

**Zeitschrift:** Tec21  
**Herausgeber:** Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein  
**Band:** 129 (2003)  
**Heft:** 48: Frischer Wind im Tunnel

**Artikel:** Pilze kitten Böden: Ingenieurbiologische Massnahmen zur Renaturierung erosionsgefährdeter Böden im Berggebiet  
**Autor:** Schmid, Tobias / Frei, Martin  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-108876>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 09.04.2025

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



Tobias Schmid, Martin Frei

## Pilze kitten Böden

Ingenieurbiologische Massnahmen zur Renaturierung erosionsgefährdeter Böden im Berggebiet

**Rutschende Hänge bedrohen Siedlungen und Infrastrukturen. Schutz bietet ein gut durchwurzelter Boden. Nur, ist ein Boden erst mal erodiert und entblösst, dann braucht es sehr lange, bis sich die Vegetationsdecke wieder neu etabliert. Wissenschaftler konnten mit Versuchen belegen, dass die Pilze der Pflanzen-Pilz-Symbiose Mykorrhiza nicht nur dazu beitragen, in kargen Böden Pflanzen mit Nährstoffen zu versorgen, sondern auch den Boden stabilisieren. Sie «kitten» sozusagen Bodenteilchen zusammen.**

Die Herbst-Unwetter 2002 in Graubünden, Appenzell und im Napfgebiet haben grosse materielle Schäden hinterlassen. Die Bäche sind über die Ufer getreten und haben dabei angrenzende Berghänge mitgerissen. Es sind Murgänge entstanden, die tragischerweise auch Todesopfer gefordert haben. Nach derartigen Ereignissen stellt sich immer wieder die Frage, welche Massnahmen dazu beitragen können, künftige Ereignisse abzuwenden beziehungsweise auf ein erträgliches Mass zu reduzieren. Zum einen gibt es Gefahrenkarten, Warnsysteme und Notfallorganisationen der lokalen Behörden, denen kurz vor beziehungsweise während eines Unwetters eine grosse Bedeutung zukommt. Zum anderen bietet die Vegetationsdecke einen guten Schutz davor, dass Starkniederschläge den Boden einfach weg-

schwemmen.<sup>1</sup> Die Vegetation durchwurzelt den Boden und verhindert oder verzögert so Erosionsprozesse. Langfristig am stabilsten ist eine standortgerechte Pflanzengesellschaft, die Niederschläge zurückhalten und dosiert an den Boden weitergeben kann.

### Rohböden stabilisieren

Müssen Rohböden von Erosionsflächen stabilisiert und renaturiert werden, so ist es wichtig, dass sich möglichst rasch wieder eine standortgerechte Vegetationsdecke entwickelt. Voraussetzung hierfür ist, dass ein funktionstüchtiges Keimbeet für die Pflanzen vorhanden ist.<sup>2</sup> In Hochlagen, wo extreme klimatische Verhältnisse herrschen, findet der Bodenbildungsprozess im Vergleich zu tieferen Lagen verhältnismässig langsam statt.<sup>3</sup> Entsprechend sind die fruchtbaren Bodenschichten von geringer Mächtigkeit. Nach Rutschungen oder baulichen Eingriffen bleibt deshalb während langer Zeit oft nur noch der nackte Rohboden zurück (Bild 1). Der gesamte Mikrostandort ist durch die Erosion gestört. Bezüglich Wasser- und Nährstoffverhältnissen ist ein derartiger Boden ein sehr ungünstiges Keimbeet. Prallen nun Niederschläge mit Wucht auf das Feinmaterial auf, schwemmen sie dieses weg. Wie kann der Boden – einmal entblösst – möglichst schnell wieder geschützt und begrünt werden? Eine schnelle Wiederbegrünung erreicht man einerseits mit Düngern (siehe Kasten «Das schnelle Grün»), andererseits besteht auch

