

Mitteilungsblatt Nr. 3, September 2012  
Bulletin n° 3, septembre 2012  
Bollettino n. 3, Settembre 2012  
ISSN 1422-0008

***Hochlagenbegrünung***  
***Végétalisation en altitude***  
***Rinverdimento ad alta quota***

**INGENIEURBIOLOGIE**  
**GENIE BIOLOGIQUE**  
**INGEGNERIA NATURALISTICA**

**Mitteilungsblatt für die Mitglieder  
des Vereins für Ingenieurbilogie**

Heft Nr. 3/2012, 22. Jahrgang  
Erscheint viermal jährlich

**Herausgeber:**

Verein für Ingenieurbilogie  
c/o Hochschule Wädenswil  
FA Umwelt und Natürliche Ressourcen  
Thomas Weibel  
Grüntal, Postfach 335, CH-8820 Wädenswil  
Tel.: +41 44 789 99 00, Fax: +41 44 789 99 50

**Internet-Adresse:**

<http://www.ingenieurbilogie.ch>

**Druck:**

Vögeli AG, Langnau i. E.

**Verantwortliche Redaktorin/  
Rédactrice responsable:**

Monika Stampfer  
Tel.: +43 650 8615215  
E-Mail: [m.stampfer@gmx.at](mailto:m.stampfer@gmx.at)

**Redaktionsausschuss/  
Comité de rédaction:**

Roland Scheibli  
Tel.: +41 44 802 77 11  
Fax: +41 44 802 77 01  
E-Mail: [rs@gossweiler.com](mailto:rs@gossweiler.com)

Robert Bänziger

Tel.: +41 44 850 11 81  
Fax: +41 44 850 49 83  
E-Mail: [info@baenziger-ing.ch](mailto:info@baenziger-ing.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](mailto:rolf.studer@mail.com)  
Michel Jaeger  
E-Mail: [mr.mjaeger@gmail.com](mailto:mr.mjaeger@gmail.com)

**Veranstaltungen:**

Grimmer Andrea  
Verein für Ingenieurbilogie  
Grüntal  
CH-8820 Wädenswil  
Tel.: + 41 58 934 55 31  
E-Mail: [grim@zhaw.ch](mailto:grim@zhaw.ch)

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

In den letzten 25 Jahren kam es im Bereich Hochlagenbegrünung zu einer rasanten Entwicklung im gesamten Alpenraum. Das damals zur Verfügung stehende Handelssaatgut eignete sich kaum für die extremen Standortverhältnisse, welche oberhalb der Waldgrenze herrschen, weshalb mit den durchgeführten Begrünungen nicht die gewünschten Erfolge (Deckungsgrade, Artenzusammensetzung, Dauerhaftigkeit) erzielt werden konnten. In einem ersten Schritt wurden in Versuchsgärten und Saatzuchtanstalten standortgerechte Arten kommerziell vermehrt, sodass inzwischen mehrere subalpine und alpine Arten in ausreichenden Mengen zur Verfügung stehen. Neben dem Saatgut spielt, infolge der rauen Witterungsverhältnisse in diesen Lagen, die gewählte Ansaatmethode eine wichtige Rolle, um ein für die Keimung günstiges Mikroklima zu gewährleisten. Vegetationstransplantationen sind einer Ansaat vorzuziehen, allerdings manchmal nur sehr schwer oder kaum umsetzbar (nicht ausreichend zur Verfügung stehende Spenderflächen, Baukonzept...), weshalb kombinierte Verfahren entwickelt wurden. Anhand von Praxisbeispielen aus Italien, Österreich und der Schweiz wird in diesem Heft der Erfolg der intensiven Bemühungen innerhalb der letzten Jahre anschaulich aufgezeigt. Die Durchführung praxistauglicher Erfolgskontrollen und darauf aufbauend die Priorisierung von Handlungsempfehlungen bei gegebenenfalls notwendigen Sanierungs- und Nachbesserungsmassnahmen sind ebenfalls Thema dieses Heftes. Innovativ ist auch die Entwicklung der neuen iPhone-App «iGräser», eines benutzerfreundlichen Bestimmungs- und Nachschlage-Werkzeugs für die Geländearbeit.

Monika Stampfer

*Au cours des 25 dernières années, le domaine de la végétalisation en altitude s'est rapidement développé dans l'ensemble de l'espace alpin. Les semences commerciales disponibles auparavant convenait à peine aux caractéristiques des emplacements extrêmes régnant au-dessus de la limite des forêts, avec pour conséquence la non-réalisation des objectifs souhaités pour les végétalisations mises en œuvre (degrés de couverture, composition des espèces, durabilité).*

*Dans un premier temps, des espèces adaptées à la station ont été produites de façon commerciale dans des jardins expérimentaux et des instituts de culture de semences afin de disposer de différents types subalpins et alpins en quantités suffisantes. En raison des conditions atmosphériques inclementes à ces endroits, la méthode d'ensemencement choisie, ainsi que le type de semence, jouent un rôle important afin de garantir un microclimat favorable à la germination. Des transplantations végétales sont préférables à un ensemencement, néanmoins elles sont parfois difficiles voire à peine exécutables (surfaces semencières pas disponibles en suffisance, concept de construction...), raison pour laquelle des procédures combinées ont été développées.*

*Dans ce bulletin, le succès des intenses efforts de ces dernières années sera présenté à l'aide d'exemples de la pratique venant d'Italie, d'Autriche et de la Suisse. La mise en œuvre de méthodes applicables de contrôle de résultats et la définition des priorités quant aux recommandations pratiques qui en découlent pour les nécessaires mesures d'assainissement et de d'amélioration sont aussi des thèmes évoqués dans ce bulletin. Le développement de la nouvelle application «iGräser» pour iPhone, un outil d'estimation et de demande convivial pour le travail sur le terrain, est également présenté.*

Monika Stampfer

**Titelbild/Frontispice**

Der Damm des Rotgüldenseespeichers während der Begrünungsmassnahmen mittels Saat-Soden-Kombinationstechnik

*Le barrage de retenue du Rotgüldensee lors des mesures de végétalisation par des techniques combinées semis-gazon*

*La diga del lago artificiale Rotgülden durante i lavori di rinverdimento con tecnica combinata zolle-semina*

# Hochlagenbegrünung in Südtirol

Florin Florineth

## Ein Rückblick auf 30 Jahre intensive Arbeit

### Zusammenfassung

Im vorliegenden Beitrag werden zwei Einzugsgebiete von Wildbächen beschrieben, in denen es grossflächige Erosionszonen gab, nämlich das oberste Einzugsgebiet des Pfannbachs unterhalb des Pfannhorns über Toblach im Pustertal und das Erosionsgebiet Meran 2000 über Meran, das zur Gemeinde Hafling im Bezirk Burggrafenamt gehört.

Als Erstes werden die beiden Untersuchungsgebiete beschrieben, dann die Methodik der Begrünung und vor allem der langwierige Weg zu einer standortgerechten Vegetation.

Abschliessend werden die Ergebnisse anhand von vielen Fotos aufgezeigt, die besser als jede Beschreibung die Entwicklung dieser mit viel Mühe und erheblichen Kosten durchgeführten Begrünungsmassnahmen aufzeigen und darstellen.

### Keywords

Hochlagenbegrünung, Pfannhorn Toblach, Meran 2000 Hafling, alpine Gräser, Roottrainer

## Végétalisation en altitude dans le Tyrol du Sud – Rétrospective sur 30 ans de travaux intensifs

### Résumé

Dans l'article suivant sont décrits deux bassins versants de torrents dans lesquels des érosions de grandes surfaces se sont passées. Il s'agit du bassin versant supérieur du Pfannbach dessous du Pfannhorn au-dessus de Toblach dans le Pustertal, et du secteur d'érosion Meran 2000 au-dessus de Meran, appartenant à la commune de Hafling dans le district de Burggrafenamt.

En premier lieu, les deux secteurs de recherche sont décrits, suivi d'une ex-

plication sur les méthodes de végétalisation mises en œuvre, notamment le travail de longue haleine menant à une végétation adaptée à la station.

Finalelement, les résultats sont présentées sous forme de nombreuses photos, représentant mieux que n'importe quelle description le développement de ces mesures de végétalisation entreprises avec beaucoup d'effort et des frais considérables.

### Mots-clés

Végétalisation, Pfannhorn Toblach, Meran 2000 Hafling, herbes alpines, roottrainer

## Rinverdimento ad alta quota in Südtirol – Una retrospettiva su trent'anni di lavoro intenso

### Riassunto

Questo testo presenta lo studio di due bacini idrografici di torrenti di montagna affetti da erosione su larga scala. Nel primo caso si tratta della parte superiore del bacino idrografico del Pfannbach (rio Pfann) nella Val Pusteria,

nella zona sotto al Toblacher Pfannhorn. Il secondo bacino si trova nel Burgraviato sopra Merano (zona di erosione Meran 2000), a Hafling.

Dapprima sono descritte le due aree, dopodiché sono trattati i metodi di rinverdimento e soprattutto il lungo percorso che porta ad una copertura vegetale rispettosa della natura circostante. La parte finale comprende diverse fotografie e documentazione dell'evoluzione dei rinverdimenti che sono stati lunghi e finanziariamente importanti.

### Parole chiave

Rinverdimento ad alta quota, Pfannhorn Toblach, Meran 2000 Hafling, specie alpine, root trainer

## 1 Einleitung

Beim Anblick der Fotos, die zwei Einzugsgebiete von Wildbächen mit grossflächigen Erosionszonen und -gräben aufzeigen, ist die Frage berechtigt: Was ist der Nutzen dieser mühevollen und kostspieligen Begrünungs- und Sicherungsarbeiten? Gibt es nicht ein Geschiebedefizit in den darunter lie-

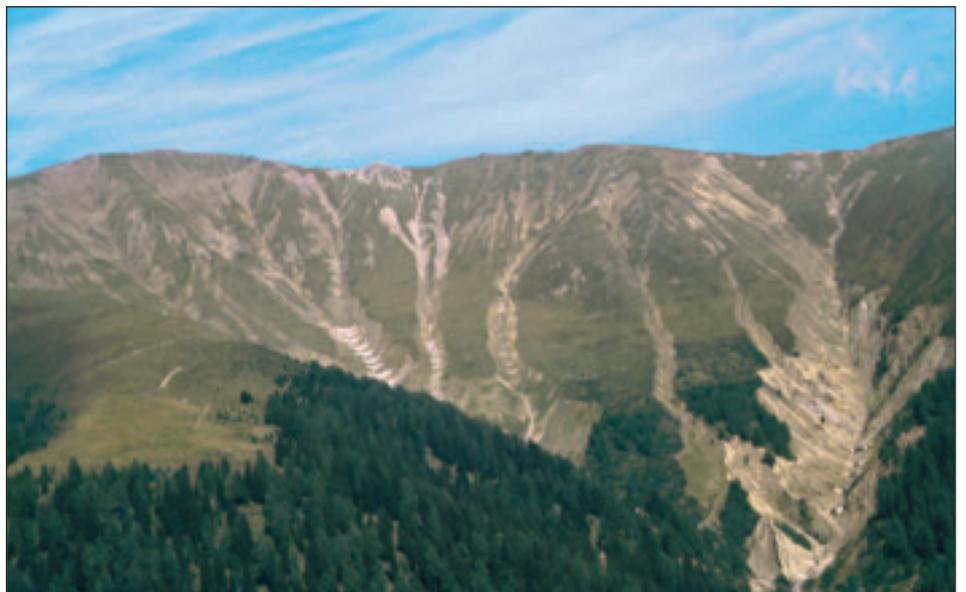


Abb. 1: Pfannhorn – Toblach 1980, vor der Begrünung im oberen Abschnitt  
Fig. 1: Pfannhorn – Toblach en 1980, secteur supérieur avant la végétalisation

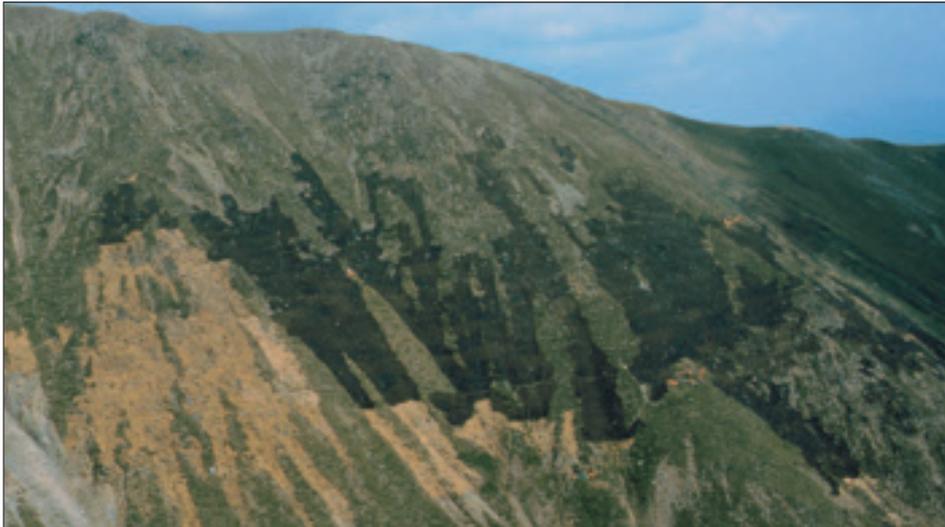


Abb. 2: Pfannhorn – Toblach, Begrünung mit Bitumen-Strohdecksaat  
 Fig. 2: Pfannhorn – Toblach, végétalisation avec semis de couverture paillage-bitume

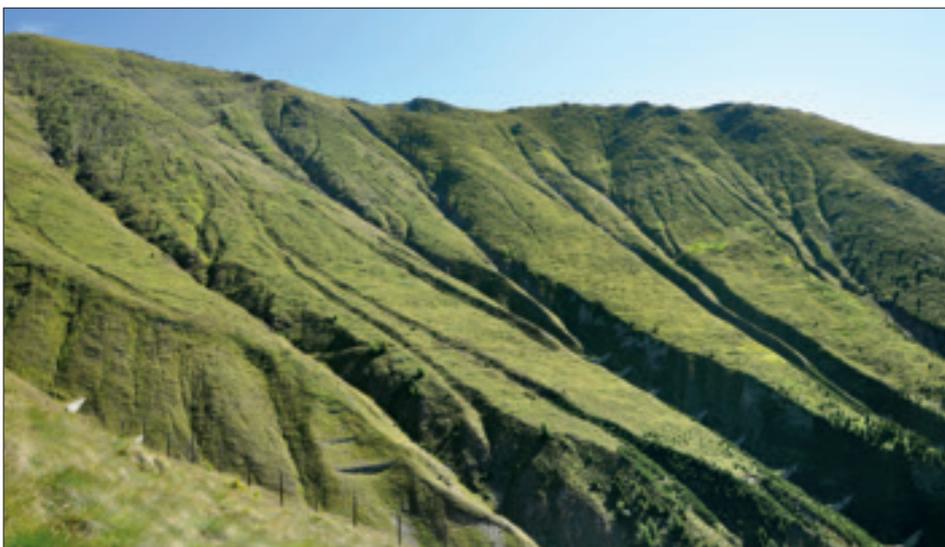


Abb. 3: Pfannhorn – Toblach, 24- bis 30-jährige Hochlagenbegrünungen  
 Fig. 3: Pfannhorn – Toblach, végétalisation en altitude de 24 à 30 ans

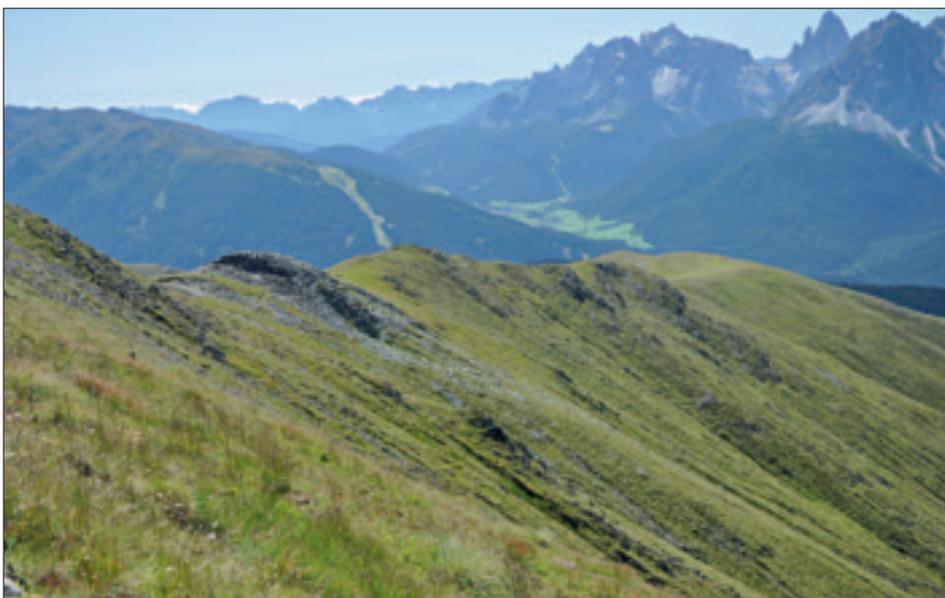


Abb. 4: Pfannhorn, 26- bis 30-jährige Begrünungen im obersten Abschnitt  
 Fig. 4: Pfannhorn, végétalisation dans le secteur supérieur de 26 à 30 ans

genden Flüssen, die sich immer weiter eintiefen mit allen daraus entstehenden Folgen?

Das Hauptargument für diese erwähnten Massnahmen liegt in der Eindämmung und Verminderung von Überschwemmungen, die darunter liegende Siedlungsgebiete durch die starke Geschiebeführung häufig getroffen haben mit enormen Schäden und auch Todesfällen. Messungen zufolge wurden an Starkniederschlagsereignissen (mit 60 mm Hagelschlag) am Pfannhorn ca. 5 kg Boden pro m<sup>2</sup> an den steilen Gräben abgetragen, auf den Zwischenflächen waren es noch 300 g/m<sup>2</sup>. Bei einem Ausmass von 40 ha Erosionsfläche ist der Gesamtbodenabtrag unschwer abzuschätzen allein aus dem obersten Einzugsgebiet. Dieses Geschiebe reisst meistens im Mittellauf noch weitere Erdmassen mit, die dann gemeinsam die bekannten verheerenden Schäden verursachen.

Das Geschiebedefizit wird durch Begrünungs- und Sicherungsmassnahmen zwar reduziert, allerdings sind in Südtirol von den geschätzten 600 ha vegetationsfreien Flächen maximal 200 ha bis heute begrünt, weshalb noch genügend Geschiebepotenzial vorhanden ist. Den grösseren Einfluss auf das Geschiebedefizit haben sicherlich die Schotter verarbeitenden Betriebe, die in der Vergangenheit und zum Teil jetzt noch grosse Geschiebemengen aus den Flüssen und Bächen entnehmen. Wenn diese Tätigkeit unterbunden wird, kann sich der Geschiebehaushalt an vielen Gewässern wieder einpendeln.

## 2 Untersuchungsgebiete Pfannhorn über Toblach/Pustertal

Das Einzugsgebiet des Pfannbachs liegt oberhalb des Dorfes Toblach und grenzt direkt an die Berge des Villgratentals in Osttirol an. Der Pfannbach ist ein Seitenbach des Silvesterbaches, der durch die Ortschaft Toblach fliesst, die mehrmalig von grossen Geschiebe- und Wassermassen überschwemmt worden ist.

Die Ursachen dieser starken Tiefen- und Flächenerosion, die bei meinem Dienstantritt im Juni 1975 ein Ausmass von ca. 40 ha hatten, liegen einmal in den

viele Jahrhunderte zurückliegenden Waldrodungen zur Gewinnung neuer Weideflächen. Hinzu kam durch die allmähliche Überbeweidung eine fortschreitende Flächenerosion und Grabenbildung. Ein weiterer Grund liegt im leicht erodierbaren Hangschutt, der sich aus den Para- und Biotit-Plagioklas-Gneisen durch Verwitterung gebildet hat. Der Gipfelbereich des Pfannhorns ist mit Orthogneisen durchsetzt.

Zur Eindämmung der Tiefenerosion sind vor allem seit der Gründung des Sonderbetriebes für Bodenschutz, Wildbach- und Lawinenverbauung im Jahr 1950 einige Gräben mit Trockensteinsperren und später mit Betonsperren gesichert worden.

Meine erste Massnahme war die Auszäunung der Weidetiere durch kilometerlange Metallzäune an den Kanten und Grenzen des Einzugsgebietes.

Da einige Grabeneinhänge im unteren Bereich für die Begrünung mit Gräsern und Kräutern zu steil waren, wurden die Kanten und überhängenden Böschungsränder mit einem Schreitbagger niedergenommen und abgeböscht.

Die ersten Begrünungsmassnahmen habe ich ab 1976 an den steilen Grabenflanken durchgeführt. Sobald sich die Grasnarbe verdichtet und befestigt hatte, wurden die Gräben mit jungen Latschen (*Pinus mugo*) und Grünerlen (*Alnus viridis*) bepflanzt. Die erosionsstabilen Zwischenflächen wurden bis zu 2250 m Meereshöhe mit Hochlagenlärchen (*Larix decidua*) und Zirben (*Pinus cembra*) aufgeforstet. Diese 30- bis 36-jährigen Aufforstungen zeigen heute bereits erste Erfolge, obwohl auf dieser Höhenlage mit einem bescheidenen Wachstum und vielen Rückschlägen gerechnet werden muss.

Im Jahr 1981 habe ich mit der Begrünung der grossen Erosionsflächen ab 2300 m Meereshöhe begonnen und diese bis zum Gipfel auf 2700 m fortgesetzt und im Jahr 1987 abgeschlossen. In den folgenden Jahren sind die begrüneten Flächen nachgesät und einmal jährlich mit einem organischen Mittel gedüngt worden.

Die wichtigste Massnahme der Pflegearbeiten war jedoch das Einsetzen von herangezogenen alpinen Pflanzen zum

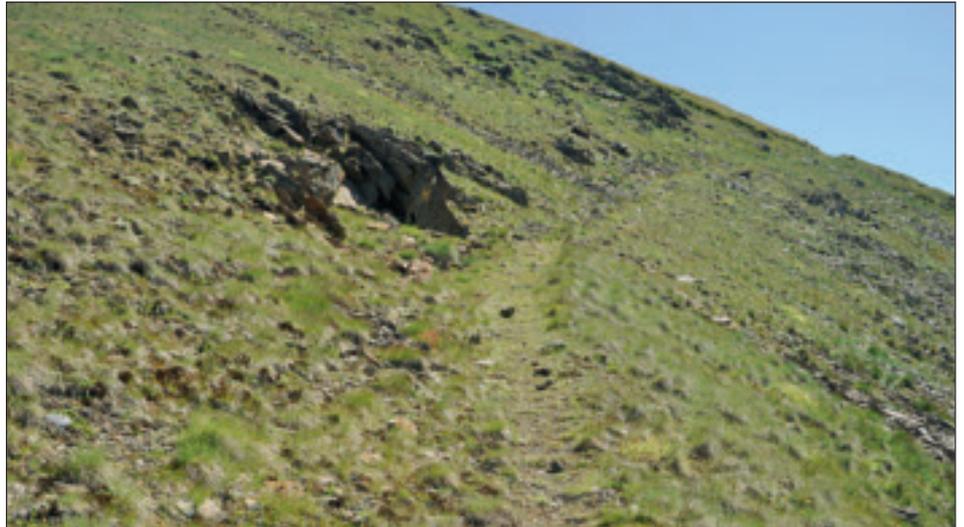


Abb. 5: Pfannhorn, 26-jährige Begrünung am Steig unterhalb des Gipfels  
Fig. 5: Pfannhorn, 26 années de végétalisation du sentier en dessous du sommet



Abb. 6: Pfannhorn, 26-jährige Begrünung mit *Trifolium badium* und Blättern von *Achillea millefolium*  
Fig. 6: Pfannhorn, 26 années de végétalisation avec des *Trifolium badium* et des feuilles de *Achillea millefolium*



Abb. 7: Pfannhorn, 26-jährige Begrünung mit *Trifolium badium*, *Campanula scheuchzeri* und den feinen Horstblättern von *Deschampsia flexuosa*  
Fig. 7: Pfannhorn, 26 années de végétalisation avec des *Trifolium badium*, *Campanula scheuchzeri* et des fines feuilles d'horst des *Deschampsia flexuosa*.



Abb. 8: Pfannhorn – Toblach, Hochlagenaufforstung mit Lärche, Zirbe (in den Zwischenfeldern) und mit Latsche (in den Gräben) nach 30 bis 36 Jahren  
 Fig. 8: Pfannhorn – Toblach, boisement en altitude avec des mélèzes, des pins cimbres (dans les champs intermédiaires) et des pins de montagne (dans les fossés) 30 à 36 ans plus tard

Erreichen einer grösstmöglichen natürlichen Vegetationsdecke, die nicht nur schön aussieht, sondern einen langen und dauerhaften Erosionsschutz bietet. Diese Pflegearbeiten werden in grösseren Zeitabständen bis heute fortgesetzt.

### 3 Erosionsgebiet Meran 2000/ Gemeinde Hafling – Burggrafenamt

Der Name dieses Gebietes stammt von der alpinen Erholungszone über Meran ab 2.000 m Meereshöhe, ausgestattet mit Lifтанlagen, Schipisten und einigen Restaurationsbetrieben. Das Einzugsgebiet wird vom Sinichbach entwässert, der bei der gleichnamigen Ortschaft 2 km südlich von Meran in die Etsch mündet. Die stark geschiebeführenden Seitentäler im oberen Einzugsgebiet sind der Kuhleitengraben, der Oswaldgraben, der Kirchsteigergraben und der Missensteinergraben. In allen Gräben sind seit 1960 Konsolidierungssperren aus Bruchsteinmauerwerk und später aus Beton errichtet worden. Nachbesserungsarbeiten werden bis heute fortgesetzt. Im oberen Abschnitt wurden die Gräben ab Beginn der intensiven ingenieurbioologischen Massnahmen im Jahr 1985 mit Holzsperrern und/oder Holzkünnetten gesichert.



Abb. 9: Meran 2000, starke Erosion durch vielfältige Ursachen entstanden  
 Fig. 9: Meran 2000, forte érosion ayant différentes origines

Die Ursachen für diese starke Erosion sind vielfältig. Eine davon ist der geologische Untergrund bzw. das Zusammentreffen zweier Gesteinsformationen, nämlich des Bozner Quarzporphyrs, der sich unter den Brixner Granit geschoben hat. Dies führte zu einer Mylonitisierung des harten Granits, der zu einem leicht zerbröselnden Tonalit umgeformt worden ist. Eine weitere Ursache sind die bereits beim Pfannhorn erwähnte Waldrodung zur Weidengewinnung und die darauffol-

gende Überbeweidung durch Schafe, Rinder und Pferde (die berühmten Haflingerpferde). Die Überbeweidung hat hier zu einem Bürstlingsrasen (*Nardus stricta*) geführt, der nur bis in 10 cm Tiefe wurzelt und sehr erosionsanfällig ist.

Als dritte Ursache sind Militärübungen zu nennen, bei denen durch Granateneinschläge Erosionsstellen verursacht worden sind, die sich laufend vergrösserten.

Eine vierte Ursache für diese grossflächigen Erosionszonen ist der Bau von Schipisten, die ab 1960 recht grausam und wenig landschaftsschonend errichtet worden sind. Die Pistenpräparierung auf der meist nur spärlichen Schneedecke hat die Erosionstätigkeit noch verstärkt. Auslöser waren wie immer Starkniederschläge, oft mit Hagelschlag verbunden. Die wichtigsten Voraussetzungen für

Begrünungsmassnahmen waren daher eine starke Reduktion der Weidetiere und Weidefreihaltung der steilen Erosionsflächen, die Auszäunung dieser Flächen, die Abgrenzung von Schipisten und Aufstiegsanlagen auf problemlosere Zonen, das Verbot des Schibetriebes und der Pistenpräparierung unter einer Schneehöhe von 30 cm, das Verbot von Militärübungen u.a.m.

Ein langwierig zu verhandelnder Vertrag mit allen daran beteiligten Körperschaften, Gesellschaften und Interes-



Abb. 10: Meran 2000, äusserer und innerer (ganz rechts) Kuhleitengraben, vor der Begrünung  
 Fig. 10: Meran 2000, fosse de canalisation extérieure et intérieure (tout à droite) pour vaches, avant la végétalisation



Abb. 11: Meran 2000, äusserer Kuhleitengraben, Begrünung durch Bitumen-Strohdecksaat  
 Fig. 11: Meran 2000, fosse de canalisation extérieure et intérieure pour vaches, végétalisation avec semis de couverture paillage-bitume

sentschaften hat 1985 den Beginn von grossflächigen ingenieurbioologischen Massnahmen möglich gemacht.

Die Begrünungsarbeiten begannen am Kirchsteigergraben im Herbst 1985, nachdem die Gräben mit Holzkünetten und wenigen Holzperren gesichert worden waren. Der Grossteil der begrünbaren Erosionsflächen wurde bis 1991 mit einer Grasnarbe versehen und damit die Hauptarbeit abgeschlossen.

Die durchgeführten Pflegemassnahmen sind dieselben wie beim Pfannhorn beschrieben. Diese werden ebenso weiterhin durchgeführt.

#### 4 Methodik der Begrünung und Pflege

Als Saatgutmischungen hatte ich zu Beginn ausschliesslich Handelssaatgut zur Verfügung. Aus diesem Grund begann ich im unteren Abschnitt des Einzugsgebietes vom Pfannbachs zwischen 2000 und 2200 m Meereshöhe mit ersten Begrünungen als Test, welche Gräser und Kräuter sich in dieser Höhenlage überhaupt halten können.

Zeitgleich habe ich an einem anderen Erosionsgebiet über Plawenn im Vinschgau auf 2500 m Meereshöhe einen Versuchsgarten zum Test der Höhenresis-

tenz von Handelssaatgut angelegt. Die ersten Begrünungsversuche am Pfannhorn wie die Anlage über Plawenn erbrachten das ernüchternde Ergebnis, dass nur wenige Rotschwingel- und Wiesenrispen-Sorten auf dieser Höhe mehrere Jahre überlebten, ebenso wie die Schafgarbe, der Hornschoten- und Schwedenklee.

Daher habe ich bereits 1978 begonnen, mit meinen Arbeitern als Erster die Alpenrispe (*Poa alpina*) zu sammeln und diese in Saatgutanstalten vermehren zu lassen. Nach ersten Erfolgen der Saatgutproduktion folgte das Sammeln und Vermehren des Alpenrotschwingels (*Festuca nigrescens*), der Drahtschmiele (*Deschampsia flexuosa*) und der Rasenschmiele (*Deschampsia cespitosa*).

Mit diesen Gräsern konnte ich die Begrünungsmassnahmen nach oben hin fortsetzen. Die höchste habe ich auf 2700 m Meereshöhe auf dem Gipfel des Pfannhorns durchgeführt. Da in witterungsmässig schlechten Jahren kaum reifes Saatgut zu sammeln war, versuchte ich gemeinsam mit dem Botanischen Institut der Universität Innsbruck Gräser durch Teilung vegetativ zu vermehren: siehe die Diplomarbeiten von Helga STIMPFL (1985) und Anni MAIR (1986).

Einige Arten wie das Schilfstrausgrass (*Agrostis schraderiana*), die Alpenrispe (*Poa alpina*), der Felsen- und Buntschwingel (*Festuca halleri* und *varia*) wuchsen sehr gut bis gut, andere alpine Gräser wie die Drahtschmiele (*Deschampsia flexuosa*), der Bunthafer (*Avena versicolor*) und der Bürstling (*Nardus stricta*) waren vegetativ schlecht vermehrbar. Die ausführliche Tabelle über die Fähigkeit alpiner Gräser zur vegetativen Vermehrung durch Einzeltriebe oder Triebbüschel ist in meinem Buch «Pflanzen statt Beton – Sichern und Gestalten mit Pflanzen» (2. Auflage, 2012) zu finden. Da Kräuter nicht vegetativ vermehrbar sind, können diese nur über Samen und die Aufzucht von Jungpflanzen herangezogen werden. Die Schwierigkeit lag dabei nicht nur im Finden reifer Samen, sondern auch diese zum Keimen zu bringen. Nach langwierigen Versuchen von Willigis GALLMETZER (veröffentlicht



Abb. 12: Meran 2000, äusserer Kuhleitengraben, nach 20 Jahren  
 Fig. 12: Meran 2000, fosse de canalisation extérieure pour vaches, 20 ans après



Abb. 13: Meran 2000, äusserer Kuhleitengraben, 20-jährige Begrünung mit den eingewanderten und blühenden Arten *Gentianella rhaetica* und *Campanula scheuchzeri* und anderes mehr  
 Fig. 13: Meran 2000, fosse de canalisation extérieure pour vaches, 20 années de végétalisation avec les espèces immigrés et florissantes *Gentianella rhaetica* et *Campanula scheuchzeri* et quelques autres



Abb. 14: Meran 2000, äusserer Kuhleitengraben, 20-jährige Begrünung mit *Euphrasia rostkoviana* (weiss) und *minima* (gelb), *Lotus corniculatus* (rechts oben)  
 Fig. 14: Meran 2000, fosse de canalisation extérieure pour vaches, 20 années de végétalisation avec des *Euphrasia rostkoviana* (en blanc) et *minima* (en jaune), *lotus corniculatus* (en haut à droite)



Abb. 15: Meran 2000, äusserer Kuhleitengraben, 20-jährige Begrünung mit *Trifolium alpinum* – Alpenklee (eingepflanzt)  
 Fig. 15: Meran 2000, fosse de canalisation extérieure pour vaches, 20 années de végétalisation avec des *Trifolium alpinum* – trèfles des Alpes (implantés)



Abb. 16: Meran 2000 – innerer Kuhleitengraben, 21-jährige Begrünung  
 Fig. 16: Meran 2000 – fosse de canalisation intérieure pour vaches, 21 ans de végétalisation



Abb. 17: *Festuca halleri*, in Roottrainern herangezogen nach 7 Monaten  
 Fig. 17: *Festuca halleri* dans un roottrainer, après 7 mois



Abb. 18: Nach 7 Monaten blüht *Festuca halleri* in den Roottrainern  
 Fig. 18: Après 7 mois, le *Festuca halleri* fleurit dans le roottrainer



Abb. 19: *Leucanthemopsis alpina* (Alpenmargerite), in Roottrainern herangezogen  
 Fig. 19: *Leucanthemopsis alpina* (marguerite des Alpes) dans un roottrainer



Abb. 20: *Lotus corniculatus*, ssp. *alpinus* in Roottrainern herangezogen  
 Fig. 20: *Lotus corniculatus*, ssp. *alpinus* dans un roottrainer

1996) am Botanischen Institut Innsbruck keimen alpine Kräuter erst durch ein 1- bis 3-tägiges Eintauchen der Samen

in eine 0,005-molare Gibberellinsäurelösung. Die alpinen Leguminosen müssen hingegen wegen ihrer harten Samenschale zuerst zwischen Schleifpapier aufgeraut und anschliessend in

einem Erde-Sand-Gemisch zum Keimen gebracht werden. Wenn die Keimlinge 2 bis 3 cm gross sind, werden sie in Roottrainer (das sind Pflanztöpfe mit wurzelfördernder Form in einer Fünfer-

packung) umpikiert und im Glashaus herangezogen.

In dieselben Roottrainer werden auch die vorhin erwähnten Einzeltriebe der vegetativ durch Teilung vermehrbaren alpinen Gräser verpflanzt und im Glashaus herangezogen. Wenn keine Fröste mehr zu erwarten sind, werden die vertopften Pflänzchen aus dem Gewächshaus entnommen und in den höher gelegenen Pflanzgarten Prad im Vinschgau gebracht.

Überraschenderweise gedeihen diese Jungpflanzen in den von der ETH Zürich (URBANSKA et al., 1987) entwickelten Roottrainern sehr gut und blühen meist schon im Sommer, wo sie mit einem speziellen Pflanzgerät in die Lücken der begrünten Flächen ausgesetzt werden. Nachdem diese Anzuchtmethoden gelungen war, wurden jährlich 80000 bis 120000 solche alpinen Gräser und Kräuter aus den verschiedenen Wildbach-Einzugsgebieten herangezogen und in diese wiederum eingesetzt. Diese Arbeiten werden auch heute noch, allerdings in einem geringeren Ausmass, fortgesetzt, weil zur Pflege der bestehenden Hochlagenbegrünungen nicht mehr so viele Pflanzen notwendig sind. Inzwischen ist durch die Saatgutvermehrung alpiner Arten (vor allem Gräser) die Saatgutmischung für Hochlagenbegrünungen so stark verbessert worden, dass zum Grossteil nur mehr alpine Arten darin enthalten sind. Erfolgreiche Forschungsarbeiten wurden und werden dabei vom Lehr- und Forschungszentrum Raumberg-Gumpenstein/Steiermark durchgeführt (siehe das neu erschienene «PRAXISHANDBUCH zur Samengewinnung und Renaturierung von artenreichem Grünland» – KIRMER, KRAUTZER, SCOTTON, TISCHEW, 2012).

In den nachstehenden Tabellen 3 und 4 sind Beispiele für zurzeit verfügbare Hochlagenmischungen auf sauren und alkalischen Böden angeführt, siehe auch FLORINETH, 2012 (Pflanzen statt Beton).

Als Begrünungsmethode kam ausschliesslich die Bitumen-Strohdecksaat zur Anwendung, die durch die Glashauswirkung ein schnelles Wachstum der Pflanzen in der durch die Höhen-

**Gräser:**

Festuca nigrescens  
Festuca rubra ssp.rubra

Poa alpina  
Deschampsia flexuosa  
Festuca halleri  
Agrostis alpina  
Agrostis rupestris  
Luzula luzuloides

Alpen-Rotschwengel – angesät  
ausläuferbildender Rotschwengel – angesät  
Alpenrispe – angesät  
Drahtschmiele – angesät  
Eigentlicher Felsenschwengel  
Alpen-Straussgras  
Felsen-Straussgras  
Weisse Hainsimse

**Kräuter:**

Achillea millefolium  
Lotus corniculatus  
Trifolium hybridum  
Trifolium badium  
Anthyllis vulneraria ssp. alpicola  
Campanula scheuchzeri  
Campanula barbata  
Leontodon hispidus  
Trifolium thalii  
Leucanthemopsis alpina

Schafgarbe – angesät  
Hornschotenklee – angesät  
Schwedenklee – angesät  
Alpenbraunklee  
Alpenwundklee  
Scheuchzer-Glockenblume  
behaarte Glockenblume  
behaarter Löwenzahn  
Almklee  
Alpenmargerite

Tabelle 1: Artenzusammensetzung einer 27 jährigen Begrünung auf 2.680m Meereshöhe  
Tableau 1: Composition des espèces d'une végétalisation de 27 ans à 2'680 m d'altitude, Pfannhorn/Toblach

**Gräser:**

Deschampsia flexuosa  
Festuca nigrescens  
Festuca rubra ssp. rubra

Poa alpina

Drahtschmiele – angesät  
Alpen-Rotschwengel – angesät  
ausläuferbildender Rotschwengel – angesät  
Alpenrispe

**Kräuter und Leguminosen:**

Achillea millefolium  
Lotus corniculatus  
Trifolium hybridum  
Gentianella rhaetica  
Campanula scheuchzeri  
Calluna vulgaris  
Trifolium alpinum  
Euphrasia minima  
Euphrasia rostkoviana agg.  
Pedicularis sp.  
Vaccinium vitis idaea  
Anthyllis vulneraria ssp.alpicola  
Homogyne alpina  
Potentilla aurea  
Geum montanum

Schafgarbe – angesät  
Hornschotenklee – angesät  
Schwedenklee – angesät  
Rätischer Enzian  
Scheuchzer-Glockenblume  
Heidekraut  
Alpenklee  
Zwerg-Augentrost  
Gewöhnlicher Augentrost  
Läusekraut  
Preiselbeere  
Alpenwundklee  
Alpenlattich/Brandlattich  
Goldfünffingerkraut  
Bergnelkenwurz

Tabelle 2: Artenzusammensetzung einer 20 jährigen Begrünung auf 2.200m Meereshöhe  
Tableau 2: Composition des espèces d'une végétalisation de 20 ans à 2'200 m d'altitude, Meran 2000/Hafling

## Gräser:

Agrostis stolonifera	2,00%	Flecht-Straussgras
Deschampsia flexuosa	5,00%	Drahtschmiele
Festuca nigrescens	50,00%	Alpen-Rotschwengel
Festuca rubra ssp. rubra	12,00%	Rotschwengel ausläuferbildend
Festuca supina	1,00%	Kurz-Schwengel
Festuca violacea	2,00%	Violett-Schwengel
Phleum alpinum	1,00%	Alpenlieschgras
Poa alpina	15,00%	Alpenrispe

## Kräuter:

Achillea millefolium	5,00%	Schafgarbe
Lotus corniculatus	2,00%	Hornklee
Trifolium hybridum	5,00%	Schwedenklee

Tabelle 3: Hochlagenmischung Nr. 19a für saure Lagen über der Waldgrenze  
 Tableau 3: Mélange adapté aux situations élevées No 19 a (pour conditions acides au-dessus de la limite de forêt)

## Gräser:

Agrostis stolonifera	2,00%	Flecht-Straussgras
Festuca nigrescens	50,00%	Alpen-Rotschwengel
Festuca norica	1,00%	Norischer Schwengel
Festuca rubra ssp. rubra	12,00%	Rotschwengel ausläuferbildend
Festuca violacea	2,00%	Violett-Schwengel
Phleum	1,00%	Mattenlieschgras
Poa alpina	25,00%	Alpenrispe

## Kräuter:

Achillea millefolium	4,00%	Schafgarbe
Anthyllis vulneraria ssp. alpestris	2,00%	Alpenwundklee
Lotus corniculatus	2,00%	Hornschatenkle
Trifolium hybridum	4,00%	Schwedenklee

Tabelle 4: Hochlagenmischung Nr. 19b für alkalische Lagen über der Waldgrenze  
 Tableau 4: Mélange adapté aux situations élevées No 19 b (pour des conditions alcalines au-dessus de la limite de forêt)

lage bedingten sehr kurzen Vegetationsperiode ermöglicht. Zudem bietet diese Methode einen wirksamen Schutz gegen Abschwemmung des Saatgutes bei Starkregen und Gewittern.

Neuere Untersuchungen zu den Begrünungsmethoden in Hochlagen, die an unserem Institut in verschiedenen Erosionsgebieten durchgeführt worden sind, zeigen auch gute Erfolge mit Heudecksäen und organischen Klebern, wobei die Heudecksäen mit Heublumen aus nahegelegenen Almwiesen mit Abstand die besten Erfolge erzielt: siehe die Diplomarbeiten von Andreas WILD (1998), Anton WALDNER (1999), Wilhelm GRAISS (2000), Monika STAMPFER (2000), Hartmuth REICH (2001), Mar-

tina JUDA (2002), Florian MAYRHOFER (2003) und Cordula GRATZL (2004).

## 5 Ergebnisse

Im Sommer 2011 habe ich die beiden begrüneten Standorte am Pfannhorn über Toblach und auf Meran 2000/Gemeinde Hafling aufgesucht und nachkontrolliert.

Die 24 bis 30 Jahre alten Begrünungen am Pfannhorn präsentierten sich prächtig: bei einem Deckungsgrad von 80 bis 90% an Gräsern und Kräutern (rd. 10 bis 20% bedeckten die Moose) wuchsen und blühten sehr viele Arten, die 5 bis 20 m unterhalb des Gipfels im Umkreis von 20x20 m auf 2.680 m Meereshöhe aufgenommen worden sind (siehe Tabelle 1).

Die angesäten Arten sind genannt, alle anderen alpinen Pflanzen sind eingesetzt worden oder eingewandert. Die Nomenklatur erfolgt nach FISCHER et al. (2008).

Auch die 20- bis 21-jährigen Begrünungen am äusseren und inneren Kuhleiten-graben auf Meran 2000 zeigten sich in voller Blütenpracht. Der Deckungsgrad betrug ebenso 80 bis 90% an Gräsern und Kräutern, der Rest waren Moose. Die auf 2200 m Meereshöhe untersuchte Vegetation enthält die in Tabelle 2 angeführten Arten.

Die aufkommenden Moose sind Magerkeitszeichen, die einen starken Hagelschlag nicht überdauern und daher zukünftige Erosionsquellen darstellen.

Aus diesem Grund ist eine organische Düngung mit wenig Stickstoff und vielen anderen Nährstoffen in Abständen notwendig, um die bestehende Vegetation dicht zu erhalten. Bisher wurde jedes 5. Jahr auf Abschnitten gedüngt, was sicherlich ausreicht und weiterhin durchgeführt werden soll.

Die aufgekommene Vegetation in den dargestellten 20- bis 30-jährigen Begrünungen kann sich sehen lassen und ist das Ergebnis mühevoller und auch kostenintensiver Arbeit, die sich ausgezahlt hat.

## Literaturverzeichnis

FISCHER M.A., OSWALD K., ADLER W., 2008: Exkursionsflora für Österreich, Liechtenstein und Südtirol, 3. Auflage. Hrsg. Land Oberösterreich, OÖ Landesmuseum, Linz.

FLORINETH F., 2012: Pflanzen statt Beton – Sichern und Gestalten mit Pflanzen. 2. Auflage, Patzer Verlag Berlin-Hannover.

GALLMETZER W., FLORINETH F., 1996: Untersuchungen des Keimverhaltens alpiner Kräuter für Hochlagenbegrünungen. Rasen-Turf-Gazon, Heft 1/96, S. 4–18.

GRAISS W., 2000: Erosionsschutz über der Waldgrenze – Vergleich verschiedener Ansaatmethoden mit Heu- und Deckfrucht. Diplomarbeit an der Universität für Bodenkultur Wien.

GRATZL C., 2004: Erosionsschutz oberhalb der Waldgrenze – Vergleich

verschiedener Ansaatmethoden zur Begrünung von Hochlagen und Analyse der Erosionsflächenentwicklung mittels Luftbild-Interpretation am Niederen Gernkogel, Oberpinzgau, Salzburg. Diplomarbeit an der Universität für Bodenkultur Wien.

JUDA M., 2002: Erosionsschutz über der Waldgrenze – Untersuchung verschiedener Ansaatmethoden auf Meran 2000 und dem Pfannhorn/Südtirol. Diplomarbeit an der Universität für Bodenkultur Wien.

KIRMER A., KRAUTZER B., SCOTTON M., TISCHEW S., 2012: Praxishandbuch zur Samengewinnung und Renaturierung von artenreichem Grünland. Verlag Hochschule Anstalt, Lehr- und Forschungszentrum Raumberg-Gumpenstein, ISBN 978-3-902559-70-8.

MAIR A., 1986: Zweckmässigkeit und Erfolg ingenieurbioologischer Erosionsbekämpfung in alpinen Hochlagen, dargestellt am Beispiel «Pfannhorn», Südtirol-Italien. Dissertation Universität Innsbruck.

MAYRHOFER F., 2003: Erosionsschutz über der Waldgrenze, Vergleich verschiedener Ansaatmethoden am Niederen Gernkogel, Pinzgau, Salzburg. Diplomarbeit an der Universität für Bodenkultur Wien.

REICH H., 2001: Erosionsschutz über der Waldgrenze – Test verschiedener Ansaatmethoden. Diplomarbeit an der Universität für Bodenkultur Wien.

STAMPFER M., 2000: Untersuchung von 24 Ansaatmethoden über der Waldgrenze am Pfannhorn/Südtirol. Diplomarbeit an der Universität für Bodenkultur Wien.

STIMPFL H., 1985: Zur Bedeutung der Reproduktionsstrategie autochthoner und standortsfremder Arten für die ingenieurbioologische Berasung hochalpiner Erosionsflächen. Dissertation, Universität Innsbruck.

URBANSKA K. M., HEFTI-HOLENSTEIN B. und ELMER G., 1987: Performance of some alpine grasses in single-tiller cloning experiments and in the sub-

sequent revegetation trials above the timberline. Berichte Geobot. Inst. ETH Stiftung Rübel, Zürich 53, S. 64–90.

WALDNER A., 1999: Erosionsschutz oberhalb der Waldgrenze – Vergleich verschiedener Ansaatmethoden mit Stroh als Mulchschicht. Diplomarbeit an der Universität für Bodenkultur Wien.

WILD A., 1998: Untersuchungen von Begrünungsmethoden oberhalb der Waldgrenze (Südtirol/Pfannhorn). Diplomarbeit an der Universität für Bodenkultur Wien.

