

**RICHTLINIEN
HOCHLAGEN-
BEGRÜNUNG**

**DIRECTIVES POUR
LA VÉGÉTALISATION
EN ALTITUDE**

**LINEE GUIDA PER
L'INVERDIMENTO
IN ALTA QUOTA**



**INGENIEURBIOLOGIE
GÉNIE BIOLOGIQUE
INGEGNERIA NATURALISTICA
INSCHENIERA BIOLOGICA**

Zitiervorschlag:

Peters, M., K. Edelkraut, M. Schneider & C. Rixen [2019]: Richtlinien Hochlagenbegrünung. Ingenieurbiologie 3:1-64. ISSN 1422-008

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	8
1 Einleitung	11
1.1 Verfasser	11
1.2 Ziel	11
1.3 Geltungsbereich	11
1.4 Anwendung der Richtlinien (Inhalt, Aufbau und Gliederung)	11
2 Definitionen	13
2.1 Glossar	13
2.2 Abkürzungsverzeichnis	16
3 Standortbedingungen und rechtlicher Rahmen	17
3.1 Standortfaktoren Hochlagen	17
3.2 Gesetzliche Grundlagen	22
4 Projektierung	23
4.1 Akteure	23
4.2 Qualitätssicherung	23
4.3 Standortansprache	24
4.4 Begrünungsziel	26
4.5 Begrünungsverfahren	28
4.6 Submission	30
4.7 Dokumentation	30
4.8 Checkliste	31
5 Vorarbeiten	32
5.1 Vorbereitung Baustelle	32
5.2 Bodenschutz / Bodenfeuchtigkeit	33
5.3 Sicherung / Lagerung von Pflanzenmaterial und Boden	33
6 Ausführung	35
6.1 Bodenvorbereitung für die Begrünung	35
6.2 Pflanzenmaterial	36
6.3 Begrünungsverfahren	39
6.4 Zusatzstoffe	42
6.5 Zeitlicher Ablauf der Begrünungsarbeiten	44
6.6 Fertigstellungspflege	45
7 Abnahme und Erfolgskontrolle	47
7.1 Abnahme	48
7.2 Erfolgskontrolle	49
8 Entwicklungspflege / Abschlussarbeiten	49
8.1 Entwicklungspflege	49
8.2 Nachsaat und -pflanzung	49
9 Nachnutzung, Unterhalt	51
9.1 Kriterien für Freigabe	51
9.2 Mahd	51
9.3 Beweidung	52
9.4 Entschädigung bei Ertragseinbussen	52
10 Ausblick	53
11 Literaturverzeichnis	54

Titelbild/Frontispice:

Soden werden sorgfältig abgeschält für die Wiederverwendung (Foto: K. Edelkraut)

Les mottes sont soigneusement rabotées afin d'être réutilisées (photo : K. Edelkraut).

Le zolle vengono accuratamente preparate per il riutilizzo (Foto: K. Edelkraut)

Dank



INGENIEURBIOLOGIE
GÉNIE BIOLOGIQUE
INGEGNERIA NATURALISTICA
INSCHENIERA BIOLOGICA



Zürcher Hochschule
für Angewandte Wissenschaften



temperatio

Stiftung für Umwelt | Soziales | Kultur



Paul Schiller Stiftung

Die vorliegende Neuauflage der Richtlinie für Hochlagenbegrünung wurde ermöglicht durch die grosszügige finanzielle Unterstützung durch die Paul Schiller Stiftung, Zürich, und die Stiftung Temperatio, Maur. Wir danken weiter den Kollegen der Arbeitsgruppe Hochlagenbegrünung für den regelmässigen Erfahrungsaustausch und die wertvollen Richtlinien: Urs Müller (Begrünungen Hunn AG, Muri), Tobias Schmid (Otto Hauenstein Samen, Rafz), Markus Schutz (Schutz Filisur Samen und Pflanzen AG, Filisur), und Marc Lehmann (Eric Schweizer AG, Thun). Weiter wird im Besonderen folgenden Personen für inhaltliche Unterstützung gedankt: Bertil Krüsi, Igor Canepa (Swiss Helicopter SA, Gordola), Lukas Geser (Stiftung Wirtschaft und Ökologie SWO, Schwerzenbach), Sybil Rometsch (Info Flora, Bern), Schweizerischer Bauernverband, Brugg, Nina von Albertini (Nina von Albertini Umwelt Boden Bau, Paspels), Stefan Birrer (Hintermann & Weber AG, Reinach) sowie den Autorinnen und Autoren der Erstauflage der Richtlinien.

