

Entwicklung und Anwendung von naturbelassener Holzwolle für die Hangsicherung

Sustainable slope erosion control using wood-wool

Von Imad Lifa, Chur (CH)

Mit 12 Abbildungen und 2 Tabellen



Prof. Dr.-Ing. Imad Lifa

Kurzfassung

Die interne Stabilität von Hängen und Böschungen ist durch die innere Reibung im normal anstehenden Boden gegeben. Starke Regenfälle wirken destabilisierend, da 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, in dem 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 bekannte Anwendung, die in den USA stark verbreitet ist. In Europa dagegen wurde Holzwolle vor Jahrzehnten durch Kunststoffe und importierte Naturfasern abgelöst.

Ziel dieser Forschungsarbeit ist es, diese alte und bewährte Anwendung neu einzuführen und die fachlichen Grundlagen zu erarbeiten, um diese Technik gezielt an regionale Gegebenheiten anzupassen (Holzarten, Abstimmung auf die Bodenbeschaffenheit und die Wahl der Begrünungspflanzen). Das Forschungsprojekt wird durch die Kommission für Technik und Innovation (KTI) der Schweiz subventioniert.

Abstract

The stability of slopes and embankments is usually given by the friction of the soil. Therefore, strong rains could destabilize the internal balance as water fills up the pores and reduces the friction between the soil grains. This disturbing of the internal balance may cause land slide. A functional vegetation offers protection against erosion and controls the hydrologic balance inside the soil. There are many solutions known to control erosion. Geosynthetics as example protect the surface of the slope and enable a temporary protection. Matts made of wood wool do function like geosynthetics against surface erosion. They can buffer rainwater and encourage the growth of vegetation and their rootage. Furthermore, their roots lead to com-

paction of the soil which reduce or eliminate the basic cause destabilisation of embankments.

The application of wood wool as erosion control is very common in USA. In contrast was the use of wood in Europe displaced through products made of synthetics and imported natural fibres.

The target of the research project is to re-establish this known application of wood wool matts as against erosion. All properties refer to kind of soil, wood and vegetation are examined during the running scientific research work, which is subsidized by the commission of technique and innovation (CTI) of Switzerland.

1. Einleitung

Erosionsschuttmatten 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 Hochschule für Technik und Wirtschaft HTW Chur untersucht, wie und ob der Einsatz von Holzwollmatten funktioniert.

2. Ursachen für Rutschungen

Ursache für das Auftreten von Rutschungen sind 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. Sind noch weitere tiefere Bodenschichten vom Regenwasser durchweicht, 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 Kräftegleichgewicht stabilisierend wirkt. 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 Bodenschichten ins Grundwasser. Mit zunehmendem Porenwasserdruck verliert der Hang seine interne Stabilität. Die Folge ist eine Hangrutschung.

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. 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.

3. Holzwolle gegen Erosion

Erosionsschutz mit Holzwolle ist eine bekannte Anwendung, die vor allem in den USA stark verbreitet ist. In Europa dagegen wurde Holzwolle vor Jahrzehnten durch Kunststoffe und Naturfasern abgelöst. 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. 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 Institut für Bauen im alpinen Raum IBAR als auch Lindner verfolgen das Ziel, Holzwoollematten aus einheimischen Hölzern, abgestimmt auf spezifische Boden- und Geländeeigenschaften zu entwickeln, an mehreren Standorten einzubauen und wissenschaftlich zu untersuchen.

Die Matten sind mit Netzen aus Polypropylen oder Jute zusammengehalten. Darüber hinaus sind sie unterschiedlich stark in der Konstruktion der Holzwoollfasern. 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 Holzwoollematten 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%.

4. Holzwolle nach Schweizerischem Standard

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.

Holzwole ist ein hochwertiger naturbelassener Werkstoff in Form von gleichmässigen feinen und bis zu 500 mm langen, elastischen losen, holzsplitterfreien und quasi staubfreien Holzwoolfäden. Diese werden aus entrindeten und bis auf 13% Holzfeuchte luftgetrockneten Baumstämmen der höchsten Qualitätsklassen hergestellt. Eingesetzt wird die Holzwole 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.

Holzwoollematten sind Steppverbindungen aus Holzwole 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 Holzwoollrezepturen 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 Potential für die Holzwole. Ein anderes Einsatzfeld ist der Forststrassenbau. Werden dort Holzwoollematten eingesetzt, schliesst sich auch der Kreis zum Rohstoff Holz [Wald und Holz, S. 5].