**Anschrift des Verfassers:**

Prof. Dr. Florin FLORINETH  
 Institut für Ingenieurbiologie und Landschaftsbau  
 Universität für Bodenkultur Wien  
 A-1190 Wien, Peter Jordan-Strasse 82  
 E-Mail: florin.florineth@boku.ac.at

**erfolgreiche Zukunft!**  
 Nachhaltiger Bodenschutz für die erfolgreiche Zukunft!

- Nass- und Trockensaaten
- Erosionsschutzmassnahmen
- Rekultivierungen
- Tiefen- und Abruchlockerungen
- Böden mischen
- Schlagräumung und Pflege
- Steine räumen und beseitigen
- Projektberatung

**ZURBUCHEN BODENSCHUTZ**

Zurbuchen Bodenschutz GmbH  
 Wärmehofstrasse 48  
 8500 Frauenfeld  
 Telefon +41 52 723 06 36  
 Telefax +41 52 723 06 39  
 www.zurbuchen-bodenschutz.ch

**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!**

**Relianz AG**  
 Stationsstrasse 43 · 8906 Bonstetten  
 Tel 044 / 701 82 82 · Fax 044 / 701 82 99  
 www.relianz.ch · relianz@relianz.ch

# Erfolgreiche Begrünungsmethode beim Bau der Julierpassstrasse

Nina von Albertini, Laura Regli

## Direktumlagerung von Boden und geschützter Vegetation im Vergleich mit herkömmlichen Begrünungsmethoden

### Zusammenfassung

Die Umwelt- und Bodenkundliche Baubegleitung konnte bei der Erneuerung der Julierpassstrasse die Methode der Direktumlagerung von Boden und Vegetation entwickeln und grossflächig umsetzen. Die neue Methode ermöglicht, Bauvorhaben in höheren Lagen (heterogene Bedingungen und oft geschützte Lebensräume) effizient und schonend auszuführen. Eine Erfolgskontrolle zu den Begrünungsmethoden Direktumlagerung, Spontanbegrünung und Ansaat konnte durchgeführt werden. Die Beobachtungen während der 5-jährigen Bauphase und die Resultate des Monitorings zeigen deutliche ökologische, landschaftliche und wirtschaftliche Vorteile der Direktumlagerung, welche sich auch für die Verpflanzung von Zwergsträuchern und Flachmooren eignet.

### Keywords

Hochlagenbegrünung, Erfolgskontrolle, Direktumlagerung Boden und Rasenziegel, Bodenkundliche Baubegleitung

## **Transposition directe du sol et de la végétation protégée lors de la construction de la route du col de Julier – comparaison des différentes méthodes de végétalisation**

### Résumé

Lors du réaménagement de la route du col de Julier, l'accompagnement environnemental et pédologique des travaux a permis de mettre en œuvre la méthode de transposition directe du sol et de la végétation sur une large surface. La méthode est une nouvelle possi-

bilité d'entreprendre efficacement et soigneusement des projets de construction en altitude (conditions hétérogènes et habitats naturels souvent protégés). Un contrôle de résultat quant aux méthodes de végétalisation de transposition directe, de végétalisation spontanée et d'ensemencement a pu être effectué. Les observations durant les 5 années de la phase de construction et les résultats du contrôle mettent clairement en avant les avantages écologiques, paysagers et économiques de la transposition directe, qui convient aussi à la transplantation des buissons nains et des bas-marais.

### Mots-clés

Végétalisation en altitude, contrôle des résultats, transposition directe du sol et des mottes de gazon, accompagnement pédologique des travaux

## **Rinverdimento diretto (trasferimento completo di terreno e vegetazione protetta) durante la costruzione della strada sul Passo del Giulia (Julierpass) – Confronto fra diversi metodi d'inverdimento**

### Riassunto

La direzione dei lavori ambientali e del terreno ha potuto applicare su grande scala il metodo del trasferimento diretto di terreno e vegetazione durante

il rifacimento della strada del Passo del Giulia (Julierpass). Questo metodo é una nuova possibilità per eseguire progetti di costruzione ad alte quote (in condizioni eterogenee e spesso in aree protette) in modo efficiente e rispettoso dell'ambiente. È stato controllato il successo delle misure trasferimento diretto, inverdimento spontaneo e semina. Le osservazioni effettuate durante i cinque anni di costruzione mostrano chiaramente che il trasferimento diretto è più vantaggioso sia ecologicamente che economicamente, ma anche dal punto di vista del paesaggio. Inoltre questa tecnica si può applicare soddisfacentemente al trapianto di arbusti nani e torbiera bassa.

### Parole chiave

Rinverdimento ad alta quota, controllo dei risultati, trasferimento diretto di terra e zolle, supervisione dei lavori di bioingegneria

### 1 Einleitung

Boden und Vegetation im subalpinen und alpinen Raum sind ausserordentlich verletzlich, da oft extreme Bedingungen herrschen. Die kurze Vegetationszeit, starke Temperaturschwankungen, lange Winter, häufig starke Neigungen und leicht erodierbare Humusaufgaben sind Faktoren, welche die Regeneration der Lebensräume nach baulichen Eingriffen erschweren. Hilfestellungen für die Umwelt- und Bodenkundliche Baubeglei-



Abb. 1: Plan des Projektgebietes, «Erneuerung der Julierpassstrasse 2008–2012» (TBA GR)  
Fig. 1: Plan d'ensemble du projet «Rénovation de la route du col de Julier 2008–2012» (TBA GR)

tung (UBB/BBB), wie etwa die Richtlinie für Hochlagenbegrünung (Locher Oberholzer et al., 2008), sind nur wenige vorhanden.

Bei der Erneuerung der Julierpassstrasse durch das Tiefbauamt Graubünden (TBA GR) bestand für die UBB/BBB, Nina von Albertini, die Herausforderung darin, das bewilligte, den aktuellen technischen Anforderungen entsprechend konventionell angelegte Strassenbauprojekt optimal in Bezug auf Umwelt und Landschaft umzusetzen. Die UBB/BBB hat es sich zur Aufgabe gemacht, mit dem Einbringen einer neuen Methode so viele Lebensräume als möglich zu erhalten und zu verpflanzen, anstatt diese nach konventionellem Vorgehen zuerst abzutragen (zu zerstören) und nach längerer Depotzeit wieder neu anzulegen. Konventionelles Vorgehen bedeutet für heikle Lebensräume in hohen Lagen häufig Folgeprobleme wie Erosion, erschwertes Saataufkommen, Verlust seltener autochthoner Arten, Fremdarteneintrag, künstlicher Aspekt der Rekultivierungen und langwierige Schadensbehebungen. Die Direktumlagerung (DU) ermöglicht einen besseren Umgang und höheren Schutz von Boden, Vegetation und Landschaft.

**2 Ausgangslage und Methoden**

**2.1 Projekt**

Die Erneuerung der Julierpassstrasse als bedeutendster Strassenverbindung ins Engadin erfolgte während der Jahre 2008 bis 2012 auf 3800 Meter Länge. Das TBA GR hat mit diesem Projekt die Passstrasse den heutigen Verkehrs- und Sicherheitsanforderungen angepasst. Für die Gewährleistung der Umweltverträglichkeit wurde ein Umweltverträglichkeitsbericht (UVB, Atragene & Kuster+Partner 2002) verfasst und eine Umwelt- und Bodenkundliche Baubegleitung (UBB/BBB) für die projektrelevante Erhebung des Boden-Ausgangszustandes (von Albertini 2007), die Submissions- und Bauphase, eingesetzt.

Teilweise wurde das bestehende Trasse erneuert und wurden längere Abschnitte mit Schüttungen und Abträgen neu in das Gelände gelegt (Abb. 1). Das Bauprojekt wurde im September 2012 abgeschlossen. Insgesamt wur-

Fläche	Anlagedatum	Methode	Ausgangsvegetation	AZ	DG	Höhe ø cr	Höhe max. cm
BR1	Sep 2011	Direktumlagerung	Borstgrasrasen*	44	70	30	50
BR1 R		Referenz	Borstgrasrasen*	55	95	30	50
BR2	Aug 2010	Direktumlagerung	Borstgrasrasen*	65	80	30	60
BR3	Juli 2009	Direktumlagerung	Borstgrasrasen*	53	75	30	75
BR5	Juli 2009	Direktumlagerung	Borstgrasrasen*	46	95	30	60
BR5 R		Referenz	Borstgrasrasen*	48	98	20	60
BR6	Aug 2009	Direktumlagerung	Borstgrasrasen*	72	85	20	75
AS7	Sep 2008	Ansaat roh	Borstgrasrasen*	35	39	30	85
AS8	Sep 2008	Ansaat humusiert	Borstgrasrasen*	40	90	30	80
AS9	Sep 2008	Ansaat humusiert	Borstgrasrasen*	36	98	20/30	90
SP11	Aug 2011	Spontan	Borstgrasrasen*	25	10	2/15	35
SP12	Okt 2010	Spontan	Borstgrasrasen*	45	55	25	80
FM13	Sep 2008	Direktumlagerung	Flachmoor	9	93	30	55
FM14	Aug 2009	Direktumlagerung	Flachmoor	22	65	20	50
FM15	Okt 2010	Direktumlagerung	Flachmoor	27	55	50	65
FM15 R		Referenz	Flachmoor	24	98	18	60
FM16	Okt 2010	Direktumlagerung	Flachmoor	26	65	15	35

\*Der Lebensraum Borstgrasrasen ist im Projektgebiet oft mit Milchkraut- oder Fettweidenarten vergesellschaftet.

Tab. 1: Flächen der Vegetationsaufnahmen mit den aufgenommenen Parametern  
 Tab. 1: Surfaces de prélèvement de la végétation avec les paramètres pris en compte

den rund 230000 m<sup>3</sup> Rohmaterial vor Ort abgetragen, teilweise aufbereitet und für den Bau verwendet. Dies ergab eine sehr gute örtliche Materialbilanz; es musste nur minimal Material zugeführt werden.

**2.2 Umgang mit Boden**

Prioritär wurde im Projektperimeter der Boden für das Bauvorhaben abgetragen und ohne Zwischenlagerung direkt an bereits erstellten Rohplanien aufgetragen (siehe Direktumlagerung Kap. 2.3). In gewissen Bereichen musste der Boden vorgängig abgetragen und in kurz- oder mittelfristigen Depots zwischengelagert werden. Dieses konventionelle Vorgehen war z.B. nötig im Gebiet der Materialgewinnung (zu erstellendes Lawinauffangbecken) sowie im neuen Strassentrasssee (versiegelte Fläche ohne Böschungen). Der Bodenabtrag in blockigsteinigem, sehr heterogenem Gebiet ist häufig, trotz gut

arbeitenden Maschinisten, mit einem Bodenverlust verbunden. Der zwischengelagerte Boden wurde vor allem auf Flächen der zurückzubauenden alten Strasse und im Lawinauffangbecken wieder angelegt und der Spontanbegrünung überlassen (siehe Kap. 2.3). Die Bodenbilanz resultierte ausgeglichen. Der gesamte beanspruchte und abtragbare Boden wurde wieder angelegt.

**2.3 Begrünungsmethoden**

Mit der **Direktumlagerung** (flächige Transplantation von Rasenziegeln und deren Wurzelraum, Boden) werden Schüttungen und Abträge realisiert, ohne die darauf vorkommenden Lebensräume zu zerstören. In Baggerreichweite werden auf bereits abgetragenen oder aufgebauten neuen Böschungen Rasenziegel mit Boden und eventuell auch Gehölzen direkt umgelagert. Dies ermöglicht einen kontinuierlichen Abtrag und die direkte Wiederanlage von

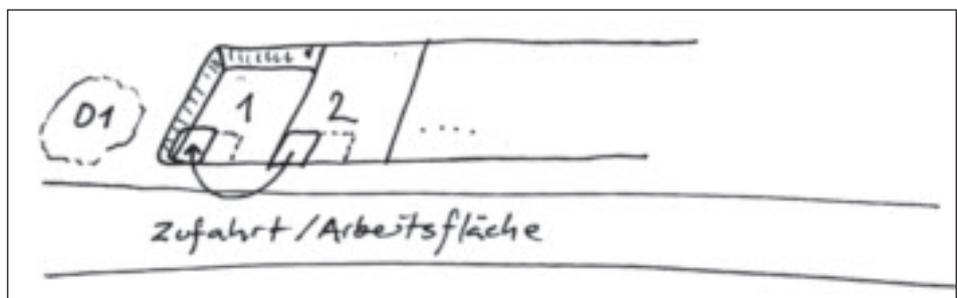


Abb. 2: Schema der streifenweisen Direktumlagerung bei einem Böschungsabtrag. Der abgehobene Boden mit Rasenziegeln der Fläche 1 wird in Depot D1 gelegt. Der geforderte Abtrag auf Fläche 1 wird realisiert. Von Streifen 2 wird der Boden mit den Rasenziegeln direkt auf Fläche 1 umgelagert. Diese Arbeitsschritte werden streifenweise weitergeführt

Fig. 2: Schéma de la transposition directe en bandes lors d'un abaissement d'un talus. Le sol prélevé avec les mottes de gazon de la surface 1 est déposé dans le dépôt D1. Le prélèvement exigé sur la surface 1 est réalisé. Le sol avec les mottes de gazon est directement transposé de la bande 2 sur la surface 1. Ces étapes de travail sont répétées par tranches

	DIREKT	KONVENTIONELL
Vorbereitungsaufwand Bauleitung	grösser	geringer
Maschineneinsatz	kleiner	grösser
Transport zu Depot	---	hin und zurück
Zeitaufwand	geringer	grösser
<b>Kosten (Unternehmer mit Erfahrung)*</b>	<b>50% bis 80%</b>	<b>100 %</b>

\* Ausführungsofferten Julierstrasse Vergleich 2008 – 2010, TBA GR

Tab 2.: Aufwand Böschungsbau: Abtrag und Anlegen von Rasenriegeln  
 Tab 2: Dépenses pour la construction des talus: enlèvement et remplacement des mottes de gazon

Vegetation gemeinsam mit den Bodenhorizonten.

Das schematische Vorgehen für eine Böschungsanlage sieht wie folgt aus (Abb. 2):

Für den Bagger muss genügend Bewegungsfläche vorhanden sein.

Beim ersten Teilbereich (1) des zu verändernden Geländes wird der Boden inklusive Rasenriegeln abgetragen und zwischengelagert (D1). Dieses Bodenmaterial wird für den letzten Arbeits-

schritt wieder benötigt. Die Grösse des ersten Streifens wird entsprechend der Reichweite der arbeitenden Maschine gewählt. Darauf folgt auf der nun bodenfreien Stelle (1) die Schüttung oder der Abtrag. Die Form der neuen Rohplanie soll sich an die Umgebung anpassen. Vom angrenzenden Streifen (2) wird nun der gesamte Boden inklusive Vegetation löffelweise als Ziegel abgetragen und direkt auf die neu geformte Fläche (1) gelegt. So steht der boden-

freie Streifen (2) bereit für die nächste Etappe. Nach der Formung des letzten Streifens fehlt Material zur Direktumlagerung. Deshalb wird nun der Boden vom ersten abgetragenen Streifen (1) aus dem Depot (D1) mit einigen im Mosaik angelegten Rasenriegeln eingebaut.

Je nach Mächtigkeit des umzulagernden Bodens ist auch eine zweistufige DU separiert nach Ober- und Unterboden möglich. Die Umsetzung ist ortsabhängig und jeweils von der UBB/BBB mit oder den Maschinisten festzulegen.

Entsprechend der oben beschriebenen Methode wurden auch die vom Projekt betroffenen Flachmoorbereiche als Soden abgetragen und an vorbereiteten Flächen im umliegenden Bereich der Julia wieder angelegt (Abb. 3 bis 5). Die Mächtigkeit der Soden war sehr unterschiedlich. Für die Direktumlagerung wurden die Soden mit intaktem Wurzelraum vom Rohboden abgehoben und verpflanzt.

Eine weitere umgesetzte Begrüpfungsmethode ist die **Spontanbegrüpfung** auf Oberboden. Dieser wurde ab Depot ca. 10 cm stark auf neu geformte, angepasste Rohplanien aufgetragen. Der verwendete Humus-Silikatgesteinsboden

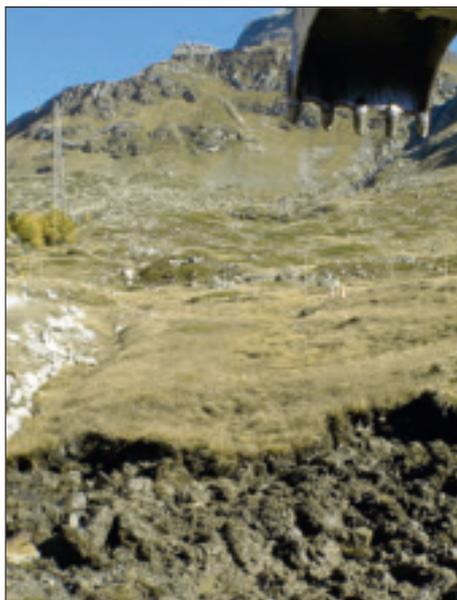


Abb. 3: Flachmoorsoden – Abtrag aus einer vom Strassenbau beanspruchten Fläche für die Direktumlagerung  
 Fig. 3: Prélèvement pour la transposition directe de mottes de basmarais d'une surface prévue pour la route

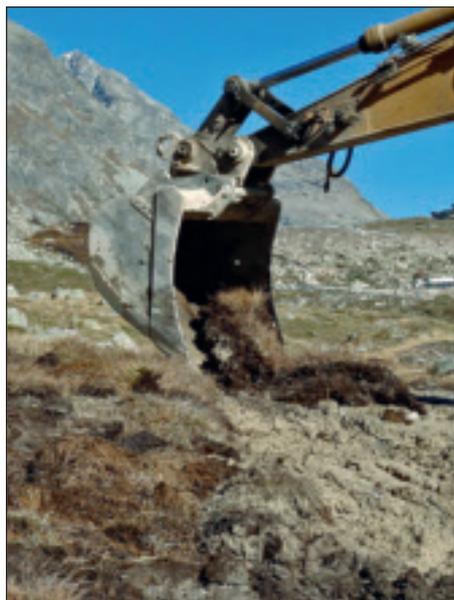


Abb. 4: Einbau der Flachmoorsoden auf vorbereitete Fläche  
 Fig. 4: Mise en place de mottes de bas-marais sur une surface préparée

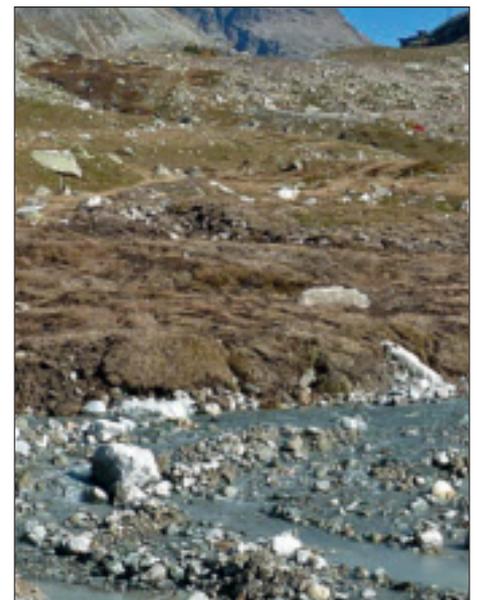


Abb. 5: Das neu angelegte Flachmoor im Bereich der Julia-Aufweitung  
 Fig. 5: Le bas-marais fraîchement aménagé dans le secteur d'élargissement du fleuve



Abb. 6: Vorne Borstgrasrasen-ähnlicher Lebensraum, hinten abgesenkte mit Direktumlagerung erstellte neue Böschung

Fig. 6: Devant, des pelouses à nard faisant office d'habitat naturel, derrière, installation d'un nouveau talus rabaissé par transposition directe



Abb. 7: Bau einer neuen Schüttung: Borstgrasrasen und Zwergsträucher werden direkt umgelagert, ohne weitere ingenieurbiologische Verbauungen.

Fig. 7: Construction d'un nouveau remblai: les pelouses à nard et les buissons nains sont directement transposés sans autres aménagements du génie biologique.

inklusive Silikat-Blockschutt-Borstgrasrasen-Vegetation lag während zweier Jahre in einem korrekt angelegten und gepflegten Bodendepot. Die Pflege beinhaltete die Mahd und die selektive Entfernung von Problemunkräutern.

Kleinere Flächen sind im Herbst 2008 mit **Ansaat** der angepassten Spezial-

mischung E4, Magerweide für mittlere Berglagen, (Weidmann, 2004) begrünt worden. Da nach der zweiten Bausaison 2009 keine bedeutenden Vorteile der Ansaaten im Vergleich zur Direktumlagerung und der Spontanbegrünung ersichtlich waren, wurde in den Folgejahren auf Ansaaten verzichtet.

Die Böschungserstellungen entlang der Strasse wurden zu ca. 65% mit DU und ca. 35% konventionell mit Spontanbegrünung ausgeführt. Die Flachmoore wurden gänzlich direkt umgelagert. Im Lawinenauffangbecken wurde der Boden grösstenteils konventionell ab Depot angelegt und die Fläche wird spontan begrünt.

Alle neu angelegten Flächen werden vor Beweidung geschützt, ausgezäunt und zur Pflege Ende Sommer gemäht. Spontanflächen und Ansaaten werden, falls nötig, von problematischen Fremdarten befreit. Die Flachmoore werden nicht gepflegt.

#### 2.4 Erfolgskontrolle Vegetation

Der vorbildliche Projektabschluss und die Verwendung verschiedener Begrünungsmethoden während mehrerer Jahre im selben Gebiet boten gute Grundlagen für eine Erfolgskontrolle. Das TBA GR ermöglichte diese für das Jahr 2012. Die unterschiedlichen Anlagemethoden werden auf ihre Wirksamkeit geprüft, und das gewonnene Wissen soll in zukünftige Projekte einfließen können.

Dafür wurde am 19. Juni 2012 auf zwei Flächen die Anzahl verpflanzter Zwergsträucher aufgenommen und zwischen dem 17. und 19. Juli 2012 wurden auf 18 Flächen Vegetationsaufnahmen vom Büro Atragene, Fachgemeinschaft für Standortkunde und Ökologie, durchgeführt und von Albertini/Regli ausgewertet.

Zur Untersuchung der Verpflanzung von Zwergsträuchern (ohne Ericaceae) wurden die Anzahl verpflanzter Individuen und die Anzahl verpflanzter, überlebender Individuen auf ca. 2000 m<sup>2</sup> erhoben.

Die Vegetationsaufnahmen der Borstgrasrasen und Flachmoore sowie die Referenzflächen wurden nach Braun-Blanquet (Krüsi, 2006) erhoben. Die Referenzflächen wurden entsprechend den betrachteten Lebensraumgemeinschaften und möglichst nahe der Direktumlagerungsflächen auf ungestörtem Gebiet gewählt. Die Nomenklatur richtet sich nach der Flora Helvetica (Lauber & Wagner, 2007). Die Datenanalyse



Abb. 8: Referenzfläche BR 5 (Borstgrasrasen) im Juli 2012  
 Fig. 8: Surface de référence BR 5 (pelouses à nard) en juillet 2012

erfolgte teilweise mit VEGEDAZ (Küchler, 2009).

### 3 Resultate

Generell sind typische alpine Standortbedingungen im Projektgebiet vorherrschend. Bedingt durch Geologie, Relief, Klima, Wasser, Skelett und Erosion ist eine grosse Heterogenität an Bodenart, -mächtigkeit und Skelettgehalt anzutreffen. Besonders prägend ist auch das Vorkommen von Blockschutt und einzelnen Blöcken an der Oberfläche und im Bodenbereich.

### 3.1 Qualitative Beobachtungen

Während der gesamten Bauphase konnte die UBB/BBB die Entwicklung der verschiedenen Flächen beobachten und fotografisch festhalten.

Beobachtete positive Effekte der DU sind:

- Erhalt der autochthonen Vegetation inklusive Boden
- Erhalt des aktiven Wurzelraumes
- sofortiger Erosionsschutz durch Vegetationsdecke und aktive Wurzeln
- kein Eintrag von Fremdarten durch Ansaat
- geringes Aufkommen von Problemarten

Der maschinelle Eingriff bedeutet aber immer eine Veränderung der Lebensräume. Durch den Bau mit DU resultieren auf den Flächen Veränderungen in physikalischer und ökologischer Hinsicht: neuer, lockerer Untergrund, gelockerter Boden, evtl. verkleinerter, unterbrochener und beschädigter Wurzelraum und Lücken zwischen den einzelnen Rasenziegeln. Daher ist eine Veränderung der Pflanzensoziologie zu erwarten. Der

Gesamtaspekt und die beobachtete Artenvielfalt sind vergleichbar mit denen der Referenzflächen (siehe Abb. 6 und Kap. 3.4/4.2.2).

### 3.2 Verpflanzte Zwergsträucher

Im Zuge der DU der Borstgrasrasen wurden auch vorkommende Zwergsträucher verpflanzt (Abb. 7). Insgesamt wurden 2012 auf zwei dreijährigen Flächen 186 verpflanzte Individuen gezählt. Davon überlebten 134 oder 80%, wobei 24 oder 14% mit einem Anteil Totholz von über 75% der gesamten sichtbaren Pflanzenteile als überlebensfähig kategorisiert wurden. Es verbleiben 34 Individuen oder 20,2% der Zwergsträucher, welche die Verpflanzung nicht überlebten.

### 3.3 Umgelagerte Borstgrasflächen

Die neu angelegten Borstgrasflächen weisen einen Deckungsgrad der Vegetation (DG) zwischen 70 und 95% auf. Die zwei Referenzflächen zeigen einen DG von 95 und 98% (BR1 R und BR5 R, Abb. 8). Die jüngste beobachtete Fläche (BR1) weist einen DG von 70 %, Fläche BR2 in der 2. Vegetationsperiode eine Deckung von 80% und BR3, BR5 (Abb. 9) sowie BR6, alle in der 3. Vegetationsperiode nach DU, weisen Deckungen zwischen 75 und 95% auf. Die AZ liegen zwischen 44 und 72



Abb. 9: Fläche BR 5 im Juli 2012, genau 3 Jahre nach der DU  
 Fig. 9: Surface BR 5 (pelouses à nard) en juillet 2012, 3 ans après la transposition directe



Abb. 10: Konventionelle, geometrisch angelegte und angesäte Strassenböschung  
 Fig. 10: Talus routier conventionnel, mis en place géométriquement et ensemencé



Abb. 11: Direktumlagerung in Arbeit  
 Fig. 11: Tranposition directe en cours



Abb. 12: Blockreiches Gelände neu angelegt (unterhalb der roten Linie). Optimale Einpassung in die Landschaft  
 Fig. 12: Terrain reconstitué, riche en blocs de rocher (au-dessous de la ligne rouge). Ajustement optimal dans le paysage

(Tab. 1). Wobei die höchste AZ auf der 3-jährigen Direktumlagerungsfläche BR6 mit 72 Arten höher ist als die AZ der Referenzflächen.

Der Vergleich der vorkommenden Arten (nach Jaccard) der Referenzflächen (BR1 R und BR5 R, Abb. 8) mit den Flächen BR1 und BR5 (Abb. 9) zeigt eine Frequenz von 0,3 und 0,4. Die Flächen weisen somit geringe Ähnlichkeit mit der Referenz auf. Werden nur die Arten mit einer Deckung über 5% betrachtet, steigt die Frequenz auf 0,5 und 0,9, was in Bezug auf die häufiger vertretenen Arten eine hohe Ähnlichkeit zeigt. Die visuelle Beurteilung ergibt folgendes Bild: Die umgelagerten Flächen weisen eine höhere, üppigere Vegetation auf, obwohl sich die geschätzten durchschnittlichen und maximalen Wuchshöhen für die Referenz- und DU-Flächen beinahe entsprechen (BR1 und BR1 R: 30 cm ø-Wuchshöhe, 50 cm max. Wuchshöhe). BR5 (30 cm) und BR5 R (20 cm) unterscheiden sich bei der durchschnittlichen Wuchshöhe um 10 cm, die Maximalhöhen liegen je bei 60 cm. Die Flächen BR2, BR3 und BR6 weisen ähnliche Wuchshöhen auf (Tab. 1).

### 3.4 Ansaaten

Die ausgeschriebene Mischung E4 (TBA GR 2004) enthält 32 Arten, davon 8 Gramineen. Im Sommer nach der Ansaat kamen unerwünschter gesäeter Roggen und andere Fremdarten auf. Dies lässt vermuten, dass die Mischung nicht der angeforderten Zusammensetzung entsprach. Die Fläche der Ansaat auf Rohboden (AS7, DG 39%) zeigt eine deutlich geringere Deckung als die Ansaaten auf humusiertem Gelände (AS8 und AS9, DG 90% und 98%). Es konnten 35 bzw. 40 Arten gezählt werden, davon 7 bzw. 11 Gramineen. Die Ansaaten auf humusiertem Gelände weisen im Vergleich zur Saatmischung (E4) eine leicht erhöhte AZ auf. Es kommen neben angepassten Arten wie Rätischem Lieschgras (*Phleum rhaeticum*), Rot-Schwengel (*Festuca rubra* agg.) oder Gelbgrünem Frauenmantel (*Alchemilla xanthochlora*) Störungszeiger und möglicherweise problematische Arten wie Felsen-Greiskraut, Alpen-Ampfer (*Rumex alpinus*), Schafgarbe (*Achillea*



Abb. 13: Frisch mit Direktumlagerung angelegte sanfte Böschung mit belassenem Felsen, landschaftlich angepasst

Fig. 13: Talus fraîchement mis en place par transposition directe. Conservation d'un rocher adapté au paysage

millefolium agg.) und Schmalblättriges Weidenröschen (*Epilobium angustifolium*) vor. Hufattich ist ebenfalls auf allen drei Flächen mit einer eher hohen Deckung von 5 bis 15% vertreten.

### 3.5 Spontanbegrünungen

In der ersten Vegetationsperiode zeigt sich auf der spontan begrünten Fläche (SP11) ein DG von 10% und eine AZ von 25, nach eineinhalb Vegetationsperioden (SP12) liegt die Deckung bei 55%, die AZ bei 45. Die Artengarnitur ist eine Mischung von Ruderal-, Borstgras- und Milchkrautweidearten, welche auch im Strassenrand- und Alpweidegebiet vorhanden waren. Bei der Fläche SP11 ist der geringe DG auffallend. Die häufiger vorkommenden Arten (aber mit einem DG unter 5%) sind angepasst und ortstypisch: Rätisches Lieschgras, Rot-Schwengel, Rotes Straussgras (*Agrostis capillaris*), Schafgarbe und Gelbgrüner Frauenmantel. Die Spontanfläche in der 2. Vegetationsperiode wird von Wiesenlieschgras (*Phleum pratense*) und (Schnee-)Rot-Klee (*Trifolium pratense*/*Trifolium pratense nivalis*) und Alpen-Ampfer geprägt. Auch auf den spontan begrünten Flächen kommt Felsen-Greiskraut (DG bis 5%) vor.

### 3.6 Umgelagerte Flachmoorbereiche

Im Projektgebiet konnten ca. 2500 m<sup>2</sup> Flachmoorlebensraum verpflanzt werden. Die Vegetationsaufnahmen ergeben AZ zwischen 8 und 25, wobei 8 Arten mit einem DG von über 5% vorkommen. Der Gesamt-DG beträgt auf der Referenzfläche 98%, auf der Fläche in der 4. Vegetationsperiode

nach DU 93%, auf jener der 3. Vegetationsperiode noch 65% und auf jenen der 2. Vegetationsperiode liegt die Deckung zwischen 65 und 55%. Die Arten mit den höchsten DG sind: Schmalblättriges Wollgras (*Eriophorum angustifolium*), Braune Segge (*Carex nigra*), Davalls Segge (*Carex davalliana*), Alpenbinse (*Juncus alpinoarticulatus*) und Dreizack (*Triglochin palustris*).

Es sind keine Störungszeiger mit hohem DG vorhanden. Es kommen aber Arten anderer Pflanzengesellschaften vor. Der Vergleich der DG zeigt einen Anstieg mit der Zeit; von 55 bis 65% in der 1. auf 93% in der 4. Vegetationsperiode nach DU.

Werden die angelegten Flächen FM13, FM15 und FM16 mit der Referenz (FM15 R) bezüglich Ähnlichkeit (nach Jaccard) verglichen, so zeigen sich nur schwache Ähnlichkeitswerte (alle drei um 0,3). Wenn jedoch für den Jaccard-Koeffizienten nur die Arten mit einem DG von über 5% berücksichtigt werden, erweist sich die Ähnlichkeit als bedeutend höher (zwischen 0,6 und 0,8).

## 4 Diskussion

### 4.1 Allgemeiner Methodenvergleich

Die Diskussion beruht auf den Erfahrungen aus der Bauphase und den Re-



Abb. 14: Minimale Erosion zwischen den Rasenziegeln an steiler, direkt umgelagerter Böschung. Der kleinflächig erodierte Boden lagert sich beim nächstliegenden Rasenziegel bereits wieder ab.

Fig. 14: Erosion minimale entre les mottes de gazon sur un talus raide, directement transposé. Ce matériel se dépose à nouveau sur la motte suivante.

sultaten der Vegetationsaufnahmen. In erster Linie bestand für die UBB/BBB die Herausforderung darin, das bewilligte, den aktuellen technischen Anforderungen entsprechend konventionell angelegte Strassenbauprojekt optimal in Bezug auf Umwelt und Landschaft umzusetzen. Die beideseitig der Strasse beanspruchten Gebiete für die relativ grossen Geländeänderungen sollten nicht wie üblich fremd in die Landschaft gestellt werden, sondern als natürlich angepasst erscheinen. Dazu mussten neue Wege gegangen werden.

Mit der Direktumlagerung können die sonst übliche grossflächige Zerstörung der Lebensräume und die in Form und Artzusammensetzung meist künstliche Rekultivierung (Abb. 10) in grossem Rahmen vermieden werden. Das TBA GR hat ein solches Vorgehen unterstützt, was den Willen zur Suche nach umweltverträglichen Lösungen zeigt.

Die BL konnte dank einer gut vorbereiteten Bauplanung die für Geländeänderungen konventionell vorgängig abzutragenden und in Zwischendepots zu lagernden Bodenbereiche so klein wie möglich halten. Eine neue Art der Kostenkalkulation wurde für die DU erarbeitet. Maschinen- und vor allem Transportkosten (Transport zu und von Bodendepots) konnten eingespart werden. Das Problem der kaum vorhande-



Abb. 15: Ansaat auf rohem Gelände: geringer Deckungsgrad in der vierten Vegetationsperiode  
Fig. 15: Ensemencement sur un terrain nu: faible degré de couverture lors de la quatrième période de végétation

nen geeigneten Depotflächen (meist geschützte Lebensräume) entschärfte sich ebenfalls und die Bodenarbeiten waren auch unter suboptimalen Bedingungen (hohe Bodenfeuchtigkeit) möglich, da der Boden nur minimal gestört und nicht durch Transport und Lagerung verdichtet wurde. Daher konnte mit weniger Unterbrüchen während einer längeren Bauperiode gearbeitet werden.

Für die Umsetzung der DU mussten die Bauleute überzeugt und intensiv beglei-

tet werden. Nach nur einer Bauphase konnten die Unternehmer mit den motivierten Maschinisten bereits effizienter arbeiten und daher für die folgenden Bauetappen auch günstiger anbieten (Abb. 11). Diese neu umgesetzte Methode erfreut sich dementsprechend guter Akzeptanz. Die optimale Materialbewirtschaftung, die neu grossflächig angewandte Methode der Direktumlagerung, die Vorbereitungsarbeiten der Bauleitung (BL) und die angepassten Angebote der Unternehmungen bewirkten eine deutliche Unterschreitung des Kostenvoranschlages. Eine Gegenüberstellung des Aufwandes für den Böschungsbau bei konventioneller Methode und bei Anwendung der Methode der Direktumlagerung ist in Tab. 2 zusammengestellt.

Mit der konventionellen Methode Bodenabtrag, -depot und -wiederanlage sind in höheren Lagen viele beobachtete negative Effekte verbunden:

- Optimale Abtragsbedingungen sind im Frühsommer häufig nicht gegeben (Schneesmelze und Regenfälle im Juni), was zu Verspätungen beim Baustart und erhöhtem Zeitdruck während der Bauphase führt.
- Die erschwerten Bedingungen in hohen Lagen bedeuten allgemein bei



Abb. 16: Ansaat auf humusierter Fläche: hoher Deckungsgrad, trotz selektiver Pflege dominiert der Alpen-Ampfer (*Rumex alpinus*)

Fig. 16: Ensemencement sur une surface humifiée: degré de couverture élevé. Oseille des Alpes (*Rumex alpinus*) domine, malgré un entretien sélectif

Abtragsarbeiten ein hohes Bodendefizit.

- Die Bodendepots sind erschweren Bedingungen ausgesetzt: langsames Aufkommen der Ansaat, minimale Durchwurzelung und lange kalte und vernässte Phasen.
- Für das Bodenmaterial besteht sowohl bei Ansaat als auch bei Spontanbegrünung ein erhöhtes Erosionsrisiko, da der Boden für längere Zeit nicht genügend bedeckt und durchwurzelt ist.

Dank der Direktumlagerung konnten die negativen Effekte der konventionellen Methode vermieden werden.

Die Geländeänderungen wurden prioritär mit direkt umgelagerten Rasenziegeln wieder angelegt. War im Projekt eine DU vom Timing her unmöglich, wie bei den zurückgebauten alten Strassenanlagen, wurde mit zwischengelagertem Boden renaturiert. Diese Bereiche wurden meist mit einzelnen Rasenziegeln versetzt der Spontanbegrünung überlassen (siehe Kap. 2.3/3.5), verlangen aber als Experimentalfächen eine weitere Beobachtung.

Qualitativ beurteilt zeigt die DU klare positive Effekte. Dem Zustand der Abtragsfläche entsprechend wird in Baggerreichweite direkt wieder eine heterogene Anlage mit Rasen, Skelett, Blockelementen und allenfalls Zwergsträuchern erstellt (Abb. 12). Mit der für hohe Lagen typischen Heterogenität können geübte Maschinisten sorgfältig umgehen.

Ein Hauptanliegen war die Formung eines landschaftlich angepassten Reliefs der neuen Böschungen mit den typischen Strukturelementen (Abb. 13). Die Umsetzung dieses Anliegens ist eine grosse Herausforderung, da sowohl die Pläne zum Ausführungsprojekt konventionell, d.h. sehr geometrisch, verfasst sind als auch die Bauleute meist an eine geometrische, uniforme Gestaltung gewöhnt sind. Die UBB/BBB musste den Charakter der natürlichen Landschaft in umsetzbare Faktoren und die Sprache der Bauleute übersetzen.

Zusammenfassend bietet die DU in hohen Lagen neben den wirtschaftlichen folgende ökologischen Vorteile:



Abb. 17: Spontan begrünte Fläche eineinhalb Vegetationsperioden nach Rückbau eines alten Strassenabschnittes

Fig. 17: Surface végétalisée spontanément, une période de végétation et demie après la reconstruction d'une vieille section de la route



Abb. 18: Flachmoor-Referenzfläche 15 in Julia-Nähe im Juli 2012

Fig. 18: Surface de référence bas-marais 15 près du fleuve en juillet 2012

- Schonung der Umgebung (weniger Depotfläche und Transportpisten, Perimeter-Reduktion möglich)
- weniger witterungsbedingte Bodenschäden
- Boden im Aufbau und der Struktur minimal gestört
- Wurzelraum inklusive Bodenlebewesen und Mykorrhiza minimal gestört
- Vegetation direkt verpflanzt, wächst weiter
- Erosionsrisiko deutlich verringert. Erosion allenfalls reduziert auf kleine unregelmässige Räume zwischen Rasenziegeln und daher wieder Ablagerung in nächster Nähe (Abb. 14)
- Boden und Vegetation autochthon
- Ansaaten keine oder minimal
- Eingriff in Lebensraum für Fauna minimiert.



Abb. 19: Flachmoor-Aufnahmefläche 13 in Julia-Nähe, viertes Jahr nach Direktumlagerung, im Juli 2012  
 Fig. 19: Surface de prélèvement bas-marais 13 près du fleure, la quatrième année après la transposition directe en juillet 2012

## 4.2 Vegetation

### 4.2.1 Direktumlagerung Zwergsträucher

Die Rate von 80% Überlebenden darf als Erfolg bezeichnet werden. Auch diejenigen Zwergsträucher, welche nur im Kern überlebt haben, spielen über ihr Wurzelwerk eine stabilisierende Rolle für den Erosionsschutz. Im Projektgebiet wurden die Zwergsträucher ohne besondere Massnahmen durch die Bauleute versetzt. Würde man der Versetzung mehr Bedeutung zukommen lassen (sorgfältiger Abtrag des gesamten Wurzelwerkes, Transplantation mit gutem Bodenanschluss für Wurzeln), könnte die Erfolgsrate möglicherweise noch erhöht werden.

Beim konventionellen Böschungsbau wären alle Zwergsträucher (geschützter Lebensraum) verloren gegangen und nur durch aufwändige Neupflanzung ersetzbar. Insofern scheint die vorgestellte Methode einen wichtigen Beitrag zum Erhalt von Zwergsträuchern bei baulichen Geländeänderungen leisten zu können.

### 4.2.2 Direktumlagerung Borstgrasrasen

Der Vergleich der direkt umgelagerten Borstgrasflächen von 2009 bis 2011

zeigt, dass nach 3 Vegetationsperioden Lücken in der Vegetationsdecke deutlich geschlossen werden können. Die Arbeitsweise des Maschinisten hat jedoch bei der DU einen hohen Einfluss auf den DG. Wichtige beeinflussende Faktoren des DG bei der DU sind das Mikrorelief auf der Abtragsfläche, der Skeletthalt des umgelagerten Materials und das Know-how des Maschinisten (siehe Kap. 4.1).

Bei der DU gibt es nur eine geringe Änderung der Artenzusammensetzung. Vor allem seltene Arten können mit der DU verschwinden, während die häufigeren Arten auch nach dem Eingriff präsent bleiben. Der auch visuell beobachtbare üppigere Wuchs auf den DU-Flächen im Vergleich mit den Referenzflächen könnte durch eine eventuell erhöhte Verfügbarkeit gelöster Nährstoffe erklärt werden. Weiter erscheint es plausibel, dass durch den gelockerten Boden, speziell im Randbereich der umgelagerten Rasenziegel, eine stärkere Entwicklung der einzelnen Pflanzen begünstigt wird, da sich die Konkurrenz mit anderen bereits etablierten Individuen verringert. Im Juli ist der Aspekt der Flächen durchgehend attraktiv, vielfältig und Borstgrasrasen-, aber auch Milchkraut-

weideähnlich (vgl. Abb. 6, oben). Im Vergleich zu Ansaat und Spontanbegrünung liefert die DU für Borstgrasrasen die besten Resultate.

### 4.2.3 Ansaat

Aussagen zu den Ansaaten sind nur reduziert möglich, da nur wenige Aufnahmen auf den kleinen, angesäten Flächen gemacht werden konnten.

Die Ansaat auf rohem Boden wirkt durch den geringen Deckungsgrad sehr ruderal (Abb. 15). Die Ansaaten auf humusiertem Gebiet (Abb. 16) wirken üppig trotz der jährlichen Entfernung der Problemarten. Die hohe Präsenz dieser problematischen Arten ist floristisch ein klarer Nachteil.

### 4.2.4 Spontanbegrünung

Auf den spontan begrünten Flächen ist der Zuwachs der Deckung erwartungsgemäss gross (SP 11: 10%, SP12: 55%, vgl. Tab. 1). In der kommenden Vegetationsperiode soll mit dem Verteilen von Schnittgut aus umliegenden Flächen das Aufkommen autochthoner Arten gefördert werden. Es ist offen, ob sich jene Arten, welche potenziell im angelegten Boden als Samen vorhanden sind, oder jene, die aus der Umgebung versamen, etablieren können oder ob Fremdarten überwiegen werden. Obwohl die Vegetation auf Fläche SP11 nach nur einhalb Vegetationsperioden spärlich entwickelt ist, passt sich der Gesamtaspekt der heterogenen Fläche gut in die Umgebung ein (Abb. 17). Nach zwei Vegetationsperioden (auf Fläche SP12) sind alle erhobenen Werte deutlich höher als auf Fläche SP11. Es ist also, wie für Pionierflächen typisch, eine starke Entwicklung ersichtlich.

### 4.2.5 Direktumlagerung Flachmoor

Der visuelle Vergleich der angelegten Flächen mit der Referenzfläche ergibt eine gute Entsprechung, wie aus den Abbildungen 18 und 19 hervorgeht.

Die Artenzusammensetzung erfuh nach visueller Einschätzung eine Veränderung. Diese könnte eine Störung der Flachmoorgesellschaft durch die DU anzeigen. Die Beobachtungen weisen aber auch auf den grossen Einfluss des

Wasserhaushaltes hin, welcher in den neu angelegten Flächen anders und nur vergleichbar ist mit den Ursprungsflächen. Im Projektgebiet sind die meisten Flachmoore durch Hang- und Schmelzwasser beeinflusst. Es wird angenommen, dass dieses Fließwasser im gelockerten Boden der umgelagerten Flächen eine grössere Wirkung hat als auf den gewachsenen Flächen. Es kann zu inneren Umverteilungen von Bodenmaterial im Wurzelraum führen. Zudem ist auch in den natürlichen Flachmoorebenen ein ständiger Wechsel zwischen nassen und trockeneren Ausprägungen und Veränderungen je nach Jahresklima beobachtbar.

In der Referenzfläche sind nebst den typischen Flachmoorarten z.B. auch Schnee-Rotklee, Scharfer Hahnenfuss und Rot-Schwingel vertreten. Dies kann auf den Einfluss der früheren Beweidung der Spenderflächen zurückzuführen sein, welche eine Durchmischung von verschiedenen Pflanzengesellschaften bewirkt. Der Vergleich der AZ weist auf einen Rückgang der Arten mit potenziell niedrigem Deckungsgrad, vor allem der Kräuter, hin. Dies könnte zeigen, dass die selteneren und empfindlicheren Arten der Flachmoore durch die DU unter Druck gesetzt werden, oder, dass der Wasserzufluss besser gesteuert werden sollte. Trotz den festgestellten Veränderungen mit der DU scheint die Methode für Flachmoorgebiete ein gutes Schutzinstrument zu sein, da die Flächen sonst ganz verloren gegangen wären. Mit einer gut konzipierten DU kann der landschaftliche Charakter des Lebensraumes erhalten bleiben, es können mindestens Teile der autochthonen Arten und die Lebensraumfunktion für die Fauna geschützt werden. Es lohnt sich, diese Methode weiterzuentwickeln.

## 5 Schlussfolgerung und Ausblick

Die Untersuchungen am Projekt der Julierpassstrasse zeigen positive Effekte der Direktumlagerung. Der Boden und seine Vegetation können dank dieser Methode in Baggerreichweite ihres ursprünglichen Standortes sofort weiterwachsen. Die Eingriffe sind bereits nach kurzer Zeit aus der Distanz kaum mehr sichtbar. Bei guter Ausführung bewirkt

die DU einen umfassenden Schutz von Boden und Vegetation und eine optimale Einpassung in die Landschaft. Das Erosionsrisiko kann sichtbar vermindert werden. Die Methode eignet sich auch für Flachmoore und Zwergsträucher.

Die DU ist eine effiziente (je nach Standortbedingungen sogar günstigere) Arbeitsweise mit geringerem Depoflächenbedarf und Maschinenaufwand. Der Transportaufwand von Boden fällt weg. Deshalb bietet sich diese Methode speziell für Bauvorhaben in höheren oder anderen extremen Lagen mit geringen und heterogenen Bodenmächtigkeiten an. Die speziellen Anforderungen an die UBB/BBB und die Bauleute sind zu berücksichtigen. Allgemein darf das Projekt am Julier nicht nur aus Sicht der Umweltakteure, sondern auch von Seiten der Wirtschaftlichkeit positiv bewertet werden.

Für eine vertiefte Beurteilung der Direktumlagerung sind erweiterte Untersuchungen und Erfahrungen nötig. Aus aktueller Sicht resultieren die Vorteile der Direktumlagerung im Vergleich zu herkömmlichen Begrünungsmethoden bedeutend. Die zukünftige verbreitete Anwendung der Direktumlagerung in hohen Lagen, bei heterogenen Bodenmächtigkeiten und bei landschaftlich oder floristisch sensiblen Gebieten wäre aus ökologischen und ökonomischen Aspekten zu begrüßen und zu fördern.