### Mykorrhizapilze

Der Begriff Mykorrhiza steht für eine symbiotische Beziehung zwischen Pflanzen und Pilzen.<sup>8</sup> Die Pilze wachsen dabei in den Pflanzenwurzeln oder um diese herum. Der Pilz bezieht von der Pflanze Photosyntheseprodukte und versorgt sie im Gegenzug mit Wasser und Nährstoffen. Die am weitesten verbreitete Form der Symbiose ist die arbuskuläre Mykorrhiza, die innerhalb der Wurzeln wächst. Diese Form dominiert bei Gräsern und krautigen Pflanzen. An holzigen Pflanzen finden sich vorwiegend Ektomykorrhiza-Pilze, welche die äusseren Feinwurzeln mit einem dichten Fadengeflecht aus Pilzhyphen einhüllen.<sup>9</sup> Die Pilzhyphen sind rund 5–10-mal dünner als die Feinwurzeln und können so ein breites Spektrum der Bodenporen für die Nährstoff- und Wasserversorgung erschliessen.

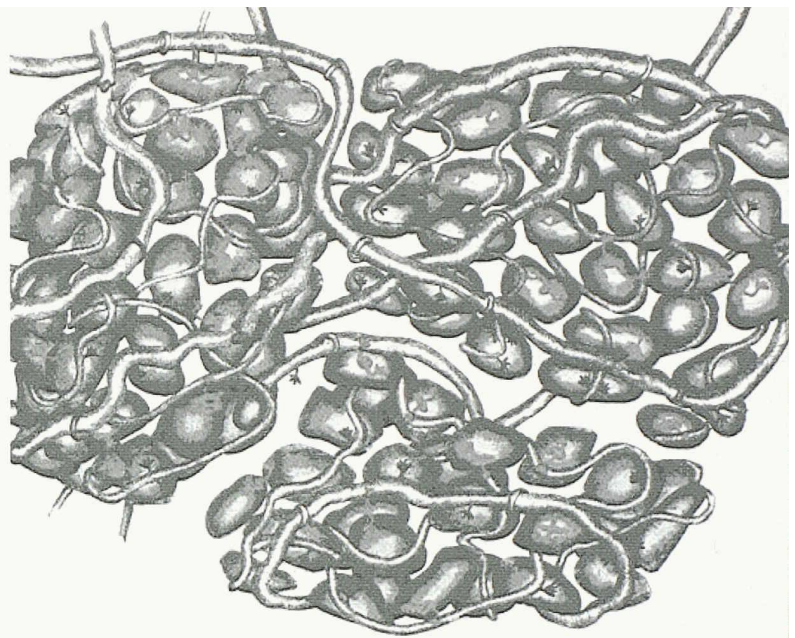
1

**Hangmure in der Val Camplion (Gemeinde Trun) auf 960 m ü. M. Diese Fliessrutschung ist eines der harmlosen Beispiele der Unwetter-Ereignisse vom November 2002 im Bündner Oberland (Bilder: WSL)**

### Das schnelle Grün

Bei der Wiederherstellung von geschädigten Flächen setzt man oft mineralische Dünger ein, die die Begrünung beschleunigen sollen. So ist oft das «schnelle Grün» der Massstab für den Erfolg. Ein Düngereinsatz kann jedoch längerfristig mit verschiedenen negativen Auswirkungen verbunden sein.<sup>2</sup> Durch die schnell verfügbaren Nährstoffe können Pflanzen, die eigentlich nicht an den Standort angepasst sind, die standortgerechten und anspruchsloseren Arten verdrängen. Düngemittel schränken das Wachstum der Feinwurzeln ein, es kommt zu grossen Veränderungen der Bodenflora und -fauna. Will man die Wachstumsbedingungen verbessern, so ahmt man am besten die natürlichen Prozesse nach.

Bei baulichen Eingriffen in die Landschaft im Rahmen von Bewilligungsverfahren verlangen die Behörden in der Regel eine rasche Wiederbegrünung. Vergessen wird dabei, dass es auch um ein qualitativ gutes Grün geht. Um erkennen zu können, wie dauerhaft eine neu angelegte Vegetation ist, machen Abnahmen von Begrünungsprojekten an sensiblen Standorten deshalb frühestens nach drei Jahren Sinn.