Remerciements

La présente nouvelle édition des Directives pour la végétalisation en altitude a été rendue possible grâce au généreux soutien financier de la Fondation Paul Schiller, Zurich, et de la Fondation Temperatio, Maur. Nous tenons également à remercier les membres du Groupe de travail pour la végétalisation en altitude pour leurs échanges réguliers d'expériences et leurs précieuses contributions techniques: Urs Müller (Begrünungen Hunn AG, Muri), Tobias Schmid (Otto Hauenstein Samen, Rafz), Markus Schutz (Schutz Filisur Samen und Pflanzen AG, Filisur), et Marc Lehmann (Eric Schweizer AG, Thun). Nous remercions également tout particulièrement les personnes suivantes pour leur soutien: Bertil Krüsi (ZHAW, Wädenswil), Igor Canepa (Swiss Helicopter SA, Gordola), Lukas Geser (Stiftung Wirtschaft und Ökologie SWO, Schwerzenbach), Sybil Rometsch (Info Flora, Berne), Union Suisse des Paysans, Brugg, Nina von Albertini (Nina von Albertini Umwelt Boden Bau, Paspels), Stefan Birrer (Hintermann & Weber AG, Reinach) ainsi que les auteurs de la première édition des Directives.

Ringraziamenti

La presente nuova edizione della linea guida per l'inverdimento in alta quota è stata resa possibile grazie al generoso sostegno finanziario della Fondazione Paul Schiller, Zurigo, e della Fondazione Temperatio, Maur. Desideriamo inoltre ringraziare i membri del Gruppo di lavoro per l'inverdimento in alta quota per il loro regolare scambio di esperienze e per i preziosi contributi tecnici: Urs Müller (Begrünungen Hunn AG, Muri), Tobias Schmid (Otto Hauenstein Samen, Rafz), Markus Schutz (Schutz Filisur Samen und Pflanzen AG, Filisur) e Marc Lehmann (Eric Schweizer AG, Thun). Un ringraziamento speciale va anche alle seguenti

persone per il loro sostegno: Bertil Krüsi, Igor Canepa (Swiss Helicopter SA, Gordola), Lukas Geser (Stiftung Wirtschaft und Ökologie SWO, Schwerzenbach), Sybil Rometsch (Info Flora, Berna), L'Unione Svizzera dei Contadini, Brugg, Nina

von Albertini (Nina von Albertini Umwelt Boden Bau, Paspels), Stefan Birrer (Hintermann & Weber AG, Reinach) nonché gli autori della prima edizione delle linee guida.