## Verdankung

Wir danken dem TBA GR, speziell den Herren R. Stäubli, B. Guntli, M. Caviezel und vor allem dem örtl. Bauleiter E. Giovannini für die Bereitschaft und die positive Unterstützung bei der Realisierung neuer Wege. Grosser Dank geht an die Maschinisten, welche auch mit eigenen Ideen ihren Teil zum Erfolg beigetragen haben. P. Weidmann danken wir für die anregenden Diskussionen.

## Literaturverzeichnis

von Albertini, N. 2007. Bericht und Resultate der Bodenaufnahmen, H3a Julierstrasse Strassenkorrektur Mot-Sur Gonda, Tiefbauamt Graubünden, Chur. Atragene & Kuster + Partner 2002.

Bericht zur Umweltverträglichkeit, Abschliessende Voruntersuchung Julierstrasse Strassenkorrektur Mot – Sur Gonda. Tiefbauamt Graubünden, Chur. Jaccard P., 1901. Etude comparative de la distribution florale dans une portion des Alpes et du Jura. Bull. soc. vaud. sc. nat. 37: 547-579.

Krüsi, B.O. 2006. Vegetations-Kartierung nach Braun-Blanquet; Skript Vegetationsanalyse. HSW, Wädenswil.

Küchler, M. 2009. Software VEGE-DAZ. Eidgenössische Forschungsanstalt Wald, Schnee und Landschaft (WSL), Birmensdorf.

Lauber, K. & Wagner, G. 2007. Flora Helvetica (4. Aufl.). Haupt-Verlag, Bern  
Locher Oberholzer, N., Streit, M., Frei, M. 2008. Richtlinien Hochlagenbegrünung, Mitteilungsblatt Nr. 2/2008, Verein für Ingenieurbiologie (Hrsg.), Wädenswil.

Weidmann, P. 2004. Konzept Samenmischungen an Strassenböschungen, Richtlinie Tiefbauamt Graubünden. Tiefbauamt Graubünden, Chur.

## Kontakt:

Nina von Albertini  
Dipl. Ing. Agr. ETH  
Umwelt Boden Bau  
CH-7417 Paspels  
Tel.: 081 655 18 42  
E-Mail: nina.v.albertini@bluewin.ch

## Fotos:

Nina von Albertini und Tiefbauamt Graubünden

# Standortgerechte Hochlagenbegrünung in Österreich – ein Bericht aus der Praxis

Dr. Helmut Wittmann, Dr. Thomas Rucker

## Zusammenfassung

Anhand von zwei Beispielen, und zwar den Projekten «Reisseck II» und «Kitzsteinhorn 2015», werden extreme Hochlagenbegrünungen in Seehöhen von 2100 bis über 2500 m vorgestellt. Durch Anwendung der sogenannten «Saat-Soden-Kombinationstechnik», einer konsequenten Sicherung und Wiederverwertung von vorhandener Rasenvegetation und feinanteilreichen Oberbodenfraktionen sowie durch den zusätzlichen Einsatz erosionssicherer Geotextilien gelingt es heute, selbst in diesen Höhenlagen völlig bis weitestgehend naturidentische Vegetationsdecken herzustellen. Durch die Übereinstimmung mit der Vegetation im Umfeld sind diese natürlich pflegefrei und nach einer mehrjährigen Etablierungsphase auch durch Weidebetrieb belastbar. Beim Projekt «Kitzsteinhorn 2015» entstehen Flächen, die im Hinblick auf die Vegetationsausbildung der Umgebungsnatur weitestgehend bis vollständig angeglichen sind, allerdings haben diese – als Schipisten – eine ebene und relativ einheitliche Struktur. Beim Projekt «Reisseck II» steht hingegen nicht nur die Angleichung der Vegetationsdecke, sondern auch die Übereinstimmung der Geländestruktur und Morphologie mit dem Umfeld im Vordergrund. Hier werden die zu begrünenden Flächen zusätzlich zu den vegetationstechnischen Massnahmen mit Felsbrocken, Felschüttungen und dünnen, windgefügten Bäumen so gestaltet, dass sie auch vom Erscheinungsbild her vollständig dem Umfeld entsprechen. Bereits ein Jahr nach Beginn der Begrünungs- und Gestaltungsarbeiten zeigt sich, dass die vom Menschen gestaltete Natur auf den Ausbruchdeponien letztlich nicht mehr von der ursprünglichen Natur im Projektumfeld unterscheidbar sein wird. Dies in Höhenlagen, wo noch vor nicht einmal 20 Jahren selbst einfache, dauerhafte Begrünungen nicht möglich

waren. Diese Beispiele verdeutlichen den enormen Fortschritt im Hinblick auf die Begrünungsmethoden oberhalb der Waldgrenze.

## Keywords

Saat-Soden-Kombinationstechnik, Hochlagenbegrünung, Schipistensanierung, Renaturierung, Lagerflächen, Geotextilien

## Végétalisation en altitude adaptée à la station en Autriche – Rapport issu de la pratique

### Résumé

Deux exemples de végétalisation extrême à des altitudes de 2100 et 2500 m au-dessus du niveau de la mer sont présentés: les projets «Reisseck II» et «Kitzsteinhorn 2015». Par l'application de «techniques combinées semis-gazon», une protection et une revalorisation de la végétation herbeuse existante et de parties de couche superficielle du sol riche en particules fines, ainsi que par l'application supplémentaire de géotextiles résistants à l'érosion, il est possible aujourd'hui de mettre en place même dans les stations élevées des couches de végétation très, voire totalement naturelles. Grâce à leur adéquation avec la végétation environnante, celles-ci perdurent naturellement sans entretien et peuvent aussi servir au pâturage après une phase d'établissement de quelques années.

Le projet «Kitzsteinhorn 2015» permet l'établissement de surfaces adaptées dans la mesure du possible voire intégralement vis-à-vis de la formation de la végétation dans la nature environnante. Néanmoins, ces surfaces, en particulier les pistes de ski, ont une structure plane et relativement uniforme. Au contraire dans le projet «Reisseck II», non seulement l'assimilation de la cou-

che végétale intervient au premier plan, mais aussi la correspondance de la structure du terrain et la morphologie avec l'environnement. Là, en plus des mesures techniques de végétation, les surfaces à végétaliser ont été aménagées avec des roches, des remblais de pierre et des arbres secs et balayés par le vent, de telle sorte que leurs aspects visuels s'intègrent aussi parfaitement à l'environnement. Une année après le début des travaux de végétalisation et d'aménagement, il apparaît que l'environnement aménagé par l'homme à ces endroits ne se distingue plus de l'environnement antérieur dans le périmètre du projet. Cela dans des stations d'altitude où une végétation simple et durable n'était pas possible il n'y a pas même 20 ans. Ces exemples mettent en lumière les progrès énormes réalisés par les méthodes de végétalisation au-dessus de la limite des forêts.

## Mots-clés

Technique combinée semis-gazon, végétalisation, assainissement de piste de ski, renaturation, surfaces d'appui, géotextiles

## Rinverdimento ad alta quota rispettoso dell'habitat in Austria – un esempio pratico

### Riassunto

Sulla base dei progetti «Reisseck II» e «Kitzsteinhorn 2015» sono presentati due esempi di rinverdimento ad alta quota da 2100 fino a 2500 m.s.l.m. Una combinazione di diversi metodi compresi la tecnica zolle-semina, l'accumulo e riutilizzo della vegetazione presente, un suolo con un'alta quota di sedimenti fini e l'uso di geotessili per la protezione dall'erosione permettono di ottenere una copertura vegetale completa e naturale. L'integrazione della



Bild 1: Das Kitzsteinhorn im Sommer 2008: eine völlig vegetationslose Schipiste  
Image 1: Le Kitzsteinhorn en été 2008: une piste de ski sans aucune végétation



Bild 2: Der Damm des Rotgüldenseespeichers im Bauzustand  
Image 2: Le barrage de retenue du Rotgüldensee en construction

vegetazione nell'ambiente circostante permette di evitare cure colturali. La pascolazione sarà possibile dopo qualche periodo vegetativo.

Il progetto «Kitzsteinhorn 2015» prevede un'integrazione ampia e quasi completa della copertura vegetale nel paesaggio circostante. Le aree rinverdate avranno però una struttura piatta e relativamente uniforme perché ne è previsto l'utilizzo come piste da sci. Il progetto «Reisseck II» si prefigge invece di integrare nel paesaggio circostante non

solo la copertura vegetale ma anche di tenere conto della morfologia del terreno. Oltre a misure di rinverdimento, le aree interessate vedranno l'uso di massi, pietre e alberi modellati dal vento in modo che l'aspetto finale s'integri completamente nel paesaggio circostante. Ad un anno dall'inizio dei lavori di rinverdimento ed accomodamento è già evidente che l'area precedentemente usata come deposito di materiale di scavo ed ora recuperata non sarà più distinguibile dalla natura circostante. Si

noti che poco meno di venti anni fa a quote simili non sarebbe stato possibile eseguire un rinverdimento semplice e duraturo. Questi esempi evidenziano i grandi passi avanti compiuti negli ultimi anni dalle tecniche di rinverdimento ad alta quota (al di sopra del limite della vegetazione arborea).

### Parole chiave

Tecnica combinata zolle-semina, rinverdimento ad alta quota, risanamento di piste da sci, rinaturazione di aree di deposito, geotessili

### 1 Einleitung

Vor mehr als 30 Jahren haben KLÖTZLI & SCHIECHTL (1979) mit dem markigen Satz «Schipisten – tote Schneisen durch die Alpen» auf die Problematik der Anlage von Schipisten einerseits und der schwierigen Begrünbarkeit der Hochlagen andererseits aufmerksam gemacht. Trotz zahlreicher Bemühungen (SCHIECHTL, 1972) sowie einer erheblichen Verschärfung der Gesetzeslage sind auch heute noch «alte Landschaftswunden» selten verheilt (Bild 1) und durch die progressive Erschließung der Alpen «neue Wunden» entstanden. Bis vor ca. 20 Jahren war es völlig unmöglich, oberhalb der Waldgrenze «standortgerechte Begrünungen» (vgl. ÖSTERREICHISCHE ARBEITSGEMEINSCHAFT FÜR GRÜNLAND UND FUTTERBAU, 2000) herzustellen, Begrünungen nämlich, die im Hinblick auf die Artengarnitur den natürlichen Vegetationseinheiten in dieser Höhenlage entsprechen, die dauerhaft pflegefrei sind und nicht einer permanenten Nachdüngung und Nachsaat bedürfen. An Begrünungen in Höhenlagen von über 2300 m war überhaupt nicht zu denken. Die Gründe lagen im völlig fehlenden Saatgut für die alpine Stufe und auch in den mangelnden Techniken, um unter den extremen Bedingungen eine entsprechende Vegetationsschicht herstellen zu können.

Im Hinblick auf das Saatgut hat man seinerzeit auf spezielle Zuchtformen von Tieflandgräsern zurückgegriffen, die ein gewisses Mass an «Höhen-



Bild 3: Der Damm des Rotgüldensees während der Begrünungsmassnahmen mittels Saat-Soden-Kombinationstechnik (die Punkte 1–3 markieren Details zum besseren Vergleich mit Bild 4)  
 Image 3: Le barrage de retenue du Rotgüldensee au cours des mesures de végétalisation au moyen de technique combinée semis-gazon (les points 1 à 3 sont des détails pour une meilleure comparaison avec l'image 4)



Bild 4: Der fertig gestellte und begrünte Damm des Rotgüldensees drei Jahre nach Abschluss der Bauarbeiten  
 Image 4: Le barrage de retenue du Rotgüldensee terminé et végétalisé trois ans après la fin des travaux de construction

tauglichkeit» aufweisen, wie z.B. eine spezielle Rot-Schwengel-Sippe (*Festuca rubra* «kokett»). Auch Arten, die ihre Hauptlebensräume im Montanbereich besitzen, die daneben jedoch von Natur aus auch bis in die subalpine und zum Teil auch alpine Stufe aufsteigen

vorkommen. So sind vor allem mit dem Alpen-Rispengras (*Poa alpina*) und dem Schwarzwerdenden Schwengel (*Festuca nigrescens*) zwei Saatgutkomponenten erhältlich, die heutzutage die Basis für jede Hochlagensaatgutmischung im Alpenraum darstellen. Auch andere

dauerhafte Wiesenbiozönosen in der alpinen Stufe – zumindest grundsätzlich – herzustellen.

Ergänzend zur Zunahme der Verfügbarkeit an alpinen Arten als Saatgut (vgl. dazu auch KRAUTZER et al., 2003; 2004 a, b; 2006; 2010 bzw. KRAUT-



Bild 5: Pumpspeicherkraftwerk Reißbeck II, Felslagerstätte Schoberboden: In einer Seehöhe von 2200 und 2300 m werden ca. 260 000 m<sup>3</sup> Felsausbruch abgelagert  
 Image 5: La centrale de pompage-turbinage Reisseck II, gisement de rochers Schoberboden: environ 260 000 m<sup>3</sup> de roche se sont déposés à une hauteur du lac comprise entre 2200 et 2300 m



Bild 6: Pumpspeicherkraftwerk Reißbeck II, Felslagerstätte Schoberboden: Darstellung der Entwicklung der Renaturierungsmassnahmen im Zeitablauf  
 Image 6: La centrale de pompage-turbinage Reisseck II, gisement de rochers Schoberboden: représentation du développement des mesures de renaturation au fil du temps

können (z.B. die Gewöhnliche Rasenschmiele – *Deschampsia caespitosa*), fanden Verwendung. Seit ca. 20 Jahren hat sich diesbezüglich die Situation deutlich geändert. Seit diesem Zeitpunkt sind im Saatguthandel auch Arten verfügbar, die in der Natur schwerpunktmässig im subalpin-alpinen Bereich

Arten und vor allem eine Reihe von alpintauglichen Schmetterlingsblütlern (*Fabaceae*) können heute käuflich erworben werden. Zwar werden aus der Fülle der alpinen Arten immer noch relativ wenige (ca. 20) als verfügbares Saatgut produziert, doch ist die Anzahl ausreichend, um zwar artenarme, aber

ZER & HACKER, 2006) wurden auch Methoden entwickelt, die den schwierigen alpinen Bedingungen gerecht werden. So wirken alle typischen Besonderheiten des Hochlagenklimas der Alpen wie kurze Vegetationszeit, niedrige Temperaturen, häufiger Bodenfrost und dadurch bedingte, eingeschränkte Ver-



Bild 7: Pumpspeicherkraftwerk Reisseck II, Felslagerstätte Schoberboden: Die Begrünungen und Gestaltungen werden sukzessive mit der Deponie des Felsausbruchs höher gezogen  
 Image 7: La centrale de pompage-turbinage Reisseck II, gisement de rochers Schoberboden: les végétalisations et les aménagements s'accumulent graduellement avec les dépôts de roches



Bild 8: Pumpspeicherkraftwerk Reisseck II, Felslagerstätte Schoberboden: nach Aufbringen von Oberboden, Rasensoden, Einsaat und Düngung wird das Erosionsschutzgewebe aufgelegt und vernagelt  
 Image 8: La centrale de pompage-turbinage Reisseck II, gisement de rochers Schoberboden: après l'apport d'une couche superficielle du sol, de plaques de gazon, semence et fertilisation, le tissu de protection contre l'érosion est posé et cloué au sol

fügarkeit von Wasser, geringe mikrobielle Aktivität und damit geringe Nährstoffverfügbarkeit im Oberboden, lange Schneedeckendauer, hohe Niederschlagsraten und damit bedingt starke Erosionsgefahr sowie auch starke Windeinwirkungen (vgl. dazu auch KRAUTZER & WITTMANN, 2005; KRAUTZER et al., 2012) in höchstem Masse limitierend auf die Etablierungsmöglichkeiten einer entsprechenden Vegetation auf unbegrüneten Rohböden.

Zu den «biologischen» und schwerpunktmässig «klimatisch» bedingten Einschränkungen kommen auch noch technische Probleme hinzu. Die oftmals schwierige Erreichbarkeit der Begrünungsflächen mit Grossgeräten und die auch im Regelfall sehr eingeschränkte Zeit, um technische Begrünungsabläufe umsetzen zu können (auch hier ist die Schneelage kontraproduktiv), erschweren die Durchführung von Begrünungsmassnahmen stark.

## 2 Die Saat-Soden-Kombinationstechnik

Als seit mehr als 20 Jahren agierendes Technisches Büro für Ökologie wurden wir schon Anfang der 1990er Jahre mit der Problematik der Hochlagenbegrünung konfrontiert (vgl. RÜCKER & WITTMANN, 2006; WITTMANN & RÜCKER 1997 a, b; 1999; 2006). Als gelernte Botaniker mit ausgezeichnete

Kenntnis der Pflanzenarten bzw. Pflanzengesellschaften und ihrer ökologischen Ansprüche haben wir in dieser Zeit Methoden entwickelt, die es erlauben, standortgerechte Begrünungen mehr oder weniger überall dort durchzuführen, wo auch in der Natur noch alpine Rasen vorkommen. Dies bedeutet bis in Höhenlagen deutlich über 2.500 m Seehöhe! Vor allem die sogenannte «Saat-Soden-Kombinationstechnik» war dabei entscheidend für den Erfolg auch grossflächiger Begrünungen in alpinen Lagen. In mehreren Grossprojekten wurde diese Methode entwickelt und verfeinert, sodass sie heute als gut reproduzierbare Standardtechnik zur Verfügung steht.

Die Saat-Soden-Kombinationstechnik ist aus der Praxis entstanden. Beim Kraftwerk Hintermuhr der Salzburg AG im hinteren Murtal (Land Salzburg, Lungau) wurde für das Speicherkraftwerk eine Erhöhung des Schüttdammes des Speichersees vorgenommen. Die Aufgabe der Begrünung bestand darin, eine optimale Einbindung der Dammvegetation und auch – soweit möglich – der Geländeformen in die Umgebungslandschaft sicherzustellen. Auch eine naturidentente, pflegefreie Vegetationsdecke in der subalpinen bis alpinen Höhenstufe (ca. 1800 m Seehöhe) war Projektziel, wobei die zu begrünende Fläche ca. 3 ha betrug.

Die Grundidee für die Saat-Soden-Kombinationstechnik bestand nun darin, die Pflanzendecke jener Fläche, die durch den Aufstau des Speichersees ohnehin vernichtet wird, für die Begrünung zu verwenden. Durch die vergleichsweise grossen Flächen der Dammluftseite und den teilweise schwierigen Transport und die nur eingeschränkt mögliche Bergbarkeit der Vegetationsdecke war ein vollflächiges Arbeiten mit Vegetationssooden von vornherein ausgeschlossen. Ein punktuell «rasterartiges» Andecken der geborgenen Vegetation war jedoch gut möglich. Aus diesem Grund mussten die erdffenen Zwischenflächen mit einer Lückensaat versehen werden, damit war die Saat-Soden-Kombinationstechnik geboren. Der Bauzustand, der Zustand während der Begrünung und der Endzustand des Dammes sind in den Bildern 2 bis 4 dargestellt.

In Abbildung 1 wird das Prinzip dieses Saat-Soden-Kombinationsverfahrens illustriert. Bei dieser speziellen Begrünungstechnik wird das Andecken von Rasensoden oder anderen Vegetationsteilen mit einer Trocken- oder Nasssaat kombiniert. Die verwendeten Rasensoden müssen dem angestrebten, standortgerechten Vegetationstyp entsprechen und werden im Regelfall im Projektbereich bei Beginn der Bauarbeiten in der Eingriffsfläche oder in deren unmittelbaren Umfeld geborgen.

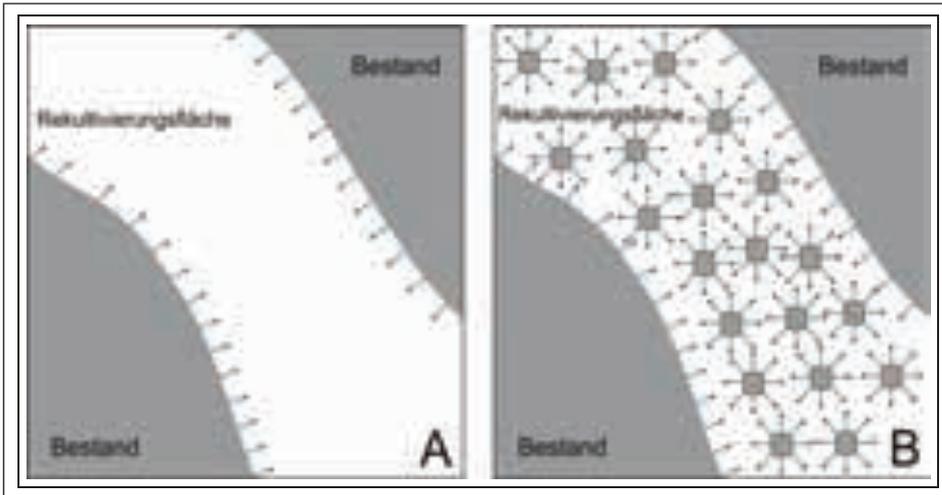


Abbildung 1: Die Saat-Soden-Kombinationstechnik (aus WITTMANN & RÜCKER, 1995)  
 Figure 1: Technique combinée semis-gazon (tiré de Wittmann & Rücker, 1995)

Es erfolgt daher fallweise auch ein Eingriff in Vegetationsbereiche über das unmittelbare Projektgebiet hinaus, um durch «Aufteilen» vorhandener Vegetation optimale Erfolge zu erzielen. Die zu begrünende Fläche ist daher oftmals etwas grösser als der ursprüngliche Eingriffsbereich. Die Rasensoden (0,25 bis 0,75 m<sup>2</sup>) werden auf entsprechend vorbereitetem Untergrund rasterartig auf der zu begrünenden Fläche angedeckt. In die Bereiche zwischen den Soden wird standortgerechtes Saatgut eingebracht.

Mit dieser Einsaat wird eine rasche Stabilisierung der Vegetationstragschicht bewirkt, und durch die kurzen Distanzen zwischen den angedeckten

Rasensoden ist es der bodenständigen Vegetation möglich, in diese Zwischenräume einzuwandern. Dadurch werden auf natürlichem Weg diese Bereiche auch von Arten begrünt und besiedelt, die nicht im Saatgut vorhanden und die auch nicht käuflich erwerbbar sind.

Das Saat-Soden-Kombinationsverfahren ist bis in eine Höhenlage von über 2500 m erprobt und Stand der Technik. Besonders geeignet sind nährstoffreiche, anthropogen nicht bzw. mässig beeinflusste Pflanzengesellschaften wie z.B. Weiderasen unterschiedlichsten Typs, Hochstaudenfluren oder auch Grünerlengebüsche.

An Hand von zwei Projekten, bei denen Begrünungen im Hektarmassstab in Höhenlagen zwischen 2000 und 2600 m durchgeführt werden, sollen die jüngsten diesbezüglichen Erfahrungen geschildert werden.

### 3 Projekt «Pumpspeicherkraftwerk Reisseck II»

Mit dem Projekt «Reisseck II» erweitert die Verbund Hydro Power AG ihre Kraftwerksgruppen Malta und Reisseck/Kreuzeck im Hinblick auf die Erzeugung von Spitzenstrom mit einer Leistungssteigerung von ca. 40%. Die bestehenden Kraftwerksanlagen werden durch ein unterirdisches Kavernenkraftwerk ergänzt. Bei Stromüberschuss in Europa wird das Wasser von den Unterbecken (Speicher Gösskar und Galgenbichl) in das Oberbecken (Grosser Mühlendorfersee) gepumpt, bei Strombedarf wird das zwischengespeicherte Wasser abgearbeitet und damit rasch Strom ins europäische Netz geliefert. Obwohl Unter- und Oberbecken dieser Kraftwerksanlage bereits vorhanden sind, fielen bei der Errichtung des Kavernenkraftwerks, des Druckschachtes und des Druckstollens nicht unbeträchtliche Mengen an Felsaushub an. Eine besondere Herausforderung war die geplante Ablagerung von ca. 260000 m<sup>3</sup> Felsaushub unmittelbar südlich unterhalb des Schoberbodens (Bergstation der Reisseckbahn, 2240 m Seehöhe). Neben



Bild 9: Pumpspeicherkraftwerk Reisseck II: eine Teilfläche der Felslagerstätte Schoberboden nach erfolgter Endgestaltung  
 Image 9: La centrale de pompage-turbinage Reisseck II: surface partielle du gisement de rochers Schoberboden après l'aménagement final accompli avec succès

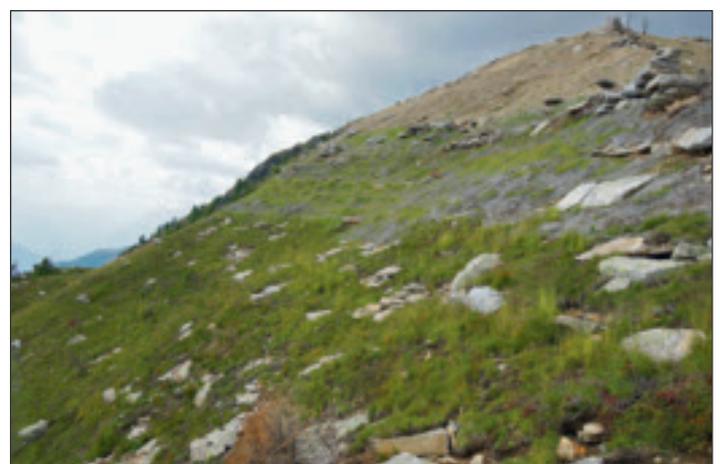


Bild 10: Pumpspeicherkraftwerk Reisseck II, Felslagerstätte Schoberboden: Im Laufe der Zeit gleicht sich die Vegetation immer mehr den alpinen Rasen im Umfeld an  
 Image 10: La centrale de pompage-turbinage Reisseck II, gisement de rochers Schoberboden: au cours du temps, la végétation s'assimile de plus en plus avec les pelouses alpines environnantes

dieser Hauptdeponie im Alpinbereich (Bild 5) waren bzw. sind im Rahmen dieses Projektes noch Baustelleneinrichtungsflächen, temporär angelegte Fahrwege und weitere Felslagerstätten in einer Höhenlage zwischen 2100 und 2400 m Seehöhe zu renaturieren. Die gesamte im Rahmen dieses Projektes zu begrünende Fläche in dieser Höhenlage liegt bei ca. 5 ha.

Die Strategien der Hochlagenbegrünung, insbesondere das Saat-Soden-Kombinationsverfahren, und der akribische Umgang mit der vorhandenen Vegetationsdecke wurden in den Einreichunterlagen detailliert dargelegt. Darüber hinaus wurden ebenfalls in den Einreichunterlagen vergleichende Beispiele geschildert, die bewiesen, dass auch derartig grossflächige Begrünungen in dieser Höhenlage möglich sind. Aufgrund dieser Aufbereitung wurde das Projekt des Pumpspeicherkraftwerks Reisseck II inkl. der hochgelegenen Felslagerstätten und der relativ grossflächigen sonstigen Eingriffe in der Alpinstufe nach Durchführung eines UVP-Verfahrens bewilligt.

Der Baubeginn des Projektes erfolgte Mitte 2010. Vor Inangriffnahme der technischen Massnahmen in den Hochlagen wurde in sämtlichen Eingriffsflächen die vorhandene Alpinvegetation geborgen und in bereits vorbereitete Zwischenlagerflächen verfrachtet. Auch die unterhalb der Vegetationstragschicht lie-

genden, zum Teil relativ mächtigen feinteilreichen Bodenfraktionen (in der Bauwirtschaft als «Zwischenboden» bezeichnet) wurden quantitativ geborgen und ebenfalls für die Wiederverwertung gelagert. Die Lagerflächen sowohl für den «Zwischenboden» als auch für die Vegetation lagen grossflächig in der Montanstufe, im Regelfall im Umfeld der Hauptbaustelle im Mühldorfer Graben. In geringerem Umfang wurden grössere mietenartige Zwischendeponien auch im alpinen Bereich angelegt. Generell war allen Beteiligten – angefangen von der Bauleitung bis hin zu den ausführenden Maschinisten – klar, dass die vorhandene Vegetation einen «unersetzbaren und äusserst wichtigen Baustoff» für die geplanten Renaturierungsmassnahmen darstellt. Der Umgang mit der Vegetationsdecke erfolgte daher in höchstem Masse fachgerecht.

Unmittelbar nach Beginn des Stollenausbruches und nach Beginn der Ablagerung der Felsfraktionen wurde mit den Renaturierungsarbeiten der Lagerflächen begonnen. Die ersten Bereiche wurden flächig mit geborgenen Rasensoden belegt, wobei diesbezüglich eine sukzessive Vorgangsweise beschritten wurde. Dies bedeutet, dass die Rasensoden an einer zukünftigen Eingriffslokalität entnommen und nach kurzer Transportdistanz auf bereits fertig gestellte Aussenflächen der Schüttungen aufgebracht wurden. Diese Vorgangsweise

– die eine entsprechende Logistik der Bauabwicklung erfordert – bewirkt eine nur minimale Schädigung der alpinen Rasen und sichert eine äusserst rasche Reetablierung der bodenständigen Vegetation.

Da es nicht nur Ziel war, die Felslagerstätten «zu begrünen», sondern im wahrsten Sinne des Wortes eine echte «Renaturierung» durchzuführen, wurden ergänzend zu den Rasensoden flechtenbewachsene Felsblöcke, Steinschüttungen und auch abgestorbene Bäume aus dem Bereich der Waldgrenze («Dürrlinge») eingebracht. Mit diesen ebenfalls vorher geborgenen und zwischengelagerten «Requisiten» erfolgte ein vollständiges Nachvollziehen der Umgebungsstrukturen an der Deponieoberfläche. Damit ist es gelungen, in jenen Bereichen, in denen flächig mit Rasen gearbeitet werden konnte, bereits ein Jahr nach Durchführung der Begrünungsmassnahmen ein völlig identes Bild wie im vom Baugeschehen unberührten Umfeld auf den Schüttflächen zu erzeugen. Weder im Hinblick auf die Vegetationszusammensetzung noch im Hinblick auf die vorliegenden Strukturen sind die Eingriffe in diesen Bereichen erkennbar (vgl. Bild 6).

Aufgrund der Steilheit der Felslagerfläche (Neigungen zwischen 1:1,6 und 1:2) ist es für die Vegetation in diesen Höhenlagen nicht mehr möglich, den aufgebrachten Oberboden zu stabili-



Bild 11: Pumpspeicherkraftwerk Reisseck II, Felslagerstätte Schoberboden: Das Kokosgewebe verrottet im Laufe der Jahre, gleichzeitig kann die erosionsichernde Wirkung durch die Pflanzendecke übernommen werden  
Image 11: La centrale de pompage-turbinage Reisseck II, gisement de rochers Schoberboden: tandis que le filet de coco pourrit au fil des années, l'effet de protection contre l'érosion est assuré par la couverture végétale



Bild 12: Pumpspeicherkraftwerk Reisseck II: Die in den Begrünungsflächen eingebrachten Rasensoden bewirken eine entsprechende Artenvielfalt, sogar Orchideen wie die Weiße Höswurz (Pseudorchis albida) kommen auf  
Image 12: La centrale de pompage-turbinage Reisseck II: les plaques de gazon déposées sur les surfaces à végétaliser provoquent une variété d'espèces correspondante, on peut même y trouver des orchidées telles que l'orchis miel (Pseudorchis albida)



Bild 13: Projekt «Kitzsteinhorn 2015»: Unterhalb der Kokosmatte entwickelt sich bereits im ersten Jahr eine weitgehend geschlossene, allerdings artenarme Vegetationsdecke

*Image 13: Projet «Kitzsteinhorn 2015»: sous le filet de coco, une couche de végétation largement recouverte mais encore pauvre en espèces se développe dès la première année*



Bild 14: Projekt «Kitzsteinhorn 2015»: Im Saatgut nicht enthaltene Arten wie die Zwerg-Primel (*Primula minima*) etablieren sich durch das Andecken der Rasensoden in den Begrünungsflächen

*Image 14: Projet «Kitzsteinhorn 2015»: des espèces qui n'étaient pas contenues dans les semences comme la primevère naine (*Primula minima*) s'établissent grâce au recouvrement des plaques de pelouse dans les surfaces à végétaliser*

sieren. Das Auflaufen und Etablieren des eingebrachten Saatgutes erfolgt zu langsam, um die Tragschicht der zukünftigen Vegetationsdecke auch bei stärkeren Niederschlagsereignissen absichern zu können. Aus diesem Grund wurde auf das Aufbringen eines Geotextils (Kokosgewebe) zurückgegriffen, mit dem die gesamte Lagerfläche mit Ausnahme jener Partien, die flächig mit Rasensoden abgedeckt sind, überspannt wurde. Um eine entsprechende Stabilität herzustellen und um die eingebrachten Rasensoden und auch das auflaufende Saatgut nicht zu behindern, erfolgte ein flächiges Niedernageln des Kokosgewebes mit Stahlstiften. Das aufgebraute Geotextil bewirkt jedoch nicht nur eine entsprechende Erosionsstabilität, es dient auch als Feuchtigkeitspuffer und als ausgezeichnete Schutz der keimenden Alpinpflanzen vor den Unbilden des alpinen Klimas. In einer Art «Glashauseffekt» kommt es im Bereich des Kokosgewebes zu einem wesentlich besseren Auflaufen des eingebrachten Saatgutes. Auf kleinräumigen, nicht mit Kokosgewebe abgedeckten Flächen keimen die eingebrachten Arten zwar, bei den in dieser Höhenstufe jedoch regelmässigen Starkniederschlägen ist eine dauerhafte Etablierung nicht möglich. Steilere Flächen ohne Kokosgewebe bleiben trotz erfolgter Einsaat weitestgehend vegetationslos.

In den Bildern 7 bis 11 ist die Vorgangsweise bei der Oberflächengestaltung der Felslagerstätte Schoberboden dargestellt. Nach erfolgter Schüttung des Ausbruchs- bzw. Fräsmaterials und entsprechender Geländemodellierung werden 10 bis 15 cm feinanteilreicher Boden aufgebracht, auf dem rasterartig die aus der Zwischendeponie angelieferten Rasensoden angedeckt werden. Im Regelfall mittels Bagger, zum Teil aber auch händisch, erfolgt ein entsprechendes Andrücken der Rasensoden, und zwar dergestalt, dass es in den Randbereichen zu keinen Austrocknungserscheinungen kommt. Anschliessend wird eine Einsaat mit einem speziellen Hochlagensaatgut – einer Kombination aus Alpen-Rispengras und Schwarzwerdendem Schwingel mit einigen Schmetterlingsblütlern – vorgenommen. Zusätzlich zur Einsaat erfolgt eine Startdüngung, die sowohl ein besseres Anwachsen der Rasensoden als auch ein besseres Etablieren der Einsaaten auf dem im Regelfall relativ nährstoffarmen Oberboden bewirkt. Nach Durchführung dieser Massnahmen werden die Flächen mittels Kokosgewebe überspannt, dieses wird dann händisch niedergenagelt. Mehr oder weniger gleichzeitig erfolgt die Gestaltung mit Felsbrocken, Schuttfeldern und den bereits erwähnten «Dürrlingen».

Bedingt durch die Erosionsstabilität kommt es relativ rasch zu einem Auflaufen des Saatgutes und zu einer flächigen Entwicklung der Vegetation, wobei die keimenden Arten einige Zeit brauchen, um über das Kokosgewebe emporzuwachsen. Ein Jahr nach Durchführung der Begrünungsarbeiten ist jedoch schon eine relativ vollflächige Vegetationsetablierung gegeben. Das Kokosgewebe ist – bedingt durch die schwere Verrottbarkeit in dieser Höhenlage – noch vorhanden und bewirkt nach wie vor eine Stabilität des Oberbodens, es wird jedoch zum überwiegenden Teil schon von der Vegetation über- bzw. durchwachsen.

Im Hinblick auf die Artengarnitur setzt relativ rasch eine Entwicklung ein, wie sie für das Saat-Soden-Kombinationsverfahren typisch ist. Und zwar etablieren sich ausgehend von den eingebrachten Rasensoden sowohl über produziertes Saatgut als auch über im Oberboden schlummernde Samen rasch zusätzliche Arten, die relativ rasch ein Angleichen der Einsaatflächen an die Artengarnituren der verpflanzten Rasensoden bewirken (Bild 12). Wenn auch der Prozess der vollständigen Angleichung der hergestellten Vegetation mit jener im Projektumfeld in diesen Höhenlagen ca. 10 Jahre dauern wird, so lassen die Entwicklungen nach einem Jahr den sicheren Schluss zu, dass der Zielzu-



Bild 15: Projekt «Kitzsteinhorn 2015»: Beginn der Sanierungsarbeiten in den Pistenbereichen knapp unterhalb des Alpincenters am Kitzsteinhorn in einer Seehöhe von ca. 2.400 m

*Image 15: Projet «Kitzsteinhorn 2015»: début des travaux d'assainissement sur les pistes juste en-dessous du centre alpin au Kitzsteinhorn, à une altitude d'environ 2'400 mètres*



Bild 16: Projekt «Kitzsteinhorn 2015»: Derselbe Pistenabschnitt wie im Bild 15 in der dritten Vegetationsperiode, nach Beginn der Begrünungsmassnahmen

*Image 16: Projet «Kitzsteinhorn 2015»: le même secteur de piste que l'image 15 durant la troisième période de végétation, après le début des mesures de végétalisation*

stand, nämlich das Erreichen einer völlig naturidenten Vegetation im Bereich der Begrünungsflächen, mit Sicherheit hergestellt werden kann. Da – und dies zeigen ebenfalls die Bilder – nicht nur die Vegetationsdecke, sondern die Gestaltung allgemein den Strukturen im Umfeld entspricht, wird diese Felslagerstätte in absehbarer Zeit nicht mehr als «vom Menschen gemacht» erkennbar sein. Angesichts einer Höhenlage, in der noch vor 20 Jahren Begrünungen nicht möglich waren, sind dies durchwegs sensationelle Ergebnisse.

#### 4 Projekt «Kitzsteinhorn 2015»

Anfang der 1960er Jahre wurde im Bundesland Salzburg mit dem Bau der ersten Seilbahnen auch das Gletscherschigebiet Kitzsteinhorn erschlossen. Zu diesem Zeitpunkt stand ausschliesslich die Technik im Vordergrund. Eine Rücksichtnahme auf die Natur fand in der Regel bei diesen Bauvorhaben nicht statt. Im Zusammenhang mit dem Bau bzw. der Anlage von Schipisten wurde auch bis vor wenigen Jahren kaum auf die Naturlandschaft Rücksicht genommen. Die Bauarbeiten wurden zum grössten Teil mittels Schubraupen durchgeführt, wobei sowohl der Oberboden als auch die darauf befindliche Vegetationsdecke einfach abgeschoben wurden. Störende Hindernisse wurden gesprengt,

der Sprengschutt blieb liegen oder wurde nur so weit ausplaniert, dass eine gute Befahrbarkeit für den Schitouren gegeben war. In einer grossartigen und imposanten Naturlandschaft haben sich diese Schipisten als graue, vegetationslose, wüstenähnliche Schotter- und Felsbänder abgehoben (Bild 1). Durch diese Vorgangsweise sind insbesondere Boden und Vegetation als unersetzbare «Baustoffe» verloren gegangen. Das Bewusstsein, dass vor allem in den Hochlagen der Oberboden mit seiner Pflanzendecke einen unersetzbaren Baustoff für erfolgreiche Begrünungen darstellt, war nicht gegeben. Verschärft wird die Situation im Bereich des Kitzsteinhorns noch dadurch, dass keine befahrbaren Transportwege ins Schigebiet zur Verfügung stehen, d.h., dass alle Materialien, die für die Begrünung benötigt werden, mittels Seilbahn transportiert werden müssen.

Im Rahmen des Projektes «Kitzsteinhorn 2015» wurde für die Erweiterung der Beschneigungsanlage sowie für Anpassungen im Bereich der Schipisten ein umfangreiches Sanierungskonzept entwickelt. Auf der rechtlichen Basis eines Naturschutzverfahrens sollten die neuen Eingriffe in die Landschaft durch eine Gesamtanierung des bestehenden Schigebietes «ausgeglichen» werden. Diese «Gesamtanierung» aller «alten Wunden» beinhaltet die Begrünung ei-

ner Gesamtfläche von knapp 40 ha, ausgehend von den tiefstgelegenen Lokalitäten des Schigebietes am Langwiedboden (2000 m Seehöhe) bis hinauf zum beginnenden Gletscher auf etwa 2800 m Seehöhe.

Bis in eine Höhe von 2500 m wird eine flächendeckende Begrünung vorgenommen bzw. angestrebt, oberhalb von 2500 m werden der Natur angepasste, punktuelle Begrünungen mit geländemorphologischen Begleitmassnahmen kombiniert, die in Anlehnung an die heterogenen Geländestrukturen und die Vegetationsausbildung der Umgebung erfolgen.

Wie im Vorangegangenen bereits kurz dargelegt, besteht das «normale» Erscheinungsbild einer Schipiste in einer Höhenlage von ca. 2200 m aus einem vegetationslosen Schotter- und Felsband mit einem mehr oder weniger harten Übergang in die Naturlandschaft. Ein Schwerpunkt vor den eigentlichen Begrünungsarbeiten lag in der Vorbereitung des Untergrundes bzw. im Aufbau des Oberbodens. Da ein Antransport von Material kaum möglich war (das Schigebiet Kitzsteinhorn war bis zum Jahr 2011 nicht mit Fahrzeugen erreichbar), wurde auf Oberbodenfraktionen bzw. feinanteilreichen Zwischenboden, der beim Bau neuer Pistenflächen gewonnen wurde, zurückgegriffen. Auch jene Vegetation, die beim Pistenneubau

anfiel, wurde durch entsprechendes «Aufteilen» sowohl für die Begrünung der neuen Pisten als auch für die Sanierung bestehender, vegetationsloser Pistenbereiche herangezogen. Mit einem entsprechenden logistischen System wurden die gewonnenen Boden- und Vegetationsfraktionen so zwischengelagert, dass einerseits nichts von den wertvollen Baustoffen verloren ging und diese andererseits jeweils zum richtigen Zeitpunkt am richtigen Ort verfügbar waren.

Die Bodenvorbereitung vor der eigentlichen Aufbringung der Vegetationstragschicht auf den vegetationslosen Pistenflächen bestand darin, die grobblockigen Fraktionen so weit mittels gebrochenen Materials abzudecken, dass mit einer relativ geringmächtigen Oberbodenschicht das Auslangen gefunden werden konnte. Das gebrochene, feinteilreiche Material verhindert ein Auswaschen des Oberbodens in den felsigen, geschütteten Untergrund. Nach Aufbringung des Oberbodens wurden aus einzelnen Spenderflächen bzw. aus Bereichen, in denen bewilligte Eingriffe stattfanden, Vegetationsteile in die Böschungflächen transportiert und nach dem Prinzip der Saat-Soden-Kombinationstechnik eingebaut. Parallel zu diesen Arbeiten erfolgte unmittelbar die Einsaat mit einem speziellen Hochlagensaatgut, das ebenfalls aus den wesentlichen Komponenten *Poa alpina*, *Festuca nigrescens* und einem entsprechenden Leguminosenanteil bestand. Auch hier erfolgte eine Startdüngung mit organischem Material. Die so ausgebildeten Begrünungsabschnitte wurden sukzessive und unmittelbar nach der Fertigstellung mittels Erosionsschutzgewebe abgedeckt, wobei dieses in dichtem Raster mittels Erdnägeln im Untergrund verankert wurde.

Besonders beim Projekt Kitzsteinhorn und an den hier gegebenen extremen Höhenlagen kommt diesem Erosionsschutzgewebe eine besondere Bedeutung zu. So ist im Projektgebiet Kitzsteinhorn aufgrund der Gletschnähe, der Lage an der Nordabdachung der Hohen Tauern, der zum Teil extrem langen Schneedecke und eines Niederschlagsreichtums von an die 2500 mm/

Jahr die Vegetationszeit extrem kurz. Ohne eine konsequente Sicherung des Oberbodens durch das Kokosgewebe ist bei den im Bereich des Kitzsteinhorns oftmals gegebenen unwetterartigen Starkregenereignissen eine Begrünung unmöglich. Darüber hinaus bietet diese Naturfaser einen Feuchtigkeits- und Wärmespeicher, der für das Auflaufen des Saatgutes essenziell ist. Die kurze Vegetationszeit wird im Bereich des Kitzsteinhorns auch im Verrottungsprozess des Geotextils deutlich. Während im Tiefland und auch an der Südabdachung der Hohen Tauern (Projekt «Reisseck II») ein Kokosgewebe nach ca. 3 Jahren völlig eingewachsen und z.T. verrottet ist, ist es in den Höhenlagen des Kitzsteinhorns auch nach 4 Jahren noch vergleichsweise gut intakt. Der Umstand, dass es praktisch 7 bis 8 Monate pro Jahr «im Tiefkühlschrank» liegt, kommt hier zum Tragen. Im Hinblick auf das Durchwachsen der Pflanzendecke bietet dieses Gewebe allerdings bei entsprechend dichter Verankerung mit dem Untergrund einen optimalen Schutz, bei lokal schlechter entwickelten Begrünungsstellen sind Nachsaat und Nachdüngung problemlos möglich, ohne dass die Erosionssicherheit des aufgebrachten Oberbodens gefährdet wäre. Im Schutz des Erosionsschutzgewebes entwickelt sich im Lauf eines Jah-

res eine weitgehend deckende Vegetationsschicht (Bild 13). Wie bereits beim Projekt «Reisseck II» geschildert, sorgen die eingebrachten Rasensoden für die Etablierung einer artenreichen Alpinvegetation (Bild 14).

Das Bildpaar 15 und 16 zeigt Pistenabschnitte zwischen 2300 und 2400 m Seehöhe bei Beginn der Begrünungsarbeiten und 3 Jahre später. Auch wenn mit dieser Technik relativ rasch eine erosionsstabile Vegetationsdecke hergestellt werden kann, dauert in diesen Höhenlagen der vollständige Angleich an die natürliche Umgebungsvegetation 10 bis 15 Jahre. Bemerkenswert ist der Umstand, dass der nachhaltige Begrünungserfolg gerade an der Nordabdachung der Hohen Tauern in Höhenlagen über 2200 m entscheidend vom Zeitfaktor geprägt wird. So haben die Erfahrungen in diesen extremen Höhen gezeigt, dass eine Einsaat auch mit speziellem Hochlagensaatgut in der zweiten Augushälfte auch bei noch so günstigen Witterungsbedingungen im Herbst kaum mehr zielführend ist. Es erfolgt zwar noch das Auflaufen des Saatgutes, allerdings kommt es – wahrscheinlich aufgrund der generell sehr niedrigen Temperaturen – zu einem abrupten Stillstand im Wachstum. Es hat sich sogar gezeigt, dass Flächen, die Ende August begrünt wurden, im Hin-



Bild 17: Projekt «Kitzsteinhorn 2015»: Spätestens im zweiten Jahr nach der Einsaat beginnt die sich etablierende Vegetation Samen zu produzieren, ein sicherer Indikator für den Erfolg der Begrünung  
Image 17: Projet «Kitzsteinhorn 2015»: au plus tard deux ans après l'ensemencement, la végétation en phase d'établissement commence à produire des semences, un indicateur sûr pour le succès de la végétalisation

blick auf die Wuchleistung deutlich hinter jenen Flächen zurückgeblieben sind, die ein Jahr später Anfang Juli eingesät wurden. Umso wichtiger ist daher die Inangriffnahme der Begrünungsarbeiten möglichst früh im Jahr, wobei dies aufgrund der Höhen- bzw. Schneelage meist erst ab Anfang Juli möglich ist. Das «Zeitfenster» für die Ausführung von optimalen Begrünungsarbeiten beträgt demnach nur 6 bis 8 Wochen.

Zum Teil war ein direkter Vergleich der beiden Projekte «Kitzsteinhorn 2015» und «Reisseeck II» möglich. Auf der Südseite der Hohen Tauern ist die Situation in derselben Höhenlage deutlich weniger kritisch. Hier kann bei süd exponierten Lagen in einem nicht allzu schneereichen Winter bereits im Mai mit den Begrünungstätigkeiten begonnen werden und auch der Stillstand des Wachstums bei Einsaaten im August ist wesentlich weniger deutlich, als an der Nordseite der Hohen Tauern im Bereich des Kitzsteinhorns.