2

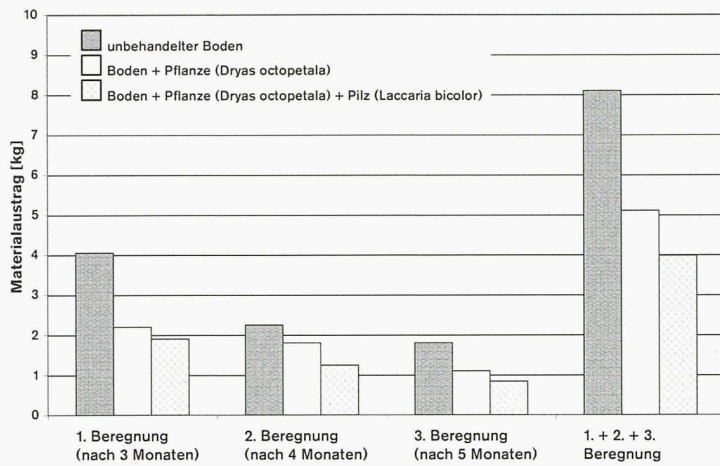
Die Pilze durchwachsen ähnlich wie Wurzeln den Boden und formen aus feinen Kornfraktionen in einem ersten Schritt Mikroaggregate. Durch das Umgarnen werden organische und mineralische Teilchen eng zusammengedrückt. Dabei werden sie einerseits durch das Netzwerk der Pilze mechanisch verfestigt und andererseits durch Pilz-Ausscheidungen (Polysaccharide, Polyuronide) zusätzlich verkittet. In einem nächsten Schritt werden die kleinen Aggregate zu Makroaggregaten zusammengefügt, wobei es wieder zu chemischer und mechanischer Verfestigung kommt. Die so entstehenden Aggregate bilden die Bausteine für eine stabile Boden- und Porenstruktur (Schematische Darstellung der mikrobiellen Bodenaggregat-Bildung. Bild: Véronique Graf-Morgen,<sup>6</sup> publiziert mit freundlicher Genehmigung der Schweizerischen Zeitschrift für Forstwesen)

die Möglichkeit, die natürlichen Bodenbildungsprozesse nachzuahmen und zu unterstützen und so ein besiedlungsfähiges Substrat zu erhalten.

Der Bodenbildungsprozess ist aber ein komplexer Vorgang, an dem die Faktoren Klima, Muttergestein, Relief, Lebewesen und Zeit beteiligt sind.<sup>3</sup> Bei diesem Prozess bildet sich unter anderem die Bodenstruktur, die für das Pflanzenwachstum, aber auch für die anderen am Bodenbildungsprozess beteiligten Lebewesen wichtig ist. Die Stabilität dieser Struktur ist entscheidend für die Durchwurzelbarkeit und das Wasserangebot wie auch für die Bodendurchlüftung. Dies wiederum begünstigt die Zersetzung von organischen Substanzen und wirkt sich so positiv auf das Nährstoffangebot aus.

