

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 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 m³ 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 Lawinenauffangbecken) sowie im neuen Strassentrassee (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 Lawinenauffangbecken 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

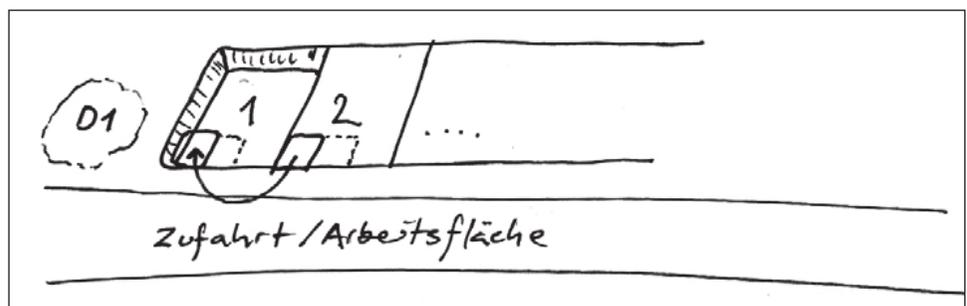


Abb. 2: Schema der streifenweisen Direktumlagerung bei einem Böschungsabtrag. Der abgehobene Boden mit Rasenziegeln der Fläche 1 wird in Depot D1 gelegt. Der geforderte Abtrag auf Fläche 1 wird realisiert. Von Streifen 2 wird der Boden mit den Rasenziegeln direkt auf Fläche 1 umgelagert. Diese Arbeitsschritte 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
Kosten (Unternehmer mit Erfahrung)*	50% bis 80%	100 %

* 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 Begrünungsmethode ist die **Spontanbegrünung** 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

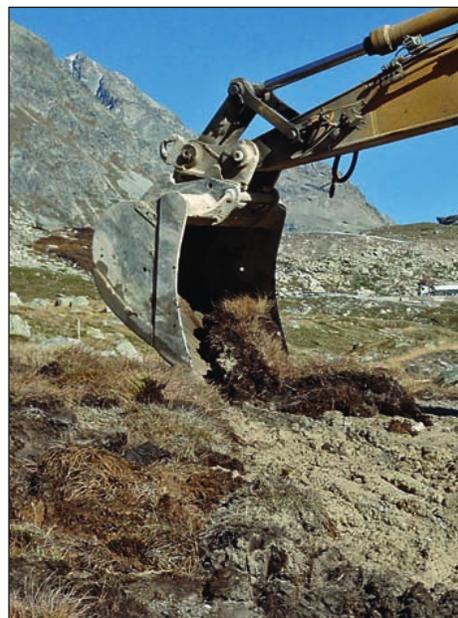


Abb. 4: Einbau der Flachmoorsoden auf vorbereitete Fläche
Fig. 4: Mise en place de mottes de bas-marais sur une surface préparée

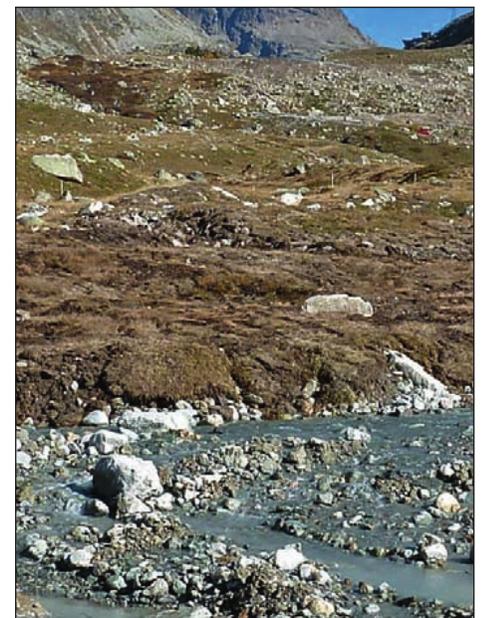


Abb. 5: Das neu angelegte Flachmoor im Bereich der Julia-Aufweitung
Fig. 5: Le bas-marais fraîchement aménagé dans le secteur d'élargissement du fleuve



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 ingenieurblogische 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 m² 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



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

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 verpflanzte (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. 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 gesäter 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. Huflattich 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-Schwingel, 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 m² 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 Artenzusammensetzung 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) entschärft 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 Kostenvoranschlags. 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 selectif

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 Experimentalflächen 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 Skeletgehalt 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 seltenere 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 begrüneten 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 Gesamtspekt 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 Flachmoorbereichen 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-Schwengel 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. Caviezol 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 Ingenieurbio-logie (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