Eine besondere Problematik bei der Hochlagenbegrünung im Bereich des Kitzsteinhorns stellte darüber hinaus die in den Hohen Tauern weit verbreitete, traditionelle Weidewirtschaft mit Rindern und Schafen dar. Insbesondere die Schafbeweidung ist bis zur Etablierung einer geschlossenen Vegetationsdecke ein grosses Problem. Haben die Tiere einmal die Scheu vor dem Kokosgewebe verloren, fressen sie bevorzugt die saftigen, aufwachsenden Gräser und Kräuter, und zwar lieber als die zumindest zum Teil aus harten Sauergräsern aufgebaute Vegetation der Umgebung. Im Projekt «Kitzsteinhorn 2015» sind deshalb jährlich mehrere Kilometer Weidezäun erforderlich, die ein Eindringen von Weidetieren in die frisch begrünenden Flächen hintanhaltend sollen. Die Aufrechterhaltung derartiger Schutzmassnahmen sollte zumindest bis zu jenem Zeitpunkt gegeben sein, an dem die in der Begrünung eingebrachten Grasarten blühen bzw. fruchten können (Bild 17). Dies ist in der Regel nach drei Vegetationsperioden der Fall. Auch die Ausbreitung von nicht im Saatgut enthaltenen Samen aus den eingebrachten Rasensoden wird durch Schafbeweidung deutlich herabgesetzt.

## 5 Danksagung

An dieser Stelle möchten wir den Verantwortlichen der Gletscherbahnen Kaprun AG, insbesondere Dir. Ing. Norbert Karlsböck, Prok. Ing. Günther Brennstener und Josef Eder, sowie den Verantwortlichen des Verbund-Konzerns (Verbund-Hydro-Power AG: Dipl. Ing. Manfred Freitag, Dipl. Ing. Dr. Markus Larcher, Dipl. Ing. Christian Kurzthaler) für ihr entgegengebrachtes Vertrauen, diese Projekte auf der Planungsebene und als ökologische Bauaufsicht betreuen zu dürfen, unseren aufrichtigen Dank aussprechen. Auch für die vielfältige Unterstützung und technische Hilfestellung beim Beschreiten von «Neuland» sei herzlich gedankt. Nicht zuletzt gilt unser Dank jedoch auch denen, die die Projekte vor Ort umsetzen: den Maschinisten, angefangen vom Baggerfahrer bis hin zu jenen Arbeitern, die das Kokosgewebe im Boden vernageln und die Düngung einbringen – ohne ihre Tätigkeit wären diese Ergebnisse nämlich nicht erzielbar!

## Literatur

KLÖTZLI, F. & SCHIECHTL, H.M. (1979): Schipisten – Tote Schneisen durch die Alpen. – Kosmos-Verlag Stuttgart, 954–962.

KRAUTZER, B. & HACKER, E. (2006): Soil Bioengineering: Ecological Restoration with Site-specific Plant and Seed Material. Conference Proceedings, HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Irdning.

KRAUTZER, B., GRAISS, W., PERATONER, G., PARTL C., VENERUS, S. und KLUG, B. (2010): The influence of recultivation technique and seed mixture on erosion stability after restoration in mountain environment. *Natural Hazards* (online first), DOI 10.1007/s11069-009-9491-z.

KRAUTZER, B. & WITTMANN, H. (2005): Restoration of alpine ecosystems. – In: ANDEL, J.V. & ARONSON, J.: *Restoration ecology, an European perspective*, 208–220.

KRAUTZER, B., PARENTE, G., SPATZ, G. (2003): Seed Propagation of Indigenous Species and Their Use for Restoration of Eroded Areas in the Alps. – Final report CT98–4024. BAL Gumpenstein, Irdning.

KRAUTZER, B., GRAISS, W., PERATONER, G. & PARTL, C. (2004a): Evaluation of site-specific and commercial seed mixtures for alpine pastures. – In: *Land Use Systems in Grassland-dominated Regions* (ed. A. Lüscher et al.), Proceedings of the 20th General Meeting of the European Grassland Federation, Luzern, Schweiz. EGF 9, VDF Hochschulverlag, Zürich.

KRAUTZER, B., PERATONER, G. & BOZZO, F. (2004b): Site-specific Grasses and Herbs: Seed Production and Use for Restoration of Mountain Environments. *Plant Production and Protection Series No. 32*. FAO, Rome.

KRAUTZER, B., UHLIG, C. & WITTMANN, H. (2012): Restoration of arctic-alpine ecosystems. – In: ANDEL, J.V. & ARONSON, J.: *Restoration ecology: The New Frontier*, second edition, Blackwell Publ. Ltd., 189–202.

KRAUTZER, B., WITTMANN, H., PERATONER, G., GRAISS, W., PARTL, C., PARENTE, G., VENERUS, S., RIXEN, Ch. & STREIT, M. (2006): Site-specific high zone restoration in the alpine region – the current technological development. – Federal Research and Education Centre (HBLFA) Raumberg-Gumpenstein, Irdning, 134 S.

ÖSTERREICHISCHE ARBEITSGEMEINSCHAFT FÜR GRÜNLAND UND FUTTERBAU (2000): Richtlinie für standortgerechte Begrünungen. – Herausgegeben von der Österreichischen Arbeitsgemeinschaft für Grünland und Futterbau an der Bundesanstalt für alpenländische Landwirtschaft in Gumpenstein, 29 pp.

RÜCKER, TH., & WITTMANN, H. (2006): Begrünungstechniken unter Verwendung der Vegetation vor Ort – Methoden im Spannungsfeld zwischen Ökologie und Ökonomie. – Tagung Ingenieurbiologie: Begrünung mit standortgerechtem Saat- und Pflanzgut vom 5. bis 9.9.2006 an der HBFLA Raumberg-Gumpenstein, Tagungsband: 141–146.

SCHIECHTL, H.M. (1972): Schipistenbegrünungen. – *Allgem. Forstz.* 83: 78–80.

WITTMANN, H. & RÜCKER, Th. (1995): Eine neue Methode der Hochlagenbegrünung. – *Carinthia-Sonderband zum 8. Österreichischen Botanikertreffen 1995*: 134–136.

WITTMANN, H. & RÜCKER, Th. (1997): Aktuelle Anwendungsbereiche von Ansaatmischungen mit standortgerechtem Saatgut in Österreich. – Gumpensteiner Sämereientagung, «Standortgerechte Saatgutmischungen für Grünland und Landschaftsbau», BAL Gumpenstein, 18. und 19. September 1997, Tagungsband, 55–64.

WITTMANN, H. & RÜCKER, Th. (1997): Hochlagenbegrünungen mit naturidenten Pflanzengesellschaften – Ergebnisse aus der Praxis. – Mitt. Haus der Natur, Salzburg, 13: 16-22.

WITTMANN, H. & RÜCKER, Th. (1999): Rekultivierung von Hochlagen. – Laufener Seminarbeitr. (Bayer. Akad. f. Naturschutz und Landschaftspflege, Tagungsband zu «Wintersport und Naturschutz – Ursprung – Gegenwart –

Zukunft» vom 10. bis 12. September 1998 in Saalbach-Hinterglemm) 6/99: 69–78.

WITTMANN, H. & RÜCKER, Th. (2006): Was ist standortgerecht? Theorie und Praxis der Arbeit mit standortgerechtem Saat- und Pflanzgut. – Tagung Ingenieurbiologie: Begrünung mit standortgerechtem Saat- und Pflanzgut vom 5. bis 9.9.2006 an der HBFLA Raumberg-Gumpenstein, Tagungsband: 11–30.

#### Kontaktadresse:

Dr. Helmut Wittmann und  
Dr. Thomas Rücker  
Institut für Ökologie OG,  
Technisches Büro für Ökologie  
Johann-Herbststrasse 23  
A-5061 Elsbethen,  
E-Mail: ifoe@inode.at



## 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**

Pilatusstrasse 14, CH-5630 Muri AG  
Tel. 056 664 22 25, Fax 056 664 29 25  
info@begrueenungen-hunn.ch, www.begrueenungen-hunn.ch

# Hochlagenbegrünung in Österreich: Stand des Wissens und aktuelle Herausforderungen

Bernhard Krautzer, Christian Partl, Wilhelm Graiss

## Zusammenfassung

In den letzten 25 Jahren kam es in den österreichischen Alpen zu einer rasanten Entwicklung der Technik bei der Wiederbegrünung in Hochlagen. Der Bagger hat die Planierraupe weitestgehend ersetzt, die Erhaltung und Wiederverwendung vorhandener Vegetation ist vielerorts eine Selbstverständlichkeit geworden. Zu Beginn der Neunzigerjahre des vorigen Jahrhunderts war Saatgut von standortgerechten subalpinen und alpinen Arten in «homöopathischen» Mengen für Insider erhältlich. Mittlerweile werden 24 verschiedene Arten grossflächig vermehrt und in ausreichenden Mengen angeboten. Der aus diesen Möglichkeiten entwickelte moderne Stand des Wissens ist in den meisten Bundesländern praktizierter Standard. Bedingt durch extreme Standortbedingungen und alternative Zielsetzungen stellen sich allerdings auch aktuell noch Herausforderungen, die wissenschaftlich begleitete neue Strategien und Lösungen erfordern.

## Keywords

Rekultivierung, Standortgerechte Saatgutmischung, Erosionsschutz

## Végétalisation en altitude en Autriche: état du savoir et défis actuels

### Résumé

Au cours des vingt-cinq dernières années, les techniques de reverdissement en altitude ont connu un développement fulgurant dans les Alpes autrichiennes. Les excavatrices ont très largement remplacé le bulldozer, tandis que la conservation et la réutilisation de la végétation présente est devenue une évidence en de nombreux endroits. Aux débuts des années 90 du siècle dernier, les semences d'espèces subalpines et alpines

adaptées à la station n'étaient disponibles qu'en «quantités homéopathiques» pour certains initiés. Entretemps, vingt-quatre espèces différentes ont été largement multipliées et sont maintenant disponibles en quantités suffisantes. L'état du savoir moderne développé à partir de ces possibilités est devenu un standard pratiqué dans la plupart des Länder fédéraux. Néanmoins, en raison des conditions d'emplacement extrêmes et des objectifs alternatifs, il existe aujourd'hui encore des défis exigeant de nouvelles stratégies et des solutions scientifiques.

### Mots-clés

Remise en culture, mélange de semences adaptées à la station, protection contre l'érosion

## Rinverdimento ad alta quota in Austria: conoscenze e sfide nel presente

### Riassunto

La tecnica del rinverdimento ad alta quota in Austria ha subito una grande accelerazione durante gli ultimi venticinque anni. Lo scavatore ha largamente sostituito il bulldozer mentre preservazione e riutilizzo della vegetazione esistente sono divenuti prassi comune in molti luoghi. Agli inizi degli anni novanta del secolo scorso, solo gli specialisti potevano procurarsi sementi di specie alpine e subalpine di habitat compatibili, e soltanto in quantità molto limitate. Oggigiorno c'è un'ampia offerta di ventiquattro specie differenti di grande varietà ed in quantità sufficienti. Nella maggior parte delle regioni è divenuto prassi fare uso delle conoscenze acquisite e delle possibilità disponibili. Nonostante tutto rimane necessario sviluppare nuove strategie e trovare soluzioni basate sulla ricerca

scientifica. Questo bisogno nasce da condizioni estreme presenti nei diversi habitat e da obiettivi alternativi.

### Parole chiave

Ricoltivazione, combinazione di sementi adatta all'habitat, protezione dall'erosione

## 1 Einleitung

Bereits vor 25 Jahren begannen in Österreich Bemühungen, die Erfolgsaussichten von Begrünungen in Hochlagen durch die Verwendung von hochwertigen Techniken und standortgerechten Saatgutmischungen zu verbessern. Von Forschungsanstalten wie dem Lehr- und Forschungszentrum (LFZ) Raumberg-Gumpenstein oder dem Amt der Tiroler Landesregierung (ehemals Landesanstalt Rinn) wurden vielfältige und langjährige Versuche unternommen, um neue Standards für die Begrünung in Hochlagen, insbesondere nach baulichen Massnahmen im Bereich von Schipisten und Aufstiegshilfen sowie im Rahmen von Wildbach- und Lawinerverbauungen, zu entwickeln. Im Rahmen mehrerer internationaler Projekte in Zusammenarbeit mit Partnern aus der Schweiz, aus Deutschland, Italien, Tschechien und der Slowakei wurden wissenschaftlich exakte Vergleiche zwischen dem regional üblichen Stand der Technik und hochwertigen Applikationstechniken in Kombination mit standortgerechtem Saatgut durchgeführt. Dabei wurde der wissenschaftliche Nachweis erbracht, dass eine Kombination von hochwertigen Begrünungstechniken und standortgerechtem Saatgut zu stabilen, ausdauernden und ökologisch angepassten Pflanzenbeständen mit hohem naturschutzfachlichen Wert führt (ÖAG 2000, Graiss und Krautzer 2011). Düng- und Pflegemassnahmen können dabei deutlich reduziert werden, was



Abb. 1: Die Konservierung des Oberbodens ist wesentlich für den Begrünerfolg

Fig. 1: La conservation de la couche superficielle du sol est essentielle pour le succès d'une végétalisation



Abb. 2: Naturnaher Rasen mit autochthonen Arten auf Schipiste (Mittersteinkliff, Tauplitz, 1800 m ü. NN)

Fig. 2: Pelouse quasi-naturelle avec des espèces indigènes sur une piste de ski (Mittersteinkliff, Tauplitz, 1800 m au-dessus du niveau de la mer)

standortgerechte Begrünungen mittelfristig auch wirtschaftlich sinnvoll macht (Krautzer und Klug 2009). Parallel dazu wurden die Grundlagen für die Inkulturnahme und grossflächige Saatgutproduktion geeigneter subalpiner und alpiner Gräser und Kräuter erarbeitet (Krautzer et al., 2004). Diese umfangreichen Arbeiten fanden schliesslich in mehreren Richtlinien und Fachbüchern Niederschlag, in denen der Stand der Technik für eine ökologische und nachhaltige Wiederbegrünung in Hochlagen zusammengefasst ist (Krautzer et al., 2006).

Die praktische Umsetzung dieses Wissens gelang allerdings nur sehr langsam. Ohne gesetzliche Verpflichtung zur Anwendung bedurfte es vieler Versuchs- und Demonstrationsflächen sowie Fachveranstaltungen mit Liftgesellschaften, Behördenvertretern und wichtigen Auftragnehmern, um den Stand des Wissens in die Praxis zu transportieren. Auch aktuell gibt es aufgrund der föderalen Strukturen in den einzelnen Bundesländern noch deutliche Qualitätsunterschiede in der Anwendung und Umsetzung dieser inzwischen allgemein anerkannten Grundlagen der standortgerechten Hochlagenbegrünung. Nach Schätzungen anhand des jährlichen Saatgutkonsums kann allerdings davon ausgegangen werden, dass in Österreich für Begrünungen in der subalpinen und alpinen Höhenstufe zu etwa 60% auf

standortgerechte Saatgutmischungen zurückgegriffen wird, in alpinen Lagen zu mehr als 80%. Das für diese Begrünungsmischungen notwendige Saatgut von Gräsern und Kräutern wird auf einer Fläche von 130 ha von Landwirten produziert (Tamegger und Krautzer 2006).

## 2 Der Stand des Wissens

Als standortgerecht begrünbar sind derzeit nach dem Stand des Wissens anthropogen beeinflusste, eher nährstoffreiche Pflanzengesellschaften wie verschiedene Weiderasen, Lägerfluren, Hochstauden- und Gebüschgesellschaften anzusehen (ÖAG). Für die Herstellung einer standortgerechten Vegetationsdecke auf Flächen ohne primäre landwirtschaftliche Nutzung können die vorgestellten Methoden unter Beachtung der genannten Einschränkungen in allen Höhenlagen in der subalpin-alpinen Stufe empfohlen werden. Derzeit nicht möglich ist die (Wieder-)Herstellung, also Renaturierung (van Diggelen et al., 2001) anthropogen weitgehend unbeeinflusster, exponierter alpiner Rasen, Windkantengesellschaften, Polsterpflanzen- und Schneetälchengemeinschaften. Von den charakteristischen Arten dieser Vegetationstypen ist kein standortgerechtes Saatgut im Handel erhältlich und zum Teil auch nicht produzierbar. Darüber hinaus können diese Pflanzen zum überwiegenden Teil nicht verpflanzt werden, sie sterben im Regel-

fall kurz nach der Transplantation ab (Krautzer und Wittmann 2006).

## Erhaltung des Mutterbodens und seiner Biodiversität

Eine Entfernung der obersten Bodenschicht, wie bei technischen Eingriffen noch verbreitet üblich, bedeutet die Zerstörung des für diesen Standort spezifischen Mutterbodens. Die fehlende fachgerechte Wiederverwendung des vorhandenen Oberbodens stellt auch eine Verschwendung autochthonen Pflanzenmaterials dar, welches sich für eine standortgerechte Begrünung vor Ort anbietet (Krautzer et al., 2012). Eine Erhaltung des Oberbodens ermöglicht das Erzielen von Bodenbedingungen, die den ursprünglichen möglichst ähnlich sind. Weiters befindet sich im Oberboden die meiste organische Substanz, in der der grösste Teil der pflanzenverfügbaren Nährstoffe gebunden ist. Ausserdem sind im Oberboden Mikroorganismen enthalten, die die Nährstoffversorgung der Höheren Pflanzen verbessern können. Die Verwendung standortgerechter Saatgutmischungen hilft zwar eine auf den Standort passende Vegetation aufzubauen, ist aber für die humose Bodenschicht und den darin enthaltenen wertvollen Diasporenvorrat kein Ersatz (Partl und Hölzl, 1997). Der vorhandene Oberboden soll am Beginn der baulichen Aktivitäten sorgfältig mit dem Löffelbagger abge-

tragen, möglichst kurz unter geeigneten Bedingungen gelagert und vor der Begrünung wieder aufgetragen werden (Abb. 1). Die auf dem abgetragenen Oberboden vorhandene natürliche Vegetation ist vor allem in der alpinen Stufe der beste Baustoff für dauerhafte Begrünungen. Mit ihr ist daher bei der Vorbereitung der Baumassnahmen äusserst schonend zu verfahren, damit sie nach den Geländekorrekturen wieder eingesetzt werden kann.

## Verwendung von standortgerechtem Samen- und Pflanzenmaterial

Die ideale Renaturierungspflanze stammt im besten Fall aus der unmittelbaren Umgebung der Baustelle («Seed provenance matters»: Bischoff et al., 2006) und etabliert sich am Einsatzort auch bei geringem Nährstoffangebot bis zum Ende der ersten Vegetationsperiode (Abb. 2). Ein wesentlicher Faktor für die Beurteilung der langjährigen Stabilität einer Begrünung liegt in der Fähigkeit, sich nach Narbenverletzungen wieder schnell zu regenerieren und entstandene Lücken zu schliessen. Sowohl durch generative als auch vegetative Ausbreitung sollten Lücken rasch geschlossen werden. Die Samenausbreitung aus den Nachbarflächen und das Vorhandensein von Diasporenmaterial im Boden sind daher wichtige Faktoren zur schnellen Regeneration der Vegetationsdecke im Fall von Narbenschäden. Soll dies ohne zusätzlichen

Pflegeaufwand in Form von Düngung und Nachsaat erfolgen, müssen die Pflanzen die Fähigkeit besitzen, reife, keimfähige Samen auszubilden. Standortgerechte subalpine und alpine Pflanzen produzieren wenig Biomasse. Ansaaten mit standortgerechtem Saatgut benötigen daher in der Regel nur geringe Nährstoffmengen und kurzfristige Pflegemassnahmen und führen in relativ kurzer Zeit zu naturnahen, sich weitgehend selbst erhaltenden Rasen, die eine hohe Persistenz gegen Folgenutzungen durch Tourismus und landwirtschaftliche Nutzung haben. Für die Hochlagenbegrünung geeignete Ökotypen werden in Österreich grossflächig vermehrt und Qualitäts-Begrünungsmischungen, abgestuft nach Höhenlage, Ausgangsgestein und Nutzung, sind auf dem Markt in ausreichenden Mengen erhältlich.

## Erosionsschutz, Etablierungstechnik und Pflegemassnahmen

Die Begrünungstechnik schützt Begrünungsflächen während der ersten zwei Vegetationsperioden vor Erosion. Die heranwachsende Vegetation sichert die mittel- bis langfristige Stabilität einer Begrünung ab (Krautzer et al., 2010). Mangelhafte Begrünungen können daher einerseits auf die Verwendung einer falschen oder mangelhaften Begrünungstechnik und/oder auf die Verwendung des falschen, dem Standort nicht angepassten Samen- oder Pflanzenmaterials zurückgeführt werden. Das vorrangige Ziel in der Hochlagen-

begrünung ist ein ausreichender Erosionsschutz, bis sich die Vegetation so weit entwickelt hat, dass sie diese Aufgabe ausreichend erfüllen kann (Graiss, 2000). Als wesentlicher Grenzwert für ausreichenden Erosionsschutz durch die sich entwickelnde Vegetation wird von Experten eine Bodendeckung von 70 bis 80% angesehen. Bei standortgerechter Artenwahl kann die Vegetation ab diesem Zeitpunkt als ausreichend stabil angesehen werden. Auf steilen und exponierten Flächen ist, bei Mangel an vorhandener Vegetation vom Standort, eine händische Einsaat oder wo möglich auch der Einsatz der Hydrosaat zu empfehlen. Unabdingbar in Hochlagen ist dabei eine Mulchabdeckung der Einsaaten mit Stroh oder Heu. Auf exponierten und mechanisch belasteten Flächen empfiehlt sich die zusätzliche Abdeckung mit Geotextilien wie Jute- oder Kokosnetzen oder auch geeigneten Mulchmatten aus Stroh oder Kokosfaser. Die Verwendung von Deckfrüchten wird recht häufig praktiziert, die Wirksamkeit jedoch uneinheitlich beurteilt.

Eine der Grundregeln für sichere Begrünungen in Hochlagen ist die Vorgabe, die Begrünung so früh wie möglich in der Vegetationsperiode vorzunehmen, um die Winterfeuchte, speziell auf trockeneren Standorten, optimal auszunutzen. In der Praxis verschiebt sich dieser frühest mögliche Begrünungszeitpunkt oft deutlich in Richtung Hochsommer bis Frühherbst. Speziell in höheren La-

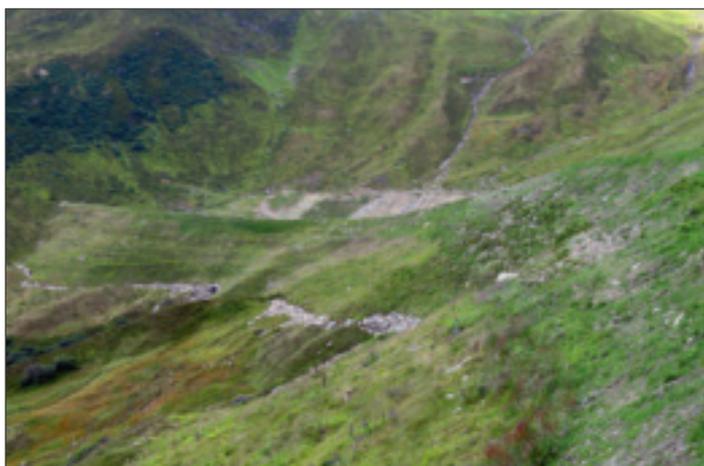


Abb. 3: Talseitige Böschung des Lawinendamms, grossteils begrünt mit Soden aus dem Fassungsbereich  
 Fig. 3: Remblai côté vallée du paravalanche, en grande partie végétalisé avec des plaques issues du secteur de prélèvement



Abb. 4: Mischungsversuch und bergseitige Böschung aus bewehrter Erde, begrünt mit Spritzbegrünung  
 Fig. 4: Essai de mélange et talus côté montagne de la terre renforcée, végétalisé par l'emploi d'un jet



Abb. 5a und 5b: Pistenfläche Feuerkogel (1.600 m ü. NN) vor und nach der Behandlung

Fig. 5a et 5b: Surface de la piste Feuerkogel (1600 m au-dessus du niveau de la mer) avant et après le traitement

gen ermöglichen die verbleibenden wenigen Vegetationswochen meist kein sicheres Anwachsen der Saat. Auf nicht zu exponierten, nicht zu steilen Flächen empfiehlt sich dann eine «Schlafsaat». Das Saatgut wird nach dem Ende der Vegetationsperiode, je nach Höhenlage und Witterung von Anfang Oktober bis Anfang Dezember, so knapp wie möglich vor Erreichen der Einschneiphase, gemeinsam mit einem organischen Dünger ausgebracht. Auf steilen und exponierten Flächen ist ein zusätzliches Abdecken der Ansaat mit Stroh oder Heu zu empfehlen. Die Schlafsaat soll nur in Lagen ab der oberen montanen Vegetationsstufe und mit ausreichender Schneebedeckung zur Anwendung kommen.

Wichtige Einflussfaktoren für die Saaten sind die verwendeten Mischungen, Standortfaktoren, die eingesetzte Saattechnik, der Saatzeitpunkt oder die eventuelle Verwendung einer Deckfrucht. Je tiefer gelegen der Standort, je besser die Bodenverhältnisse und je gleichmäßiger die Verteilung des Saatgutes ist (z.B. Einsatz von Hydrofaat oder Sämaschine), desto mehr können die Aufwandsmengen reduziert werden. In der Praxis können, bei Verwendung standortgerechter Saatgutmischungen, Aufwandsmengen zwischen 8 und 12 g/m<sup>2</sup> auf ebenen Flächen sowie zwischen 10 und 15 g/m<sup>2</sup> auf steilen Flächen empfohlen werden. Zu beachten ist, dass bei händischer Aussaat, auch bei Einsatz von erfahrener Personal, mit Aussaatmengen von

mindestens 15 g/m<sup>2</sup> kalkuliert werden muss. Planierte Flächen weisen meistens ein sehr schlechtes Nachlieferungsvermögen an pflanzenverfügbaren Mineralstoffen auf. Eine schnelle Entwicklung der Einsaaten bis hin zum Rasenschluss ist, auch bei standortgerechten Begrünungen, auf solchen Standorten für einen raschen Erosionsschutz notwendig. Hochlagenbegrünungen sind daher in der Regel nur im Zusammenspiel mit einer sachgemäßen Düngung erfolgreich (Partl 2006). Im Regelfall ist eine einmalige Düngung solcher Flächen zur Anlage mit einem geeigneten Dünger ausreichend. Falls bis zum zweiten Vegetationsjahr keine befriedigende Vegetationsdeckung erreicht wird, sind weitere Düngemaßnahmen bis zum Erreichen eines ausreichenden Rasenschlusses notwendig. Zur Anwendung sollen langsam und nachhaltig wirkende Dünger kommen, welche den Humusaufbau fördern und gute Pflanzenverträglichkeit besitzen. Langjährige Düngungsversuche zeigen die Überlegenheit verschiedener organischer Dünger. Die verbesserte Wirkung ist neben der bedarfsorientierten Nährstoffzufuhr auch auf die Förderung des Edaphons zurückzuführen (Holaus und Partl, 1996). Bei Verwendung standortgerechter Saatgutmischungen ist eine ständige Unterhaltungspflege im Prinzip nicht zwingend notwendig, im Bereich von Schipistenbegrünungen jedoch in Form einer extensiven Beweidung oder eines jährlichen Schnittes zu empfehlen. In Österreich werden etwa 80%

der Schipistenflächen landwirtschaftlich genutzt, hauptsächlich als Weide oder Wiese. Bei entsprechender Nutzung ist eine angepasste Düngung empfohlen.

### 3 Aktuelle Herausforderungen

#### Begrünungen im Rahmen der Wildbach- und Lawinerverbauung

Neben dem Neu- und Umbau von Schipistenflächen gehören Massnahmen zum Schutz gegen Naturgefahren zu den häufigsten Eingriffen in Hochlagen. Extreme Verhältnisse erfordern dabei spezielle Lösungsansätze. Das wichtigste Projekt der letzten Jahre waren Begrünungsmassnahmen und eine Versuchsanlage bei einem Lawinendamm im Paznauntal. Der Einzugsbereich des Diasbachs bei Kappl wurde mit einem 640 m langen und an der höchsten Stelle 26 m hohen Damm mit einem Volumen von etwa 500000 m<sup>3</sup> verbaut. Die talseitige Böschung wurde kontinuierlich mit Soden aus dem Fassungsbereich begrünt und ist kaum mehr als Bauwerk erkennbar (Abb. 3). Bergseitig wurde mit bewehrter Erde gearbeitet, die Steilheit beträgt bis zu 80°. Erschwerend dazu kommen Humusgehalte knapp über null, insgesamt sehr geringe Nährstoffgehalte, die Exposition Nord und eine Höhenlage von etwas über 2000 m ü. NN.

Die Ansaaten erfolgten als Anspritzbegrünung je nach Baufortschritt mit vier verschiedenen Saatgutmischungen beim Damm und neun Mischungen



Abb. 6: Aufbringen des Häckselgutes  
Fig. 6: Mise en place des produits coupés



Abb. 7: Begrünungsfläche am Beginn des ersten bzw. zweiten Vegetationsjahrs  
Fig. 7: Surface de végétalisation au début de la première, resp. deuxième année de végétation

gen beim Versuch. Aufgang und Etablierung der Einsaaten war im ersten Jahr sehr zögerlich, am Lawinendamm konnte aber schon im zweiten Jahr ein zufriedenstellender Begrünungserfolg festgestellt werden. Auch die folgenden Ansaaten zeigten ein ähnliches Bild und die Begrünung weist nach drei Jahren einen sehr guten Zustand auf. Dies lässt hoffen, dass die gesetzten Massnahmen nachhaltig wirksam bleiben (Abb. 4). Bodendeckung und Pflanzenbestände der einzelnen Samenmischungen im Versuch zeigen deutliche Unterschiede und lassen interessante Entwicklungen erwarten – die Spanne beim Narbenschluss reicht von 23 bis 46%. Damit sind die angestrebten 70% nach drei Jahren noch nicht erreicht – eine Bestätigung der Problematik von Begrünungen unter extremen Bedingungen, aber auch der unterschiedlichen Tauglichkeit von Samenmischungen.

### Begrünung von Kalkschotter mittels dünnen Bodenauftrags

Ein interessantes Projekt im Grenzbereich des Möglichen wurde vor zwei Jahren im Bereich des Feuerkogels, eines geografisch sehr exponierten, windausgesetzten Schigebietes im oberösterreichischen Alpenvorland nahe Bad Ischl begonnen. Insgesamt standen Pisten- und Wegflächen sowie Böschungen in unterschiedlichen Höhenlagen von etwa 1000 bis 1650 m Seehöhe im Ausmass von 15 ha zur Begrünung an.

Die Begrünungsflächen präsentierten sich als weitgehend humusloser Wettersteinkalk in unterschiedlich grober Körnung. Im Bereich der hangseitigen Pistenflächen war im Regelfall eine für die sofortige Begrünung ausreichend feine Körnung (Feinkies und darunter) vorhanden. Die talseitigen Pistenbereiche waren mit deutlich gröberer Körnung (Kies bis Blockschutt) aufgebaut, die Etablierung einer Begrünung wegen des Fehlens wasserhaltenden Substrats ohne weiter gehende Massnahmen nicht möglich (Abb. 5).

Nachdem ein Bodenauftrag von mehreren Zentimetern als sicherste Begrünungsmassnahme sowohl aus ökologischen als auch aus ökonomischen Gründen nicht realisierbar war, wurde ein alternatives Konzept entwickelt. Geschnittene Latschen, Wurzelteller und humoses Bodenmaterial eines nahe gelegenen Windwurfes einer von den Standortbedingungen her vergleichbaren Fläche wurden gehäckselt und am Pistenrand gelagert. Auf Bereiche mit wenig oder nicht vorhandenem Feinanteil wurde eine dünne Schicht des humosen Häckselgutes mittels Kompoststreuer fein, dünn und gleichmässig verteilt ausgebracht und die Fläche mittels Steinfräse seicht bearbeitet (Abb. 6). Aufgrund des hohen pH-Wertes am Standort war eine zu starke Versauerung durch Huminsäuren auszuschliessen. Wesentlich für den Erfolg war, sofort nach Einsatz der Steinfräse mit

den Begrünungsmassnahmen zu beginnen, um ein Auswaschen der Feinteile in tiefere Schichten zu verhindern. In Bereichen mit ausreichendem Feinanteil im Boden wurde nur eine dünne Häckselanschicht aufgetragen und danach, wie auf den gefrästen Teilbereichen, sofort eine standortgerechte Saatgutmischung eingesät, organischer Dünger appliziert und die Oberfläche mit einer Mulchschicht aus Heu dünn abgedeckt. Ein bzw. zwei Jahre nach Beginn der Massnahmen präsentieren sich die Flächen in ausgezeichnetem Zustand (Abb. 7). Entgegen der gängigen Fachmeinung konnte mithilfe relativ einfacher, kostengünstiger Verfahren standortgerechte Vegetation flächig etabliert werden. Die Pistenflächen werden in Zukunft auch als Weideflächen zur Verfügung stehen.

### Literaturverzeichnis

- Bischoff, A., Vonlanthen, B., Steininger, T., Müller-Schärer, H., 2006. Seed provenance matters – Effects on germination of four plant species used for ecological restoration. *Basic and Applied Ecology* 7: 347–359
- Graiss, W., 2000. Erosionsschutz über der Waldgrenze – Vergleich verschiedener Ansaatmethoden mit Heu und Deckfrucht, Diplomarbeit, Universität für Bodenkultur, 121 S.
- Graiss, W., Krautzer, B., 2011. Soil Erosion and Surface Runoff on Slopes in Mountain Environment Depending

on Application Technique and Seed Mixture – A Case-Study. Soil Erosion Studies, pp. 193–212, ISBN 978-953-307-710-9, edited by Godone, D., Stanchi, S.

Holaus, K., Partl, C., 1997. Verbesserung und Erhaltung der Hochlagenvegetation durch Düngungsmassnahmen. Sonderdruck aus «Der Alm- und Bergbauer», 46. Jg., Folge 4 und 5, 20 S.

Krautzer, B., Peratoner, G., Bozzo, F., 2004. Site-Specific Grasses and Herbs. Seed production and use for restoration of mountain environments. Plant Production and Protection Series No. 32, Food and Agriculture Organisation of the United Nations, Rome, Italy, 112 S.

Krautzer, B., Wittmann, H., 2006. Restoration of alpine ecosystems. In: Andel, J., Aronson, J.: Restoration Ecology. The New Frontier, Blackwell Publishing, Malden u.a., 208–220.

Krautzer, B., Wittmann, H., Peratoner, G., Graiss, W., Partl, C., Parente, G., Venerus, S., Rixen, C., Streit, M., 2006. Site-specific high-zone restoration in the Alps – the current technological development. Höhere Bundeslehr- und Forschungsanstalt für Landwirtschaft HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Irdning, 135 S.

Krautzer, B., Klug, B., 2009. Renaturierung von subalpinen und alpinen Ökosystemen. In Zerbe, S., Wiegler, G. (Hrsg): Renaturierung von Ökosystemen in Mitteleuropa, Spektrum Verlag, 208–234.

Krautzer, B., Graiss, W., Peratoner, G., Venerus, S., Klug, B., 2010. The influence of recultivation technique and seed mixture on erosion stability after restoration in mountain environment. Nat Hazards DOI 10.1007/s11069-009-9491-z.

Krautzer, B., Uhlig, C., Wittmann, H., 2012. Restoration of Arctic-Alpine Ecosystems. Restoration Ecology: The New Frontier. Second Edition. Edited by Jelte van Andel and James Aronson. Blackwell Publishing Ltd.

ÖAG, 2000. Richtlinie für standortgerechte Begrünungen – Ein Regelwerk im Interesse der Natur, Österreichische Arbeitsgemeinschaft für Grünland und Futterbau (ÖAG), c/o BAL Gumpenstein, 8952 Irdning, 29 S. <http://www.efib.org/deutsch/regelwerk.pdf> letzter Aufruf: 8. September 2012.

Partl, C., 2006. Saatstärke und Düngung im Rahmen standortgerechter Hochlagenbegrünungen. Arbeitsgemeinschaft für Lebensmittel, Veterinär- und Agrarwesen, Tagungsbericht 2006, 78–81.

Partl, C., Holaus, K., 1997. Rekultivierungen in Hochlagen unter Minimierung des Bodenverlustes. Expertentagung der AG Bodenschutz der ARGE ALP und ARGE ALPEN-ADRIA, Udine 1997.

Tamegger, C., Krautzer, B., 2006. Production and use of site-specific seed in Austria. Conference Proceedings, B. Krautzer, E. Hacker (editors): Soil Bioengineering: Ecological Restoration with Native Plant and Seed Material, 113–118.

Van Diggelen, R., Grootjans, A., Harris, J., 2001. Ecological restoration. State of the art of the science? Restoration Ecology 9 (2): 115–118.

### Kontaktadressen:

Dr. Bernhard Krautzer und  
Dr. Wilhelm Graiss  
Institut für Pflanzenbau und Kulturlandschaft, Höhere Bundeslehr- und Forschungsanstalt Raumberg-Gumpenstein, Raumberg 38  
A-8952 Irdning  
Tel.: +43-3682-22451-345  
Fax: +43-(0)3682-22451-210  
E-Mail: [bernhard.krautzer@raumberg-gumpenstein.at](mailto:bernhard.krautzer@raumberg-gumpenstein.at)

Dr. Christian Partl  
Amt der Tiroler Landesregierung  
Abteilung Landwirtschaftliches Schulwesen, Jagd und Fischerei  
Heiliggeiststrasse 7–9  
A-6020 Innsbruck  
Tel.: +43 (0)512 508 2540  
E-Mail: [christian.partl@tirol.gv.at](mailto:christian.partl@tirol.gv.at)

Nr.1

**Hydrosaat**  
St. Ursen  
Tel. 026 322 45 25  
[www.hydrosaat.ch](http://www.hydrosaat.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, Troitfoirs
- **Ecotex®-Erosionsschutz**  
mit Geotextilien, natürlich und biologisch abbaubar
- **Ingenieurbio-logische Bauweisen**  
Stützkonstruktionen zur Stabilisierung von Uferzonen und Böschungen



# Das Speicherkraftwerk Kartell Moostal – Verwall – Westtirol

Brigitte Kurz und Wolfgang Schütz

## Landschaftsökologie Ingenieurbiologie

### Zusammenfassung

Der gegenständliche Artikel umreißt die Ausführung eines Erddamms für den Kartell-Stausee im Gemeindegebiet von St. Anton am Arlberg/Tirol in den Jahren 2003 bis 2005 und dessen luftseitige Oberflächengestaltung, Begrünung und Bepflanzung.

Aufgrund der Höhenlage des Staudamms in rd. 2000 m Seehöhe mit nur rd. 3 bis 4 Monaten Vegetationszeit pro Jahr musste die Artenwahl des Saatgutes und der Gehölze sehr speziell vorgenommen werden, um einen sofortigen und dauerhaften Anwuchs der Böschungen zu gewährleisten.

Als erschwerende Kriterien bei der Planung der Begrünung und Bepflanzung der Dammböschung mussten die lange Schneedeckendauer, damit verbunden die Möglichkeit des Befalls mit Schneepilzen, Schererscheinungen durch das Kriechen der Schneedecke, die Böschungssneigungen von 2:3 (33,7°) sowie Viehtritt durch Weidenutzung im Sommer berücksichtigt werden. Generell waren die strengen Vorgaben der Staubeckenkommission einzuhalten.

Zwei Kontrollaufnahmen 5 und 7 Jahre nach Ausführung zeigen einen sehr guten Aufwucherfolg der Begrünung und der Gehölze sowie wie gewünscht eine hervorragende optische Einbindung in die umgebende Berglandschaft.

### Keywords

Staudambegrünung, ingenieurbiologische Hangsicherung, Böschungssicherung, Hochlagenbegrünung, Staudambepflanzung

## Lac artificiel de la centrale électrique de Kartell Moostal – Verwall – Westtirol Ecologie du paysage Génie biologique

### Résumé

L'article suivant relate la réalisation d'un barrage de terre pour le lac de barrage de Kartell dans la commune de St. Anton à Arlberg/Tyrol dans les années 2003 à 2005, en particulier l'aménagement, la végétalisation et la plantation de la surface côté terre.

En raison de l'altitude élevée du barrage à environ 2000 m et une période de végétation d'environ trois mois, le choix des espèces des semences et des végétaux ligneux se devait d'être très spécial afin de garantir une croissance immédiate et durable des talus.

Le long manteau neigeux hivernal, la possibilité d'infestation par des champignons de neige, l'apparition de déchirure par le glissement du manteau neigeux, des inclinaisons de terrain de 2:3 (33,7°) ainsi que le piétinement

par le bétail durant le pâturage estival doivent être pris en considération comme critères aggravants lors de la planification de la végétalisation et de la plantation des talus du barrage. Généralement, les normes strictes de la Commission du barrage ont dû être observées.

Un contrôle d'assimilation sept ans après la réalisation a montré un très bon résultat de la croissance de la végétation et des végétaux ligneux ainsi que, tel que souhaité, une intégration optique remarquable dans le paysage montagneux environnant.

### Mots-clés

Végétalisation du barrage de retenue, consolidation des pentes par le génie biologique, consolidation des talus, végétalisation en altitude, plantation du barrage de retenue



Abb. 1: Lage des Speichersees KW Kartell südlich von St. Anton am Arlberg

Fig. 1: Situation du lac artificiel de la centrale électrique Kartell au sud de St. Anton à Arlberg

**Lago artificiale della centrale idroelettrica Kartell  
Moostal – Verwall – Westtirol  
Ecologia di paesaggio  
Ingegneria naturalistica**

**Riassunto**

Il presente articolo tratta la costruzione della diga di terra del lago artificiale Kartell a Sankt Anton am Arlberg (Tirolo) e soprattutto l'aspetto dato al paramento a valle tramite semina e rinverdimento. La scelta delle sementi e formazioni arboree è stata meticolosa per via della quota di circa 2000 m.s.l.m. ed i soli tre mesi annui di periodo vegetativo a disposizione. Solo così poteva essere garantito uno sviluppo della vegetazione rapido e duraturo sui paramenti della diga.

Difficoltà supplementari per la pianificazione della copertura vegetale della diga sono la lunga durata della coltre nevosa in inverno, il possibile attacco di funghi marzuoli, deformazioni del terreno a causa dello scorrimento del manto nevoso, la pendenza del terreno con un rapporto 2:3 (33.7°) e la pascolazione estiva. Erano inoltre da considerare le rigide linee guida della Commissione sugli sbarramenti (Staubeckenkommission).

Un controllo dei risultati effettuato sette anni dopo l'esecuzione dei lavori ha registrato una crescita vegetale molto buona. Anche l'integrazione nel panorama alpino circostante è riuscita perfettamente.

**Parole chiave**

Rinverdimento di sbarramenti, stabilizzazione di pendii con misure di bioingegneria, stabilizzazione di superfici ripide, rinverdimento ad alta quota, inverdimento di dighe

**1 Lage und Beschreibung des Kraftwerkes Kartell**

Der Speichersee zum Kraftwerk Kartell liegt im Kartellboden in einer flachen Talaufweitung und wird von einem Schüttdamm mit mineralischem Dichtkern abgeschlossen. Das Stauziel liegt auf 2020 m Seehöhe.

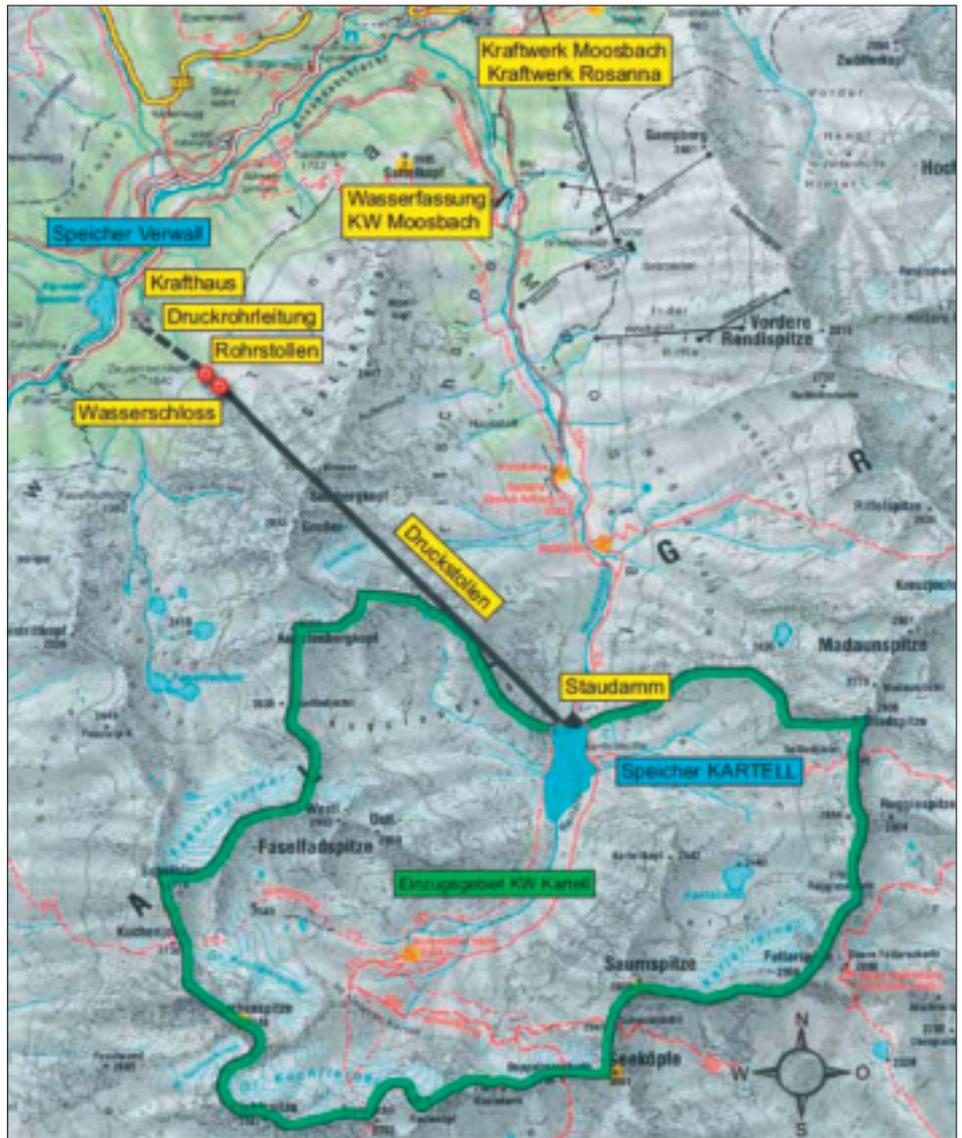


Abb. 2: Übersicht über das Einzugsgebiet, den Speichersee sowie die Anlagenteile des Kraftwerkes Kartell (aus [1])  
Fig. 2: Aperçu du bassin versant, du lac artificiel et des composants de la centrale électrique de Kartell (tiré de [1])

**Kenndaten zum Speichersee und zum Schüttdamm:**

Einzugsgebiet:	15 km <sup>2</sup>
Restwasserabgabegebiet:	1,8 km <sup>2</sup>
Gesamthalt Speicher:	8,1 Mio. m <sup>3</sup>
Schüttvolumen Damm:	840 000 m <sup>3</sup>
Dammkrone:	2023 m. ü.A
Dammhöhe Luftseite:	max. 80 m
Dammhöhe Wasserseite:	max. 50 m
Kronenbreite Damm:	6 m
Kronenlänge Damm:	250 m
Sohlbreite Damm:	215 m

**2 Ökologische Vorarbeiten**

Für die Beweissicherung und die Naturverträglichkeitsprüfung sowie als Grundlage für die Entwicklung der landschaftspflegerischen Begleitpläne wurden umfangreiche Untersuchungen auf dem Gebiet der terrestrischen Ökologie bzw. der Geobotanik ausgeführt:

- ökomorphologische Kartierung des Moostales

- mehr als 100 Vegetationsaufnahmen nach der Methode BRAUN-BLANQUET
- Anfertigung einer Karte der aktuellen Vegetation des Speicherraumes und seines Umfeldes im Massstab 1:2000

Diese Arbeiten wurden vom Bauherrn EWA St. Anton beauftragt und von der ARGE Angewandte Ökologie (Dr. Brigitte Burgstaller, Dr. Roswitha Schiffer, Dr. Roland Stern) in den Jahren 1996 bis 1997 durchgeführt.