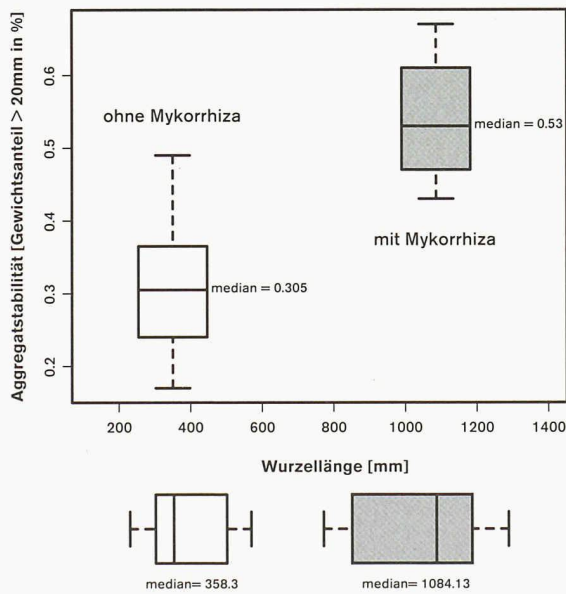
### Die kleinen Helfer

Die Pflanzen erhalten Unterstützung von den Pilzen der Pflanzen-Pilz-Symbiose Mykorrhiza. In dieser Symbiose versorgen die Pilze die Pflanzen mit Nährstoffen und Wasser (siehe Kasten «Mykorrhiza»). Versuche des Teams «Erd- und Felsbewegungen» der Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL) belegen: Mykorrhizapilze sorgen nicht nur für das Gedeihen der Pflanzen, sondern sie sind auch – zusammen mit anderen Mikroorganismen – beim Aufbau einer stabilen Bodenstruktur beteiligt.<sup>2</sup> Die Pilze können mit ihrem weitverzweigten Hyphennetzwerk kleinste Bodenparti-



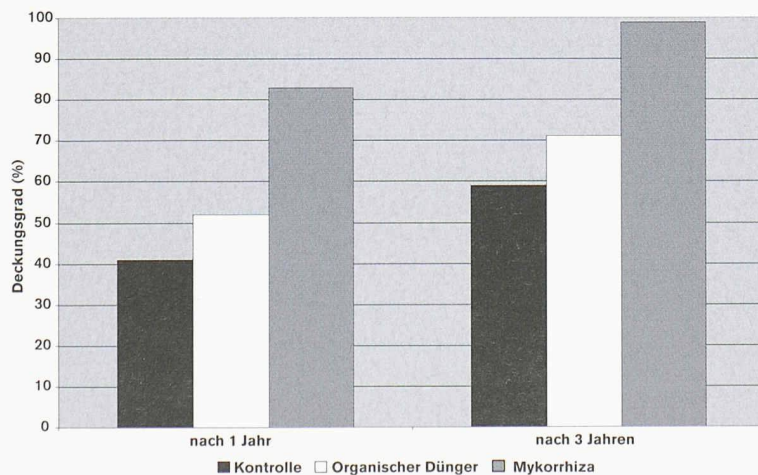
3

Dynamische Belastungen – wie etwa Starkniederschläge – schwemmen den Feinanteil von Rohböden weg. Mykorrhizapilze unterstützen den Bodenbildungsprozess und vermindern so die Erosion. Hier: Beregnungsversuche im Labor mit Materialaustag aus drei Bodenproben (Material: Moräne; Probevolumen: 150×75×15 cm; Masse: 350 kg). Die Beregnung erfolgte jeweils 3, 4 und 5 Monate nach dem Herstellen der Proben (Neigung der beregneten Fläche: 40%; Regenintensität: 90 mm/h; Regenregime: 60 Min. Regen / 30 Min. Pause / 30 Min. Regen)<sup>2</sup>



4

Bepflanzte, mykorrhizierte Bodenproben weisen nicht nur längere Pflanzenwurzeln auf, die Aggregatsstabilität ist deutlich besser als bei nur bepflanzten Proben. Hier berechnet mit einem neuen Modell zur Quantifizierung der Vegetationswirkung (Verhältnis der Aggregate zur Wurzellänge): Prozentualer Massenanteil von Aggregaten mit Durchmesser > 20 mm im Bezug zur Wurzellänge. Die Bodenproben (Durchmesser: 70 mm; Höhe: 140 mm) waren mit Weisserle (*Alnus incana*) bepflanzt, und bei der Hälfte der Proben wurde zusätzlich ein Mykorrhizapilz als Mycel beigegeben (*Erlenkrempling*, *Paxillus filamentosus*). Die Aggregatsstabilität wurde im Wassersättigungs-Experiment ermittelt<sup>7</sup>



