüglich der angemessenen Planung und Projektierung, der Ausführung im Gelände, der Begrünungsergebnisse und der Erfolgskontrolle aus. Das Vorgehen bei ökologisch hochwertigen Begrünungen im Alpenraum ist ausführlich beschrieben in den „Richtlinien Hochlagenbegrünung“. Eine Kurzfassung für die Baustelle liefert eine praktische Übersicht. Die ausführlichen Kriterien für die Vergabe des Begrünerpreises, sowie die Kurzfassung der „Richtlinien Hochlagenbegrünung“, finden Sie auf der Homepage des Vereins IngenieurbioLOGIE (<http://www.ingenieurbioLOGIE.ch>).

Preisträger ist ein bestimmtes Begrünungsprojekt mit den Bauherren und den beteiligten Planungs- und Ausführungsorganen (z.B. Gemeinden, Kantone, Korporationen, Tourismus-Organisationen, Bergbahnunternehmen). Auch länger zurückliegende Begrünungen werden berücksichtigt, wenn standortgemäss begrünt wurde. Die Preisverleihung wird anlässlich des nächsten Begrüner-Symposiums im Spätsommer 2016 stattfinden. Das Symposium wird in Zermatt, auf dem Gelände der Zermatt Bergbahnen AG, einem der beiden Gewinner des Begrünerpreises 2013, stattfinden.

Vorschläge für den Begrünerpreis können bis zum 14. Juni 2015 beim Sekretariat des Vereins für IngenieurbioLOGIE eingereicht werden (Formular für Kandidatur siehe: <http://www.ingenieurbioLOGIE.ch>).

Anmeldung und Auskunft: Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften, Sekretariat Verein für IngenieurbioLOGIE, Arbeitsgruppe für Hochlagenbegrünung, Andrea Grimmer, Grüental, Postfach, CH-8820 Wädenswil
Tel: +41 (0)58 934 55 31
e-mail: sekretariat@ingenieurbioLOGIE.ch
Internet: www.ingenieurbioLOGIE.ch



Appel aux candidatures - Prix de végétalisation 2016

Depuis 1996, le Groupe de travail pour la végétalisation en altitude (AGHB) de l'Association pour le génie biologique se consacre à une renaturation soignée et adaptée à la station dans le massif alpin.

Afin de mettre en valeur des projets de végétalisation exemplaires, l'AGHB attribue un Prix de végétalisation à des reverdissements réussis effectués au-dessus de la limite des forêts, en particulier les projets et les mesures promouvant la qualité et la durabilité des végétalisations en altitude. Les efforts des projets participants seront valorisés dans le grand public. La distinction souligne l'importance de la végétalisation en altitude au sens général dans la conscience des gens et motive les décideurs à réaliser de tels projets.

Les projets entrant en ligne de compte démontrent entre autres une qualité élevée en rapport avec la mise en oeuvre de la planification et de la conception, l'exécution des travaux sur le terrain, les résultats et le contrôle des résultats. La procédure pour une végétalisation de grande valeur écologique dans le massif alpin est décrite en détail dans „Directives pour une végétalisation en altitude“. Une version courte pour le chantier offre également un aperçu pratique. Les critères détaillés pour l'attribution du Prix de végétalisation se trouvent sur le site Internet de l'Association pour le génie biologique (<http://www.ingenieurbioLOGIE.ch>).

Le gagnant est un projet de végétalisation accompagné des maîtres d'ouvrage et des organes associés à la mise en oeuvre et à la planification (par ex. communes, cantons, corporations, organisations de tourisme, entreprises de chemin de fer alpin). Des projets effectués non récemment seront aussi pris en considération, si ceux-ci font preuve d'une végétalisation adaptée à la station. Pour l'occasion, un symposium aura à Zermatt, auprès des Zermatt Bergbahnen AG, l'un des lauréats du Prix de végétalisation 2013.

Des propositions pour l'attribution du prix peuvent être soumises jusqu'au 14 juin 2015 au secrétariat de l'Association pour le génie biologique (cf. formulaire de candidature: <http://www.ingenieurbioLOGIE.ch>).