Beim Bau von Speicherkraftwerken führen Erdbaumassnahmen zu Störungen der Geländeformen und zu neuen Landschaftsstrukturen. Damit verbunden sind Veränderungen von Hang- und Böschungsstabilitäten, Veränderungen der Vegetation und deren ökologischer Funktion sowie eine Veränderung des Landschaftsbildes.

Die wesentlichsten, jeweils gesondert zu behandelnden Bereiche im Baufeld des KW Kartell waren:

1. Luftseite des Schüttdamms
2. Speicherböschungen
3. Hochwasserentlastung
4. Kraftabstieg Verwall
5. Strassenböschungen
6. Moränenabbauflächen

Für die Wahl der ingenieurbioologischen Bauweisen und Bautypen spielen u.a. folgende Faktoren eine Rolle:

- Gelände und Böschungsneigungen

- Hang- und Böschungsstabilität
- Erosionsdisposition
- Bodenabtragsgefahr
- Lage und Form der Spiegelschwankungszone
- Umfang möglichen Einstaus
- Dauer möglicher Überstauung
- Landschaftsgestaltung
- Erholungs- und Freizeiteinrichtungen
- Fischerei und Jagd

Die ingenieurbioologischen Bauweisen müssen somit sicherungstechnische, ökologische und ästhetische Wirkungen auf sich vereinen (siehe auch SCHIECHTL, STERN, 1992 und 2002 [2] und [3]).

## 3 Dammbau und Ingenieurbio

### 3.1 Der Staudamm Kartell

Das Schüttgut für den Damm konnte zur Gänze aus dem Stauraum gewonnen werden. Aus der vorhandenen Moräne wurde das Material für den Dichtkern gewonnen, mit den Bachschottern und dem Hangschutt war das Material für die Schüttkörper sowie mit den ausreichend vorhandenen Steinen das Material für die wasserseitige Steinverkleidung vorhanden.

Die Abdichtung des Felsuntergrundes des Damms erfolgte mit Dichtinjektionen, bei denen eine Zementsuspension eingepresst wurde, um die Klüfte im Fels abzudichten.

Trotz verschiedener Bedenken aus Sicht der Dammstatik und der Dammdraulik entschied sich der Bauherr für die Begrünung der Luftseite des Kartelldamms.

Um die wasserseitige Dammböschung vor Wellenschlag zu schützen, wurde ein massives Uferdeckwerk mit Steinen unterschiedlicher Grösse bis zu 2,5 m<sup>3</sup> hergestellt (in der Legende von Abbildung 3 als Riprap dargestellt). Zuerst wurden die Steine gesetzt und sodann mit Brechgut hinterfüllt, welches verdichtet wurde. Mit dieser Methode wurde eine gute Verzahnung mit der Dammschüttung erzielt.

## 3.2 Gestaltung der Staudamm-Luftseite

### 3.2.1 Gestaltungskonzept

Von Beginn an war die Grundidee, im Stauraum des zukünftigen Speichersees alle landschaftsverändernden Massnahmen unterhalb des zukünftigen Wasserspiegels (auf Höhe Stauziel = 2020 m) auszuführen. Dieses Ziel konnte bis auf zwei Ausnahmen auch erreicht werden. Ein Hauptziel für die Gestaltung des Staudammes war, die Luftseite in einer Weise zu gestalten und zu begrünen, dass sie sich bestmöglich in die Landschaft einfügt.

Zur Realisierung dieser Vorstellung war neben der Kleinstrukturierung der Dammfäche eine möglichst rasche, flächendeckende Vegetationsentwicklung notwendig.

Dabei mussten folgende Erschwernisse eingeplant und berücksichtigt werden:

- Jährlich stehen nur 3 Monate als Vegetationszeit zur Verfügung (rd. 2000 m Seehöhe).
- Die Schneedeckendauer beträgt bis zu 9 Monate.
- Daher möglicher Befall von Schädlingen.
- Das Kriechen der Schneedecke kann Schäden an den Gehölzen verursachen.
- Viehtritt durch Weidenutzung im Sommer.

Für die Planung und Bauüberwachung stand ein Team unter der Leitung von Dipl.-Ing. Dr. Roland Stern als erfahrenem Forstexperten, Ingenieurbio- und Geologen bereit.

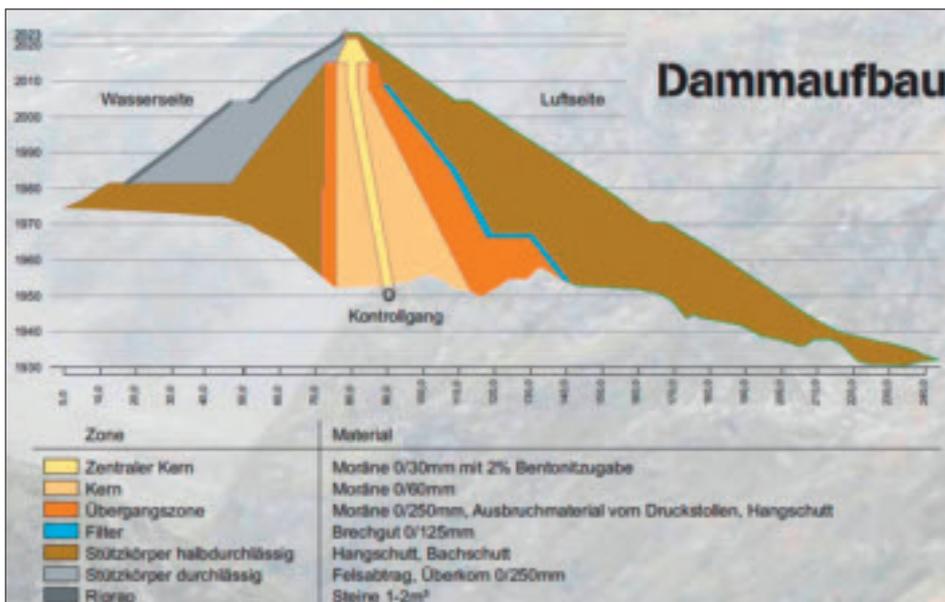


Abb. 3: Querschnitt durch den Damm (aus [1])

Fig. 3: Coupe transversale à travers le barrage (tiré de [1])

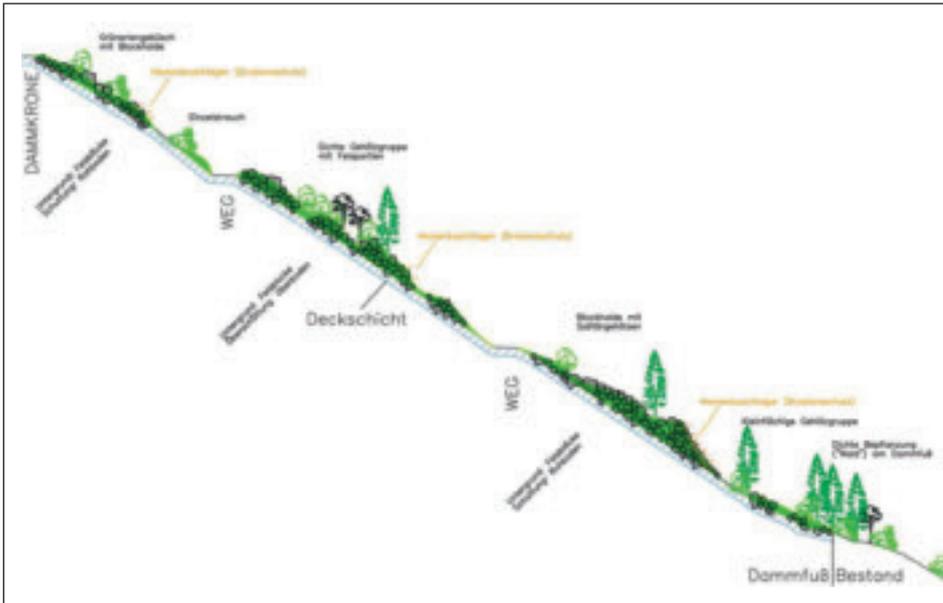


Abb. 4: Querprofil durch die Talseite des Staudamms mit ursprünglich vorgesehener Gestaltung (Quelle: Kurz)

Fig. 4: Profil transversal par le côté vallée du barrage de retenue. On distingue l'aménagement d'origine (source: Kurz)

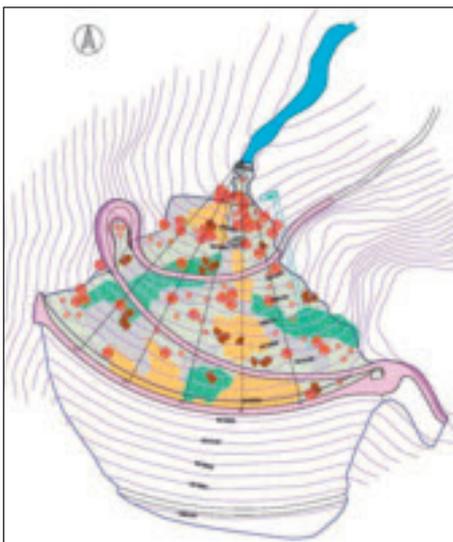


Abb. 5: Lageplanausschnitt aus dem Gestaltungsplan des Staudamms (Quelle: Kurz)

Fig. 5: Extrait du plan de situation tiré du plan d'aménagement du barrage (source: Kurz)



Abb. 6: Legende zum Gestaltungsplan Staudamm (Quelle: Kurz)

Fig. 6: Légende du plan d'aménagement du barrage (source: Kurz)

Als Erstes wurden die Formenelemente der umliegenden Bergflanken aufgenommen und auf den Damm übertragen. Dazu zählen Felsschuttbänder (in Tirol «Steinreissen» genannt), Grünerlengebüsche, Zwergsträucher (Alpenrosen- und Heidelbeersträucher), alpine Rasenflächen sowie einzelne Felsblöcke.

Im nächsten Schritt war von der Staubeckenkommission die Zustimmung zum Gestaltungskonzept zu erlangen. Dabei mussten einige Abstriche in der

Gestaltung gemacht werden: Einzelne Felsblöcke durften nur sparsam in die Aussenböschung eingebaut werden, höher wachsende Baumgehölze wie die Zirbe durften vorwiegend nur am Böschungsfuss gesetzt werden, die Damm-ixen mussten pflanzfrei bleiben.

Im Endeffekt konnte jedoch ein für das Landschaftsbild akzeptabler Kompromiss erzielt werden. Im Laufe der kommenden Jahre und Jahrzehnte wird die Dammböschung durch das Höhen-

wachstum der gepflanzten Gehölze zunehmend strukturierter erscheinen.

### 3.2.2 Ausgeführte Gestaltungselemente

Nach Überprüfung und Freigabe durch die Staubeckenkommission wurde folgende Gestaltung ausgeführt: Die beiden Ixen (auch Ixsen, die beiden Verschnittlinien der Dammböschung mit den Bergflanken) wurden als Felsschuttbänder (geschüttete Blockhalden, auch «Steinreissen» genannt) ausgeführt.

In der Böschung wurden rund 12 Felsblockgruppen eingebaut, wobei der eingeschüttete Teil der Felsblöcke jeweils mindestens 2/3 des Volumens betragen musste («2/3-Regel»). Damit soll dauerhaft verhindert werden, dass die Felsblöcke durch Setzungen, Niederschlagserosionen, Schneedruck, Schneeschmelzprozesse, Untergrabungen durch Murmeltiere oder durch Lawinenabgänge instabil werden.

Eine zusätzliche Strukturierung erfolgte durch die Bepflanzung mit unterschiedlich hochwachsenden, heimischen und höhenangepassten Gehölzen. Die optische Brechung der geraden Dammkrone wird aufgrund des äusserst langsamen Wachstums noch geschätzte 20 bis 30 Jahre dauern.

### 3.2.3 Ingenieurbiologische Methoden

#### 3.2.3.1 Begrünung

Die gesamte Luftseite des Damms wurde in einer Schichtstärke von im Mittel rd. 10 cm mit Oberboden, der zu Baubeginn abgezogen und zwischengelagert wurde, angegedeckt.

Die Andeckung wurde sukzessive mit der Schüttung des Damms vorgenommen, wobei die Schichtstärke bewusst etwas variiert wurde. Mittels Spritzbegrünung wurde nach der Bepflanzung sowie der Aufbringung der Rasensoden und Zwergstraucheneinheiten (siehe unten) auf der Böschungsfäche das Saatgut laut Tabelle 2 aufgebracht.

#### 3.2.3.2 Transplantation

Unter Transplantation wird die Übertragung von Vegetationsdecken aus einem Landschaftsteil in einen anderen verstanden.

Während der Dammschüttung wurden möglichst grosse Mosaikelemente von subalpin-alpinen Rasen und Sträuchern (*Rhododendron ferrugineum* sowie Vaccinien) aus dem zukünftigen Stauraum abgezogen (siehe Foto 3), mit dem Schüttfortschritt in die Böschungen eingebaut und mit Holzpflocken verankert (siehe Foto 4 und Foto 5). Die Ve-

getationsstücke wurden möglichst dicht gesetzt, um sie vor Austrocknung zu schützen.

Trotz widriger Umstände, bedingt durch die abschliessenden Tiefbauarbeiten am Damm sowie der Zeitknappheit bis zum nahenden Winter konnten rd. 20% der Dammböschung mit vor Ort gewonnenen Transplantationseinheiten (Ra-

sen- und Zwergstrauchsoden) bepflanzt werden (siehe Foto 29).

Die talseitige Kronenkante wurde mit Rasensoden abgedeckt, womit diese dauerhaft stabil gehalten wurde (siehe Foto 13).

### 3.2.3.3 Bepflanzung

Für die Bepflanzung wurden vor allem standorttypische Arten der alpinen Höhenlage verwendet (siehe Tabelle 1). Zusätzlich wurden in geringem Umfang die Engelmänn-Fichte (*Picea engelmannii*) und die Spirke (*Pinus uncinata*) gesetzt.

Im untersten Böschungsdrittel trat während der Ausführungsarbeiten eine oberflächliche, kleinflächige Rutschung auf, die mit einem Weidenflechtzaun (rd. 200 m<sup>2</sup>) gesichert wurde (heutige Situation siehe Foto 17). Wesentlich für den Anwuchserfolg war, dass der Weidenflechtzaun bis auf die obersten Triebe zur Gänze eingeschüttet worden und damit nicht ausgetrocknet ist.

Die Weidensteckhölzer sowie die Weidenruten für den Weidenflechtzaun wurden vom Tiroler Landesforstgarten geliefert, sie stammen aus Nauders (oberhalb Pfuns) und wurden auf rd. 1.500 m Seehöhe geschnitten.

### 3.2.3.4 Nasssaatberasung

Mittels Anspritzverfahren wurde, nach den Pflanzarbeiten und den Transplantationen, mit einer eigens komponierten Samenmischung die Dammböschung eingesät (Tabelle 2).

Für die Spritzbegrünung wurde folgende Grundrezeptur verwendet:

*Spritzbegrünung Nr. EWA-K1 auf Flächen jeder Neigung*

30 g/m<sup>2</sup> Samenmischung

50 g/m<sup>2</sup> mineralischer Langzeitdünger (N-P-K-Mg)

100 g/m<sup>2</sup> Biosol

60 g/m<sup>2</sup> Bentonit

60 g/m<sup>2</sup> Alginat o.ä. Kleber

150 g/m<sup>2</sup> Zellulose

3 l/m<sup>2</sup> Torf

Wissenschaftlicher Name	Deutscher Name	Qualität/ Größe	Stück
<i>Alnus viridis</i>	Grünerte	mB 20/40	250
<i>Betula pendula</i>	Hänge-Birke	mB 60/100	50
<i>Lonicera coerulea</i>	Blaue Heckenkirsche	mB 15/20	50
<i>Picea engelmannii</i>	Engelmänn-Fichte	mB 20/25	20
<i>Pinus cembra</i>	Zirbe	mB 15/20; Mykorrhiza-geimpft	250
<i>Pinus mugo</i>	Bergkiefer	mB 15/20	50
<i>Pinus uncinata</i>	Spirke	mB 15/20	100
<i>Ribes alpinum</i>	Alpen-Johannisbeere	mB 40/60	50
<i>Salix glaucosericea</i>	Silberhaarige Weide	Steckholz 40/60	70
<i>Salix purpurea angustior</i>	Schmalblättrige Purpurweide	Steckholz 40/60	70
<i>Salix waldsteiniana</i>	Waldsteins Weide	Steckholz 40/60	60
<i>Sorbus aucuparia</i>	Eberesche	mB 60/100	50
Alle Gehölze: mindestens 3-jährig und 2 x verschult			
mB = mit Ballen			

Tabelle 1: Gehölzliste für die ausgeführte Bepflanzung auf der Talseite des Erddamms (Quelle: B. Kurz)  
 Tableau 1: Liste de végétaux ligneux pour la plantation effectuée sur le côté vallée du barrage de terre (source: B. Kurz)

Samenliste Rispen-Bürstling-Rasen für Dammbegrünung		
KW Kartell		
Nr. EWA-K2		
Wissenschaftlicher Name	Deutscher Name	Gewichts-prozent
<i>Achillea millefolium</i>	Schafgarbe	1
<i>Agrostis tenuis</i>	Rotes Straußgras	2
<i>Anthoxanthum alpinum</i>	Alpen-Ruchgras	5
<i>Deschampsia cespitosa</i>	Rasen-Schmiele	10
<i>Festuca pseudodura</i>	Felsen-Schwingel	5
<i>Festuca rubra</i>	Rotschwingel	10
<i>Festuca supina</i>	Alpen-Schafschwingel	10
<i>Festuca violacea</i>	Violett-Schwingel	8
<i>Lotus corniculatus</i>	Hornsotenklee	10
<i>Phleum alpinum</i>	Alpen-Lieschgras	5
<i>Phleum hirsutum</i>	Mattenlieschgras	5
<i>Poa alpina</i>	Alpen-Rispengras	17
<i>Trifolium hybridum</i>	Schwedenklee	7
<i>Trifolium repens</i>	Weißklee	5
		<b>100</b>

Tabelle 2: KW Kartell – Saatgutmischung Rispen-Bürstling-Rasen am Damm (Quelle: B. Kurz)  
 Tableau 2: Centrale électrique de Kartell – mélange de semence d'herbacées «pâtin annuel – nard raide» sur le barrage (source : B. Kurz)

#### 4 Bauausführung – Fotodokumentation



Foto 1: Blick in das Moostal zu Beginn der Bauarbeiten auf die Stelle des späteren Dammstandortes (Juli 2003)

*Photo 1: Vue dans le Moostal au début des travaux de construction à l'emplacement futur du barrage (juillet 2003)*

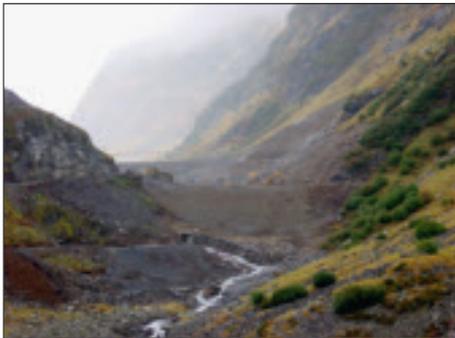


Foto 2: Blick auf den Dammfuß (29.09.2003)

*Photo 2: Vue sur le pied du barrage (29.09.2003)*



Foto 3: Die Rasensoden mit den Zwergsträuchern (*Rhododendron ferrogineum* und *Vaccinien*) wurden im Stauraum des zukünftigen Speichersee unterhalb des Stauziels gewonnen (August 2005).  
*Photo 3: Les plaques de gazon avec des buissons nains (*rhododendron ferrogineum* et *Vaccinien*) ont été pris dans la zone d'accumulation du futur lac de barrage, en-dessous de l'objectif d'accumulation (août 2005).*



Foto 4: Der Schreitbagger ladet die Rasensoden mit den Zwergsträuchern ab, diese werden handisch eingebaut (August 2005).

*Photo 4: La pelleuse décharge les plaques de gazon et les buissons nains. Ceux-ci seront implantés à la main (août 2005).*



Foto 5: Aufbringen der Rasensoden und der Zwergsträucher am Damm (August 2005)

*Photo 5: Rassemblement des plaques de gazon et des buissons nains (août 2005)*



Foto 6: Die gesetzten Zirben und Ebereschen im Mittelhang (August 2005)

*Photo 6: Pins et sorbiers sur une pente moyenne (août 2005)*



Foto 7: Die aufgebrauchten Rasensoden und Zwergsträucher im Mittelhang (August 2005)

*Photo 7: Plaques de gazon et des buissons nains sur une pente moyenne (août 2005)*



Foto 8: Der Staudamm vor Erreichen der vollen Höhe, die Andeckung der Luftseite mit rd. 10 cm Oberboden erfolgte sukzessive mit dem Hochziehen des Damms (August 2005).

*Photo 8: Le barrage avant l'accomplissement de sa hauteur finale, le recouvrement côté air avec une couche superficielle d'env. 10 cm a eu lieu de pair avec l'élévation du barrage (août 2005).*



Foto 9: Die Weidensteckhölzer werden vom Vorarbeiter ausgelegt und unmittelbar darauf von den Pflanzarbeitern mittels Pflanzeisen gesetzt (August 2005).

*Photo 9: Les boutures de saule sont mises en place par le préparateur et directement implantées par les travailleurs au moyen de plantoirs (août 2005).*



Foto 10: Mit dem Pflanzeisen werden die Pflanzlöcher für die Weidensteckhölzer vorgeschlagen (August 2005).

*Photo 10: Avec les plantoirs, des trous sont faits pour les boutures de saule (août 2005).*

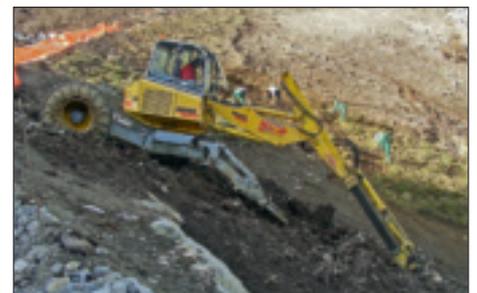


Foto 11: Die Ausführung des Weidenflechtszauns erfolgte mit Unterstützung des Schreitbaggers (Foto Kurz, August 2005).

*Photo 11: La mise en œuvre des tressages de saules s'est faite avec l'aide d'une pelleuse (photo Kurz, août 2005).*



Foto 12: Steinschichtung auf der Wasserseite des Dammes (Foto Kurz, August 2005)  
 Photo 12: Lissage de pierre côté eau du barrage (photo Kurz, août 2005)

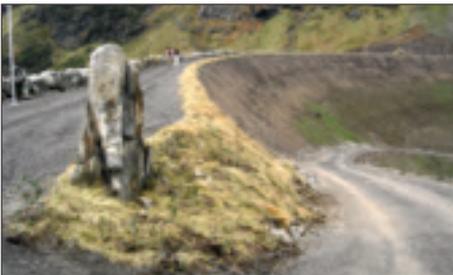


Foto 13: Die talseitige Kronenkante wurde mit Rasensoden angedeckt, womit diese dauerhaft stabil gehalten wurde (Oktober 2005).  
 Photo 13: La bordure de la couronne côté vallée est recouverte avec des plaques de gazon, retenues de façon stable et durable (octobre 2005).



Foto 14: Die begrünte Luftseite des Staudamms nach Inbetriebnahme des Kraftwerkes 2006  
 Photo 14: Le parement aval végétalisé du barrage après la mise en service de la centrale électrique en 2006

## 5 Kontrollaufnahmen 2009 und 2012

In den Jahren 2009 und 2012 wurden Kontrollbegehungen vorgenommen und der Aufwuchserfolg sowie die Gesamtentwicklung der Vegetation überprüft. In Summe kann der Aufwuchserfolg als sehr gut beurteilt werden. Die Vegetations-Transplantationen und die Rasen-

soden sind gut angewachsen, ebenso die gesetzten bewurzelten Gehölze und die Weidensteckhölzer.

Als eher schnellwüchsig sind die Grünerle, die Eberesche und die Weidenarten aufgefallen, diese Arten haben mittlerweile eine Höhe von rd. 120 cm. Die Alpen-Johannisbeere ist vital, jedoch noch kaum höher als 25 cm. Die Zirbe, die Engelmann-Fichte und die Spirke sind ebenfalls – wie erwartet – langsam wüchsig.

Die gesamte Talböschung des Staudammes war nie gegen die Beweidung abgezaunt, daher war es umso erstaunlicher, dass es kaum Trittschäden gibt. In der Böschung sind stellenweise lediglich schmale, rd. 15 bis 20 cm breite Trittwege vom Weidevieh vorhanden.

Fegeschäden wurden keine festgestellt, ebenso kein Wild- und Mäuseverbiss.

Die Felsblöcke tragen wie gewünscht ein wenig zur optischen Strukturierung der Böschung bei. Auffallend war, dass sich unter den Felsblöcken mittlerweile Murmeltiere ihren Bau gegraben haben.



Foto 15: Im oberen Drittel der Böschung sind Engelmann-Fichten (*Picea engelmannii*) gesetzt worden, sie sind vital (August 2009).  
 Photo 15: Des sapins Engelmann (*Picea engelmannii*) ont été placés dans le tiers supérieur de la pente. Ils sont essentiels (août 2009).



Foto 16: Eine der am Dammfuss gesetzten Zirben (*Pinus cembra*) (August 2009)  
 Photo 16: L'un des pins (*Pinus cembra*) implanté au pied du barrage (août 2009)



Foto 17: Unten im Foto sind die Weiden (Silberhaarige Weide und Waldsteins Weide) aus dem Flechtzaun gut sichtbar (Sept. 2012).  
 Photo 17: Au bas de la photo, les saules (saule gris et saule de Waldstein) issus du tressage sont bien visibles (septembre 2012).



Foto 18: Die Grünerlen haben sich gut entwickelt, ihre Höhe beträgt bereits mehr als 120 cm (Sept. 2012).  
 Photo 18: Les aulnes vert se sont bien développés et mesurent déjà plus de 120 cm (septembre 2012).



Foto 19: Der Übergang der Dammböschung in das Umgebungsgelände ist optisch kaum mehr sichtbar (Sept. 2012).  
 Photo 19: La transition du talus de barrage aux terrains environnants est à peine visible au niveau optique (septembre 2012).



Foto 20: Die Alpen-Johannisbeere (*Ribes alpinum*) ist vital, jedoch noch kaum höher als 25 cm (Sept. 2012).  
 Photo 20: La groseille des Alpes (*Ribes alpinum*) est essentielle, bien que mesurant encore à peine plus de 25 cm (septembre 2012).



Foto 21: Die Felsblöcke im Mittelhang geben der Böschung eine Strukturierung (Sept. 2012).  
 Photo 21: Les blocs de rocher dans la pente moyenne donnent une structuration au talus (septembre 2012).



Foto 22: Unter den Felsblöcken haben zum Teil Murmeltiere ihren Bau gegraben (Sept. 2012).  
 Photo 22: Sous les blocs de rocher, quelques marmottes ont creusé leur demeure (septembre 2012).



Foto 23: Auch die Weiden kommen gut auf, sind jedoch noch nicht höher als rd. 60 cm (Sept. 2012).  
 Photo 23: Les saules aussi poussent bien, bien que ne dépassant pas encore les 60 cm (septembre 2012).

## 6 Fotovergleiche



Foto 24: Der mittlere Dammschnitt kurz nach Fertigstellung, gut sichtbar die verpflanzten Rasensoden und Zwergstrauchgebüsche (8/2005)  
 Photo 24: La section moyenne du barrage peu après sa finition, les plaques de gazon transplantées et les buissons nains sont bien visibles (8/2005)

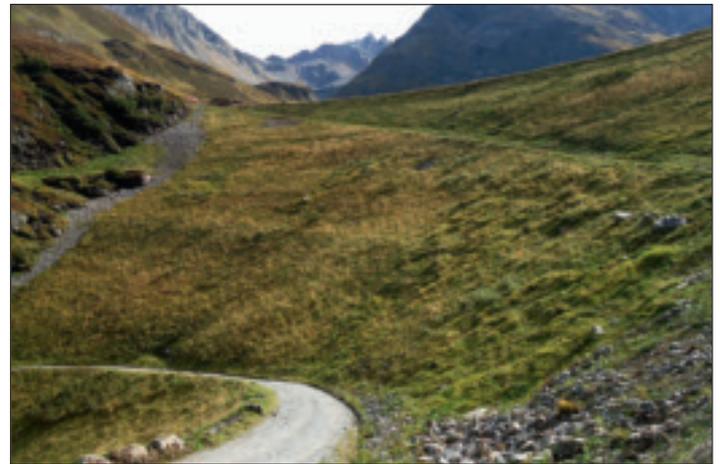


Foto 25: Der mittlere Dammschnitt 7 Jahre später (Sept. 2012)  
 Photo 25: La section moyenne du barrage 7 ans plus tard (septembre 2012).



Foto 26: Der mittlere und oberste Dammschnitt kurz vor Fertigstellung, gut sichtbar die verpflanzten Rasensoden und Zwergstrauchgebüsche (Juni 2005)  
 Photo 26: La section moyenne et supérieure du barrage peu avant sa finition, les plaques de gazons transplantées et les buissons nains sont bien visibles (juin 2005)

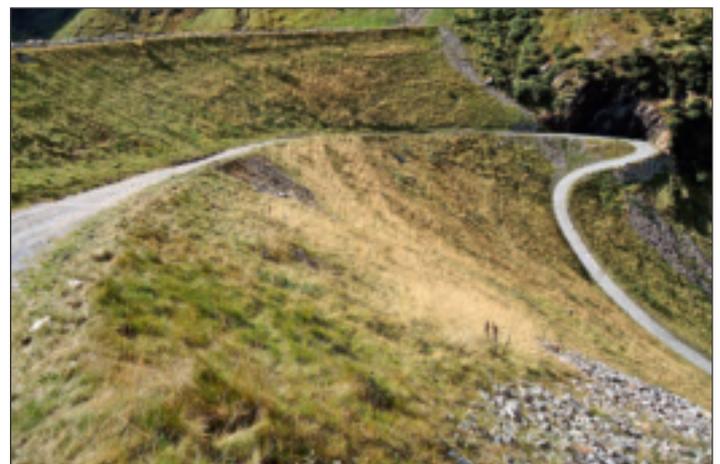


Foto 27: Der mittlere und oberste Dammschnitt 7 Jahre später (Sept. 2012)  
 Photo 27: La section moyenne et supérieure du barrage 7 ans plus tard septembre 2012)



Foto 28: Die Talseite des Damms im Sommer 2005 kurz vor Fertigstellung (Foto: Schütz)  
 Photo 28: Le côté vallée du barrage en été 2005 peu avant sa finition (photo: Schütz)



Foto 29: Die Talseite des Damms 7 Jahre später im September 2012  
 Photo 29: Le côté vallée du barrage 7 ans plus tard (septembre 2012)



Foto 30: Der Aufbau des Damms 2004; Links im Hintergrund das Portal des Triebwasserstollens  
 Photo 30: La construction du barrage en 2004; à gauche en arrière-plan le portail de la galerie d'adduction

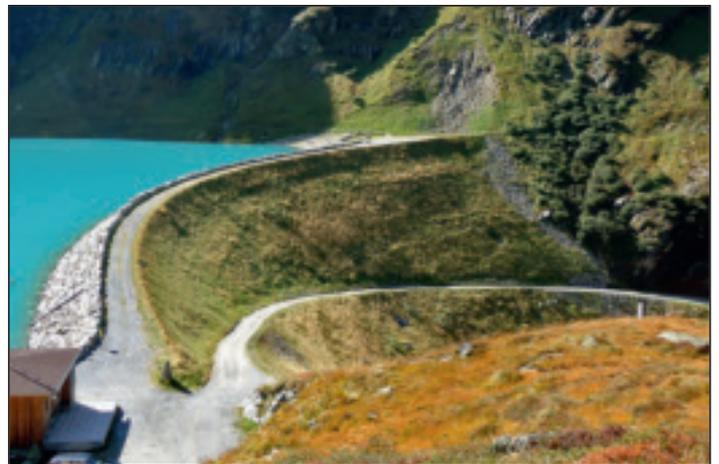


Foto 31: Der Staudamm im September 2012  
 Photo 31: Le barrage en septembre 2012



Foto 32: Der mittlere und oberste Dammschnitt kurz vor Fertigstellung, gut sichtbar die verpflanzten Rasensoden und Zwergstrauchgebüsche Juni 2005)  
 Photo 32: La section moyenne et supérieure du barrage peu avant sa finition, les plaques de gazon transplantées et les buissons nains sont bien visibles (juin 2005)

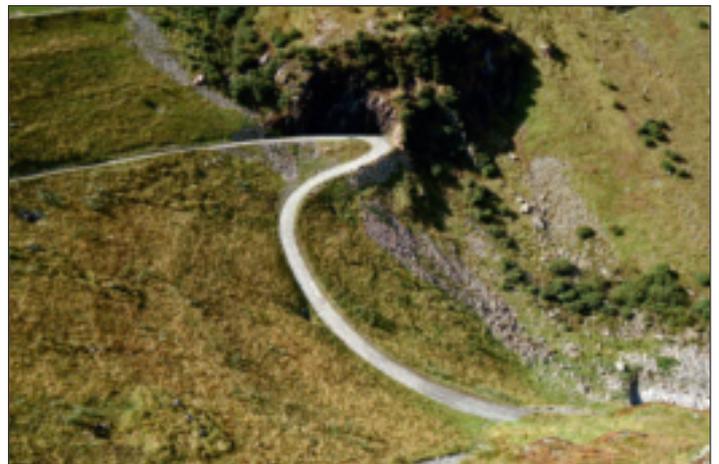


Foto 33: Der mittlere und oberste Dammschnitt 7 Jahre später (Sept. 2012)  
 Photo 33: La section moyenne et supérieure du barrage 7 ans plus tard (septembre 2012)

**7 Grundlagen und Literatur**

[1] EWA Energie- und Wirtschaftsbetriebe der Gemeinde St. Anton GmbH (2006): Wasserkraftwerk Kartell – Informationsbroschüre. Druck: Raggl GmbH & Co KG, Innsbruck;

[2] SCHIECHTL, H.M. und STERN, R. (1992): Handbuch für naturnahen Erdbau. Wien: Österreichischer Agrarverlag; 153 S.

[3] SCHIECHTL, H.M. und STERN, R. (2002): Naturnaher Wasserbau. Anleitung für ingenieurbioologische Bauweisen; Berlin: Ernst & Sohn Verlag für Architektur und technische Wissenschaften GmbH; 229 S.

[4] ZEH, H. (2007): Ingenieurbioologie – Handbuch Bautypen. Herausgegeben vom Verein für Ingenieurbioologie. Vdf Hochschulverlag AG an der ETH Zürich

**Kontaktadressen:**

Dipl.-Ing. Brigitte Kurz  
Technisches Büro für Landschaftsökologie und Landschaftsgestaltung  
6165 Telfes im Stubai, Plöven 75  
E-Mail: tb-brigittekurz@aon.at

Dipl.-Ing. Wolfgang Schütz  
Umweltbüro Schütz  
Technisches Büro für Landschaftsökologie und Landschaftsgestaltung  
6020 Innsbruck, Kochstraße 1  
E-Mail: office@tb-schuetz.at

**Alles über**

- Regenwassernutzung
- Versickerung
- Rückhaltung



**Neuer Katalog bestellen!**



Sickerblöcke

**GREEN-CARD GARDEN**  
Green-Card Garden GmbH  
Alte Tannerstr. 22, 8632 Tann  
Tel. 055 251 20 03  
Fax 055 251 20 01  
info@greencard-garden.ch  
www.greencard-garden.ch

Bitte senden Sie mir den neuen, umfangreichen Katalog «Regenwasser-Nutzung mit System»

Name \_\_\_\_\_  
Adresse \_\_\_\_\_  
PLZ, Ort \_\_\_\_\_  
Telefon \_\_\_\_\_



**GRAT**  
Coupon bitte an obenstehende Adresse einsenden oder faxen!




**Ich bin auch eine Böschungsbegrünung!**  
**Wenn ich gross bin, werde ich kräftig und grün sein!**

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

*eric schweizer*  
**Eric Schweizer AG**, Postfach 150, 3602 Thun  
Tel. +41 33 227 57 57, Fax +41 33 227 57 58  
www.ericsschweizer.ch

# Hochlagenbegrünung: von der Erfolgskontrolle zur priorisierten Handlungsempfehlung

Bertil O. Krüsi

## Zusammenfassung

Seit einigen Jahren wird das Thema «Erfolgskontrolle» auch im Zusammenhang mit Hochlagenbegrünungen vermehrt diskutiert. Mit den «Richtlinien Hochlagenbegrünung» (Locher Oberholzer et al., 2008) wurden in der Schweiz erstmals auch für Hochlagenbegrünungen quantitative und qualitative Zielvorstellungen definiert. Praktische Erfahrungen mit der Umsetzung dieser Vorgaben fehlen aber noch weitgehend. Klar ist jedoch, dass noch erheblicher Konkretisierungsbedarf besteht. Was insbesondere fehlt, sind praxistaugliche Methoden und Hilfsmittel (a) zur systematischen und nachvollziehbaren Durchführung von Erfolgskontrollen sowie (b) zur nachvollziehbaren Priorisierung von gegebenenfalls notwendigen Sanierungs- und Nachbesserungsmassnahmen. Im Speziellen geht es in diesem Artikel um (1) die Konkretisierung und die kritische Diskussion der relevanten Kriterien, (2) das Entwickeln eines einfachen, praxistauglichen Aufnahmeplans, (3) Empfehlungen für das konkrete Vorgehen im Gelände, (4) mögliche Auswertungen inkl. Priorisierung von Handlungsempfehlungen und (5) Folgerungen für die Praxis.

## Keywords

Hochlagenbegrünung, Erfolgskontrolle, Beurteilungskriterien, Aufnahmeformular, Ersatzpflicht, Priorisierung von Massnahmen

## Végétalisation en altitude: du contrôle d'efficacité aux recommandations d'actions priorisées

## Résumé

Depuis quelques années, le thème du «contrôle d'efficacité» est de plus en plus présent dans la discussion en rapport avec la végétalisation en altitude.

*Pour la première fois, des objectifs quantitatifs et qualitatifs pour la végétalisation en altitude ont été décrits dans les «Directives pour une végétalisation en altitude» (Locher Oberholzer et al. 2008).*

*Toutefois, des expériences pratiques en lien avec la mise en œuvre de ces normes manquent encore largement. Il est néanmoins évident qu'un besoin considérable en concrétisation existe encore. En particulier, il manque pas de changement des méthodes et des moyens auxiliaires aptes à la pratique visant (a) à la mise en œuvre systématique et compréhensible des contrôles d'efficacité et (b) à la priorisation concevable, selon les cas, des mesures d'amélioration et d'assainissement nécessaires. Dans cet article seront présentés notamment (1) la concrétisation et la discussion critique des critères pertinents, (2) le développement d'une grille de saisie simple et pratique, (3) des recommandations pour la procédure concrète sur le terrain, (4) des évaluations possibles y compris des priorisations des recommandations d'actions et (5) des conclusions pour la pratique.*

## Mots-clés

*Végétalisation en altitude, contrôle d'efficacité, critères d'évaluation, formulaire de saisie, obligation de remplacement, priorisation des mesures*

## Rinverdimento ad alta quota: dal controllo dei risultati ai consigli sulle priorità d'azione

## Riassunto

*Da diversi anni il controllo dell'efficacia è un tema di crescente importanza anche nel campo dell'inverdimento ad alta quota. Con la pubblicazione delle linee guida per il rinverdimento ad alta quota*

*(«Richtlinien Hochlagenbegrünung», Locher Oberholzer et al., 2008) sono stati definiti per la prima volta obiettivi quantitativi e qualitativi. Ad oggi però mancano ancora esperienze pratiche della messa in atto delle linee guida. È pertanto evidente che esiste un ampio margine di miglioramento. Mancano in particolare metodi ed aiuti concreti per (a) eseguire il controllo dell'efficacia in modo sistematico e controllabile e per (b) stabilire eventuali priorità nelle misure di miglioramento o di risanamento. Il presente articolo propone in particolare (1) l'applicazione e la discussione critica dei criteri di valutazione fondamentali, (2) lo sviluppo di una scheda di rilevazione pratica e facile da usare, (3) raccomandazioni per il corretto comportamento sul terreno, (4) possibili valutazioni che includono consigli sulle priorità d'intervento e (5) conclusioni riguardo all'applicazione pratica.*

## Parole chiave

*Rinverdimento ad alta quota, controllo dei risultati, criteri di valutazione, scheda di rilevazione, obbligo di sostituzione, priorità d'azione*

## 1 Einleitung

**Ausgangslage.** Seit einigen Jahren wird das Thema «Erfolgskontrolle» auch im Zusammenhang mit Hochlagenbegrünungen vermehrt diskutiert. Dass gerade im Bereich Hochlagenbegrünung ein grosser Bedarf für wirksame Erfolgskontrollen besteht, ist in Fachkreisen unbestritten. Die Untersuchung von Mirjan (2010) im ca. 10 km<sup>2</sup> grossen, zwischen 1800 und 3000 m ü.M. gelegenen Skigebiet Corviglia-Marguns bei St. Moritz hat z.B. ergeben, dass der Deckungsgrad der Vegetation nur auf einem Drittel (32%) der in den letzten Jahrzehnten planierten Flächen die Anforderungen der «Richtlinien Hochlagenbegrünung» (Locher Oberholzer et

al., 2008) erfüllte, d.h. grösser als 75% war. Die Untersuchungen von Mirjan (2010) haben auch gezeigt, dass der Begrünungserfolg ab 2200 m ü.M. zuerst mässig und ab 2500 m ü.M. stark abnahm. Überraschenderweise wurde aber kein Zusammenhang zwischen Begrünungserfolg und Steilheit des Geländes gefunden – zumindest nicht bis zu einer Neigung von 50% (Mirjan, 2010).

Mit der Veröffentlichung der von der Schweizerischen Arbeitsgruppe Hochlagenbegrünung (AGHB) herausgegebenen «Richtlinien Hochlagenbegrünung» (Locher Oberholzer et al., 2008) wurden erstmals auch für Hochlagenbegrünungen quantitative und qualitative Zielvorstellungen definiert: Wann nach Abschluss der Bauarbeiten soll welcher Zustand erreicht sein?

Mit der Einführung eines detaillierten Punktesystems zur Berechnung der Ersatzpflicht bei Eingriffen in schützenswerte Lebensräume durch die zuständigen Ämter des Kantons Graubünden (Amt für Natur und Umwelt ANU GR und Amt für Wald und Naturgefahren AWN GR) hat das Thema weiter an Aktualität gewonnen. Von Interesse sind in diesem Zusammenhang im Kanton Graubünden insbesondere die beiden Tabellen (1) «Bewertung von Eingriffen in schützenswerte Lebensräume zwecks Festlegung von angemessenem ökologischem Ersatz» (ANU GR, 2012) und (2) «Ökologische Bewertung seltener Waldgesellschaften» (AWN GR, 2012). Ist eine Begrünung qualitativ ungenügend oder hinterlässt ein Eingriff andere Schäden, muss (a) vor Ort nachgebessert, (b) in der näheren Umgebung des Projektes materieller Ersatz oder, falls dies nicht möglich ist, (c) eine finanzielle Abgeltung geleistet werden. Die Ersatzpflicht für eine quantitativ und/oder qualitativ ungenügend begrünte 1 km lange Beschneigungsleitung kann z. B. leicht 50'000 Wertpunkte erreichen, was aktuell einer finanziellen Abgeltung von 150'000 Fr. entspricht. Die Motivation, bei Arbeiten in Hochlagen Eingriffe in schützenswerte Lebensräume zu vermeiden bzw. zumindest deren Folgen zu minimieren, ist daher erheblich.

**Stand der Kenntnisse.** Die Grundsätze und Regeln für Erfolgskontrollen sind seit längerem bekannt (z.B. Green, 1979; Spellerberg, 2005). Am meisten Erfahrung mit systematischen Erfolgskontrollen haben in der Schweiz sicher die Förster. Als Beispiel sei das Schweizerische Landesforstinventar (LFI) erwähnt. Anfang der 1980er Jahre wurden die Erhebungen zum ersten Schweizerischen Landesforstinventar durchgeführt, 2010 wurden die Ergebnisse der dritten Erhebung publiziert (Brändli, 2010) und aktuell ist die vierte Erhebung im Gang. Die 393 Seiten starke Anleitung für die Felddatenerhebungen zum Landesforstinventar (Keller, 2005) zeigt aber auch, dass die konkrete Durchführung von Erfolgskontrollen alles andere als trivial ist.

Im Natur- und Landschaftsschutz begann man sich erst in den 1990er Jahren ernsthafte um das Thema Monitoring und Erfolgskontrolle zu kümmern. Zunächst befasste man sich mit der Definition der Begriffe (Maurer & Marti, 1999), dann folgten Konzepte (z.B. Kanton Zürich, 2003) und seit einigen Jahren werden auch die – nicht immer erfreulichen – Ergebnisse veröffentlicht (z.B. Klaus, 2007; Koordinationsstelle Biodiversitäts-Monitoring Schweiz, 2009; Ewald & Klaus, 2009; Lachat et al., 2010; Krüsi & Tenz, 2010; Müller & Krüsi, 2010; Krüsi & Müller, 2011). Zur Erfolgskontrolle bei Hochlagenbegrünung gibt es dank den von der Schweizerischen Arbeitsgruppe Hochlagenbegrünung (AGHB) herausgegebenen «Richtlinien Hochlagenbegrünung» (Locher Oberholzer et al., 2008) heute zwar generelle, qualitativ und quantitativ definierte Zielvorgaben. Praktische Erfahrungen mit der Umsetzung dieser Vorgaben fehlen aber noch weitgehend. Klar ist aber, dass noch erheblicher Konkretisierungsbedarf besteht. Was insbesondere fehlt, sind praxistaugliche Methoden und Hilfsmittel (a) zur systematischen und nachvollziehbaren Durchführung von Erfolgskontrollen sowie (b) zur nachvollziehbaren Priorisierung von gegebenenfalls notwendigen Nachbesserungs- und Sanierungsmassnahmen.

**Konkrete Fragestellung.** Diese Arbeit befasst sich primär mit dem ersten der beiden oben erwähnten Themenbereiche, und zwar unter dem Blickwinkel von Vegetation und Flora. Insbesondere geht es dabei um die folgenden Aspekte:

- Konkretisierung und kritische Diskussion der relevanten Kriterien,
- Entwickeln eines einfachen, praxistauglichen Aufnahmeformulars (Abb. 3),
- Empfehlungen für das konkrete Vorgehen bei den Felddatenerhebungen (z.B. Stratifizierung),
- mögliche Auswertungen inkl. Entscheidungsbaum zur Priorisierung von Handlungsempfehlungen (Abb. 10) und
- Folgerungen für die Praxis.

Die vorgeschlagenen Methoden und Hilfsmittel orientieren sich an den «Richtlinien Hochlagenbegrünung» (Locher Oberholzer et al., 2008). Sie wurden für lineare Projekte (z.B. Beschneigungsleitungen) entwickelt, eignen sich aber auch für Erfolgskontrollen bei flächenhaften Eingriffen. Vorgehen und Aufnahmeformular wurden bei verschiedenen Projekten im Gotthardgebiet und im Engadin praktisch erprobt.

## 2 Konkretisierung und kritische Diskussion der relevanten Kriterien

Gemäss den von der Schweizerischen Arbeitsgruppe Hochlagenbegrünung (AGHB) herausgegebenen «Richtlinien Hochlagenbegrünung» (Locher Oberholzer et al., 2008) ist der Begrünungserfolg in Bezug auf die Kriterien (1) Ästhetik, (2) Erosionsschutz und (3) Naturnähe der Artenzusammensetzung zu beurteilen. Soweit möglich und sinnvoll sind in den «Richtlinien Hochlagenbegrünung» für die einzelnen Kriterien auch quantitativ definierte Zielwerte angegeben, die mindestens erreicht sein müssen, damit ein Kriterium als erfüllt gilt (Tab. 1.). In den «Richtlinien Hochlagenbegrünung» ist auch definiert, dass diese minimalen Zielwerte drei Jahre nach Abschluss der Arbeiten erreicht bzw. übertroffen sein sollen. Das Kriterium «Erosionsschutz» z.B. gilt als er-

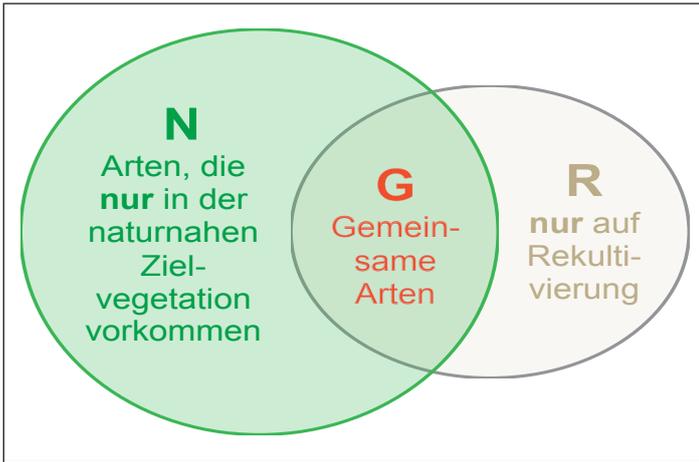


Abb. 1: Worauf beziehen sich die 60% im Kriterium «60% der vorhandenen Arten passen zu der als Begrünungsziel definierten Vegetation» in Tab. 1? Was ist 100%? 100% = N+G+R oder G+N (grüner Kreis) oder G+R (grauer Kreis)?