Autoren



Monique Peters



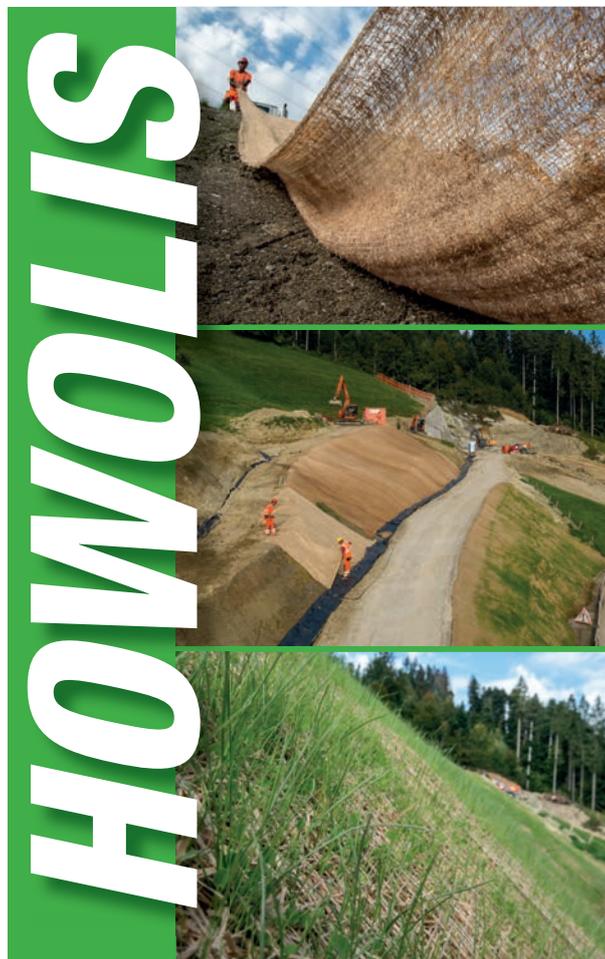
Kirsten Edelkraut



Manuel Schneider



Christian Rixen



Erosionsschutzvlies

Der ökologische Schutz aus Schweizer Holz.

Mögliche Einsatzgebiete:

- Hangsicherung, Böschungssicherung

Nutzen:

- Natürlicher Schutz gegen Wind- und Wassererosion
- Sorgt für einen sofortigen und anhaltenden Erosionsschutz
- Sorgt für ein optimales Klima (Temperatur, Licht, Wasser) und für einen mikroklimatischen Ausgleich
- Beeinflusst die Keimung des Saatguts positiv
- Einfach zu verlegen
- Biologisch abbaubar, verrottet zu Humus
- Unbeschränkt haltbar

Howolis Erosionsschutzvliese werden aus 100% Schweizer Holz hergestellt - mit einer nachhaltigen und umweltschonenden Ökobilanz (FSC®, PEFC, HSH-zertifiziert).



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



www.facebook.com/Howolis



Vorwort

Die erste Version der vorliegenden Richtlinien, herausgegeben vor zwölf Jahren im Heft Ingenieurbilogie 2/2008, leistete mit Empfehlungen für die Projektierung und Realisierung von erfolgreichen Hochlagenbegrünungen im alpinen Raum einen wichtigen Beitrag zur Verbreitung von aktuellem Wissen. Es wurde auf diese Weise den planenden Ingenieuren, den Auftraggebern sowie den Behörden veranschaulicht, dass Pflanzen auch im alpinen Raum einen wertvollen Beitrag zur nachhaltigen Stabilisierung von Bauwerken oder anderweitigen menschlichen Eingriffen leisten können. Projekte wurden ausgeführt, die Pflanzen sind in der Zwischenzeit gewachsen, und die Kenntnisse zu deren folgerichtigen und standortangepassten Einsatz ebenfalls. Neue Erkenntnisse aus der Forschung sowie die Erfahrungen, welche seit dem Erscheinen der ersten Richtlinie vor zwölf Jahren gemacht wurden, sind in der vorliegenden Version ergänzt durch Entscheidungshilfen für die Wahl der geeigneten Methoden, Pflanzenmaterialien und Zusatzstoffen. Dadurch werden die Richtlinien noch besser an die Bedürfnisse bei der Umsetzung angepasst.

Das Vorwort der ersten Ausgabe dieser Richtlinien vom damaligen Präsidenten Rolf Studer hat immer noch seine Gültigkeit. Die extremen Bedingungen im alpinen Raum führen zu einer massiven Verlangsamung von Prozessen wie Bodenbildung und Pflanzenwachstum. Die Bildung eines alpinen Rasens benötigt daher sehr lange Zeiträume. Um die Auswirkungen von baulichen Eingriffen schneller beheben zu können, braucht es fundierte Kenntnisse der alpinen Ökosysteme. Zusammen mit praktischen Handlungsanweisungen werden diese im vorliegenden Werk vermittelt.

Eingangs wird auf eine einheitliche Sprachregelung geachtet, damit die Beteiligten sich entsprechend verständigen können. Der rechtliche Rahmen sowie die Standortbedingungen sind die Grundpfeiler eines jeden Projektes. Eine gute Projektierung ist für einen reibungslosen Ablauf bei der Ausführung unerlässlich. Die Akteure und Elemente der Projektierung werden infolge eingehend dargelegt und dienen alsdann der Planung der Vorbereitungsarbeiten und der umweltschonenden, zielgerechten Ausführung, welche alle begrünungsrelevanten Aspekte berücksichtigt. Mit der Abnahme einer Begrünung geht man davon aus, dass die Entwicklung der Vegetation unter Berücksichtigung allfälliger Unterhaltsmassnahmen in die richtige [geplante] Richtung geht. Mit regelmässigen Erfolgskontrollen wird diese Entwicklung auch nach der Werkabnahme bis zum Erreichen des Begrünungsziels überwacht. Allenfalls sind Nachbesserungen erforderlich.