In den USA wird Holzwole 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 herstellernunabhängigen Labortests und Praxisversuchen mit alternativen Produkten aus anderen pflanzlichen Fasern – wie beispielsweise Stroh, Bambus oder Kokos – erweist sich die Holzwole in der Regel als die beste Lösung.

5. Renaturierungen von Skipisten

In den 90er Jahren 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 und stellte folgendes fest:

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

6. Holzwoollematten im Labor

Die Abbildungen 1 und 2 zeigen beispielhaft zwei Typen von Holzwoollematten, die im Labor des Instituts für Bauen im alpinen Raum IBAR getestet worden sind.

Die Prüfung der Zugfestigkeit wurde in Anlehnung an die Norm *DIN EN ISO 10319: Geokunststoffe – Zugversuch am breiten Streifen* durchgeführt. Je nach Konstruktion konnten die geprüften Matten Zugfestigkeiten von ca. 2,5 bis über 10 kN/m und Dehnungen von 9 bis fast 30% erreichen, s. Tab. 2.

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	2,8	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 Holzwoolfäden

Tab. 1: specification of wood fibres

Die Prüfung der Wasseraufnahmefähigkeit wurde in Anlehnung an die Norm DIN 53129 durchgeführt. Diese ergab eine Wasseraufnahmefähigkeit von durchschnittlich 204% des Eigengewichtes. Ein Quadratmeter Holzwolle kann ca. 844 g Wasser speichern und langsam abgeben.

Zum Vergleich der verschiedenen getesteten Holzwollematte wurden die Mittelwerte der einzelnen Prüfergebnisse ermittelt und in Tabelle 2 zusammengefasst.

7. Feldversuch/Pilotprojekt Wattwil

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

Am 2. April 2013 wurden die in der Produktentwicklung verifizierten Holzwollevliese in Wattwil verlegt. Die Projektfläche von ca. 270 m² ist nach Norden exponiert und hat eine mittlere Neigung von ca. 45°. Der anstehende Boden besteht aus mergelreichen Konglomeraten 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.

7.1. Ziel und Vorgehen des Versuchs

Die Eignung der Holzwolle und die Anwuchsbedingungen sollten untersucht werden.

Im April 2013 wurde die Versuchsfläche mit Holzwolle abgedeckt und mit einer standardisierten Samenmischung begrünt.

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

- Inwiefern können die Holzwollematten den Anwuchs einer Begrünung beeinflussen? Eine Kontrollfläche ohne Holzwolle wurde deshalb angelegt und mit derselben Samenmischung begrünt.
- Welchen Einfluss hat die Konstruktion der eingesetzten Holzwollematten (Grammatur)?
- Welche Dauerhaftigkeit haben die verschiedenen Holzarten?
- Welche Trägermaterialien (Netze aus Jute, Kokos oder synthetischen Fasern) sind geeignet?
- Wie verändert sich die Vegetation über die Dauer der Versuchsperiode?

7.2. Auswahl der Versuchsflächen

Es wurden 10 Flächen mit Holzwollematten unterschiedlicher Konstruktionen und Holzmischungen verlegt. Diese Versuchsflächen sind in der Abb. 3 dargestellt. Die Fläche K diente als Kontrollfläche ohne Holzwolle, aber mit dergleichen Begrünung. Gewählt für diesen Versuch wurden Buche und Föhre zur Prüfung der des Einflusses der Holzart. Als Trägermaterialien wurden Jute und Polypropylen eingesetzt. Darüber hinaus wurden zwei Konstruktion mit 350 und 500 g/m² gewählt.



Abb. 1: Holzwollematte aus groben Fasern

Fig. 1: Wood wool matt made of rough fibres



Abb. 2: Holzwollematte aus feinen Fasern

Fig. 2: Wood wool matt made of fine fibres

Vor dem Einbau der Holzwollematten wurde das Saatgut Typs OH-Schotter mittels Gebläse (Druckluft) aufgebracht. 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.