Fig. 1: A quoi se réfèrent les 60% dans le critère «60% des espèces présentes correspondent à la végétation définie comme objectif de végétalisation dans le Tableau 1? Que signifie 100%? 100% = N+G+R ou G+N (cercle vert) ou G+R (cercle gris)?



Abb. 2: Im Prinzip müssen ALLE der in Tab. 1 aufgeführten Kriterien erfüllt sein, damit eine Begrünung als wirklich gelungen gelten kann. In Einzelfällen, z.B. bei Blockschutthalden oder Blaugras-Girlandenrasen, kann es sein, dass sich die Ziele «Einpassung in die Umgebung (Ästhetik)» und «Deckungsgrad der Vegetation  $\geq 75\%$  (Erosionsschutz)» nicht miteinander vereinbaren lassen. Ein flächendeckend begrünter Kurveninnenbereich würde hier eindeutig nicht ins Landschaftsbild passen. (Foto: B.O. Krüsi).

Fig. 2: En principe TOUS les critères spécifiés dans le tableau 1 doivent être remplis afin qu'une végétalisation puisse être vraiment qualifiée de réussie. Dans certains cas particuliers, par exemple avec des tas d'éboulis ou des pelouses en guirlandes de séslerie bleuâtre, il se peut que les objectifs «Ajustement dans le paysage (esthétique)» et «Degrés de couverture de la végétation  $\geq 75\%$  (protection contre l'érosion)» puissent être antagonistes. Ici, une zone intérieure de la courbe végétalisée de façon exhaustive ne serait clairement pas adapté au paysage. (Photo: B.O. Krüsi).

füllt, wenn (1) der Deckungsgrad der Vegetation drei Jahre nach Abschluss der Bau- und Begrünungsarbeiten 75% oder mehr beträgt und wenn es (2) in der Vegetationsdecke keine Lücken hat, die grösser als 400 cm<sup>2</sup> sind (Tab. 1). Während das Kriterium «Erosionsschutz» in den «Richtlinien Hochlagenbegrünung» klar und eindeutig definiert ist, ist das beim nur qualitativ umschriebenen Kriterium «Ästhetik» naturgemäss weniger der Fall. Auch die Anforderungen in Bezug auf das Kriterium «Naturnähe der Artenzusammensetzung» sind nur zum Teil quantitativ definiert: (a) 60% der vorhandenen Arten passen zu der als Begrünungsziel definierten Vegetation, (b) es hat keine Problemarten (Neophyten, Unkräuter) bzw. diese haben nur einen kleinen Deckungsgrad und (c) es hat keine Arten, die den Genpool verfälschen. Was bedeutet z.B. «kleiner Deckungsgrad» beim zweiten Unterkriterium? Oder wie lässt sich im Feld zuverlässig entscheiden, ob der lokale Genpool verfälscht wird oder nicht? Wie z.B. die Langzeit-Untersuchungen von Gusewell & Klötzli

(2012) auf Dauerbeobachtungsflächen an den Böschungen der Ofenpassstrasse auf ca. 1800 bis 2000 m ü. M. gezeigt haben, führt der Einsatz von Saatgut mit standortfremden Arten nicht zwangsläufig zu Florenverfälschung: Im Laufe der Zeit verschwanden praktisch alle angesäten Arten und wurden von standortangepassten Arten aus dem lokalen Artenpool abgelöst. Im Fall der Dauerbeobachtungsflächen an der Ofenpassstrasse wurden – trotz der auch nach vier Jahrzehnten noch sehr lückigen Vegetation (mittlere Deckung inkl. Moosen = 56%) – bisher auch keine invasiven Neophyten beobachtet, was Gusewell & Klötzli (2012) auf die relativ hohe Lage über Meer und die extremen Standortbedingungen zurückführen.

Aber auch beim quantitativ definierten, ersten Unterkriterium «60% der Arten passen zu der als Begrünungsziel definiert Vegetation» gibt es noch zahlreiche offene Fragen, z.B.:

• **Wie wird die Zielvegetation definiert?** Sofern die generellen Standortbedingungen einigermaßen

ähnlich sind, ist es sicher am einfachsten und wahrscheinlich auch am sinnvollsten, jene Vegetation als Zielvegetation zu definieren, welche unmittelbar an die Rekultivierungsfläche angrenzt.

• **Was betrachtet man als 100% (Abb. 1)?** Heisst das (1), von allen auf der Rekultivierungsfläche UND in der Zielvegetation vorkommenden Arten müssen 60% sowohl auf der Rekultivierungsfläche als auch in der Zielvegetation vorkommen (100% = alle auf der Rekultivierungsfläche UND in der Zielvegetation vorkommenden Arten)? Oder heisst das (2), 60% der Arten der Zielvegetation müssen auch auf der rekultivierten Fläche vorkommen (100% = alle Arten der Zielvegetation)? Oder heisst es (3), 60% der Pflanzenarten auf der Rekultivierungsfläche müssen auch in der angrenzenden naturnahen Vegetation vorkommen (100% = alle Arten auf der rekultivierten Fläche)?

Wenn die Zielvegetation einigermaßen artenreich ist, lassen sich die Varianten 1 (100% = alle Arten auf

Projekt: Name, Ort Erfolgskontrolle der Begrünung			Objekt:		
Autor	Höhe ü. M.	Breite			
Datum	Neigung (%)	Länge			
Bem.					
Zielvegetation					
Aktuelle Vegetation					
Aktuelle Nutzung					
Einpassung in Umgebung					
Insgesamt					
Mikrorelief					
Deckungsgrad (%)					
Wuchshöhe (cm)					
Farbe d. Vegetation					
Artengarnitur					
Prognose					
Erosionschäden		keine	betroffene Fläche (m <sup>2</sup> , %)		
Vegetations-Lücken > 400 cm <sup>2</sup>		keine	betroffene Fläche (m <sup>2</sup> , %)		
Handlungsbedarf Erosion			ja	nein	
Was? (Nachsaat, Auszünen, mech. Schutz)					
Detailanalyse Vegetation					
Gesamtdeckung (%)			Gräser (%)		
Kriäuter (%)			Zweigsträucher (%)		
Moose (%)			Flechten (%)		
Häufigste Gräser:					
Häufigste Kriäuter:					
Problemarten (m <sup>2</sup> , %):					
Bemerkenswerte Arten:					
Bemerkungen:					
Handlungsbedarf Vegetation:					

Abb. 3: Feldaufnahme-Formular für die Bewertung des Begrünungserfolgs  
Fig. 3: Formulaire de saisie sur le terrain pour l'évaluation de la réussite d'une végétalisation

Projekt, Beschnellungsleitung XY Erfolgskontrolle der Begrünung				Objekt:	
Autor		B. O. Krüsi		Höhe ü. M.	
Datum		26. 9. 2011		Neigung (%)	
Bem.		2140-2270 m		Breite	
		50 (35-60) %		Länge	
				240 m	
				1	
Zielvegetation		Milde Borstgrasweide (Nardetum) mit Poa alpina, Juniperus nana, Calluna vulgaris			
Aktuelle Vegetation		Festuca nigrescens-Agrostis-Dactylis-Feldwiese			
Aktuelle Nutzung		beweidet			
Einpassung in Umgebung					
Insgesamt		ca. 50 % des Zielzustandes erreicht			
Mikrorelief		sehr gut			
Deckungsgrad (%)		65 %			
Wuchshöhe (cm)		in den abgeweideten Bereichen gut; F. nigrescens unnatürlich hochwüchsig (bis 80 cm)			
Farbe d. Vegetation		deutlich zu hellgrün			
Artengarnitur		noch deutlich zu wenig naturnah (< 20%); insbesondere fehlen Nardus, Poa alpina, Juniperus, Calluna etc.			
Prognose		tendenziell gut; mit der Beweidung dürfen sich im Laufe der Zeit auch die standorttypischen Arten ansiedeln			
Erosionschäden		unterhalb Stütze II ca. 5 m <sup>2</sup>	betroffene Fläche (m <sup>2</sup> , %)		
			ca. 5 m <sup>2</sup>		
Vegetations-Lücken > 400 cm <sup>2</sup>		überall zahlreiche Vegetationslücke (Gesamtdeckung = 65%)		betroffene Fläche (m <sup>2</sup> , %)	
				ca. 600 m <sup>2</sup>	
Handlungsbedarf Erosion			ja	X	nein
Was? (Nachsaat, Auszünen, mech. Schutz)					
Überwachen und evtl. lokal auszünen, falls der Deckungsgrad der Vegetation nicht grösser werden sollte					
Detailanalyse Vegetation					
Gesamtdeckung (%)		65 %	Gräser (%)		50 %
Kriäuter (%)		15 %	Zweigsträucher (%)		0 %
Moose (%)		0 %	Flechten (%)		0 %
Häufigste Gräser: Festuca nigrescens (80 cm hoch), Agrostis stolonifera, Cynosurus cristatus, Dactylis glomerata, Agrostis gigantea, Lolium perenne					
Häufigste Kriäuter: Achilles millefolium, Plantago alpina, Leontodon hispidus					
Problemarten (m <sup>2</sup> , %):					
Bemerkenswerte Arten:					
Bemerkungen: Festuca nigrescens unnatürlich hoch (bis 80 cm); es fehlen Nardus, Poa alpina, Juniperus, Calluna etc.					
Handlungsbedarf Vegetation:		Überwachen und evtl. kurzzeitig lokal auszünen, falls der Deckungsgrad der Vegetation nicht grösser werden sollte.			

Abb. 4: Beispiel eines ausgefüllten Formulars. Jeder beurteilte Geländeabschnitt wird ausserdem mit Fotos dokumentiert.  
Fig. 4: Exemple d'un formulaire rempli. Chaque secteur du terrain considéré est en outre documenté avec des photos.

der Rekultivierungsfläche UND in der Zielvegetation) und 2 (100% = alle Arten der Zielvegetation) kaum erreichen (z. B. Mirjan, 2010; Krüsi & Tenz, 2010). Mirjan (2010) fand auf 40 vom Deckungsgrad der Vegetation her besonders gut gelungenen Begrünungen im Skigebiet Corviglia-Marguns bei St. Moritz, dass (a) im Mittel nur ein Drittel der Gefässpflanzenarten der naturnahen Vegetation auch in der jeweils angrenzenden Planung vorkamen (6,5 von 19,9 pro 1 m<sup>2</sup>) und dass (b) dieser Anteil von der Höhe über Meer (1800 bis 3000 m) und von der Neigung (0 bis 70%) weitgehend unabhängig war. Variante 3 (100% = alle Arten auf der rekultivierten Fläche) ist aus ökologischer Sicht sicher dann ungenügend, wenn auf der rekultivierten Fläche nur wenige Pflanzenarten vorhanden sind. Hätte es auf der Rekulti-

vierungsfläche beispielsweise nur drei Arten und kämen zwei davon auch in der angrenzenden, artenreichen, naturnahen Vegetation vor, dann wären die geforderten 60% rein rechnerisch zwar erfüllt aber aus ökologischer Sicht wäre die Vegetation auf der Rekultivierungsfläche sicher nicht naturnah.

• **Auf welche Flächengrösse beziehen sich die 100%?** Sind das z.B. bei der oben beschriebenen Variante 2 alle Arten, die auf 1 m<sup>2</sup>, auf 10 m<sup>2</sup> oder auf 100 m<sup>2</sup> der Zielvegetation vorkommen? Realistisch wären vermutlich 100 m<sup>2</sup>, wobei man aber nur jene Arten berücksichtigen sollte, welche in der Zielvegetation auch einen bestimmten minimalen Deckungsgrad, z.B. 1% oder 5%, erreichen bzw. überschreiten (vgl. z.B. Krüsi & Tenz, 2010).

- **Muss die Vegetation auf der Rekultivierungsfläche mit der Zielvegetation auch in Bezug auf Häufigkeit bzw. Deckungsgrad der einzelnen Arten einigermassen übereinstimmen** oder genügt es, wenn die entsprechenden Arten präsent sind? Wünschenswert – nicht zuletzt auch in Bezug auf das Erfüllen des Kriteriums «Ästhetik» – wäre sicher Ersteres.

Damit eine Begrünung als wirklich gelungen gelten kann, müssen grundsätzlich auf jeder rekultivierten Fläche ALLE der in Tab. 1 aufgeführten Kriterien erfüllt sein. Im Normalfall ist dies auch sinnvoll. Vereinzelt gibt es aber auch Situationen, bei denen die verschiedenen Zielvorgaben im Widerspruch zueinander stehen können. Ist von einer Bau-massnahme z.B. eine Blocksschutthalde oder ein Blaugras-Girlandenrasen be-

Kriterium	Beschreibung
<b>Ästhetik:</b> Landschaftsschutz, Tourismus	Der Eingriff soll möglichst unsichtbar sein und sich optimal in die Umgebung einpassen, d.h. bezüglich Deckungsgrad, Wuchshöhe und Farbe der Vegetation sowie auch bezüglich des Mikrorreliefs.
<b>Erosionsschutz:</b> Deckungsgrad der Vegetation	Nach drei Jahren sollte der Erosionsschutz gewährleistet sein, d.h. insbesondere a) der Deckungsgrad der Vegetation soll insgesamt mindestens 75% betragen, b) in der Vegetation soll es keine Lücken mehr geben, die grösser als 400 cm <sup>2</sup> sind, und c) es soll keine offensichtlichen Erosionsschäden geben.
<b>Naturnähe (Vegetation):</b> standortsgerechte Vegetation, Artenzusammensetzung, Naturschutz	Die Vegetation sollte nach drei Jahren naturnah sein, d.h. a) 60% der vorhandenen Arten passen zu der als Begrünungsziel definierten Vegetation, b) Problemarten wie z.B. Neophyten oder landwirtschaftlich relevante Unkräuter fehlen oder haben nur einen kleinen Deckungsgrad und c) es hat keine Arten, die den Genpool der Flora verfälschen.

Tab. 1: Kriterien zur Beurteilung des Begrünungserfolgs in Anlehnung an die «Richtlinien Hochlagenbegrünung» (Locher Oberholzer et al. 2008)

Tab. 1: Critères visant à l'évaluation de la réussite d'une végétalisation selon les «Directives pour une végétalisation en altitude» (Locher Oberholzer et al., 2008)

treffen, so besteht ein offensichtlicher Widerspruch zwischen den Zielen «Einpassung in die Umgebung (Ästhetik)» und «Deckungsgrad der Vegetation  $\geq$  75% (Erosionsschutz)» (Abb. 2).

Schwierig ist eine gerechte Beurteilung des Begrünungserfolgs auch dann, wenn der Deckungsgrad der Vegetation zwar grösser als 75% ist, d.h. wenn das wichtige Ziel Erosionsschutz erfüllt ist, nicht aber die Kriterien «Naturnähe der Artenzusammensetzung» und/oder «Ästhetik bzw. Einpassung in die Umgebung». Diese Frage ist insbesondere im Zusammenhang mit dem Wertpunkte-System des Kantons Graubünden relevant (ANU GR, 2012; AWN GR, 2012).

Über kleinere, rein ästhetische Mängel wird man sinnvollerweise hinwegsehen, insbesondere, wenn diese vorübergehender Natur sind. Ist die Vegetation auf der rekultivierten Fläche noch zu hochwüchsig und/oder noch etwas zu lückig, stimmt aber die Artenzusammensetzung und ist die Prognose für die weitere Entwicklung günstig, wird man eine Begrünung mit gutem Gewissen als «gelungen» einstufen dürfen (vgl. z.B. Krüsi & Tenz, 2010). Ist der Deckungsgrad der Vegetation aber auch sechs oder sieben Jahre nach der Begrünung noch deutlich zu klein, kann im Allgemeinen nicht mehr davon ausgegangen werden, dass sich

die verbleibenden Vegetationslücken in nützlicher Frist von selbst schliessen werden (z.B. Mirjan, 2010; Leuenberger, 2011; Güsewell & Klötzli, 2012). Dann sind zusätzliche Massnahmen angezeigt, z.B. Auszäunen, Nachsaat mit geeignetem Saatgut, Transplantation von Rasenziegeln aus angrenzenden, naturnahen Flächen bzw. – im Fall von gemähten Flächen – Schnittgutübertragung. Der Erfolg dieser Massnahmen ist dann wieder zu kontrollieren.

Deutlich heikler ist die Situation, wenn der Deckungsgrad der Vegetation bei 75% oder darüber liegt, aber die Artenzusammensetzung deutlich von jener der Zielvegetation abweicht: Sollen eine gar nicht begrünte Fläche und eine zwar erfolgreich (Deckungsgrad  $\geq$  75), aber mit den falschen Arten begrünte Fläche (weniger als 60% der vorhandenen Arten passen zu der als Begrünungsziel definierten Vegetation) gleich wenig Punkte erhalten? Wie die Untersuchungen von Mirjan (2010) im Skigebiet Corviglia-Marguns bei St. Moritz gezeigt haben, ist dieser Fall in der Praxis gar nicht selten. Mirjan (2010) verglich die Vegetation auf 40 besonders gut gelungenen Begrünungen (mit einem Deckungsgrad von mehr als 75%) mit der Vegetation von unmittelbar angrenzenden, möglichst naturnahen Flächen. Die 40 untersuchten Flächenpaare lagen

zwischen 1800 und 3000 m ü.M. und hatten eine Neigung zwischen 0% und über 70%. Mirjan (2010) berechnete für die 40 Flächenpaare einen mittleren Ähnlichkeitskoeffizienten nach Jaccard, d.h. ohne Berücksichtigung der Deckung der einzelnen Arten, von nur 0,25 und nach van der Maarel, d.h. mit Berücksichtigung der Deckung, von 0,18 (zwei identische Aufnahmen haben einen Ähnlichkeitskoeffizienten von 1,0).

### 3 Aufnahmeformular

Einige der in Tab. 1 aufgeführten Beurteilungskriterien bzw. Zielwerte konnten im obigen Abschnitt zwar konkretisiert werden, für eine spürbare Vereinfachung der Arbeit im Gelände braucht es aber mehr. Hilfreich wäre z.B. ein möglichst einfaches Raster bzw. Formular, das erlaubt, alle relevanten Kriterien mit vertretbarem Aufwand und auf möglichst nachvollziehbare und objektive Weise aufzunehmen. Die Anforderung «mit vertretbarem Aufwand» schliesst z.B. traditionelle Vegetationsaufnahmen nach Braun-Blanquet (1964) aus, da diese sehr zweitaufwändig sind und zudem nur von Spezialisten gemacht werden können.

Das hier vorgestellte Aufnahmeformular wurde für Erfolgskontrollen bei verschiedenen Hochlagenbegrünungen entwickelt und im Gotthardgebiet und im Engadin bereits rund 50 Mal praktisch erprobt (Abb. 3 und 4). Das bewusst einfach gehaltene Formular passt auf eine A4-Seite, kann in etwa einer Viertelstunde ausgefüllt werden und lässt sich leicht an spezielle Bedürfnisse und lokale Gegebenheiten anpassen. Es umfasst von oben nach unten die folgenden Abschnitte:

- Kopfdaten
- Zielvegetation
- Einpassung in die Umgebung (Ästhetik)
- Erosionsschäden
- Detailanalyse Vegetation

Zuerst werden die Kopfdaten eingetragen und die Zielvegetation festgelegt, dann werden die drei Kriterien aus Tab. 1 von grob zu fein beurteilt, d.h. von der generellen Einpassung der rekulti-

vierten Fläche in die Umgebung über Erosionsschäden bis hin zur detaillierten Analyse der Vegetation. Nachstehend werden die einzelnen Abschnitte des Formulars genauer beschrieben und in Abb. 4 an einem konkreten Beispiel illustriert.

**Kopfdaten.** Hier sind alle technischen und geografischen Informationen zusammengefasst, z.B. Autor, Datum, Höhe über Meer sowie Länge und Breite der zu beurteilenden Rekultivierungsfläche. Unter «Objekt» ist der – in sich mehr oder weniger einheitliche – Teil

der rekultivierten Flächen zu verstehen, der auf dem betreffenden Formular beurteilt wird. Normalerweise wird die entsprechende Fläche auf einem Luftbild abgegrenzt und mit einer Nummer oder einem Buchstaben gekennzeichnet (vgl. Abb. 6).

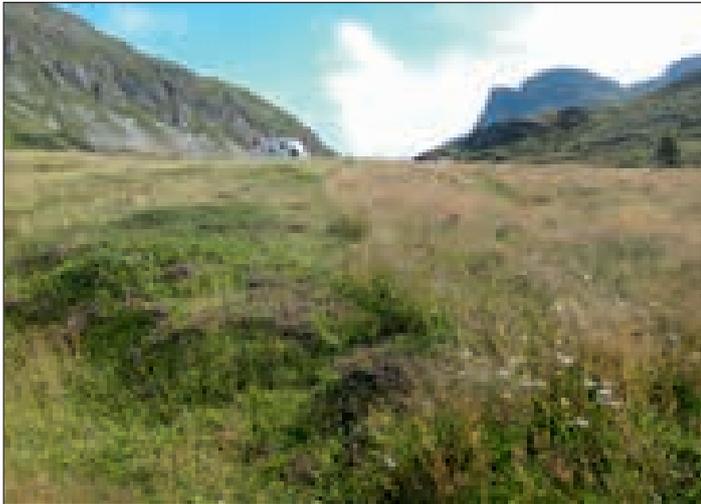


Abb. 5: Auf begrünter Flächen (rechts im Bild) ist das Mikrorelief meist eintröger als in den angrenzenden naturnahen Flächen (links im Bild), und die Vegetation ist lückiger, hochwüchsiger, grüner und im Allgemeinen frei von Zwergsträuchern. (Foto: B.O. Krüsi).

Fig. 5: Sur des surfaces végétalisées (à droite de l'image), le microrelief est généralement plus monotone que sur les surfaces quasi-naturelles limitrophes (à gauche de l'image). La végétation est plus clairsemée, plus élevée, plus verte et en général exempte de buissons nains. (Photo: B.O. Krüsi).

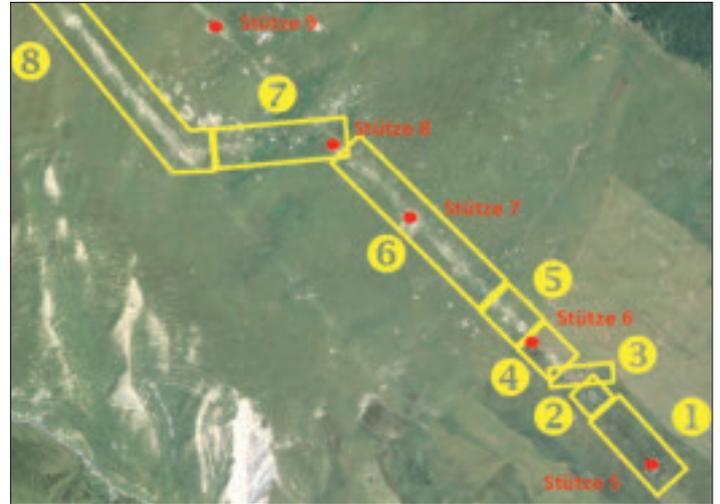


Abb. 6: Unterteilung des Untersuchungsgebietes in Abschnitte (Straten), die in sich relativ einheitlich sind, und zwar in Bezug auf (1) den visuellen Gesamteindruck, (2) die land- bzw. alpwirtschaftliche Nutzung, (3) die Zielvegetation, d.h. den Vegetationstyp auf der angrenzenden, naturnahen Fläche, und (4) den Rekultivierungserfolg, d.h. den Deckungsgrad der Vegetation sowie das Vorhandensein von Erosionsschäden und/oder Problemarten.

Fig. 6: Subdivision du secteur étudié en sections (strates), qui en soi sont relativement uniformes en ce qui concerne (1) l'impression générale visuelle, (2) l'utilisation agricole, resp. l'économie alpine, (3) la végétation visée, c'est-à-dire le type de végétation sur la surface limitrophe et quasi-naturelle, et (4) le succès de la restauration, c'est-à-dire le degré de couverture de la végétation, la présence de dommages d'érosion et/ou d'espèces à problème.

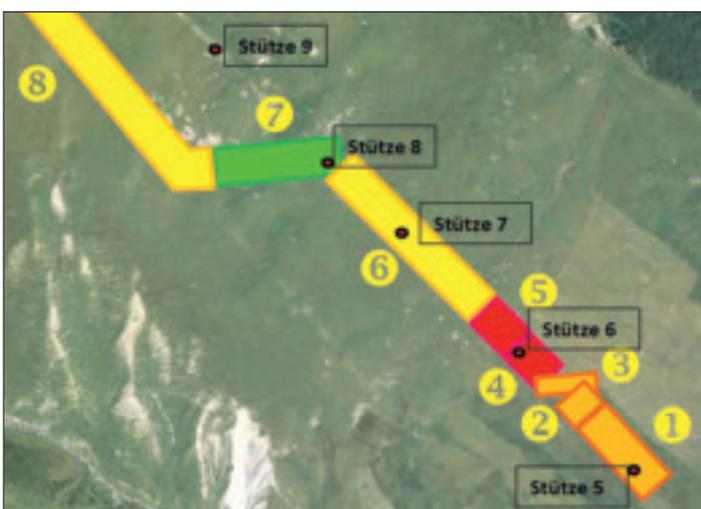


Abb. 7: Darstellung der Ergebnisse 1: Ästhetik – optische Übereinstimmung mit der bzw. Einpassung in die Umgebung. Grün: 75–100%, gelb: 50–74%, orange: 25–49 %, rot: < 25%. (Luftbild: Swisstopo, www.map.geo.admin.ch)

Fig. 7: Représentation des résultats 1: Esthétisme – correspondance optique, respectivement adaptation aux alentours. Vert: 75-100%, jaune: 50-74%, orange: 25-49 %, rouge: < 25%. (Photographie aérienne: Swisstopo, www.map.geo.admin.ch)

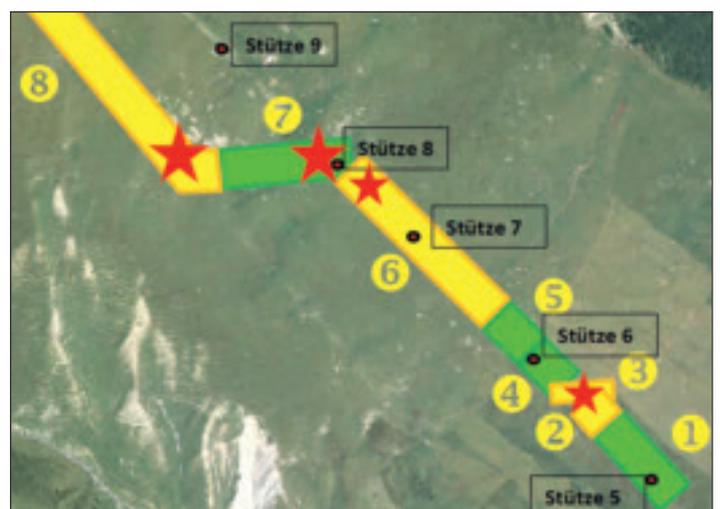


Abb. 8: Darstellung der Ergebnisse 2: Gesamt-Deckungsgrad der Vegetation (Zielwert gemäss Locher Oberholzer et al. (2008)  $\geq 75\%$ ). Grün: 75–100%, gelb: 50–74%, orange: 25–49 %, rot: < 25%, ★ = Erosionsschäden. (Luftbild: Swisstopo, www.map.geo.admin.ch)

Fig. 8: Représentation des résultats 2: Degré de couverture total de la végétation (objectif visé selon Locher Oberholzer et al. (2008)  $\geq 75\%$ ). Vert: 75-100%, jaune: 50-74%, orange: 25-49 %, rouge: < 25%, ★ = dégât de l'érosion (Photographie aérienne: Swisstopo, www.map.geo.admin.ch)

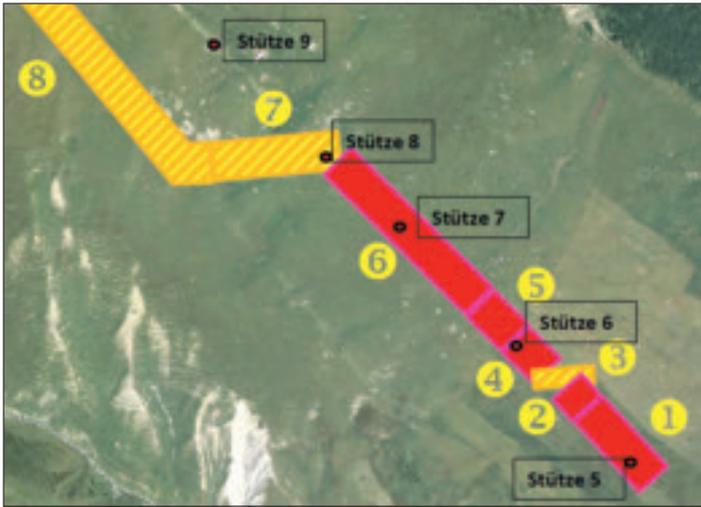


Abb. 9: **Darstellung der Ergebnisse 3: Naturnähe der Artengarnitur** (Zielwert gemäss Locher Oberholzer et al. (2008) = 60%). Grün: 75–100%, gelb: 55–74%, gelb-orange: ca. 50%, orange: 25–45%, rot: < 25%. (Luftbild: Swisstopo, www.map.geo.admin.ch)

Fig. 9: **Représentation des résultats 3 : Proximité naturelle de la composition floristique** (objectif visé selon Locher Oberholzer et al. (2008) = 60%). Vert: 75–100%, jaune-orange: ca. 50%, jaune: 50–74%, orange: 25–49%, rouge: < 25%. (Photographie aérienne: Swisstopo, www.map.geo.admin.ch)

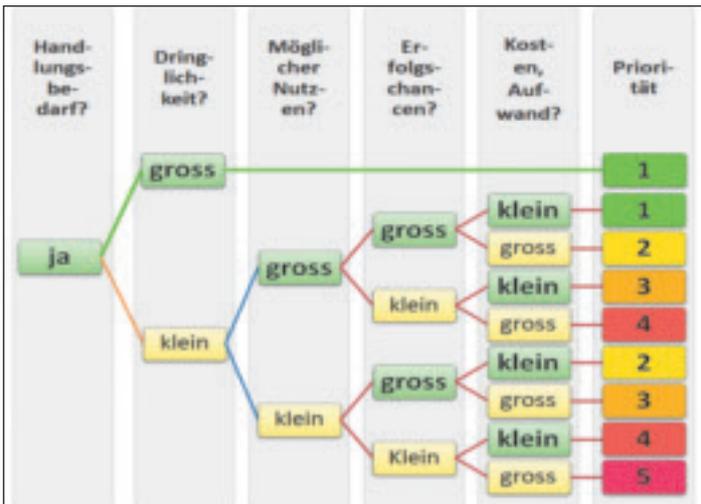


Abb. 10: Entscheidungsbaum zur Priorisierung von Nachbesserungs- und Sanierungsmassnahmen bei Hochlagenbegrünungen

Fig. 10: *Arbre de décision pour la priorisation des mesures d'amélioration et d'assainissement lors d'une végétalisation en altitude*

**Zielvegetation.** Hier werden Angaben gemacht (1) zu einer realistischere erreichbaren, d.h. von den standörtlichen Gegebenheiten her sinnvollen Zielvegetation, (2) zur aktuellen Vegetation auf der Rekultivierungsfläche und (3) zur aktuellen Nutzung der Fläche. Normalerweise entspricht die realistischere erreichbare Zielvegetation der naturnahen Vegetation, welche unmittelbar an die Rekultivierungsfläche angrenzt. Die Ansprache der Zielvegetation erfolgt üblicherweise

nach Delarze & Gonseth (2008) bzw. nach den Vorgaben des betreffenden Kantons. Im Falle des Kantons Graubünden kommen im Freiland die Einheiten der Tabelle «Bewertung von Einheiten in schützenswerte Lebensräume zwecks Festlegung von angemessenem ökologischem Ersatz» (ANU GR, 2012) zur Anwendung, im Wald jene der Tabelle «Ökologische Bewertung seltener Waldgesellschaften» (AWN GR, 2012), welche mit Delarze & Gonseth (2008) kompatibel sind bzw. mit den «Wald-

standorten und Waldgesellschaften Graubündens» von Frey et al. (1998–2004) übereinstimmen. Wenn es sich bei der Zielvegetation um ein Mosaik von bzw. um einen Übergang zwischen zwei Vegetationseinheiten handelt, sollte man die relativen Flächenanteile der beiden Einheiten in Prozent angeben, da dies für die spätere Berechnung der Ersatzpflicht wichtig sein kann. **Die Definition der Zielvegetation ist absolut entscheidend für die Bearbeitung der weiteren Ab-**

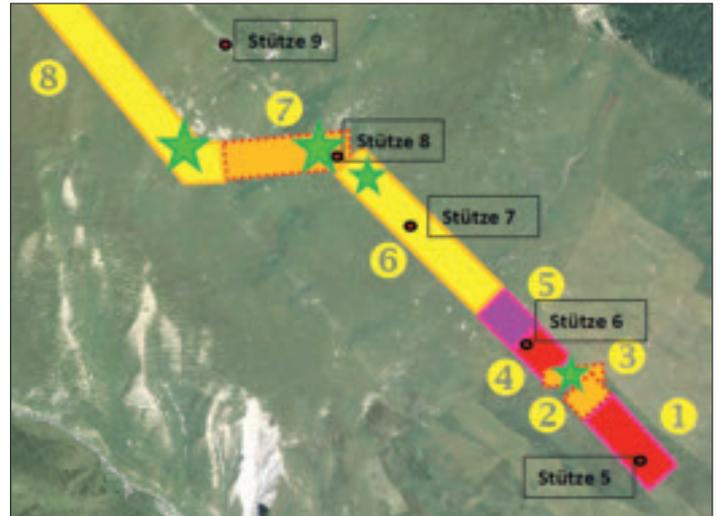


Abb. 11: **Darstellung der Ergebnisse 4: Handlungsempfehlung mit Priorisierung.** (Luftbild: Swisstopo, www.map.geo.admin.ch)

- ★ **1. Priorität:** Erosionsschäden sanieren um Folgeschäden zu vermeiden → Auszäunen, Nachsaat, Rasenziegel aus angrenzender Vegetation, mechanischer Schutz.
- gelb....: **2. Priorität:** relativ leicht verbesserbar, da Vegetation noch relativ lückig und einigermaßen naturnah → Auszäunen, Nachsaat, Rasenziegel.
- orange: **3. Priorität:** grosser Nutzen aber relativ aufwändig bzw. relativ einfach aber kleiner Nutzen.
- rot...: **4. Priorität:** sehr grosser Nutzen aber sehr schwierig, da aktuelle Vegetation sehr dicht und sehr weit von Zielvegetation entfernt → aufwändige Massnahmen und unsichere Erfolgsaussichten.
- violett: **5. Priorität:** sehr schwierig bei nur moderatem Nutzen.

Fig. 11: **Représentation des résultats 4 : Recommendations de mesures d'assainissement avec définition des priorités.** (Photographie aérienne : Swisstopo, www.map.geo.admin.ch)

- ★ **1ère priorité :** Assainissement des dégâts d'érosion afin d'éviter des dommages ultérieurs → mise en clôture, réensemencement, mottes de gazon issues de la végétation limitrophe, protection mécanique.
- jaune **2ème priorité :** Relativement facile à améliorer, car la végétation est encore relativement clairsemée et dans une certaine mesure quasi-naturelle → mise en clôture, réensemencement, mottes de gazon.
- orange **3ème priorité :** Utilité élevée mais relativement coûteuse, respectivement relativement simple mais peu d'utilité.
- rouge **4ème priorité :** Très forte utilité mais aussi très difficile à réaliser, car la végétation actuelle est très dense et très éloignée de la végétation visée → mesures chères et chances de succès incertaines.
- violet **5ème priorité :** Très difficile à réaliser avec une utilité que modérée.

**schnitte im Formular und sollte daher entsprechend sorgfältig gemacht werden.** Dies gilt – wenn auch in geringerer Masse – ebenfalls für die erste, grobe Beurteilung der auf der rekultivierten Fläche aktuell vorhandenen Vegetation und deren Nutzung.

**Einpassung in die Umgebung (Ästhetik).** Sowohl die Gesamtbeurteilung als auch die Beurteilung der Unterkriterien erfolgt gutachterlich. Bewertet werden die für das Landschaftsbild wichtigen Aspekte (1) Mikrorelief sowie (2) Deckungsgrad, (3) mittlere Wuchshöhe (cm), (4) Farbe und (5) Artenzusammensetzung der Vegetation. Auf baulich veränderten und anschliessend begrünter Flächen ist das Mikrorelief meist viel eintöniger als auf den angrenzenden naturnahen Flächen und die Vegetation ist lückiger, hochwüchsiger, (hell)grüner und im Allgemeinen frei von Zwergsträuchern (Abb. 5). Die «Arten garnitur» wird an dieser Stelle im Formular erst grob beurteilt. Im Abschnitt «Detailanalyse der Vegetation» wird dieser Aspekt dann genauer erfasst.

Die «**Prognose der künftigen Entwicklung**» schliesslich **ist eine wichtige Grundlage für die spätere Ableitung von Handlungsempfehlungen.** Es ist wichtig, dass diese Prognose bereits im Feld gemacht wird. Fällt sie günstig aus, kann z.B. auf Nachbesserungsmassnahmen verzichtet werden, auch wenn die Zielvorgaben gemäss Tab. 1 noch nicht ganz erfüllt sein sollten. Ist die Prognose hingegen ungünstig, kommt man um Massnahmen nicht herum.

**Erosionsschäden.** In diesem Abschnitt wird beurteilt, ob das wichtigste Begrünungsziel, der Erosionsschutz, erreicht ist oder nicht. Erosionsschäden und Vegetationslücken über 400 cm<sup>2</sup> werden quantifiziert, d.h., die betroffenen Flächen bzw. Lücken werden in Quadratmetern oder in Flächenanteilen (%) angegeben. Wichtig ist auch, dass direkt vor Ort beurteilt wird, ob Handlungsbedarf besteht oder nicht und, falls ja, welche Massnahmen im konkreten Fall sinnvoll und nötig sind.

**Detailanalyse der Vegetation.** Im letzten Abschnitt wird die Zusammensetzung der Vegetation auf der rekultivierten Fläche genauer erfasst – wieder von grob nach fein. Zuerst wird der Gesamtdeckungsgrad in Prozent geschätzt, dann die Deckungsgrade der auch für den Laien leicht erkennbaren und für Erscheinungsbild, Struktur und Funktion des Bestandes wichtigen Wuchsformtypen (1) Gräser, (2) Kräuter, (3) Zwergsträucher, (4) Moose und (5) Flechten. Anschliessend werden die häufigsten Grasarten und die häufigsten Krautarten, geordnet nach abnehmender Häufigkeit, aufgelistet. Dann folgen die Problemarten wie landwirtschaftliche Unkräuter oder invasive Neophyten (info flora, 2012). Bei den Problemarten wird angegeben, wie viele Quadratmeter bzw. wie viele Prozent der untersuchten Fläche sie einnehmen. Wenn vorhanden, werden die aus der Sicht des Naturschutzes «bemerkenswerten» Arten notiert, z.B. geschützte oder Rote-Liste Arten (info flora, 2012). Zum Schluss wird schliesslich beurteilt, ob in Bezug auf die Zusammensetzung der Vegetation Handlungsbedarf besteht oder nicht und, falls ja, welche Massnahmen (Auszäunen, Säuberungsschnitt, Nachsaat etc.) im konkreten Fall sinnvoll und nötig sind.

#### 4 Vorbereiten und Durchführen der Feldaufnahmen

**Vorbereitung im Büro.** Feldaufnahmen für Erfolgskontrollen müssen – wie andere Feldarbeiten auch – im Büro vorbereitet werden. Wenn man die Bauarbeiten selbst begleitet hat, verfügt man bereits über alle nötigen Informationen und Unterlagen. Andernfalls muss man sich diese zuerst beschaffen. Besonders wichtig sind:

- **Pläne der tatsächlich ausgeführten Arbeiten.** Die tatsächliche Linienführung von Beschneigungsleitungen kann z.B. erheblich von den ursprünglichen Plänen abweichen. Genaue Pläne sind ganz besonders wichtig in Gebieten, in welchen in den letzten Jahrzehnten mehrere Eingriffe ausgeführt worden sind.
- **Aktuelle, entzerrte Luftbilder** (Ortho-Luftbilder) im Massstab von ca. 1:2500. Hilfreich sind aber auch

ältere Luftbilder, insbesondere solche, die kurz nach Ausführung der Arbeiten aufgenommen worden sind. Heute sind entzerrte Luftbilder von der ganzen Schweiz auf der Webseite von Swisstopo ([www.map.geo.admin.ch](http://www.map.geo.admin.ch)) gratis verfügbar.

- **Informationen zu Bauausführung und Begrünung.** Von Interesse sind insbesondere die folgenden Aspekte:

- Zeitpunkt: In welchem Jahr und zu welcher Jahreszeit wurden die Rekultivierungsarbeiten ausgeführt?
- Bodenaufbau: Wurde auf die Wiederherstellung der ursprünglichen Schichtung geachtet?
- Art der Begrünung: mittels Direktumlagerung, zwischengelagerter Rasenziegel, Schnittgutübertragung oder Ansaat etc.? Im Fall von Ansaaten: Zusammensetzung der Samenmischung sowie Art und Datum des Ausbringens? Im Fall der Schnittgutübertragung: floristische Zusammensetzung der Spenderfläche sowie Datum von Mahd und Übertragung?
- Mechanische Erosionsschutzmassnahmen: ja oder nein? Falls ja, wann und welche?
- Nachbesserungen: ja oder nein? Falls ja, wann und welche?

#### Vorbereitung im Gelände: Unterteilen (Stratifizieren) des Untersuchungsgegenstandes (Abb. 6).

Im Gelände wird das Untersuchungsgebiet zuerst gutachterlich stratifiziert, d.h. in Abschnitte bzw. Straten unterteilt, die in sich einigermaßen einheitlich sind. Die Abgrenzung der Abschnitte bzw. Teilflächen macht man am besten direkt auf dem Luftbild (Abb. 6), und zwar unter Berücksichtigung der folgenden Kriterien:

- visueller Gesamteindruck,
- land- bzw. alpwirtschaftliche Nutzung,
- Vegetationstyp in der angrenzenden naturnahen Fläche (Zielvegetation) und
- Rekultivierungserfolg, d.h. Deckungsgrad der Vegetation, Vorhandensein von Erosionsschäden und/oder Problemarten.

**Ausfüllen des Aufnahmeformulars (Abb. 3 und 4) und Fotodokumentation.** Für jeden Geländeabschnitt, d.h. für jedes Stratum, wird dann ein separates Aufnahmeformular ausgefüllt. Jeder beurteilte Geländeabschnitt wird zusätzlich noch mit Fotos dokumentiert.

## 5 Mögliche Auswertungen

In einem ersten Schritt werden die wichtigsten Ergebnisse der Erfolgskontrolle, d.h. (1) Ästhetik bzw. Einpassung in die Umgebung (Abb. 7), (2) Deckungsgrad der Vegetation (Abb. 8) und (3) Naturnähe der Artengarnitur (Abb. 9) am besten grafisch dargestellt. War die Begrünung auf allen Abschnitten erfolgreich, ist die Auswertung damit auch schon abgeschlossen. Wenn die Begrünung hingegen nicht in allen Abschnitten oder nicht in Bezug auf alle relevanten Kriterien (vgl. Tab. 1) erfolgreich war, braucht es für diese Abschnitte noch

- **Handlungsempfehlungen** für Nachbesserungs- und Sanierungsmassnahmen, mit Flächenangaben und wenn möglich mit einer nachvollziehbaren Priorisierung (Abb. 11)
- und im Kanton Graubünden eine auf einer sauberen Flächenbilanz basierende **Berechnung der Ersatzpflicht**, mit Vorschlägen für Ersatzmassnahmen in der näheren Umgebung des Projektes.

**Priorisierung von Handlungsempfehlungen.** Wird ein Handlungsbedarf festgestellt, sollten die empfohlenen Nachbesserungs- und Sanierungsmassnahmen priorisiert werden. Dabei sind insbesondere die folgenden Kriterien relevant (Abb. 10):

- Dringlichkeit (Gefahr von Folgeschäden),
- möglicher Nutzen (Reduktion bzw. Vermeidung von Ersatzleistungen),
- Erfolgsaussichten und
- Kosten bzw. Aufwand.

Dazu wird jeder Abschnitt mit Handlungsbedarf in Bezug auf jedes der oben aufgeführten Kriterien gutachterlich von «sehr ungünstig» bis «sehr günstig» bewertet. Die Bewertung erfolgt z.B. auf einer Skala von 0 bis

5. Im Kanton Graubünden lässt sich der «mögliche Nutzen» aufgrund der Wertpunkte-Differenz zwischen der aktuellen Vegetation und der Zielvegetation gemäss den einschlägigen Tabellen (ANU GR, 2012; AWN GR, 2012) quantifizieren. Für die Umrechnung in die Skala 0–5 wird die beim betreffenden Projekt maximal mögliche Punktedifferenz (z.B. 10) gleich 5,0 gesetzt; alle anderen Punktedifferenzen werden dann mit dem Faktor «5,0 / maximale Differenz» (im Beispiel:  $5/10 = 0,5$ ) multipliziert. Für die Priorisierung, werden dann noch die Werte für «Nutzen», «Erfolgschancen» und «Kosten» miteinander multipliziert. Aufgrund der daraus resultierenden Gesamtpunktzahl werden die empfohlenen Massnahmen dann rangiert bzw. priorisiert.

**Berechnen der Ersatzpflicht.** Als Grundlage für die Festlegung der Ersatzpflicht dienen im Kanton Graubünden die beiden Tabellen (1) «Bewertung von Eingriffen in schützenswerte Lebensräume zwecks Festlegung von angemessenem ökologischem Ersatz» (ANU GR, 2012) und (2) «Ökologische Bewertung seltener Waldgesellschaften» (AWN GR, 2012).

**Ersatzmassnahmen.** Bezüglich Ersatzmassnahmen gelten die folgenden Grundsätze:

- Oberstes Ziel ist die Wiederherstellung des Zustandes vor dem Eingriff.
- Ist eine Wiederherstellung mit vertretbarem Aufwand nicht möglich, sind die Verluste mit geeigneten Ersatzmassnahmen in der näheren Umgebung des Projektes zu kompensieren.
- Sollte auch das nicht möglich sein, bleibt im Kanton Graubünden die finanzielle Abgeltung.

## 6 Folgerungen für die Praxis

- Vermeidbare Eingriffe vermeiden, nicht vermeidbare minimieren – und zwar je höher über Meer, desto konsequenter (Abb. 12 und 13).
- Nach Eingriffen die ursprünglichen Standortbedingungen so gut wie möglich wieder herstellen, insbesondere bezüglich Bodenaufbau (Unter- und Oberboden), Mikorelief (wichtig für die Artenvielfalt) und Vegetationsstruktur (z.B. durch Verpflanzen von Zwergsträuchern).
- Realistisch bleiben bezüglich Zielvegetation, Zeitbedarf für die Vegetationsentwicklung und Selbstheilungskraft der Natur.