5

Begrünungsversuch im Berggebiet auf einem Galeriedach der Lukmanierpassstrasse bei Campra (Olivone) auf 1600 m ü. M. Besonders in Extremlagen und auf Böden mit geringem organischem Anteil helfen Mykorrhizapilze, dass sich wieder eine Vegetation mit hohem Deckungsgrad entwickelt. (Vergleich des nach Daget & Poissonet ermittelten Deckungsgrades ein bzw. drei Jahre nach der Saat.<sup>10</sup> Die Ergebnisse sind Mittelwerte aus zwei verschiedenen standortangepassten Saatmischungen mit je 3 Wiederholungen. Die Unterschiede zwischen den Verfahren innerhalb eines Jahres sind signifikant – ANOVA, Duncan Test P = 0.05)



6

**Begrünungsversuche im Berggebiet: Alpweg Nü Hütte, Fanas (GR). Besonders in Extremlagen und auf Böden mit geringem organischem Anteil lohnt sich das Begeben von Mykorrhizapilzen. Vegetationsaufwuchs ein Jahr nach der Saat; links: die Versuchsfläche ohne Mykorrhiza; rechts: mit Mykorrhiza**

kel umgarnen und diese so mechanisch zu Mikroaggregaten zusammenfügen (Bild 2). Zusätzlich werden durch pilzspezifische Stoffwechselprodukte lose Bodenpartikel und Mikroaggregate chemisch miteinander verkittet. Die Pilzhyphen dienen zusätzlich als Verbreitungsvektor für andere bodenstabilisierende Mikroorganismen wie Bakterien. Zusammen mit den Feinwurzeln und Wurzeln der Pflanzen etabliert sich so ein stabiles Bodenaggregatsgefüge.

### Beregnungsexperimente

Im Rahmen von Beregnungsexperimenten an der WSL zeigte sich, dass Mykorrhizapilze auch bei dynamischen Belastungen, etwa Starkniederschlägen, dazu beitragen, die Erosion zu vermindern (Bild 3).<sup>2</sup> Die Wissenschaftler füllten drei Kisten mit Moränenerde. Eine Kiste liessen sie als Kontrolle unangetastet, in die zweite säten sie Samen von Silberwurz (*Dryas octopetala*) ein, und der dritten gaben sie sowohl Flüssigkultur des Ektomykorrhizapilzes *Laccaria bicolor*<sup>4</sup> als auch Samen von Silberwurz bei. Nach drei Monaten Wachstum in einer Klimakammer wurde die erste von drei Beregnungsserien auf dem Regensimulator der WSL durchgeführt.<sup>5</sup> Nach einem beziehungsweise zwei weiteren Monaten folgten die zweite und die dritte Beregnungsserie. Die Versuchsergebnisse zeigten deutlich, dass die Erosion abnimmt, je besser eine Probe mit Wurzeln und Pilzen durchsetzt war (Bild 3).

Um ein neues Modell<sup>6</sup> zur Quantifizierung der Vegetationswirkungen zu prüfen, führten die Wissenschaftler auch Aggregatsversuche mit verschiedenen Klassen von zylinderförmigen Bodenproben durch.<sup>7</sup> Die Resultate zeigten, dass beplanzte und mykorrhizierte Proben nicht nur längere Wurzeln, sondern auch eine bessere Aggregatsstabilität aufweisen als nur beplanzte Bodenproben (Bild 4).

### Begrünungsversuche im Berggebiet

Erst seit rund zehn Jahren werden Mykorrhizapilze kommerziell vermehrt und gezielt eingesetzt, bislang aber vor allem im landwirtschaftlichen und gartenbaulichen Bereich. Ansaatversuche in verschiedenen Alpenregionen der Schweiz haben nun gezeigt, dass es sich besonders in Extremlagen und auf Böden mit geringem organischem Anteil lohnt, Mykorrhizapilze einzusetzen (siehe «Am Projekt Beteiligte»). Die Vegetation entwickelte sich schon im ersten Jahr nach der Saat sehr gut, was sich in einem hohen Deckungsgrad äusserte. Zudem blieb die Deckung auch ohne Nachdüngung nachhaltig hoch – ein Zeichen, dass sich eine selbsterhaltende und an den Standort angepasste Vegetation etabliert hatte (Bild 5).