Inscription et renseignement :

Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften, Sekretariat AGHB, Andrea Grimmer, Grüental, Postfach, CH-8820 Wädenswil
Tel: +41 (0)58 934 55 31
e-mail: sekretariat@ingenieurbioLOGIE.ch
Internet: www.ingenieurbioLOGIE.ch

Editorial	2
Fachbeiträge	
Langjährige Hangsicherungen durch bepflanzte Holzkrainerwände in Südtirol	4
Ingenieurbioologische Hangsicherungsmassnahmen in Südtirol: planen, bauen, überwachen	12
Entwicklung und Anwendung von naturbelassener Holzwolle für die Hangsicherung	20
Rückblick auf den Praxiskurs des Vereins für Ingenieurbioologie 2011, Niedergesteln VS	37
Ausschreibung Begrünerpreis 2016	43



INGENIEURBIOLOGIE
GÉNIE BIOLOGIQUE
INGEGNERIA NATURALISTICA
INSCHENIERA BIOLOGICA

Verein für Ingenieurbioologie
Association pour le génie
biologique

ZHAW
Zürcher Hochschule für
Angewandte Wissenschaften
Sekretariat, Andrea Grimmer
Grüntal, Postfach 335, CH-8820 Wädenswil
Tel. +41 58 934 55 31



Europäische Föderation für Ingenieurbioologie
Federazione Europea per l'Ingegneria Naturalistica
European Federation for Soil Bioengineering
Fédération Européenne pour le Génie Biologique
Federación Europea de Ingeniería del Paisaje

Dipl.-Ing. Rolf Studer
Verein für Ingenieurbioologie in der Schweiz
Route du Coteau 63, CH-1752 Villars-sur-Glâne
Tel: +41 26 401 02 45
Mail: rolfaugust.studer@gmail.com
<http://www.ingenieurbioologie.ch>

Inserate

Inseratentarif für Mitteilungsblatt / Tarif d'insertion dans le bulletin

Der vorliegende Tarif ist gültig für eine Ausgabennummer.

Le présent tarif comprend l'insertion pour une parution.

1 Seite	Fr. 750.–	2/3 Seite	Fr. 550.–	1/2 Seite	Fr. 400.–
1/3 Seite	Fr. 300.–	1/4 Seite	Fr. 250.–	1/8 Seite	Fr. 150.–
Separate Werbebeilage beim Versand:		1 A4-Seite	Fr. 1000.–		
		jede weitere A4-Seite	Fr. 300.–		

Inseratenannahme: Roland Scheibli, Baudirektion Kanton Zürich, ALN, Abteilung Landwirtschaft, Walcheplatz 2, Postfach, 8090 Zürich, Tel.: +41 43 259 27 64, Fax: +41 43 259 51 48, E-Mail: roland.scheibli@bd.zh.ch

Link auf der Internetseite des Vereins / Liaison internet sur la page web de l'association: Fr. 750.– pro Jahr / par an

Oder bei Inseraten im Mitteilungsblatt im Wert von mindestens Fr. 750.– pro Jahr

Contre publication d'encarts publicitaires dans le journal Génie Biologique pour Fr. 750.– par an au moins

Redaktionsschluss / Délai rédactionnel

Heft:	Redaktionsschluss:	Thema:	Erscheint:	Redaktion:
Nr. 3/2015	15. August 2015	Agébio	Oktober 2015	vakant
Nr. 4/2015	15. Oktober 2015	Umsetzung GSchG	Dezember 2015	Röbi Bänziger

Fachbeiträge sind gemäss den redaktionellen Richtlinien zu verfassen und bis zum Redaktionsschluss an Roland Scheibli, Baudirektion Kanton Zürich, ALN, Abteilung Landwirtschaft, Walcheplatz 2, Postfach, 8090 Zürich, Tel.: +41 43 259 27 64, Fax: +41 43 259 51 48, E-Mail: roland.scheibli@bd.zh.ch