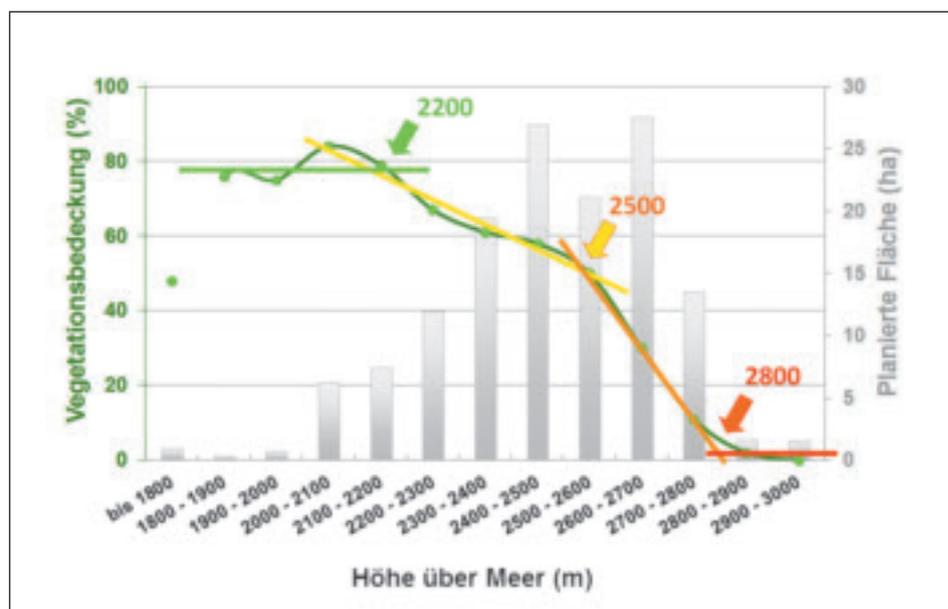


Abb. 12: Sorgfalt beim Bau lohnt sich, und zwar ganz besonders in hohen Lagen über Meer: Zusammenhang zwischen Begrünungserfolg und Höhe über Meer. Analyse von insgesamt ca. 1,4 km<sup>2</sup> planierten bzw. anderweitig baulich veränderten Flächen im Skigebiet Corviglia-Marguns (aus Mirjan, 2010)  
 Fig. 12: Une construction soignée vaut la peine, tout particulièrement dans les stations élevées en altitude : relation entre une végétalisation réussie et l'altitude au-dessus du niveau de la mer. Analyse d'un total d'environ 1.4 km<sup>2</sup> de surfaces planifiées, resp. modifiées dans le domaine skiable de Corviglia-Marguns (Mirjan, 2010)



Abb. 13: Sorgfalt bei der Bauausführung lohnt sich: Eingriffe und Schäden, die man vermeidet, muss man nicht beheben und je kleiner die beeinträchtigte Fläche, desto kleiner der Aufwand für Rekultivierung und Ersatzleistungen. Im Bild ein Abschnitt des 2012 sehr sorgfältig erstellten Flowtrails bei St. Moritz. (Foto: B.O. Krüsi)

Fig. 13: Une exécution soignée des travaux vaut la peine : on évite de devoir réparer les interventions et les dommages, et plus la surface atteinte est petite, plus la dépense pour la restauration et les indemnités sont moindres. L'image représente une section très soigneusement réalisée du Flowtrail à Saint-Moritz en 2012. (Photo: B.O. Krüsi)

### Konkret erreicht man das durch:

#### • sorgfältige Projektplanung.

Durch geschickte Wahl der Linienführung lassen sich vegetationsmässig und/oder landschaftlich heikle Bereiche oft relativ leicht ungestört erhalten.

#### • sorgfältige Bauplanung.

Durch sorgfältige Planung des Bauablaufs – inkl. Zufahrtspisten, Materialentnahmestellen, Zwischenlagern, geeigneter Geräte (z.B. kleiner Bagger), Direktumlagerung anstelle von Zwischendepots etc. – lässt sich die beeinträchtigte Fläche minimieren (vgl. z.B. Tiefbauamt Kanton Graubünden, 2011).

#### • sorgfältige Bauausführung (Abb. 13).

Durch eine sorgfältige Ausführung der Bauarbeiten lässt sich die beeinträchtigte Fläche deutlich minimieren. Durch eine sorgfältige Rekonstruktion des Bodenaufbaus (Unter- und Oberboden) und eine standortangepasste Gestaltung des Mikroreliefs lassen sich die Erfolgchancen von Begrünungsmassnahmen markant vergrössern.

#### • sorgfältige Begrünung.

Rasenziegel direkt umlagern statt zwischenlagern; Rasenziegel sind besser als

Schnittgutübertragung oder Ansaat; Schnittgutübertragung ist besser als Ansaat; wenn Ansaat, dann nur mit standortangepasstem Saatgut.

#### • sorgfältige Ausführung der Erfolgskontrollen.

Dazu gehört insbesondere, dass die Kontrollen (a) nachvollziehbar sind und (b) so häufig erfolgen, dass Problemstellen (Erosion) rechtzeitig entschärft werden können, d.h. bevor sie sich ausgeweitet haben.

#### • sorgfältige Interpretation der Ergebnisse der Erfolgskontrollen.

Das heisst z.B. (a) der Vegetation genügend Zeit geben sich zu entwickeln (z.B. Krüsi & Tenz, 2010) und (b) die natürliche saisonale und Jahr-zu-Jahr-Variabilität der Vegetation nicht unterschätzen.

#### • sorgfältige und realistische Einschätzung der Selbstheilungskräfte der Natur.

Bei relativ günstigen Standortbedingungen können sich – wenn sie sich einmal etabliert haben – auch standortfremde Arten lange halten (z.B. Mirjan, 2010), während sie an extremen Standorten meist bald verschwinden (z.B. Giger, 2012; Güsewell & Klötzli, 2012).

Ist der Deckungsgrad der Vegetation auch drei Jahre nach Abschluss der Begrünungsarbeiten noch klein, wird er – ohne zusätzliche Massnahmen – mit grosser Wahrscheinlichkeit auch nach Jahrzehnten noch ungenügend sein, denn von nichts kommt nichts (z.B. Burga et al., 2010; Leuenberger, 2011; Güsewell & Klötzli, 2012).

**Fazit: Sorgfalt lohnt sich langfristig und meist auch kurzfristig** (z.B. Tiefbauamt Kanton Graubünden, 2011), **und zwar umso mehr, je höher über Meer man arbeitet (Abb. 12).**

### Dank

Die konstruktiven Kommentare von Dr. C. Rixen, SLF Davos, werden herzlich verdankt.

### Literatur

ANU GR (Amt für Natur und Umwelt, Kt. Graubünden) 2012. Tabelle «Bewertung von Eingriffen in schützenswerte Lebensräume zwecks Festlegung von angemessenem ökologischem Ersatz». [www.gr.ch/DE/institutionen/verwaltung/ekud/anu/dokumentation/Merkblätter/2009/NM002](http://www.gr.ch/DE/institutionen/verwaltung/ekud/anu/dokumentation/Merkblätter/2009/NM002)

AWN GR (Amt für Wald und Naturgefahren, Kt. Graubünden) 2012. Ökologische Bewertung seltener Waldgesellschaften, Tabelle 2: Herleitung der ökologischen Wertpunkte der einzelnen Standorttypen gemäss «Waldstandorte GR». [www.gr.ch/DE/institutionen/verwaltung/ekud/anu/dokumentation/Merkblätter/2009/NM005](http://www.gr.ch/DE/institutionen/verwaltung/ekud/anu/dokumentation/Merkblätter/2009/NM005)

Brändli, U.-B. (Red.) 2010. Schweizerisches Landesforstinventar. Ergebnisse der dritten Erhebung 2004–2006. WSL Birmensdorf, BAFU Bern. 312 S.

Braun-Blanquet, J. 1964. Pflanzensoziologie. Springer Verlag, Wien, New York. 865 S.

Burga, C.A., Krüsi, B.O., Egli, M., Wernli, M., Elsener, S., Ziefle, M., Fischer, T., Mavris, C. 2010. Plant succession and soil development on the foreland of the Morteratsch glacier (Pontresina, Switzerland). Straight forward or chaotic? *Flora* 205, 561–576.

Delarze, R. & Gonseth, Y. 2008. Lebensräume der Schweiz. Ökologie –

Gefährdung – Kennarten. 2. Aufl. Ott Verlag, Thun. 424 S.

Ewald, K. & Klaus, G. 2009. Die ausgewechselte Landschaft. Vom Umgang der Schweiz mit ihrer wichtigsten natürlichen Ressource. Haupt Verlag, Bern. 752 S.

Frey, H.U., Bichsel, M. & Preiswerk, T. 1998–2004. Waldgesellschaften und Waldstandorte Graubündens, Teile 1–8. Chur: Amt für Wald (heute: Amt für Wald und Naturgefahren) Graubünden, Chur.

Giger, A.V. 2012. Erfolg und Misserfolg von Hochlagenbegrünungen. Vegetation am Lawinenablenkdamm Villa (TI). Master-Arbeit, Geografisches Institut der Universität Zürich. 88 S.

Graf, U., Wildi, O., Küchler, M. & Ecker, K. 2010. Five Year Changes in Swiss Mire vegetation. *Botanica Helvetica* 120, 15–27.

Green, R.H. 1979. Sampling Design and Statistical Methods for Environmental Biologists. John Wiley and Sons, New York. 257 S.

Güsewell, S. & Klötzli, F. 2012. Local plant species replace initially sown species on road-sides in the Swiss National Park. *eco.mont* 4(1), 23–33.

info flora 2012: Das nationale Daten- und Informationszentrum der Schweizer Flora. [www.infoflora.ch](http://www.infoflora.ch)

Kanton Zürich, Fachstelle Naturschutz, 2003: Konzept, Erfolgskontrolle und Dauerbeobachtung.

Keller, M. (Red.) 2005. Schweizerisches Landesforstinventar. Anleitung für die Feldaufnahmen der Erhebung 2004–2007. Eidg. Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf. 393 S.

Klaus, G. (Red.) 2007. Zustand und Entwicklung der Moore in der Schweiz. Ergebnisse der Erfolgskontrolle Moorschutz. Stand Juni 2007. Umwelt-Zustand Nr. 0730. Bundesamt für Umwelt, Bern. 97 S.

Koordinationsstelle Biodiversitäts-Monitoring Schweiz 2009. Zustand der Biodiversität in der Schweiz. Ergebnisse des Biodiversitäts-Monitorings Schweiz (BDM) im Überblick. Stand Mai 2009. Umwelt-Zustand Nr. 0911. Bundesamt für Umwelt, Bern. 112 S.

Krüsi, B.O. & Tenz, R. 2010. Erfolgskontrolle bei Begrünungen: Fallbeispiel einer Mähgutübertragung auf 1800 m ü.M. bei Zuoz (Engadin, Kanton Graubünden).

Ingenieurbiologie 4/10, 21–31.

Krüsi, B.O. & Müller, M. 2011. Erfolgreicher Naturschutz braucht sowohl sorgfältige Pflege als auch regelmässiges Monitoring: Fallbeispiel Boniswiler Ried 1976–2010. Vierteljahrsschrift Naturforschende Gesellschaft Zürich 156 (3/4), 47–60.

Lachat, T., Pauli, D., Gonseth, Y., Klaus, G., Scheidegger, C., Vittoz, P. & Walter, T. (Red.) 2009. Wandel der Biodiversität in der Schweiz. Ist die Talsohle erreicht? Bristol-Stiftung; Haupt-Verlag, Bern, Stuttgart, Wien. 435 S.

Leuenberger, B. 2011. Vergleich natürlicher Vegetation mit bearbeiteten Flächen mit tiefem Deckungsgrad der Krautschicht im Skigebiet Corviglia-Marguns. Bachelor-Arbeit Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften ZHAW, Wädenswil. 70 S. + Anhang.

Locher Oberholzer, N., Streit, M., Frei, M., Andrey, C., Blaser, R., Meyer, J., Müller, U., Reidy, B., Schutz, M., Schwager, M., Stoll, M., Wytttenbach, M. & Rixen, C. 2008. Richtlinien Hochlagenbegrünung. *Ingenieurbiologie* 2/08, 3–33.

Maurer, R. & Marti, F. 1999. Begriffsbildung zur Erfolgskontrolle im Natur- und Landschaftsschutz. Empfehlungen. BUWAL-Reihe Vollzug Umwelt. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern. 31 S.

Mirjan, S. 2010. Vergleich der Vegetation von bearbeiteten und natürlichen Flächen im Skigebiet Corviglia-Marguns. Bachelor-Arbeit Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften ZHAW, Wädenswil. 73 S.

Müller, M. & Krüsi, B.O. 2010. Wie hat sich die Vegetation im letzten Habitat des Grossen Wiesenvögelchens (*Coenonympha tullia*) im Schweizer Mittelland in den letzten 34 Jahren verändert? *Botanica Helvetica* 120, 151–155.

Spellerberg, I.F. 2005. Monitoring ecological change. 2nd ed. Cambridge University Press. 412 S.

Tiefbauamt Kanton Graubünden 2011. H3a Julierstrasse, Ausbau Mot-Sur Gonda: Umweltbaubegleitung im modernen Strassenbau. Info Nr. 91. 4. S.

## Kontaktadresse:

Bertil O. Krüsi, Prof. Dr. sc. nat. ETH  
Zürcher Hochschule für angewandte  
Wissenschaften ZHAW  
Institut für Umwelt und natürliche  
Ressourcen IUNR  
Forschungsgruppe Quantitative  
Vegetationsanalyse  
Grüntal  
CH-8820 Wädenswil  
Tel.: +41 58 934 55 95  
E-Mail: [bertil.kruesi@zhaw.ch](mailto:bertil.kruesi@zhaw.ch)  
[www.iunr.zhaw.ch/vegetation](http://www.iunr.zhaw.ch/vegetation)



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



Schutz Filisur, Samen u. Pflanzen AG, CH-7477 Filisur  
Tel. 081 410 40 00, Fax. 081 410 40 77  
[samenpflanzen@schutzfilisur.ch](mailto:samenpflanzen@schutzfilisur.ch)

# «iGräser» – das innovative und benutzerfreundliche mobile Gräserbestimmungs-Tool fürs iPhone

Bertil O. Krüsi, Petra I. Lustenberger, Daniel Hepenstrick und Thomas Ott

## Zusammenfassung

Alle, die beruflich oder in der Freizeit mit Gräsern (*Poaceae*) zu tun haben, d.h. Botaniker, Ökologen, Naturschützer, Ingenieurbiologen, Begrünungsfachleute sowie natürlich Landwirte und Förster, dürfen sich freuen. Gräserbestimmen wird ab sofort einfacher. Die neue iPhone-App «iGräser» ist ein innovatives und benutzerfreundliches Bestimmungs- und Nachschlage-Werkzeug für den mobilen Gebrauch.

## Keywords

iPhone-App, Gräser, Süssgräser, *Poaceae*, Gräserbestimmung im nicht-blühenden Zustand, Wiesengräser, Grünlandgräser, Rasengräser, Waldgräser, digitale Bestimmungsschlüssel, E-Learning, Bioinspiriertes Computing, Schweiz

## **iGräser – un outil mobile innovant et convivial sur iPhone pour la détermination des graminées**

## Résumé

Toutes personnes ayant à faire avec des graminées (*poacée*) tant professionnellement que pour les loisirs – les botanistes, écologues, protecteurs de la nature, spécialistes du génie biologique ou de la végétation, ainsi que les agriculteurs et les sylviculteurs – peuvent se réjouir: la détermination des graminées sera à présent plus simple. La nouvelle application pour iPhone «iGräser» est un outil de consultation et de détermination innovant, mobile et facile à utiliser.

## Mots-clés

Application iPhone, graminées, *poacées*, détermination des graminées à l'état végétatif, graminées de pré, graminées de prairie, graminées de pelouse, graminées de forêt, clé de détermination numérique, e-Learning, bio-informatique, Suisse

## **iGräser (it.: iGraminacee, per ora solo in tedesco e francese) – l'innovativa e semplice applicazione per iPhone per determinare le graminacee in mobilità**

## Riassunto

Buone notizie per tutti gli operatori e appassionati interessati alle graminacee (*Poaceae*), in particolare botanici, ambientalisti, naturalisti, ingegneri naturalisti, specialisti dell'inverdimento, contadini e guardaboschi. Da oggi sarà più facile determinare le specie grazie all'innovativa iPhone-App «iGräser». La nuova applicazione da usare in mobilità permette di identificare facilmente le graminacee e compiere ricerche approfondite.

## Parole chiave

iPhone-App, graminacee, *poacee*, determinazione di graminacee non ancora fiorente, erbe spontanee, cereali, erbe di campo, herbe di prato, herbe di prato, herbe di bosco, determinazione digitale, e-learning, computing bio-ispirato, Svizzera

## 1 Die Ausgangslage

Gräser spielen in vielen Lebensräumen, insbesondere im Dauergrünland und in Naturschutzgebieten, aber auch auf angesäten Flächen, z.B. an Strassenböschungen oder auf Skipistenplanierungen etc., eine dominierende Rolle. In der Schweiz gehören 60% der landwirtschaftlichen Nutzfläche zum Dauergrünland. Für Landwirte, Begrünungsfachleute, Naturschützer, Förster, aber auch für Forscher und Studierende ist es daher wichtig, dass sie diese häufigen und oft bestandesbildenden Arten in allen Entwicklungsstadien zuverlässig bestimmen können, d.h. auch dann, wenn sie nicht blühen.

Das Federgras (*Stipa pennata*) ist eine der wenigen Grasarten, die – zumin-

dest im blühenden Zustand – auch vom interessierten Laien leicht zu erkennen sind (Abb. 1). Für die Identifizierung der meisten Grasarten braucht man aber einen Bestimmungsschlüssel, d.h., man muss eine Reihe von detaillierten Fragen zu relativ schwierigen Merkmalen beantworten. Bei den herkömmlichen, auf blühende Pflanzen fokussierten Bestimmungsschlüsseln (z.B. Binz & Heitz, 1990; Hess et al., 2010; Lauber et al., 2012) betreffen diese Fragen in aller Regel relativ unscheinbare Blütenmerkmale, welche bei den meist sehr kleinen und relativ komplizierten Grasblütchen zudem nur schwer zu sehen sind (Abb. 2). Typische Fragen sind zum Beispiel: Ist die Vorspelze  $\frac{1}{2} - \frac{2}{3}$  so lang wie die Deckspelze oder  $\frac{2}{3} - \frac{3}{4}$  so lang? Sind die Staubbeutel 0,7–1,4 mm lang oder 1,8–2.6 mm? Ist die Granne auf dem Rücken der Deckspelze ange-setzt oder am Grund? Sind die Ährchen Stiefelknecht-förmig oder nicht und, falls ja, ist die Granne der Hüllspelze 0,5–1 mm lang oder 1–2 mm? Mit solchen Fragen sind sogar die meisten Hochschulabsolventen der einschlägigen Fachrichtungen überfordert. Ist das, was ich gerade anschau, die Hüll-, die Vor- oder die Deckspelze? Bis man am Ziel ist, d.h. bis man weiss, welche Art man vor sich hat, müssen 10 oder 20 solche Fragen in vorgegebener Reihenfolge korrekt beantwortet werden. Ein kleiner Fehler oder eine Frage, die ein Merkmal betrifft, das am vorhandenen Exemplar fehlt, und die Bestimmung rückt in weite Ferne.

Wenn Blüten fehlen – was bei den Gräsern während des Grossteils des Jahres der Fall ist –, ist man mit den herkömmlichen, auf blühende Pflanzen ausgerichteten Bestimmungsschlüsseln (z.B. Binz & Heitz, 1990; Conert, 2000; Cope & Gray, 2009; Hess et al., 2010) verloren. Dann helfen die Flora Vegetativa von Eggenberg & Möhl (2009) oder Spezialschlüssel weiter, die allerdings meist für spezielle Zwecke, Lebens-



Abb. 1: Nicht alle Gräser sind so leicht zu erkennen wie das Federgras (*Stipa pennata*) mit seinen auffälligen, ca. 25 cm langen, federartig behaarten Grannen.

Fig. 1: Toutes les graminées ne sont pas aussi aisément reconnaissables que le stipe penné (*Stipa pennata*) avec sa longue arête particulière de 25 cm en forme de plume blanche.



Abb. 2: Ohne Blüten lassen sich die meisten Grasarten mit traditionellen, dichotomen Bestimmungsschlüsseln nicht bestimmen, und die relevanten Merkmale sind oft unscheinbar. *Phleum bertolonii* unterscheidet sich von *Phleum pratense* z.B. dadurch, dass die Hüllspelzen der Stiefelknecht-förmigen Ährchen inkl. Grannen nur 3 und nicht 5 mm lang sind (linkes Bild). Typisch für *Calamagrostis varia* ist, dass die Haare am Grunde des Blütchens etwa gleich lang sind wie die Deckspelze und dass die gekniete Granne im untersten Viertel der Deckspelze angesetzt ist (rechtes Bild).

Fig. 2: En dehors de la période de floraison, la plupart des graminées ne peuvent pas être déterminées avec des clés de détermination traditionnelles et dichotomiques, et les caractères pertinents sont souvent peu apparents. Par exemple, le *Phleum bertolonii* se différencie du *Phleum pratense* par le fait que la glume de l'épillet en forme de tire-botte, y compris son arête, ne mesure que 3 mm et non 5 mm (image de gauche). Pour le *Calamagrostis varia*, il est typique que les poils à la base de la fleur sont aussi longs que sa glumelle extérieure et que son arête agenouillée s'insère au quart inférieure de sa glumelle extérieure (image de droite).

räume und/oder Länder bzw. Regionen entwickelt worden sind (z.B. Häfliger & Scholz, 1980–1982; Hubbard, 1985; Kaltofen & Schrader, 1991; Bartsch, 1994; Dietl et al., 1998; Klapp & Opitz von Boberfeld, 2006, 2011). Für Spezialisten sind diese Werke zwar extrem wertvoll, dem Praktiker und dem interessierte Laien helfen sie aber meist nicht weiter, da sie zu viel Vorwissen verlangen. Was bisher fehlte, war ein wirklich benutzerfreundliches Gräserbestimmungs-Tool, welches (1) nur in der Spezialliteratur verfügbares Wissen Praktikern, Naturschützern und interessierten Laien zugänglich macht und das man (2) dann, wenn man es braucht, auch dabei hat und welches (3) im Gelände auch ohne Internet-Verbindung genutzt werden kann. Kurz: man braucht eine benutzerfreundliche App. Die iPhone-App «iGräser» schliesst diese Lücke.

## 2 Das Ziel

Am Anfang stand das Ziel, eine benutzerfreundliche iPhone-App zum Bestimmen der 100 häufigsten einheimi-

schen Wald- und Freiland-Grasarten (*Poaceae*) der Schweiz zu entwickeln. Die Bestimmung sollte sowohl im blühenden als auch im nicht blühenden Zustand möglich sein, und zwar – via GPS-Ortung – unter Einbezug der beim nationalen Daten- und Informationszentrum zur Schweizer Flora (info flora, 2012) verfügbaren Verbreitungsdaten. Die Merkmale für die Bestimmung sollten frei aus den Bereichen «Standort», «Wuchsform», «Wuchshöhe blühend», «Vegetative Merkmale» (= an den jungen, sterilen Trieben zu sehende Merkmale), «Generative Merkmale» (= nur an blühenden Trieben zu sehende Merkmale) und «Gattung» gewählt werden können. Last, but not least, die besonders für Anfänger und Laien schwer vorstellbaren, für die Bestimmung aber relevanten vegetativen und generativen Merkmale sollten mit Fotos optimal illustriert werden. Kurz: die digitale Gräserbestimmungs-Applikation «iGräser» soll das Bestimmen der 100 häufigsten einheimischen Grasarten für jedermann möglich machen.

Smartphones und mobile Tablets, darunter das iPhone und der iPad von Apple, haben ein enormes Potenzial für mobile Applikationen, die den Praktikern (z.B. im Begrünungsgewerbe), Naturfreunden, interessierten Laien und Studierenden, aber auch den Botanikern das Leben – vor allem auch im Gelände – erleichtern können. Innovativ am Projekt «iGräser-App» sind insbesondere die folgenden Aspekte:

- Bestimmung anhand von **frei gewählten Kriterien**, d.h. NICHT durch «Abarbeiten» eines fix vorgegebenen Fragenkatalogs, wie das bei den herkömmlichen, dichotomen Bestimmungsschlüsseln üblich ist. Aspekte, welche man anhand des vorliegenden Materials nicht zuverlässig beurteilen kann, kann man bei der Bestimmung mit «iGräser» einfach weglassen.
- **Standörtliche, vegetative und generative Merkmale lassen sich frei kombinieren.** Die bisherigen Schlüssel sind entweder auf «blühende» oder «nicht blühende» Pflanzen ausgerichtet.

- Am konkreten Objekt **fehlende Merkmale lassen sich ebenfalls zur Bestimmung heranziehen**, z.B. das Fehlen einer Skispur oder das Fehlen von Öhrchen. Praktisch alle bisher vorhandenen Schlüssel arbeiten nur mit vorhandenen und nicht mit fehlenden Merkmalen.
- Der **Detaillierungsgrad der Merkmalsangabe ist frei wählbar**. Bei der Wuchsform «Horst» kann man z.B. auf dem Niveau «Horst nicht weiter differenziert» bleiben oder Angaben zu Grösse und Festigkeit bzw. Dichte machen.
- **Der Grad der Unsicherheit bei der Ansprache eines Merkmals wird berücksichtigt**. Wenn man in Bezug auf die Ausprägung eines Merkmals nicht ganz sicher ist, lässt sich das Risiko von Fehlbestimmungen mit einem **«Unsicher»-Button** vermindern.
- **Die Zuverlässigkeit der verschiedenen Merkmale wird berücksichtigt**. Unsichere Merkmale wie Breite, Farbe oder Behaarung der Blattspreite haben bei der Bestimmung weniger Gewicht als zuverlässige Merkmale wie geschlossene Blattscheide, Blütenstandstyp oder Haarkranz anstelle des Blatthütchens.
- **Die Häufigkeit der Arten in der Schweiz wird ebenfalls berücksichtigt**.
- **Auch nicht blühende Pflanzen lassen sich zuverlässig bestimmen**.
- **Viele und gute Fotos** zu den bestimmungsrelevanten vegetativen und

generativen Merkmalen der einzelnen Arten. Es gibt zwar verschiedene Werke mit hervorragenden wissenschaftlichen Zeichnungen (z.B. Conert, 2000; Rothmaler & Jäger, 2007; Eggenberg & Möhl, 2009), aber Gräser-Bücher mit guten Fotos fehlen weitgehend, obwohl das Bedürfnis schon früh erkannt worden ist. Bereits 1962 erschien die erste Auflage von «Gräserbestimmen nach Photos» von Volger (1962 & 1994) und auch das 1987 zum ersten Mal aufgelegte Buch «Waldgräser» von Bartsch (1987 & 1994) enthält Fotos. In «iGräser» wird jede Art im Mittel mit rund zehn Fotos illustriert.

- **Beim Detailbeschrieb wird auf Verwechslungsmöglichkeiten und ähnliche Arten verwiesen**. Mit einem Klick erfährt man mehr über die relevanten Unterschiede zwischen den in Frage kommenden Arten.
- Über die **GPS-Ortungsfunktion** und die Verbreitungsdaten von info flora (2012) lässt sich in der Schweiz die Zahl der am konkreten Ort in Frage kommenden Arten elegant einschränken, was das Bestimmen erheblich erleichtert und zuverlässiger macht.
- **Links zu ergänzenden und weiterführenden Informationen** (Wikipedia) sind vorhanden.
- **«iGräser» ist wirklich mobil**: Das iPhone hat man immer mit dabei.
- **Einfaches und schnelles Update**. Ein digitales Tool lässt sich viel schneller und leichter erweitern, updaten und korrigieren als ein gedruckter Schlüssel.

### 3 Der Weg

In einem ersten Schritt wurde eine Web-basierte Applikation (ohne Ortungsfunktion) erstellt, welche mit einem Internet-Browser zu öffnen und zu benutzen war. Einen ähnlichen Web-basierten, allerdings noch traditionell dichotomen Gräserbestimmungsschlüssel bietet seit 2010 auch die Deutsche Saatveredelung AG (2010) an. Damit lassen sich die 32 häufigsten landwirtschaftlich relevanten Grasarten bestimmen. Bereits seit einigen Jahren sind elektronische – und zwar polytome – Gräserbestimmungsschlüssel auch auf der Webseite des US Department of Agriculture (USDA-NRCS) für verschiedene Staaten der USA verfügbar.

Bevor wir darangingen, in einem zweiten Schritt eine Web-unabhängige App für das iPhone mit Ortungsfunktion zu erstellen, wurde das Web-basierte Tool (Web-App) ausführlich getestet und in Bezug auf Benutzerfreundlichkeit, Zuverlässigkeit und Performance optimiert. «iGräser» ist unseres Wissens die erste iPhone-App zum Bestimmen von Gräsern. «iGräser» deckt ausserdem nicht nur die Bedürfnisse der Landwirtschaft ab, sondern enthält auch viele Arten, die für die Bewirtschafter von Alpen, Naturschützer, Förster oder Begrünungsfachleute wichtig sind. «iGräser» umfasst aktuell 111 Arten, ist auf die Schweiz ausgerichtet und setzt in verschiedenen Bereichen neue Massstäbe.

### Biologische Herausforderungen:

Auf der biologischen Seite am anspruchsvollsten waren (1) das Entwickeln und vor allem das Ausfüllen der Merkmalsmatrix, welche die Grundlage für das polytome Bestimmungstool bildet (Tab. 1), sowie (2) das Erstellen der Foto-Dokumentation zu den verwendeten Merkmalen und den berücksichtigten Arten. Die Herausforderung bei der Merkmalsmatrix bestand primär darin, für jede der aktuell 111 in «iGräser» enthaltenen Arten anzugeben, welche der 378 berücksichtigten Merkmale bzw. Merkmalsausprägungen vorhanden bzw. nicht vorhanden sind. Konkret hiess das, eine Excel-Tabelle mit 111 Spalten und 378 Zeilen auszufüllen.

Hierarchiestufe 1	Stufe 2	Stufe 3	Stufe 4
Standort	8	49	49
Wuchsform	3	12	12
Wuchshöhe blühend	7	7	7
Vegetative Merkmale	10	53	166
Generative Merkmale	6	37	98
Gattung	46	46	46
Total	80	204	378

Tab. 1: Zahl der auf den verschiedenen Hierarchiestufen im Bestimmungsschlüssel von «iGräser» berücksichtigten Merkmale bzw. Merkmalsausprägungen.

Tab. 1: Nombre de critères et/ou d'expressions des caractères considérés aux différents niveaux hiérarchiques de la clé de détermination d'iGräser.

len, d.h. 41958 Einträge vom Typ «ja/nein» zu machen. Besonders schwierig war dabei, dass die Mehrzahl der benötigten Angaben in der traditionellen Bestimmungsliteratur nicht verfügbar ist. Jedes der verwendeten Merkmale ist in der Literatur zwar bei der einen oder anderen Art erwähnt, zu seiner Ausprägung bei allen anderen Arten, die sich anhand von anderen Merkmalen bestimmen lassen, fehlen aber entsprechende Angaben. Die einzige uns bisher bekannte, vollständig ausgefüllte Merkmalstabelle für die Bestimmung von Grasarten wurde von Volger (1962 & 1994) für Norddeutschland zusammengestellt und umfasst 63 Arten und 28 Merkmale.

**Technische Herausforderungen:**

Auf der technischen Seite am anspruchsvollsten waren (1) die Datenbank (Backend), (2) die Komplexität der App, (3) die für den Benutzer möglichst intuitive Umsetzung auf dem iPhone (Useability), (4) der optimale Umgang mit den technischen Möglichkeiten und Grenzen des iPhones und (5) last, but not least die Bestimmungs-Algorithmik.

**Backend:** Bei der Datenbank, welche die Grundlage für die App bildet, waren Flexibilität und Funktionalität besonders wichtig. Bezüglich der Dateneingabe war z.B. entscheidend, dass die Reihenfolge der Merkmale im Bestimmungstool jederzeit leicht angepasst werden konnte. Zudem musste natürlich auch der fehlerfreie Transfer der – wegen der zahlreichen Fotos – sehr umfangreichen Daten in die App gewährleistet sein.

**Komplexität:** «iGräser» ist sowohl eine sehr umfangreiche als auch eine sehr komplexe App. Neben den vier auf dem Start-Bildschirm (Home-Screen) sichtbaren Modulen «Bestimmung», Arten A-Z, «Sichtungen» und «Glossar» gibt es im Hintergrund noch die beiden Module «Artenfilter» und «Arten-Detailansicht». In all diesen Modulen müssen alle Daten richtig aufbereitet und miteinander verknüpft werden, z.B. die Fotos, die dazugehörigen Legenden, die ähnlichen Grasarten und die Verbreitungskarten.

**Useability:** Wichtig für die Useability ist die intuitive Bedienung der App. Hinter einem überzeugenden und auf den ersten Blick einfach wirkenden Endprodukt steckt sehr viel Detailarbeit, insbesondere in den Bereichen Inhalt, Technik, Funktionalität und Design. Für den Nutzer wichtig ist z.B., dass Fotos und Verbreitungskarten zoombar sind oder dass die bisher ausgewählten Merkmale auf einer Merkmalsliste jederzeit eingesehen und individuell wieder ge-

löscht werden können. Dahinter steckt ein ausgeklügeltes Navigationskonzept via «Breadcrumbs».

**Möglichkeiten und Grenzen des iPhones:**

Der Bildschirm des iPhones hat zwar eine sehr gute Auflösung (Retina-Display), ist aber relativ klein. Diese Grenze lässt sich mit der Zoom-Funktion für Fotos und Verbreitungskarten elegant überwinden. Die Ortungsfunktion des iPhones sollte nicht – wie üblich –



Abb. 3: Mit der innovativen und benutzerfreundlichen App «iGräser» kann auch der interessierte Laie die 111 häufigsten einheimischen Grasarten rasch und zuverlässig bestimmen. Eine kurze Anleitung finden Sie via den «Info»-Button auf dem Start-Bildschirm. So gelangen Sie auch zum Feedback-Formular, mit welchem Sie Fehler melden und Verbesserungsvorschläge machen können.

Fig. 3: Avec l'application innovante et facile à utiliser «iGräser», même l'amateur intéressé peut déterminer de façon rapide et fiable les 111 graminées indigènes les plus fréquentes. Une courte présentation est disponible en visitant l'onglet «Info» sur l'écran initial. Un formulaire «Feedback» est aussi disponible avec la possibilité d'annoncer des erreurs et proposer des améliorations.



Abb. 4: **Arten A-Z.** Im Gräserlexikon finden Sie alle in «iGräser» enthaltenen Grasarten alphabetisch geordnet nach dem lateinischen Namen. Oben links in der Kopfleiste können Sie wählen, in welcher Sprache die Trivialnamen angezeigt werden sollen: Deutsch, Englisch, Französisch oder Italienisch. Mit der Suchfunktion finden Sie schnell die gewünschte Art. Die Suchfunktion unterstützt lateinische Gattungs- und Art-Namen sowie Trivialnamen in allen in «iGräser» enthaltenen Sprachen.

Fig. 4: **Espèces A-Z.** Dans le lexique des graminées, toutes les espèces de graminées sont classées par ordre alphabétique d'après leur nom latin. La langue d'affichage (allemand, anglais, français ou italien) peut aussi être choisie en cliquant en haut à gauche. La fonction de recherche permet de trouver rapidement l'espèce désirée, en recherchant le nom ou le genre de l'espèce en latin, ou son nom dans toutes les langues contenues dans iGräser.

nur beim Notieren von Sichtungen zur Anwendung kommen, sondern – über den Einbezug von Verbreitungsdaten – auch beim Bestimmen.

**Bestimmungs-Algorithmik:** Klassische, dichotome Bestimmungsschlüssel sind als Entscheidungsbaum aufgebaut, der klare Entscheidungen zwischen zwei Merkmalen bzw. Merkmalsausprägungen verlangt. In der Realität gibt es aber meist mehr als zwei Ausprägungen eines Merkmals und nicht alle Ausprägungen und alle Entscheidungen sind immer klar und eindeutig. Für «iGräser» musste für die eigentliche Bestimmungs-Algorithmik daher ein polytomes und fehlertolerantes Verfahren gefunden werden, das pro Merkmal mehr als zwei Ausprägungen und auch unsichere Informationen zulässt. Dies wurde ermöglicht durch die Verwendung von Bayes'schen Netzen (Jensen & Nielsen, 2007). Das sind mathematische Modelle für wahrscheinlichkeitsbasierte Entscheidungen, welche die Kausalstruktur von Bestimmungsproblemen repräsentieren. Ein solches Modell liegt auch der Bestimmungslogik von «iGräser» zu Grunde. Der finale Bestimmungs-Algorithmus ist effizient und berücksichtigt (a) die Zuverlässigkeit eines Bestimmungsmerkmals mittels eines vordefinierten Schlüssels, (b) den Unsicherheitsfaktor eines festgelegten Merkmals, (c) die Summe der zutreffenden Eigenschaften (Merkmale bzw. Merkmalsausprägungen) pro Grasart und zu guter Letzt (d) die bei info flora verfügbaren Daten zur Häufigkeit und – bei Verwendung der GPS-Ortung – auch jene zur Verbreitung der verschiedenen Grasarten in der Schweiz. Die Kombination der aufgezählten Faktoren ermöglicht den Usern der «iGräser-App» eine Grasart aufgrund einiger weniger Merkmale zu bestimmen.

Das im Rahmen des Projektes «iGräser» erarbeitete nachhaltige Software-Framework stellt zusammen mit dem effizienten Bestimmungs-Algorithmus eine wertvolle Grundlage für die Entwicklung weiterer, ähnlich strukturierter Apps dar.

**4 Das Produkt**

Die iPhone-App «iGräser» besteht aus vier verschiedenen Modulen (Abb. 3).

Es umfasst

- ein **Gräserlexikon A-Z (Abb. 4-8):** Die 111 häufigsten Wald- und Freiland-Arten in Wort und Bild.
- ein **Bestimmungs-Tool (Abb. 9-14):** Damit kann auch der interessierte Laie die 111 häufigsten einheimischen Grasarten der Schweiz im nichtblühenden und blühenden Zustand rasch und zuverlässig bestimmen;
- ein **Sichtungs-Tool (Abb. 15):** zum Notieren eigener Funde (mit GPS-Ortung).
- ein **Glossar (Abb. 16).**

**Gräserlexikon A-Z (Abb. 4-8)**

Hier finden Sie ausführliche Porträts zu den 111 häufigsten Grasarten aus allen Lebensräumen und Höhenstufen der Schweiz mit

- detaillierten Informationen zu Standort, Wuchsform, Blättern und Blüten (Abb. 5),
- vielen Fotos mit Legende (Abb. 6),
- Hinweisen auf ähnliche Arten (Verwechslungsmöglichkeiten) (Abb. 7),
- Verbreitungskarten (Schweiz) (Abb. 8) und
- Links zu Wikipedia.



Abb. 5: **Beschrieb.** Zu jeder Grasart gibt es eine detaillierte Beschreibung mit dem Namen in Deutsch, Englisch, Französisch und Italienisch, mit den ökologischen Zeigerwerten gemäss Landolt et al. (2010), mit einem Kurzbeschreibung, einem Detailbeschreibung und einem Link zur entsprechenden Wikipedia-Webseite.

Fig. 5: **Description.** Pour chaque espèce de graminée, une description détaillée est disponible avec les noms en allemand, anglais, français et italien, avec les valeurs écologiques selon Landolt et al. (2010), ainsi qu'une courte description, des critères importants une description détaillée et un lien sur la page Wikipedia correspondante.



Abb. 6: **Bilder.** Zu jeder Grasart gibt es im Durchschnitt zehn Fotos. Jedes Foto ist mit einer Legende versehen, die auf Wunsch ein- oder ausgeblendet werden kann. Alle Fotos sind zudem zoombar und können auch bildschirmfüllend dargestellt werden.

Fig. 6: **Images.** Pour chaque espèce de graminée, une dizaine de photos en moyenne sont disponibles. Chaque photo est décrite avec une légende qui peut être affichée ou non. Toutes les photos peuvent être zoomées et aussi représentées sur plein écran.

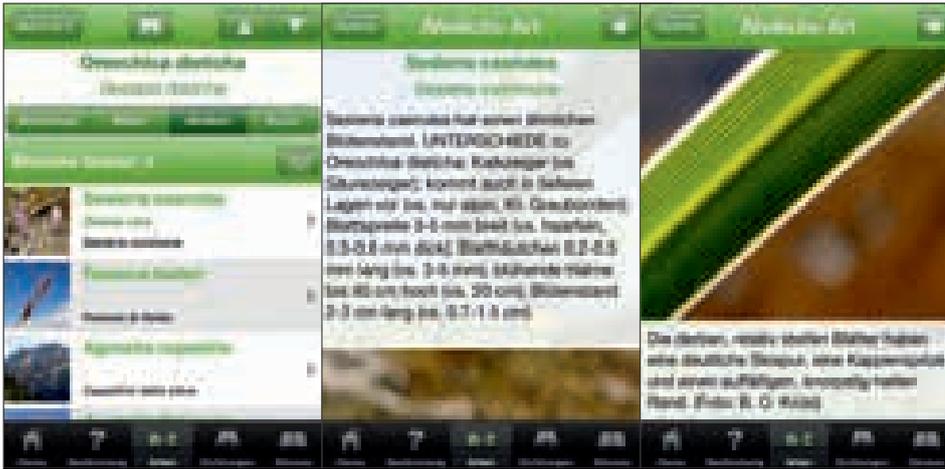


Abb. 7: **Ähnliche Arten.** Bei jeder Grasart sind einige Arten aufgelistet, mit welchen die betreffende Art im vegetativen und/oder im blühenden Zustand leicht verwechselt werden kann. Wenn man eine dieser Arten antippt, erscheint (1) ein kurzer Text mit den wichtigsten Unterschieden zwischen den beiden Arten und darunter (2) alle zur entsprechenden Art vorhandenen Fotos mit Legenden.

Fig. 7: **Espèces semblables.** Pour chaque espèce de graminée, quelques autres espèces avec lesquelles l'espèce en question pourrait facilement se confondre à l'état végétatif ou lors de la floraison, sont énumérées. Lorsque l'on choisit une de ces espèces, il apparaît à l'écran (1) un court texte avec les différences les plus importantes entre les deux espèces et (2) en-dessous toutes les photos disponibles avec les légendes pour l'espèce correspondante.



Abb. 8: **Verbreitungskarte Schweiz.** Zu praktisch jedem Gras gibt es eine von info flora zur Verfügung gestellte, zoombare Karte zur Verbreitung der Art in der Schweiz. Wenn man eine Art mit «iGräser» bestimmt hat, sieht man schon an der Farbe, mit welcher die Wahrscheinlichkeits-Prozentzahl hinterlegt ist, ob die Art dort, wo man sich gemäss GPS-Ortung seines iPhones gerade befindet, schon gefunden worden ist oder nicht.

Fig. 8: **Carte de répartition en Suisse.** Pour pratiquement chaque graminée, une carte de répartition de l'espèce en Suisse est mise à disposition par infoflora. Lorsque l'on a sélectionné une espèce avec iGräser, on distingue déjà par la couleur derrière la valeur de probabilité en pourcent, si les espèces remplissant les critères présélectionnés sont présents ou non à l'endroit où l'on se trouve, conformément au positionnement par GPS de son iPhone.

### Bestimmungs-Tool (Abb. 9–14)

Innovativ an «iGräser» ist insbesondere das Bestimmungs-Tool. Mit den traditionellen Bestimmungsbüchern sind auch viele Hochschul-Biologen überfordert – vor allem wenn Blüten fehlen, was meistens der Fall ist. Ein kleiner Fehler, ein Merkmal, das man nicht richtig kennt, oder eines, das beim zu bestimmenden Exemplar schlecht ausgeprägt oder noch gar nicht zu sehen ist, und

man kommt nie mehr ans Ziel. Mit der «iGräser»-App ist das anders:

- Sie geben die Merkmale ein, die Ihnen auffallen, und zwar in beliebiger Reihenfolge. Auch das Fehlen eines Merkmals können Sie eingeben, z.B. dass die Blattspreite KEINE Skispur hat.
- Sie können Merkmale aus den Bereichen «Standort», «Wuchsform», «Wuchshöhe blühend», «Vegetative

Merkmale» (Blätter), «Generative Merkmale» (Blüten) und «Gattung» (Systematik) frei kombinieren (Abb. 9–12), z.B. Waldgras mit unterseits glänzenden Blättern und grossen Ohrchen ➔ *Festuca gigantea*; oder passend zum Thema Hochlagenbegrünung: in der alpinen Stufe, auf kalkhaltiger Schutthalde, mit oberirdischen Ausläufern ➔ *Trisetum distichophyllum*; oder: ca. 15 cm hohe, horstbildende Festuca-Art mit 1 mm langem Blatthäutchen ➔ *Festuca quadriflora*.

- Wenn Sie ein Merkmal eingegeben haben, sehen Sie in der Fussleiste links sofort, wie viele Arten noch «im Rennen» sind (Abb. 13). Die erste Zahl gibt an, wie viele Arten ALLE eingegebenen Kriterien erfüllen, die Zahl in Klammern, wie viele Arten mit mindestens einem der gewählten Kriterien dabei sind.
- Via GPS-Ortung zeigt Ihnen «iGräser» an, welche der aufgrund der eingegebenen Merkmale in Frage kommenden Arten dort, wo Sie sich gerade befinden, schon gefunden worden sind und welche nicht (Abb. 14).
- Irrren ist menschlich. «iGräser» ist fehlertolerant. Jedes eingegebene Merkmal können Sie jederzeit wieder einzeln aus der Merkmal-Liste entfernen (Abb. 13). Falls keine Art alle eingegebenen Merkmale aufweist, zeigt «iGräser» jene Arten an, die am besten passen. Dabei werden einfache und stabile Merkmale stärker gewichtet als variable oder solche, die erfahrungsgemäss von vielen Nutzern nicht korrekt angesprochen werden. Schliesslich gibt es bei jeder Art direkte Links zu ähnlichen Arten, mit welchen die mit «iGräser» bestimmte Art verwechselt werden könnte (Abb. 7).

### Sichtungs-Tool (Abb. 15)

Das Sichtungs-Tool erlaubt Ihnen, für Sie interessante Fundorte zu speichern und – falls gewünscht – per E-Mail z.B. an info flora, d.h. an das nationale Daten- und Informationszentrum der Schweizer Flora, weiterzuleiten. Jeder Fund wird mit Datum und Uhrzeit sowie über die GPS-Ortung Ihres iPhones bzw. Ihres iPads automatisch mit den internationalen und den Schweizerischen Koordi-



Abb. 9: **Bestimmungs-Tool.** Mit frei wählbaren Merkmalen aus den Bereichen Standort, Wuchsform, Wuchshöhe blühend, Vegetative Merkmale (Blätter) und Gattung können Sie die meisten Grasarten in jedem Entwicklungsstadium rasch und sicher bestimmen.

Fig. 9: **Outil de détermination.** On peut déterminer de façon rapide et sûre la plupart des graminées à chaque étape de développement en combinant librement les critères suivants: «Milieu (habitat)», «Forme de croissance», «Taille à maturité», «Caractères végétatifs (feuilles)», «Caractères génératifs (fleurs)» et «Genre».

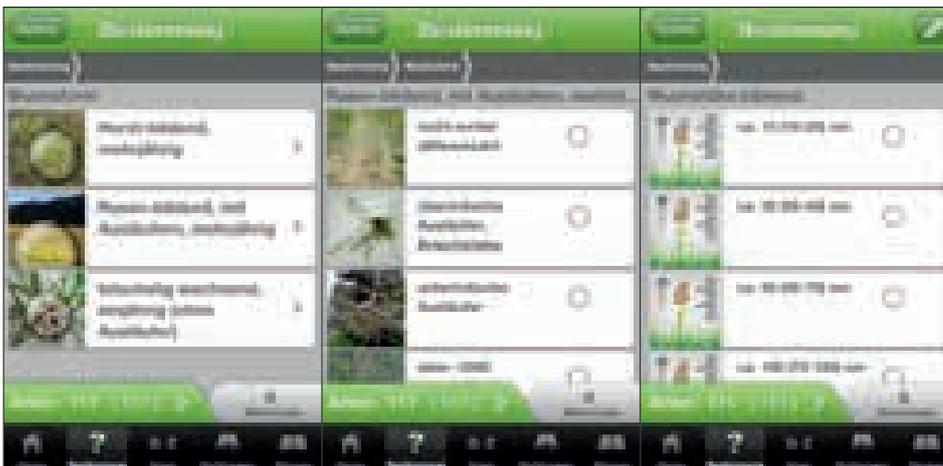


Abb. 10: **Wuchsform und Wuchshöhe blühend** sind zwei Eigenschaften, die Sie (1) im Feld im Allgemeinen leicht und zuverlässig erkennen können und die (2) den Bestimmungsprozess meist erheblich voranbringen.