Da nach Rutschungen oder baulichen Eingriffen im Gelände der natürliche Vorrat an Mykorrhizapilzsporen- und -myzel im Rohboden häufig stark reduziert oder gar vollständig eliminiert ist, sollten bei Lebend-

verbaumassnahmen geeignete Symbiosepilze zugegeben werden.<sup>2</sup> Der Einsatz ausgewählter Gemeinschaften von Pflanzen und Pilzen ist eine sinnvolle Alternative zu den heute üblicherweise eingesetzten Kunstdüngern, welche ihre Wirksamkeit oft schon nach kurzer Zeit verlieren (Bild 6).

Tobias Schmid, Ing. Agr. ETH, ist Geschäftsführer der GeoVerde AG.

tobias.schmid@geoverde.ch

Martin Frei, dipl. Forsting. ETH, ist Mitarbeiter des Teams «Erd- und Felsbewegungen» der Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL).

martin.frei@wsl.ch

#### AM PROJEKT BETEILIGTE

##### UNTERNEHMEN

GeoVerde AG  
Hunn Begrünungen  
Hydrosaat AG

#### Literatur

- 1 C. Rickli: Vegetationswirkungen und Rutschungen. Eidg. Forschungsanstalt WSL, Bundesamt für Umwelt Wald und Landschaft. Birmensdorf, Bern, 2001.
- 2 F. Graf und W. Gerber: Der Einfluss von Mykorrhizapilzen auf die Bodenstruktur und deren Bedeutung für den Lebendverbau. Schweiz. Z. Forstwes., 148 (11): 863–886, 1997.
- 3 U. Gisi, R. Schenker, R. Schulin, F. X. Stadelmann und H. Sticher: Bodenökologie. 2., neu bearbeitete und erweiterte Auflage. Georg Thieme Verlag. Stuttgart/New York, 1997.
- 4 F. Graf und I. Brunner: Natural and synthesized ectomycorrhizas of the alpine dwarf willow *Salix herbacea*. Mycorrhiza, 6 (4): 227–235, 1996.
- 5 N. Beyer-Portner: Erosion de surface en régions alpines. Ingenieurbiologie, 7 (2): 22–25, 1997.
- 6 A. Böll und F. Graf: Nachweis von Vegetationswirkungen bei oberflächennahen Bodenbewegungen – Grundlagen eines neuen Ansatzes. Schweiz. Z. Forstwes., 152 (1): 1–11, 2001.
- 7 M. Frei und F. Graf: Mykorrhiza und Bodenstabilität. Ingenieurbiologie, 12 (3): 5–10, 2002.
- 8 S. E. Smith und D. J. Read: Mycorrhizal Symbiosis. Second edition. Academic press. London, 1997.
- 9 S. Egli und I. Brunner: Mykorrhiza – Eine faszinierende Lebensgemeinschaft im Wald. Merkblatt für die Praxis. Eidg. Forschungsanstalt WSL. 8903 Birmensdorf, Nr. 35 1–8, 2002.
- 10 P. Daget und J. Poissonet: Principes d'une technique d'analyse quantitative de la végétation des formations herbacées. In P. Daget: Méthodes d'inventaire phytécologique et agronomique des prairies permanentes. Centre National de la Recherche Scientifique. Montpellier, Franc. Document No. 56: 85–100, 1971.

**Bohren  
Rammen**

**Foundationen  
Baugruben-  
abschlüsse  
Grundwasser-  
absenkungen**

**RISI**  
**die Spezialtiefbauer**

041-766 99 99 [www.risi-ag.ch](http://www.risi-ag.ch)