Die Autoren sowie die Mitglieder der Arbeitsgruppe Hochlagenbegrünung (AGHB) des Vereins haben eine bemerkenswerte Arbeit geleistet. Dieses Standardwerk findet sicherlich seinen verdienten Platz bei Begrünungs- und

Revitalisierungsprojekten in Hochlagen, wo dank dem unermüdlichen Einsatz aller Beteiligten ein breiter fachinterner Konsens besteht.

Giovanni De Cesare, Präsident des Schweizerischen Vereins für Ingenieurbilogie

Avant-propos

La première version des présentes directives, publiée il y a douze ans dans le numéro 2/2008 de notre bulletin Génie biologique, a apporté une contribution importante à la diffusion des connaissances actuelles avec des recommandations pour la planification et la réalisation de projets de végétalisation en altitude dans l'arc alpin. De cette manière, il a été démontré aux ingénieurs en charge des planifications, aux maîtres d'ouvrage et aux autorités que les plantes peuvent apporter une contribution précieuse à la stabilisation durable des ouvrages ou à d'autres interventions humaines également en région alpine. Des projets ont été réalisés, les plantes ont entre-temps poussé et les connaissances nécessaires à leur engagement cohérent et adapté à la station ont également été acquises.

Les nouvelles connaissances issues de la recherche et les expériences acquises depuis la publication des premières directives il y a douze ans ont été complétées dans la présente version par des aides à la décision pour la sélection des méthodes, des matériaux végétaux et des additifs appropriés. Ainsi, les directives sont encore mieux adaptées aux besoins de la mise en œuvre.

L'avant-propos de la première édition de ces directives par le président de l'époque, Rolf Studer, est toujours valable. Les conditions extrêmes en région alpine entraînent un ralentissement massif des processus tels que la formation des sols et la croissance des plantes. La formation d'une pelouse alpine nécessite donc de très longues périodes de temps. Afin de pouvoir remédier plus rapidement aux effets des interventions structurelles, une bonne connaissance des écosystèmes alpins est nécessaire. Ces connaissances, ainsi que des instructions pratiques de mise en œuvre, sont transmises dans cet ouvrage.

Pour débiter, on veille à utiliser un langage uniforme afin que les participants puissent communiquer en conséquence. Le cadre juridique et les conditions du site sont les pierres angulaires de chaque projet. Une bonne planification des projets est essentielle pour une exécution sans heurts. Les acteurs et les éléments de la planification du projet sont expliqués en détails et servent ensuite à planifier les travaux préparatoires et l'exécution ciblée et respectueuse de l'environnement, tenant compte de tous les aspects pertinents pour la végétalisation. L'acceptation d'un projet de végétalisation repose sur l'hypothèse

que le développement de la végétation va dans la bonne direction (planifiée), en tenant compte des éventuelles mesures d'entretien. Cette évolution est suivie par des contrôles d'efficacité réguliers, également après l'acceptation des travaux, jusqu'à ce que l'objectif de végétalisation soit atteint. Des retouches peuvent éventuellement être nécessaires.

Les auteurs ainsi que les membres du Groupe de travail pour une végétalisation en altitude [Arbeitsgruppe Hochlagenbegrünung AGHB] de l'Association ont accompli un travail remarquable. Ce travail de référence trouvera certainement sa place méritée dans les projets de végétalisation et de revitalisation en altitude, où il existe, grâce aux efforts inlassables de tous les acteurs concernés, un large consensus interne.

Giovanni De Cesare, président de l'Association suisse pour le génie biologique

Premessa

La prima versione delle linee guida, pubblicata dodici anni fa nell'edizione 2/2008 della presente rivista di Ingegneria naturalistica, ha dato un importante contributo alla diffusione delle conoscenze attuali. Includeva raccomandazioni per la pianificazione e la realizzazione di progetti d'inverdimento in alta quota di successo nella regione alpina. In questo modo è stato mostrato ai progettisti, ai committenti e alle autorità che anche le piante possono dare un valido contributo alla stabilizzazione durevole delle opere o di altri interventi antropici nella regione alpina. Nel frattempo i progetti sono stati realizzati e le piante sono cresciute allo stesso tempo delle conoscenze per il loro utilizzo corretto e adattato al sito.