Fig. 10: **La forme de croissance et la taille à maturité** sont deux caractéristiques pouvant en général (1) facilement et de façon fiable être reconnues sur le terrain et (2) souvent faire avancer considérablement le processus de détermination.

naten versehen. Jeden Fund können Sie zudem mit einem Kommentar versehen. Wenn Sie einen Fund erst nach der Exkursion, d.h. zu Hause oder im Hotel, speichern wollen, können Sie Koordinaten und Datum auch manuell eingeben. Sollten Sie beim Nachbestimmen zu Hause zu einem anderen Ergebnis kommen als im Feld, können Sie den Namen des gesichteten Grasses auch nachträglich noch anpassen.

### Glossar (Abb. 16)

Im Glossar werden alle in «iGräser» und insbesondere im Bestimmungs-Tool verwendeten Begriffe in Wort und Bild

ausführlich erklärt. Mit der Suchfunktion finden Sie schnell den gesuchten Begriff. Insgesamt umfasst das Glossar aktuell 87 Einträge von Antiligula bis Zwenkenblatt. Jeder Eintrag beginnt mit einem Foto, gefolgt von einer Frage sowie der englischen, französischen und italienischen Übersetzung des Begriffs. Anschliessend wird der Begriff ausführlich erklärt und am Schluss des Eintrags befindet sich – soweit vorhanden – ein Link zu einer weiterführenden bzw. ergänzenden Webseite.

### 5 Die häufigsten Anwendungen

Die hauptsächlichen Anwendungen für «iGräser» sind die folgenden:

- a) **Konsultieren 1:** Sie wissen, welche Art Sie vor sich haben, hätten aber gerne einige Zusatzinformationen, z.B. zur Verbreitung in der Schweiz, zu den Standortansprüchen bzw. zu den ökologischen Zeigerwerten gemäss Landolt et al. (2010) etc. ➔ Das Gräserlexikon A–Z hilft weiter (Abb. 4–8).
- b) **Konsultieren 2:** Sie möchten wissen, was man im Zusammenhang mit Gräsern unter «Öhrchen», «geschlossener Blattscheide» oder «Fassertunika» versteht. ➔ Das Glossar hilft weiter (Abb. 16).
- c) **Verifizieren:** Sie haben einen begründeten Verdacht in Bezug auf die Grasart, die Sie vor sich haben, sind sich aber nicht ganz sicher. ➔ Das Gräserlexikon A–Z hilft weiter. Hilfreich ist insbesondere auch der Button «Ähnlich», der bei jeder Art zu einer Liste mit Arten führt, mit welchen die vermutete Art leicht verwechselt werden könnte (Abb. 7). Falls Sie auch damit nicht zum Ziel kommen sollten, ➔ hilft das Bestimmungs-Tool weiter (Abb. 9–14).
- d) **Identifizieren:** Man weiss NICHT, um welche Art es sich handelt, d.h. man möchte das Gras, das man vor sich hat, bestimmen. ➔ Das Bestimmungs-Tool hilft weiter (Abb. 9–14), und wenn man mehr über ein Bestimmungsmerkmal wissen möchte, ➔ das Glossar (Abb. 16).
- e) **Fundort notieren und/oder melden:** ➔ Das Sichtungs-Tool hilft weiter (Abb. 15).

### Zum Bestimmen eines unbekanntes Grasses

geht man im Allgemeinen am besten nach dem Grundsatz «von grob zu fein» vor, d.h. man macht zuerst Angaben zu den leicht erkennbaren Parametern wie «Standort», «Wuchsform» oder «Wuchshöhe blühend» (Abb. 9 und 10). Dann kümmert man sich um die vegetativen Merkmale wie Blattspreite, Blatthäutchen etc. (Abb. 11) und erst zum Schluss um die – sehr oft nicht verfügbaren – generativen Merkmale wie Blütenstands-Typ, Ährchen, Granne etc. (Abb. 12). Konkret machen Sie am besten folgendes:

1. **Standort:** Geben Sie unter «Standort» den zutreffenden **Lebens-**

raum (Freiland vs. Wald etc.) und die passende **Höhenstufe** etc. ein. In der Fussleiste sehen Sie sofort, wie viele Arten ALLE bisher gewählten Kriterien erfüllen (Abb. 13); die Zahl in Klammern gibt an, wie viele Arten mindestens eines der gewählten Kriterien erfüllen. **Tipp 1:** Ignorieren Sie im ersten Durchgang den Button «sicher/unsicher» **Tipp 2:** Via «Merkmale» in der Fussleiste rechts können Sie die gewählten Merkmale einzeln oder gesamthaft wieder löschen (Abb. 13).

2. **Wuchsform:** Geben Sie unter «Wuchsform» an, ob das zu bestimmende

Gras Horste bildet oder rasisig wächst (Abb. 10). **Tipp:** Geben Sie nur Merkmale ein, bei denen Sie sicher sind, dass Sie wirklich vorhanden bzw. nicht vorhanden sind.

3. **Wuchshöhe blühend:** Wenn blühende Triebe vorhanden sind, geben Sie die Wuchshöhe der Blütenhalme ein (Abb. 10).

4. **Pflanze genau anschauen (evtl. mit Lupe) und sich die drei auffälligsten Merkmale merken:** **Tipp 1:** In «iGräser» können Sie auch das Fehlen eines Merkmals eingeben, z.B. KEINE

Öhrchen, KEINE Skispur etc. **Tipp 2:** Sollte Ihnen spontan kein Merkmal ins Auge stechen, hilft Ihnen «iGräser» weiter: Auf jedem Bildschirm sind die wichtigsten Merkmale jeweils zuoberst aufgeführt.

5. **Merkmale eingeben:** Geben Sie diese drei Merkmale via «Vegetative Merkmale» bzw. via «Generative Merkmale» ein (Abb. 11 und 12).

6. **Wenn noch mehr als etwa fünf Arten ALLE eingegebenen Kriterien erfüllen,** grenzen Sie die Auswahl durch die Eingabe weiterer Merkmale ein. **Tipp:** Geben Sie insgesamt nicht mehr als 5 bis 6 Merkmale ein. Mit jedem zusätzlichen Merkmal steigt die Gefahr, dass sich einige gegenseitig ausschliessen.

7. **Wenn nur noch fünf oder weniger Arten ALLE von ihnen eingegebenen Kriterien erfüllen,** klicken Sie in der Fusszeile links auf «Arten» und die Liste der passenden Arten erscheint, geordnet nach abnehmender Wahrscheinlichkeit (Abb. 13). **Tipp:** Auch wenn keine Art ALLE von Ihnen gewählten Kriterien erfüllt, zeigt Ihnen «iGräser», welche Art am besten zu den von Ihnen gewählten Merkmalen passt.

8. **GPS-Ortung – Verbreitung in der Schweiz:** Wenn die GPS-Ortung in Ihrem Gerät aktiviert ist und wenn Sie sich in der Schweiz befinden, zeigt ein Klick auf den «Schweizerkarte»-Button in der Kopfzeile, welche der zu den von Ihnen den gewählten Merkmalen passenden Arten an Ihrem Aufenthaltsort gemäss den verfügbaren Verbreitungsdaten tatsächlich vorkommen (Abb. 14).

9. **Jetzt sind Sie fast am Ziel:** Klicken Sie auf die oberste, d.h. auf die am besten passende Art und es erscheinen Fotos und Detailinformationen (Abb. 5–8).

10. **Mit ähnlichen Arten vergleichen:** Der Button «Ähnlich» zeigt Ihnen jene Arten, mit welchen die bestimmte Art im nichtblühenden und/oder im blühenden Zustand leicht verwechselt werden könnte (Abb. 7).

11. **Mit konventionellem Bestimmungsschlüssel verifizieren:**



Abb. 11: **Vegetative Merkmale.** Vegetative Merkmale spielen bei der Gräserbestimmung eine grosse Rolle, da sie auch an jungen, an abgeweideten oder abgemähten Trieben zu sehen sind. Da dabei oft die Länge bzw. Breite eines Merkmals entscheidend ist, verfügt «iGräser» auch über einen eingebauten Massstab.

Fig. 11: **Caractères végétatifs.** Les caractéristiques végétales jouent un rôle important pour la détermination des graminées, car elles sont aussi visibles sur des pousses jeunes, abroustées ou fauchées. Comme la longueur, resp. la largeur d'une caractéristique est souvent déterminante, une règle graduée est aussi disponible dans iGräser.

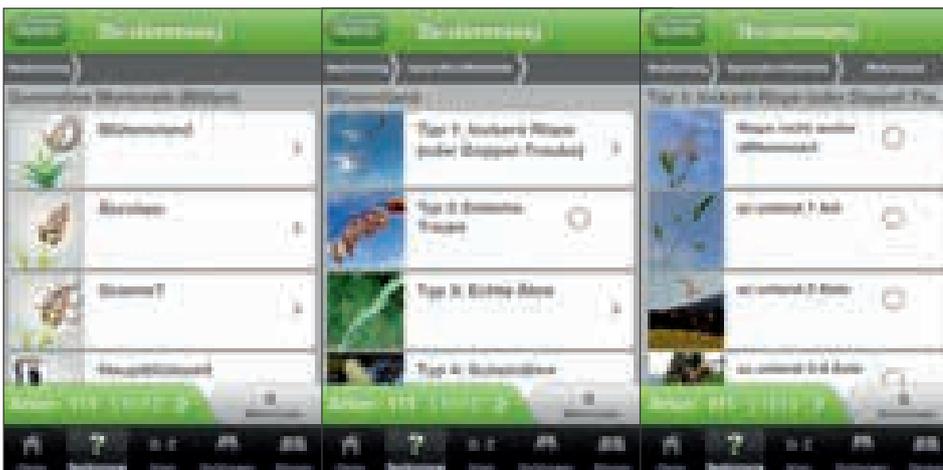


Abb. 12: **Generative Merkmale.** Das sind die Merkmale, welche in den traditionellen Bestimmungsschlüsseln die Hauptrolle spielen. In der Praxis sind allerdings oft keine blühenden Halme vorhanden. Bei «iGräser» können Sie aber auch die generativen Merkmale für die Bestimmung nutzen.

Fig. 12: **Caractères génératifs.** Ce sont les caractéristiques jouant les rôles principales dans les clés de détermination traditionnelles. Néanmoins dans la pratique, les tiges en fleurs ne sont souvent pas présentes. Avec iGräser, il est toutefois aussi possible d'utiliser les caractères génératifs pour la détermination.

Auch wenn Fotos und Beschreibung perfekt zu passen scheinen, empfiehlt es sich, die Bestimmung mit einem herkömmlichen Bestimmungsschlüssel zu überprüfen, in der Schweiz z.B. mit Binz & Heitz (1990), Hess et al. (2010) oder

Lauber et al. (2012). Dies insbesondere auch deshalb, weil in «iGräser» momentan nur etwa die Hälfte der in der Schweiz vorkommenden Grasarten enthalten ist.

12. **Neue Pflanze:** Wenn Sie eine neue Pflanze bestimmen wollen

oder wenn Sie mit der Bestimmung noch einmal neu beginnen wollen, klicken Sie in der Fussleiste rechts auf «Merkmale» und anschließend auf «Alle Merkmale löschen» (Abb. 13).



Abb. 13: **Bestimmung.** Die Fusszeile im linken Bild zeigt Ihnen, dass nur zwei der 111 in «iGräser» berücksichtigten Arten ALLE vier von Ihnen gewählten Merkmale (Wuchshöhe = 15 cm, pH-Boden = sauer, Höhenstufe = alpin, Rohboden) erfüllen. Wenn Sie in der Fusszeile rechts auf «Merkmale» tippen öffnet sich die Merkmal-Liste (mittleres Bild) und Sie sehen, welche Merkmale Sie bisher gewählt haben. Wenn Sie in der Fusszeile im linken Bild auf «Arten» tippen, öffnet sich die Liste mit den passenden Arten. In der Merkmal-Liste im mittleren Bild können Sie jedes Merkmal einzeln löschen. Durch Antippen des «Erneuern»-Buttons in der Kopfleiste wird die Liste aktualisiert.

Fig. 13: **Détermination.** La note en bas de l'image à gauche montre que seules deux des 111 espèces considérées par iGräser remplissent TOUS les quatre critères sélectionnés (taille à maturité = 15 cm, pH du sol = acide, étage de végétation = alpin, sol brut). Lorsque vous pressez sur «Critères» au bas de l'écran à droite, la liste de critères s'ouvre (image au centre) et vous voyez les critères que vous avez sélectionnés jusqu'à présent. Lorsque vous pressez sur «Espèces» au bas de l'écran à gauche, une liste avec les espèces correspondantes s'ouvre. Dans la liste de critères de l'image centrale, vous pouvez supprimer chaque critère individuellement. La touche «Actualiser» en haut permet de mettre à jour la liste.



Abb. 14: **GPS-Ortung - Verbreitung in der Schweiz.** Nur die beiden mit dem «iGräser»-Symbol markierten Arten erfüllen ALLE gewählten Merkmale. «iGräser» vergleicht Ihren aktuellen Ort mit den Verbreitungsdaten von info flora und teilt Ihnen mit, dass *Oreochloa disticha* dort, wo Sie sich gerade befinden, bisher noch nicht gefunden worden ist. Wahrscheinlich handelt es sich bei der Art, die Sie gerade vor sich haben, daher um *Agrostis rupestris*.

Fig. 14: **Localisation GPS - répartition en Suisse.** Seules les espèces marquées avec le symbole iGräser remplissent TOUS les critères sélectionnés. iGräser compare votre location actuelle aux données de répartition fournies par infoflora et vous informe que l'*Oreochloa disticha* n'a jusqu'à présent pas été répertorié à cet emplacement. C'est pourquoi l'espèce que vous avez devant vous est probablement un *Agrostis rupestris*.

Diese Anleitung, weitere Hinweise, eine Literaturliste sowie eine Feedback-Möglichkeit finden Sie auch in der «iGräser»-App, und zwar unter dem Info-Button auf dem Start-Bildschirm (Abb. 3).

**Zum Notieren bzw. Melden einer Sichtung** gehen Sie am einfachsten wie folgt vor (Abb. 15):

1. Auf dem Start-Bildschirm tippen Sie auf «Sichtungen» und gelangen so zur Liste mit den bereits notierten Sichtungen.
2. Via den «+»-Button oben rechts in der Kopfleiste gelangen Sie zur Artenliste A–Z.
3. In der Artenliste «A–Z» tippen Sie auf die gesichtete Art und gelangen so zum Screen «Neue Sichtung».
4. Das «iGräser»-Symbol zeigt, wo Sie sich gemäss GPS-Ortung Ihres iPhones oder iPads gerade befinden. Wenn nötig, können Sie das «iGräser»-Symbol durch Bewegen des Kartenhintergrundes noch genauer platzieren. Koordinaten und Datum werden automatisch angezeigt. Im Feld unterhalb der Koordinaten können Sie einen Kommentar einfügen. (Wenn Sie eine Art erst zu Hause oder im Hotel bestimmt haben, können Sie die Fundort-Koordinaten manuell eingeben, indem Sie auf das Koordinaten-Feld tippen. Auch das Datum kann manuell eingegeben werden. Und wenn Sie beim Nachbestimmen zu Hause zu einem anderen Ergebnis kommen als im Feld, können Sie den Namen des gesichteten Grases nachträglich noch anpassen.)
5. Via den «Sichern»-Button in der Kopfleiste gelangen Sie zur Liste mit Ihren Sichtungen und Sie werden gefragt, ob Sie die Sichtung an das nationale Daten- und Informationszentrum der Schweizer Flora «info flora» weiterleiten wollen oder nicht.
6. Sichtungen verwalten: Via das «Bleistift»-Symbol in der Kopfleiste können Sie einzelne Sichtungen löschen.

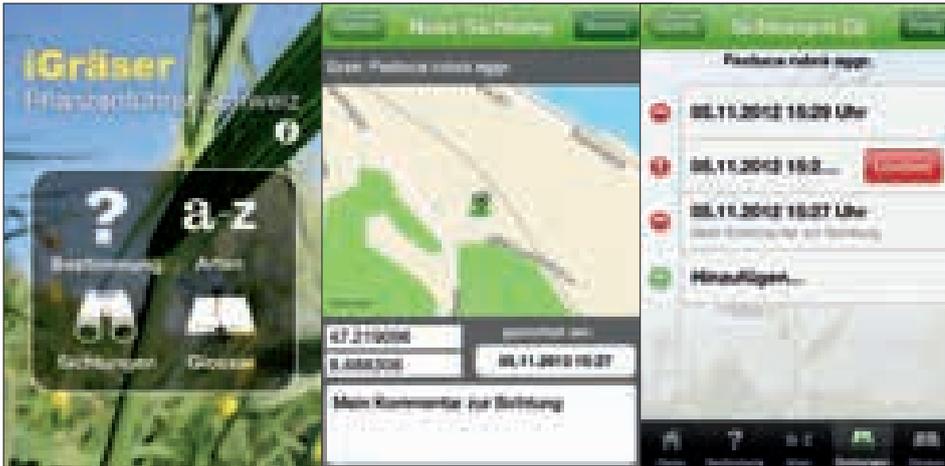


Abb. 15: **Sichtungs-Tool.** Mit dem Sichtungstool können Sie die Koordinaten von Fundorten zusammen mit Datum, Uhrzeit und einem Kommentar speichern und gegebenenfalls weitergeben, z.B. an info flora. Wenn sie beim Nachbestimmen zu Hause zu einem anderen Ergebnis kommen als im Feld, können Sie den Namen des gesichteten Grases nachträglich anpassen. Die manuelle Eingabe von Koordinaten, Datum etc. erlaubt Ihnen, Sichtungen auch erst im Hotel oder zu Hause einzugeben.

Fig. 15: **Dossiers observations.** Avec cet outil, vous pouvez enregistrer vos observations avec les coordonnées GPS, la date, l'heure et un commentaire, et éventuellement transmettre l'information, par exemple à info flora. Arrivé à la maison ou sur votre lieu de travail, vous pouvez modifier et insérer manuellement les coordonnées GPS du lieu où l'espèce a été observée, ainsi que la date et l'heure de l'observation. Si vous vous rendez compte que vous avez commis une erreur, vous pouvez bien entendu encore changer le nom de l'espèce.

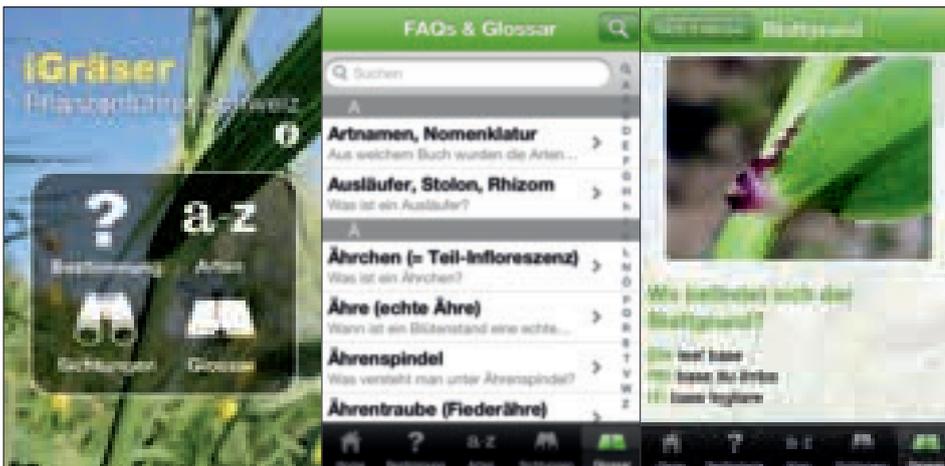


Abb. 16: **Glossar.** Im Glossar sind alle in «iGräser» verwendeten Begriffe in Wort und Bild ausführlich erklärt. Mit der Suchfunktion finden Sie schnell den gesuchten Begriff. Am Ende jedes Eintrags finden Sie meist einen Link zu einer einschlägigen Webseite mit weiterführenden Informationen.

Fig. 16: **Glossaire.** Toutes les termes utilisés dans iGräser sont expliqués en détail et illustrés dans le glossaire. Vous trouvez rapidement le terme recherché avec la fonction de recherche. La plupart du temps, un lien vers une page internet pertinente avec des informations complémentaires est mentionné au bas de chaque entrée.

7. **Sichtungen weiterleiten:** Auf der Liste mit Ihren Sichtungen wählen Sie die gewünschte Art aus, bei der Liste aller Sichtungen zur betreffenden Art die gewünschte Sichtung und Sie gelangen so zum Screen mit Kartenausschnitt, Koordinaten und Datum. Wenn Sie das «E-Mail»-Symbol in der Kopfleiste oben rechts antippen, öffnet sich ein bereits mit Artname, Datum und Koordinaten vollständig ausgefülltes Mail, welches Sie nur noch an die gewünschte Person senden müssen.

**Hinweis:** Wenn Sie sich in der Detailansicht einer Grasart befinden, können Sie das Sichtungstool auch direkt über das «Feldstecher»-Symbol in der Kopfleiste öffnen (Abb. 5).

## 6 Die Zukunft

Zuoberst auf der Liste steht in Bezug auf den Inhalt sicher (1) das Ausmerzen der bisher noch nicht gefundenen sprachlichen und inhaltlichen Fehler und (2) das Ergänzen der Fotodokumentation bei einigen bisher noch ungenügend illustrierten Arten. Insbesondere bei der Fehlerbehebung zählen wir auch auf das Publikum. Über den «Info»-Button auf dem Start-Bildschirm gelangen Sie zu einem Feedback-Formular, mit welchem Sie uns Ihre Verbesserungsvorschläge unkompliziert mitteilen können (Abb. 3).

Wie jedes App muss auch «iGräser» regelmässig an die technischen Neuerungen wie z.B. Software-Updates oder neue Geräte angepasst werden. «iGräser» ist bereits an iOS 6 angepasst, und wurde auch bereits für das iPhone 5 fit gemacht. Stabilität und Performance der Applikation können aber sicher noch weiter optimiert werden. Wünschbar wäre evtl. auch eine direkte Verlin-



Abb. 17: iGräser und iGräser LITE Deutsch und Französisch sind auf dem App-Store erhältlich  
Fig. 17: iGräser et iGräser LITE sont disponibles en français et en allemand sur l'App-Store

kung der Merkmale im Bestimmungs-Tool mit den entsprechenden Einträgen im Glossar.

Mittelfristig sehen wir die Übersetzung ins Englische und Italienische. Zunächst wird einmal das Glossar übersetzt. Ein grosser Fortschritt wäre auch die Integration eines traditionellen Bestimmungsschlüssels, welcher auch die bisher in «iGräser» noch nicht enthaltenen Grasarten der Schweiz abdecken würde. Parallel dazu gilt es natürlich, die Artenliste zu vervollständigen.

Auf der technischen Seite bietet sich mittelfristig z.B. die Entwicklung einer für den iPad optimierten Version an. Erfolgsversprechend und spannend wäre ausserdem, das Potenzial der vorhandenen, auf Bayes'schen Netzwerken basierenden Bestimmungs-Algorithmik besser zu nutzen. Konkrete Ideen für die Weiterentwicklung zu einem «iGräser Plus» sind:

- Optimierung: laufende Anpassung der Merkmalsreihenfolge nach Diskriminanzkraft.
- Individualisierung: Anpassen der Reihenfolge der Merkmale im Bestimmungsschlüssel an individuellen Vorlieben bzw. Bedürfnisse des Benutzers (individuelle Benutzerprofile).
- Intelligente Benutzerführung mit Fragen, die mit «Ja», «Ich weiss nicht», «Nein», «Wahrscheinlich» oder «Wahrscheinlich nicht» beantwortet werden können und die vom System gegebenenfalls wiederholt werden (z.B. wenn nur die Antwort auf eine von zehn Fragen nicht ins Gesamtbild passt; Prinzip Akinator).

## 7 Wo bekomme ich «iGräser»? «iGräser» finden Sie im App-Store (Abb. 17)

- Mit der Gratisversion «iGräser LITE» können Sie alle Funktionen der App in Ruhe testen. «iGräser LITE» enthält 20 Arten.
- Die zweisprachige (Deutsch und Französisch) Vollversion «iGräser» mit aktuell 111 Arten erhalten Sie zum Preis von 25 Fr.

## Literatur

Binz, A. & Heitz, C. 1990. Schul- und

Exkursionsflora für die Schweiz. 19. Aufl. Schwabe, Basel. 659 S.

Bartsch N. 1987 & 1994. Waldgräser: Süssgräser, Riedgras- & Binsengewächse. 1. bzw. 2. Aufl. Schaper, Hannover. 254 S.

Conert, H.J. 2000. Parey's Gräserbuch. Die Gräser Deutschlands erkennen und bestimmen. Parey, Berlin. 592 S.

Cope, T. & Gray, A. 2009. Grasses of the British Isles. BSBI Handbook 13. Botanical Society of the British Isles. 612 S.

Dietl, W., Lehmann, J. & Jorquera, M. 1998. Wiesengräser. Landwirtschaftliche Lehrmittelzentrale, CH-3052 Zollikofen. 191 S.

Deutsche Saatveredelung AG DSV 2010. Gräser bestimmen und erkennen. [www.m.dsv-saaten.de/apps/gs](http://www.m.dsv-saaten.de/apps/gs)

Eggenberg, S. & Möhl, A. 2009. Flora Vegetativa. Ein Bestimmungsbuch für Pflanzen der Schweiz im blütenlosen Zustand. 2. Aufl. Haupt, Bern. 680 S.

Häfliger, E. & Scholz, H. 1980-1982. Grass weeds, Monocot weeds. 3 Bde. Documenta Ciba-Geigy. Ciba-Geigy, Basel. 142 + 137 + 132 S.

Hess, H.E., Landolt, E., Hirzel, R. & Baltisberger, M. 2010. Bestimmungsschlüssel zur Flora der Schweiz. 6. Aufl. Birkhäuser, Basel. 693 S.

Hubbard, C.E. 1985. Gräser. Beschreibung, Verbreitung, Verwendung. 2. Aufl. Ulmer, Stuttgart. 475 S.

info flora 2012. Das nationale Daten- und Informationszentrum der Schweizer Flora. [www.infoflora.ch](http://www.infoflora.ch)

Jensen, F.V. & Nielsen, T.D. 2007. Bayesian Networks and Decision Graphs. Springer, New York. 447 S.

Kaltofen, H. & Schrader, A. 1991. Gräser: Biologie, Bestimmung, wirtschaftliche Bedeutung. 3. Aufl. Deutscher Landwirtschaftsverlag, Berlin. 419 S.

Klapp, E. & Opitz von Boberfeld, W. 2006. Taschenbuch der Gräser. Erkennung und Bestimmung, Standort und Vergesellschaftung. 13. Aufl. Ulmer, Stuttgart. 282 S.

Klapp, E. & Opitz von Boberfeld, W. 2011. Gräserbestimmungsschlüssel für die häufigsten Grünland- und Rasengräser. 6. Aufl. Ulmer, Stuttgart. 84 S.

Landolt, E. et al. 2010. Flora indicativa. Haupt, Bern. 376 S.

Lauber, K., Wagner, G. & Gygax, A. 2012. Flora Helvetica + Bestimmungs-

schlüssel zur Flora Helvetica. 5. Aufl. Haupt, Bern. 1656 + 290 S.

Rothmaler, W. & Jäger, E.J. (Hrsg.) 2007. Exkursionsflora von Deutschland. Bd. 3. Gefässpflanzen: Atlasband. 11. Aufl. Spektrum Akademischer Verlag, München. 753 S.

Volger, E. 1962 & 1994. Gräserbestimmung nach Photos. Eine Anleitung für die Praxis. 60 Gräser in 196 Abbildungen. 1. bzw. 3. unveränderte Auflage. Blackwell Wissenschafts-Verlag, Berlin. 107 S.

USDA-NRCS. On-line plants identification keys for wetland monocots, legumes and grasses in different states. US Dept. of Agriculture. [www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/detail/national/plantsanimals/plants/data/?cid=stelprdb1045110](http://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/detail/national/plantsanimals/plants/data/?cid=stelprdb1045110)

## Kontaktadresse

Bertil O. Krüsi, Prof. Dr. sc. nat. ETH Zürcher Hochschule für angewandte Wissenschaften ZHAW  
Institut für Umwelt und natürliche Ressourcen IUNR  
Forschungsgruppe Quantitative Vegetationsanalyse  
Grüntal  
CH-8820 Wädenswil  
Tel.: +41 58 934 55 95  
E-Mail: [bertil.kruesi@zhaw.ch](mailto:bertil.kruesi@zhaw.ch)  
[www.iunr.zhaw.ch/vegetation](http://www.iunr.zhaw.ch/vegetation)

## Abbildungen

Fotos: Bertil O. Krüsi

Screenshots: Petra I. Lustenberger

## Adressen der Co-Autoren

Daniel Hepenstrick MSc ETH, Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften ZHAW, Institut für Umwelt und natürliche Ressourcen IUNR, Quantitative Vegetationsanalyse, [daniel.hepenstrick@zhaw.ch](mailto:daniel.hepenstrick@zhaw.ch)

Petra I. Lustenberger, MSc, Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften ZHAW, Institut für Angewandte Simulation IAS, Webapplikationen und Educational Tools, [petra.lustenberger@zhaw.ch](mailto:petra.lustenberger@zhaw.ch)

Thomas Ott, Prof. Dr., Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften ZHAW, Institut für Angewandte Simulation IAS, Bioinspiriertes Computing, [thomas.ott@zhaw.ch](mailto:thomas.ott@zhaw.ch)

# Praxishandbuch zur Samengewinnung und Renaturierung von artenreichem Grünland



**Autoren: Anita Kirmer, Dr. Bernhard Krautzer, Sabine Tischew**

Erscheinungsdatum: Mai 2012

Verlag: Höhere Bundeslehr- und

Forschungsanstalt für Landwirtschaft (HBLFA)

Raumberg-Gumpenstein, Irnding (221 Seiten)

ISBN: 9783902559708

**Link zur Bestellung:** [http://www.raumberg-gumpenstein.at/c/index.php?option=com\\_content&view=article&id=2087](http://www.raumberg-gumpenstein.at/c/index.php?option=com_content&view=article&id=2087)

Aktuell besteht vor dem Hintergrund, die anspruchsvollen Ziele zum Erhalt der biologischen Vielfalt zu erreichen, ein grosses Interesse an Techniken zur Gewinnung von regionalen Saatgutmischungen und zur Renaturierung und Etablierung von artenreichen Wiesen und Weiden. Dabei ist die Verfügbarkeit von Wildpflanzensamen bislang ein wesentlicher limitierender Faktor. Durch die Verwendung von direkt in artenreichen Grünlandbeständen geernteten Samenmischungen sowie von Wildpflanzensamen aus regionalen Vermehrungsbeständen kann bei Renaturierungsvorhaben mit hohen Erfolgchancen eine regionaltypische Vegetation entwickelt werden. Das betrifft beispielsweise die Neuanlage von artenreichen Wiesen und Weiden auf ehemaligen Ackerstandorten oder Rohbodenflächen sowie die Aufwertung von

artenarmen Wirtschaftsgrünland. Der Einsatz von regionalen Samenmischungen ist gleichzeitig ein aktiver Beitrag zur Vermeidung von Florenverfälschungen. Um den Renaturierungserfolg sicherzustellen, sind zudem standortangepasste Flächenvorbereitungen sowie eine zielorientierte Entwicklungs- und Folgepflege unabdingbar. Mit diesem Praxishandbuch wollen die Verfasser den Behörden und Firmen ein kompaktes Nachschlagewerk zu diesen Themenkreisen in die Hand geben, das die langjährigen Erfahrungen der Autoren bündelt.

## **Kommentar von o. Univ. Prof. Dr. Florin Florineth, Universität für Bodenkultur Wien**

Artenreichtum und Biodiversität wurden früher allein aus naturschutzfachlicher Sicht empfohlen und gefördert. Heute bedeutet Artenreichtum sowohl eine gute Bodenabdeckung und entsprechenden Erosionsschutz als auch einen geringen Pflegeaufwand zur Erhaltung dieser Vegetationsbestände. Letzteres ist vor allem für die öffentliche Verwaltung sehr wichtig, weil sich diese die intensive Pflege reiner Gräserbestände (wie Zierrasen oder Gebrauchsrasen) im Siedlungsraum nicht mehr leisten kann.

Artenreichtum bedeutet weniger Mähgutanfall durch geringere Schnitthäufigkeit, keine Dünger- und Pestizidgaben, Einsparung von Beregnungswasser durch die Verwendung trockenresistenter und anspruchsloser Arten u.a.m. Auch die Ästhetik durch den Farbenreichtum verschiedener Blüten zu unterschiedlicher Zeit rückt im Siedlungsraum immer mehr in den Mittelpunkt.

Das vorliegende Praxishandbuch liefert für die Entwicklung artenreicher Vegetationsbestände eine sehr gute Grundlage. Auch wenn dieses Buch in erster Linie als artenreiches Grünbuch in der freien Landschaft gedacht und geschrieben worden ist, kann es für den Sied-

lungsraum genauso angewendet werden.

Die Hauptkapitel beschreiben folgende Themen:

- Grundlagen und Ziele der Renaturierung von artenreichem Grünland
- Spenderflächen für artenreiche Samenmischungen
- Spenderflächenkataster und Fachinformationssysteme
- Techniken zur Ernte von Samen- und Pflanzenmaterial in artenreichem Grünland
- Landwirtschaftliche Produktion von Samen aus regionalen Herkünften
- Vorbereitung und Beurteilung der Empfängerflächen
- Techniken für die Etablierung von artenreichem Grünland
- Entwicklungspflege, Folgenutzung und Erfolgskontrolle
- Qualitätsstandards für direkt geerntete Samen und Samenmischungen
- Kosten für naturnahe Begrünungsmethoden
- Planungsschritte für die praktische Umsetzung
- Beispiele für naturnahe Begrünungsmassnahmen

Das schön gestaltete und mit vielen Farbbildern ausgestattete Buch gibt den planenden und ausführenden Personen ein wunderbares Rezept in die Hand, mit dem sie auf einfache und fachgerechte Weise artenreiche und standortgerechte Vegetationsbestände nicht nur neu errichten, sondern auch pflegen können.

# Praxiskurs des Vereins für Ingenieurbiologie 2011

Philipp Haag, Roger Keller, Philipp Müller

## Zusammenfassung

Thema des Praxiskurses 2011 war die Sicherung eines Moränenrisses in der Gemeinde Niedergesteln. Der Verein für Ingenieurbiologie organisierte unter der Leitung von Philipp Müller, Ernst Abgottsporn und Jules Seiler einen 4-tägigen Baukurs. Bruchsteinmauern, Holzkästen, Hangroste, Piloten, Erosionsschutzmatten, Pflanzungen und Ansaaten waren Kernthemen dieser Tage.

## Keywords

Praxiskurs, ingenieurbioiogsche Böschungssicherungen, Holzkasten, Hangrost, Piloten

## Cours pratique de l'Association pour le génie biologique 2011

### Résumé

Le thème du cours pratique 2011 était la consolidation d'une zone d'arrachement de moraine dans la commune de Niedergesteln. L'Association pour le génie biologique a organisé sous la conduite de Philipp Müller, Ernst Abgottsporn et Jules Seiler un cours de construction d'une durée de quatre jours. Des murs en moellons, des caissons en bois, des armatures en bois, des pilotis, des géotextiles de protection contre l'érosion, les plantations et les semis étaient les thèmes centraux de ces journées.



Abb. 1: Erosionshang 2009; Ph. Müller  
Fig. 1: Pente d'érosion 2009; Ph. Müller

## Mots-clés

*Cours pratique, consolidation de pente par des mesures du génie biologique, caissons en bois, armatures en bois, pilotis*

## Corso di formazione 2011 dell'Associazione per l'ingegneria naturalistica (VIB)

### Riassunto

Il corso tematico 2011 era incentrato sulla stabilizzazione di una frattura incipiente di una morena a Niedergesteln. L'Associazione per l'ingegneria naturalistica ha organizzato un corso di formazione di quattro giorni gestito da Philipp Müller, Ernst Abgottsporn e Jules Seiler. I temi chiave erano: muro di pietra, cassone di legno, grata viva, piloti / picchetti, pedane di protezione dall'erosione, impianto/pian-tagione e semina.

### Parole chiave

*Corso di formazione, stabilizzazione di pendii con misure di bioingegneria, cassone di legno, grata viva, piloti, picchetti*

## 1 Einleitung

Der Praxiskurs fand im Oktober 2011 in der Gemeinde Niedergesteln im



Abb. 2: Hangsicherung im Bau; Ph. Müller  
Fig. 2: Consolidation de pente en construction; Ph. Müller

Wallis statt. Der Problemhang liegt an der Lötschberg-Südrampe auf rund 950 Meter über Meer. Am Bahnhof Raron machten wir uns nach einer kurzen Vorstellungsrunde sogleich auf den kurvigen Weg hinauf zu unserem Arbeitsort. Beim Maiensäss Bräggi angekommen, konnten wir zuerst einen Überblick über die Baustelle gewinnen. Danach informierten die Kursleiter bei Kaffee und Gipfeli einerseits über Geologie, Vegetation und Klima, andererseits über die Ursache der entstandenen Erosion und über die Massnahmen zur Behebung.

## 2 Ausgangslage

Mit dem Ausbau der Lötschberg-Bahnstrecke in den 70er Jahren wurde die Hangflanke mit drei Strassen durchkreuzt, um die Baustelle mit Material zu versorgen und den Weiler zu erschliessen. Beim Bau der Strasse im steilen Gelände wurde der Hang dabei unprofessionell angeschnitten, sodass die Zufahrtsstrasse zum Maiensäss Bräggi durch die fortlaufende Erosion von Wind und Wasser einzubrechen drohte. Die Erosion muss gestoppt und eine stabilisierende Vegetationsschicht aufgebaut werden. An den sonnenexponierten Hängen der Lötschberg-Südrampe herrscht aber ein ausgesprochen kontinentales Klima und ein starker Wind zieht ständig durch das Rhonetal. Diese unwirtlichen Umweltbedingungen wirken sich auch auf die Vegetation des

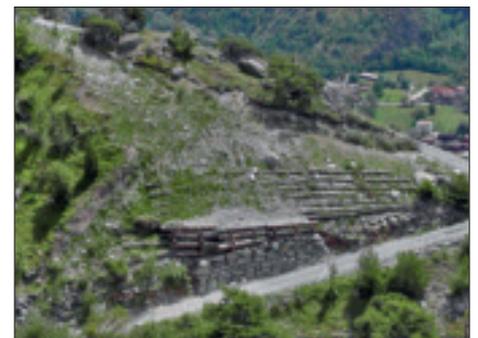


Abb. 3: Hangsicherung Juli 2012; Ph. Müller  
Fig. 3: Consolidation de pente en juillet 2012; Ph. Müller

Wallis aus, welche mit lichten Föhrenwäldern und Felsensteppen vertreten ist. Am Standort werden die Wachstumsbedingungen zusätzlich noch durch das silikatreiche und kompakte Endmoränenmaterial erschwert.

### 3 Ziele der Massnahmen

- Abflachung der Böschungen durch Umlegung der Flurstrasse.
- Schaffen einer vegetations- und keimfähige Oberfläche.
- Initiierung standortangepasster Pionervegetation zur tiefgründigen Hangsicherung.
- ästhetische Eingliederung in die Landschaft (touristisches Gebiet).
- Hangstabilität zur Garantie der Sicherheit für den darunterliegenden Wanderweg.

### 4 Material und Methode

Am ersten Tag trafen wir auf die Forstgruppe, die bereits intensiv damit beschäftigt war einen Holzkasten zu bauen. Routiniert stapelten die Förster mit Hilfe eines Forwarders die Baumstämme zu einem zweihäufigen Holzkasten. Dieser gründet auf einer soliden Blocksteinmauer, welche bei der vorangegangenen Strassenumlegung bereits erstellt wurde.



Abb. 4: Bau eines zweihäufigen Holzkastens durch Forstgruppe; Ph. Müller  
Fig. 4: Construction de deux caissons en bois principaux par groupe forestier; Ph. Müller

Mit einem Schreitbagger wurde der Holzkasten verfüllt und wurden die anliegenden Böschungen ausgerundet. Beim Einbauen des Materials war Vorsicht geboten, denn immer wieder lösten sich neue riesige Findlinge und donnerten auf den Holzkasten herab. Lagenweise wurde der Holzkasten verfüllt und mit Weidenmaterial ergänzt.



Abb. 5: Holzkasten und Holzroste roh; Ph. Müller  
Fig. 5: Caissons et armatures en bois; Ph. Müller

Oberhalb des Holzkastens wurde ein Hangrost aufgebaut. Dieser stützt sich auf die vorderen Elemente des Holzkastens ab. Mit Schrauben wurden die einzelnen Stämme auf den darunter liegenden Trägern montiert. Anschliessend wurden im Hangrost Weidenlagen eingebaut und mit kiesigem anstehendem Material verfüllt.



Abb. 6: Abflachung der Böschung und Hinterfüllung Holzroste; Ph. Müller  
Fig. 6: Aplatissement du talus et remplissage arrière des armatures en bois; Ph. Müller

Bei einem Abschnitt, bei dem die Erosion noch kein verheerendes Ausmass erreicht hat, verwendeten wir Pilotenstämmen. Mit vereinten Kräften verteilten die Kursteilnehmer die gewaltigen Stämme im übersteilen Hang. Im Gelände wurde konstruktiv miteinander diskutiert, wie die Stämme angeordnet werden müssen, um sie dem Gelände bestmöglich anzupassen, sodass das Oberflächenwasser geeignet abgeleitet werden kann. Die verwendeten Totholzstämmen sorgen für eine sofortige Stabilisierung des Hanges, welche langfristig durch die Vegetation gesichert werden soll. Um eine Besiedelung der Vegetation an der Böschungskrone zu ermöglichen, muss die angerissene Böschungskante ausgerundet werden. Die so gewonne-



Abb. 7: Versetzen der Pilotenstämmen; Ph. Müller  
Fig. 7: Mise en place des pilotis; Ph. Müller

nen Vegetationssoden wurden direkt oberhalb der Pilotenstämmen wieder eingebaut.

Gesichert mit einem Klettergurt befestigten einige mutige Kursteilnehmer die, von der Firma Hunn AG zur Verfügung gestellten Kokosmatten an den steilsten Partien. Kokosmatten verhindern eine oberflächliche Erosion und sind besonders an diesem windexponierten Standort sinnvoll.

Neben den vor Ort frisch geschnittenen Weidenästen zur raschen Bebuschung wurden einheimische, wurzelnackte Gehölze und Containerpflanzen (Quickpot) gepflanzt. Sie ergänzen die Pflanzenvielfalt und beschleunigen die Sukzession zu einer langfristigen, artenreichen und standortangepassten Bewaldung. Die geplante Oberflächenbegrünung mittels Spritzsaat musste aufgrund eines vorangegangenen Unwetters leider verschoben werden. Wir konnten dieser Aktion leider nicht innerhalb der Kurszeit zuschauen. Dennoch erläuterte uns ein kompetenter Vertreter der Hydrosaat AG die Möglichkeiten und Anwendungen von Spritzsaaten.

### 5 Resultate

Zum Abschluss stiessen wir mit einem Glas Walliser Wein auf unsere geleistete Arbeit an. Die Gemeinde bedankte sich für das überzeugende Resultat, obwohl sie zu Beginn sehr kritisch den ingenieurbioologischen Massnahmen gegenüberstand. Eine bunt durchmischte Gruppe aus Fachkräften verschiedener Spezialgebiete schaffte eine kollegiale Stimmung und die lebendigen Diskussionen über die vier Kurstage befruchteten alle.



Abb. 8: Erosionsböschung 2009; Ph. Müller  
Fig. 8: Talus d'érosion 2009; Ph. Müller



Abb. 10: Böschungsverbauung Juli 2012; Ph. Müller  
Fig. 10: Aménagement du talus en juillet 2012; Ph. Müller



Abb. 9: Böschungsverbauung fertiggestellt; Ph. Müller  
Fig. 9: Aménagement du talus terminé; Ph. Müller

**Kontaktadresse:**

Philipp Müller  
Müller LandschaftsArchitektur  
Schachenallee 29A  
5000 Aarau  
062 827 16 16  
info@mueller-la.ch

**6 Verdankung**

Ich danke der Gemeinde Niedergesteln für die zur Verfügung gestellten Mittel, den Firmen Hunn AG, Muri, und Hydro-saat AG, St. Ursen, für die gespendeten Baumaterialien und die Nasssaat und allen Teilnehmern für ihren geleisteten Arbeitseinsatz und hoffe, dass unser Beitrag wiederum einige überzeugt, dass mit ingenieurbio-logischen Massnahmen Problempunkte der Landschaft naturnah gesichert werden können.

# Begrünerpreis 2013

Die Arbeitsgruppe Hochlagenbegrünung (AGHB) des Vereins für Ingenieurbio-logie setzt sich seit 1996 für schonende und standortgerechte Renaturierung im Alpenraum ein.

Um Begrünungsprojekte mit vorbildhaftem Charakter aufzuzeigen, vergibt die AGHB alle zwei Jahre einen Begrünerpreis für gelungene Renaturierungen 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.

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 2013 stattfinden. Der Tagungsort richtet sich nach dem Gewinner des Begrünerpreises.

# Mitgliederversammlung 2013

Die Mitgliederversammlung des Vereins für Ingenieurbio-logie findet, im Zusammenhang mit der Vergabe des Gewässerpreises 2013, am Donnerstag, **25. April 2013** in **Delémont** statt.

## Editorial

2

## Fachbeiträge

Hochlagenbegrünung in Südtirol – ein Rückblick auf 30 Jahre intensive Arbeit	3
Erfolgreiche Begrünungsmethode beim Bau der Julierpassstrasse	12
Standortgerechte Hochlagenbegrünung in Österreich – ein Bericht aus der Praxis	23
Hochlagenbegrünung in Österreich: Stand des Wissens und aktuelle Herausforderungen	34
Das Speicherkraftwerk Kartell, Moostal – Verwall – Westtirol	40
Hochlagenbegrünung: von der Erfolgskontrolle zur priorisierten Handlungsempfehlung	50
«iGräser» – das innovative und benutzerfreundliche mobile Gräserbestimmungs-Tool fürs iPhone	61



## Verein für Ingenieurbiologie Association pour le génie biologique

ZHAW  
Zürcher Hochschule für  
Angewandte Wissenschaften  
Thomas Weibel  
Grüntal, Postfach 335, CH-8820 Wädenswil  
Tel. +41 58 934 55 64, Fax +41 58 934 55 80

## Literatur

Praxishandbuch zur Samengewinnung und Renaturierung von artenreichem Grünland	72
-------------------------------------------------------------------------------	----

## Veranstaltungen

Praxiskurs des Vereins für Ingenieurbiologie 2011	73
Begrünerpreis 2013	75
Gewässerpreis 2013	75
Mitgliederversammlung	75



Europäische Föderation für Ingenieurbiologie  
Federazione Europea per l'Ingegneria Naturalistica  
European Federation for Soil Bioengineering  
Federation Europeenne pour le Genie Biologique  
Federacion Europea de Ingenieria del Paisaje

Rolf Studer  
Direction de l'aménagement, de l'environnement et des constructions  
Protection de la nature et paysage  
Rue des Chanoines 17, Case postale, CH-1701 Fribourg  
Tel. +41 (0)26 305 51 87, Fax +41 (0)26 305 36 09  
E-Mail: studerr@fr.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, Gossweiler Ingenieure AG, Neuhofstrasse 34, Postfach, 8600 Dübendorf 1, Tel.: +41 44 802 77 11, Fax: +41 44 802 77 01, E-Mail: rs@gossweiler.com**

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. 4/12	31. Januar 2013	Bäche und Flüsse in Siedlungsräumen	März 2013	Roland Scheibli
Nr. 1/13	15. Februar 2013	Ingenieurbiologische Werke im Jura	April 2013	Roland Scheibli

**Fachbeiträge sind gemäss den redaktionellen Richtlinien zu verfassen und bis zum Redaktionsschluss an Roland Scheibli, Gossweiler Ingenieure AG, Neuhofstrasse 34, Postfach, 8600 Dübendorf 1, Tel.: + 41 44 802 77 11, Fax: +41 44 802 77 00, E-Mail: rs@gossweiler.com, einzureichen.**