Tab. 2: Physikales Eigenschaften Holzwollematten

Tab. 2: Physical properties of wood wool matts

Holzwolle-Typ	Flächengewicht [g/m ²]	Dehnung [%]		Zugkraft [kN/m]		Wasseraufnahmefähigkeit	
		längs	quer	längs	quer	[g/m ²]	[%]
10 Jute Classic	417	17,9	16,4	10,95	7,40	810	194
10H/PP Classic	300	18,8	9,2	7,75	2,55	570	190
10H/PP Wirrgelege	438	14,5	18,4	2,45	2,55	900	206
20H/HD/PP Wirrgelege	408	27,0	21,6	7,10	4,65	757	186
H/PP Wintervlies	435	13,3	15,6	3,30	2,70	1112	256
H/M/PP Mulchvlies	468	16,2	15,3	2,90	1,95	921	197

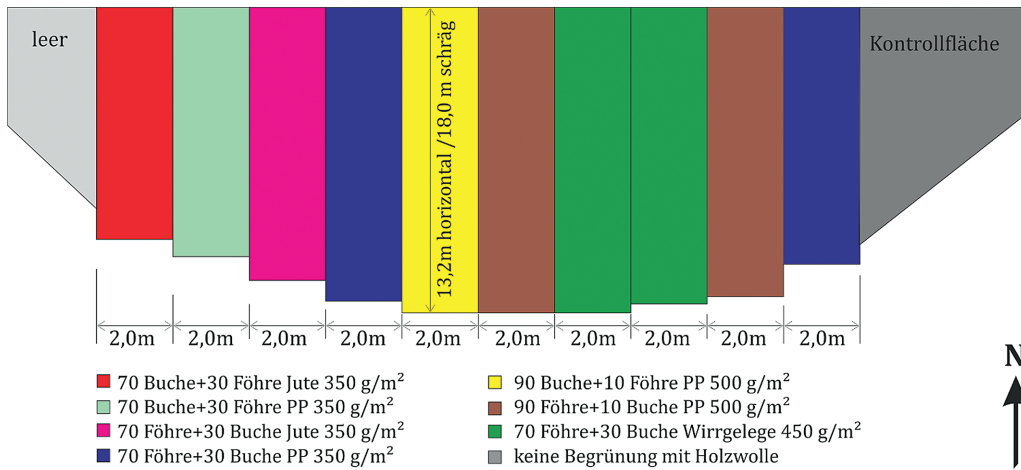


Abb. 3: Belegungsplan für die Versuchsfläche
Fig. 3: Installation plan for testing area

7.3. Einbau der Holzwolle-matten

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



Abb. 4: Verankerung der Matten
Fig. 4: Anchoring of the matts



Abb. 5: Vernagelung der Matten am Hang
Fig. 5: Fixation of the matts on slope

Als nächstes wurden die Matten in der Falllinie durch die Schwerkraft abgerollt und gerichtet. Anschliessend wurden die Matten vernagelt (Abb. 4 und 5). Und einzelne Pflanzen und Felsnasen dabei ausgeschnitten.

7.4. Anwuchskontrolle

Bei der ersten visuellen Kontrolle einen Monat nach dem Einbau, im Mai 2013, wurden keine wesentlichen Verschiebungen und Verformungen als 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.

Ende August 2013 fand eine weitere Kontrolle statt. Dabei waren ebenfalls keine Verschiebungen oder mechanische 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. Abbildungen 6 bis 9 verdeutlichen den Fortschritt des Anwuchses nach einem, 2,5 und 5 Monaten.

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, vgl Abb. 10. Darüber hinaus könnte ein Abtransport von Samen stattgefunden haben. Eine klare Aussage über den Einfluss der Konstruktionen und Holzarten konnte nicht gemacht werden.



Abb. 6: Matte unmittelbar nach dem Einbau [7]
Fig. 6: Matt after installation

Die Betrachtung der Kontrollfläche und der Vergleich mit den benachbarten Flächen liess die Wirkung der Holzwolle-matten deutlich erkennen. Die Oberfläche der Kontrollfläche zeigte deutliche Spuren von Erosion, vgl. Abb. 11.

Bei einer weiteren Kontrolle im März 2014 waren keine weiteren geometrischen Veränderungen der verlegten Holzwolle-matten feststellbar. Das Phänomen der Faserdehnung bzw. Faserschrumpfung war in der Anfangsphase vorhanden. Die Trägernetze hatten sich anfänglich mit Wasser vollgesogen und dadurch gedehnt, wodurch sie sich der Geländeform anpassen konnten, vgl. Abb. 12.