I nuovi risultati della ricerca nonché l'esperienza acquisita dalla pubblicazione della prima linea guida dodici anni fa sono stati integrati nella presente versione con ausili decisionali per la scelta di metodi, materiali vegetali e additivi adatti. In questo modo le linee guida si adattano ancora meglio alle esigenze per metterle in pratica le raccomandazioni.

La prefazione della prima edizione di queste linee guida dell'allora presidente Rolf Studer è ancora valida. Le condizioni estreme della regione alpina portano ad un massiccio rallentamento di processi come la formazione del suolo e la crescita delle piante. La formazione di un prato alpino richiede quindi periodi di tempo molto lunghi. Per poter rimediare più rapidamente agli effetti degli interventi costruttivi è necessaria una solida conoscenza degli ecosistemi alpini. Insieme alle istruzioni pratiche per intervenire, queste conoscenze vengono divulgate nel presente lavoro. All'inizio si pone l'attenzione sull'utilizzo di un linguaggio

uniforme in modo che gli attori coinvolti possano comunicare di conseguenza. Il quadro giuridico e le condizioni del luogo sono le fondamenta di ogni progetto. Una solida progettazione è infatti essenziale per una buona esecuzione. Gli attori e gli elementi del progetto vengono spiegati in dettaglio e servono poi a pianificare il lavoro preparatorio nonché un'esecuzione mirata e rispettosa dell'ambiente, che tiene conto di tutti gli aspetti rilevanti per l'inverdimento. Il collaudo di un progetto di rinverdimento si basa sul presupposto che la vegetazione si sviluppi nella giusta direzione, quella pianificata, tenendo comunque conto di possibili misure di manutenzione. Questo sviluppo è monitorato da regolari controlli dei risultati, anche dopo la presa a carico del lavoro da parte della committenza (o futura

responsabile), fino al raggiungimento dell'obiettivo di rinverdimento. Se necessario, dovranno essere implementati dei miglioramenti.

Gli autori e i membri del gruppo di lavoro per l'inverdimento in alta quota («Arbeitsgruppe für Hochlagenbegrünung» AGHB) dell'associazione per l'ingegneria naturalistica hanno svolto un lavoro notevole. Quest'opera troverà certamente il suo meritato posto nei progetti di rinverdimento e rivitalizzazione in alta quota, settore nel quale, grazie all'instancabile impegno di tutte le persone coinvolte, c'è un ampio consenso.

Giovanni De Cesare, Presidente dell'Associazione svizzera di ingegneria naturalistica.



Unser Beratungs- und Ausführungsteam begleitet Ihre Projekte mit 55 Jahren Know-how.

- 

Ansaat
Wir begrünen alle Flächen und Böschungen in jedem Gelände und an jedem Standort.
- 

EcoTex®-Geotextilien als Erosionsschutz
Wir liefern und verlegen Geotextilien aus Kokosfasern oder Jute; natürlich und biologisch abbaubar.
- 

Sedummatten
Sie suchen vorkultivierte, sofort verlegbare Sedummatten für die extensive Begrünung von Böschungen, Verkehrsinseln, Garten- und Rasenabschlüssen oder Garagen und Carports? Wir liefern sie.
- 

Ingenieurbiologie
Wir sind Ihr Ansprechpartner für verschiedene Stützkonstruktionen für Uferzonen und Böschungen.

Mehr Informationen und interessante Referenzobjekte finden Sie auf unserer Internetseite www.hydro Saat.ch.

Senden Sie uns eine Mail an hydro Saat@hydro Saat.ch oder rufen Sie uns an unter 026 322 45 25. Wir freuen uns auf Ihre Kontaktaufnahme!



Zusammenfassung

Ökosysteme in Hochlagen sind empfindliche und schützenswerte Lebensräume. Baumassnahmen, unsachgemässe landwirtschaftliche Nutzung und der Wintersport können Narben hinterlassen, welche durch angepasste Begrünungsmassnahmen zu beheben sind. Neben dem Schutz des Bodens vor Erosion sollen Begrünungen nicht nur die landschaftliche Attraktivität, sondern auch die reiche, perfekt an die alpinen Verhältnisse angepasste Artenvielfalt erhalten. Bei Beeinträchtigungen von schutzwürdigen Lebensräumen mit seltenen oder gefährdeten Arten wird die Wiederherstellung auch vom Gesetzgeber vorgeschrieben.

Die Standortbedingungen der alpinen und subalpinen Höhenstufen lassen biologische und chemische Prozesse nur langsam ablaufen. Tiefe Temperaturen, Wind oder Bodenerosion führen zu sehr langsamer Bodenbildung. Die dadurch geringe Wasserspeicherkapazität und Nährstoffverfügbarkeit erschweren das Pflanzenwachstum. Die Entwicklung und Etablierung der heutigen Vegetationsdecke ist das Resultat von sehr lang andauernden Prozessen. Nach einer Störung durch bauliche Eingriffe oder durch natürliche Ereignisse erholt sich die Vegetation in Hochlagen nur sehr zögerlich. Zudem breiten sich die meisten Pflanzenarten in dieser Höhenlage vorwiegend vegetativ und weniger über Samen aus. Es ist daher äusserst wichtig, die bestehende Vegetation zu schützen und bestmöglich wiederanzulegen. Ein weiterer bedeutsamer Punkt ist der Aspekt des Bodenschutzes: Nur bewachsener Boden ist gegen Einflüsse wie Erosion und Auswaschung optimal geschützt.

In den letzten Jahren haben Verfahren zur Wiederherstellung einer standortgerechten Vegetation im Alpenraum weiter an Bedeutung gewonnen. Bestmögliche Resultate erzielt man mit der direkten Wiederverwendung der intakten Pflanzendecke in Form von Soden, wenn nötig mit Zwischenlagerung. Aussaaten sind unumgänglich, wenn keine oder zu wenig Soden abgeschält werden können. Das Saatgut kann nass oder trocken aufgebracht werden. Die Samenmischung sollte regional sein, dem Standort angepasst und keine gebietsfremden Arten enthalten. Zusatzstoffe wie Kleber oder Mulch helfen bei der Keimung und Etablierung der Saat. Häufig werden Aussaaten im Spätherbst als Schlafsaat ausgebracht, damit sie im Frühjahr bei optimalen Bedingungen keimen.

Um langfristig ökologischen und auch wirtschaftlichen Schaden zu vermeiden, lohnt es sich, qualitativ hochstehende Begrünungen zu realisieren, welche einen guten Erosionsschutz bieten und die Anliegen von Natur- und Landschaftsschutz grösstmöglich berücksichtigen. Diese müssen bei der Projektplanung bereits vorgesehen werden.

Keywords

Hochlagenbegrünung, standortgerecht, Renaturierung, Ingenieurbiologie, Hochlagen, Lebensraum, alpin, Erosion, Landschaftswert, Naturwert

High elevation restoration, high altitude restoration site-specific, restoration, bioengineering, high elevation, high altitude, habitat, alpine, erosion, landscape value, natural value

Résumé

Les écosystèmes en altitude sont des habitats sensibles et dignes de protection. Les mesures de construction, l'exploitation agricole inappropriée et les sports d'hiver peuvent laisser des cicatrices qui peuvent être résorbées par des mesures de végétalisation appropriées. En plus de protéger le sol de l'érosion, la végétalisation doit non seulement préserver l'attrait du paysage, mais aussi la riche biodiversité parfaitement adaptée aux conditions alpines. Lorsque des habitats dignes de protection abritant des espèces rares ou menacées sont endommagés, la loi exige également leur restauration.

Les conditions des sites en stations alpines et subalpines permettent uniquement un développement plus lent des processus biologiques et chimiques. Les basses températures, le vent ou l'érosion des sols entraînent une formation très lente des sols. La faible capacité de stockage de l'eau et la disponibilité des éléments nutritifs qui en résulte entravent la croissance des plantes. Le développement et l'établissement de la couverture végétale actuelle sont le résultat de processus très durables.