Veränderungen der Farben der Holzfasern wurde 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 Holzarten-Zusammensetzung 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.



Abb. 7: Vegetation ein Monat nach dem Einbau [6]
Fig. 7: Vegetation after one month after instantiation



Abb. 8: Vegetation 2,5 Monate nach dem Einbau [6]
Fig. 8: Vegetation after 2,5 months after instantiation



Abb. 9: Vegetation 5 Monate nach dem Einbau [6]
Fig. 9: Vegetation after 5 months after instantiation



Abb. 10: Zustand der Versuchsfläche knapp fünf Monate nach dem Einbau [6]
Fig. 10: Situation of testing area 5 months after installation



Abb. 11: Versuchsfläche (links) und Kontrollfläche (rechts), Die Vegetation auf der Versuchsfläche ist deutlich besser entwickelt [6]
Fig. 11: Testing area (left) and control area (right), vegetation on testing area is clearly better developed



Abb. 12: Versuchsfläche ein Jahr nach Installation
Fig. 12: Testing area one year after installation

8. Schlussfolgerung und Resultate

Der Einsatz von Holzwolle wirkt gegen Erosion und verbessert den Anwuchserfolg einer Begrünung. Die Versuchsfläche hat gezeigt, dass Holzwollematten eine stabilisierende und keimbegünstigende Wirkung auf Bodenoberflächen haben.

Wie und ab wann die Konstruktion der Holzwollematten den Begrünungsgrad verbessert, konnte im Pilotprojekt 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 weiter entwickelt werden. Eine visuelle Kontrolle, um den Begrünungsgrad abzuschätzen, genügt nicht. Es fehlen noch Messmethoden, um die Durchwurzelungstiefe zu ermitteln.

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 2 Jahren im Rahmen eines KTI Projektes „Nachhaltiger Erosionsschutz mit Holzwolle“ eingehend untersucht.

Literatur

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

- [2] Bundesamt für Umwelt BAFU: Wald- und Holzforschungsfonds, Holzwolle – Neue nachhaltige Nutzung von Schweizer Laubholz geht in die Versuchsphase, Medieninformation vom 24. September 2012
- [3] Fachzeitschrift Wald und Holz: Unauffälliger Alleskönner, Holzwolle – ein vielseitiger und natürlicher Holzwerkstoff, S. 3–6, Solothurn, 2/2013
- [4] Fattorini, Marzio: Entwicklung der Vegetation auf standortgerecht reaturierten Skipisten oberhalb der Waldgrenze, ETH Zürich, Zürich 1998
- [5] Frey, Hanspeter: Werkstoffmonografie Holzwolle, edition Ylchtensteig, Deutschland 2011
- [6] Hollenstein, Kurt: Versuchsbericht und Bildermaterial „Einsatz von Holzwollevliesen in der Hangsicherung und Begrünung“, Pilotprojekt Wattwil Version 0.1 vom 12. November 2013
- [7] Lifa, Imad: Entwicklung und Anwendung von naturbelassener Holzwolle für die Hangsicherung, Fachzeitschrift Ingenieurbiologie 3/2014
- [8] Lifa, Imad: Ökologischer Erosionsschutz mit Holzwolle, Fachzeitschrift „der bauingenieur“ 1/2014
- [9] Lindner Suisse: Howolis-Holzwollevliese, der ökologische Erosionsschutz aus dem Schweizer Wald, Internet: www.lindner.ch, aufgerufen am 25. Juni 2013
- [10] Näf, Daniel: Studie des Instituts für Bauen im alpinen Raum HTW Chur „Erosionsbekämpfung im alpinen Raum durch Einsatz von Holzwolle“ 2013

Projektbeteiligte Pilotprojekt Wattwil/Schweiz

- 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 BGGB. Unterstrasse 22, 9001 St. Gallen
Lignum – Holzwolle St. Gallen, Davidstrasse 35, 9001 St. Gallen
- Beobachter: Pius Eicher, Logis Switzerland AG
- 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 IBAR der Hochschule für Technik und Wirtschaft HTW Chur

Prof. Dipl. -Ing. MBA Dr. Imad Lifa
Leiter Institut für Bauen im alpinen Raum IBAR
Hochschule für Technik und Wirtschaft HTW Chur
Pulvermühlestrasse 80, CH-7000 Schweiz
Tel.: +41-81-286 24 83
imad.lifa@htwchur.ch