Après un dérangement causé par des interventions structurelles ou des événements naturels, la végétation en haute altitude tarde à se rétablir. De plus, la plupart des espèces végétales à cette altitude se propagent principalement par voie végétative et moins par les semences. Il est extrêmement important de protéger la végétation existante et de la réintroduire de la meilleure façon possible. Un autre aspect important est la protection des sols : seul un sol végétalisé est protégé de manière optimale contre des influences telles que l'érosion et l'affouillement.

Ces dernières années, les procédures de restauration de la végétation adaptée aux stations alpines ont gagné en importance. Les meilleurs résultats possibles sont obtenus en réutilisant directement la couverture végétale intacte sous forme de mottes, si nécessaire avec un stockage intermédiaire. Les semis sont inévitables si l'on ne peut pas, ou en quantité insuffisante, préparer les mottes de gazon. Les semences peuvent être appliquées de façon humide ou sèche. Le mélange de semences doit être régional, adapté à la station et ne pas contenir d'espèces non indigènes.

Des additifs tels que la colle ou du mulch aident la graine à germer et à s'établir. Les semis sont souvent effectués à la fin de l'automne comme semis dormants afin que la germination se fasse au printemps dans des conditions optimales.

Afin d'éviter des dommages écologiques et économiques à long terme, il est intéressant de mettre en place une végétalisation de haute qualité offrant une bonne protection contre l'érosion et tenant compte autant que possible des préoccupations de la protection de la nature et du paysage. Celles-ci doivent déjà être prévues lors de la planification du projet.

Mots-clés

Végétalisation en altitude, adapté à la station, renaturation, génie biologique, stations d'altitude, habitat, alpin, érosion, valeur du paysage, valeur naturelle.

Riassunto

Gli ecosistemi in alta quota sono habitat sensibili che meritano di essere protetti. Le costruzioni, l'uso agricolo inappropriato e gli sport invernali possono lasciare cicatrici, risanabili però con adeguate misure d'inverdimento. Oltre a proteggere il suolo dall'erosione, l'impianto di vegetazione non deve solo preservare l'attrattiva del paesaggio, bensì anche la ricca biodiversità che si adatta perfettamente alle condizioni alpine. Inoltre, la legge prevede il risanamento nel caso che gli habitat degni di protezione con specie rare o minacciate vengano compromessi.

Le condizioni del luogo ad altitudini alpine e subalpine permettono ai processi biologici e chimici di procedere solo lentamente. Le basse temperature, il vento o l'erosione del suolo portano ad una formazione del suolo molto lenta. La conseguente bassa capacità di stoccaggio dell'acqua e la limitata disponibilità di nutrienti ostacolano ulteriormente la crescita delle piante. Lo sviluppo e la formazione dell'attuale copertura vegetale è dunque il risultato di processi molto lunghi.

Dopo un disturbo causato da interventi costruttivi o da eventi naturali, la vegetazione ad alta quota si riprende solo molto lentamente. Inoltre, la maggior parte delle specie vegetali a questa altitudine si diffonde principalmente per via vegetativa e meno per seme. È pertanto estremamente importante proteggere la vegetazione esistente e reintrodurla nel miglior modo possibile. Un altro punto importante è l'aspetto della protezione del suolo: solo un terreno inverdito è protetto in modo ottimale da influssi come l'erosione e il dilavamento.

Negli ultimi anni, le procedure per il ripristino di una vegetazione adeguata al luogo nella regione alpina sono diventate sempre più importanti. I migliori risultati possibili si

ottengono riutilizzando direttamente la copertura vegetale del luogo sotto forma di zolle, se necessario con stoccaggio intermedio. La semina è inevitabile se non si riesce a rimuovere nessuna o troppe poche zolle. Il seme può essere applicato bagnato o asciutto. La miscela di semi deve essere regionale, adattata alla zona e non deve contenere specie non autoctone. Additivi come colla o pacciamatura aiutano il seme a germogliare e ad affermarsi. I semi sono spesso seminati in tardo autunno come semi dormienti in modo che possano germinare in primavera in condizioni ottimali.

Per evitare danni ecologici ed economici a lungo termine, vale la pena realizzare inverdimenti in alta qualità che offrano una buona protezione contro l'erosione e che tengano il più possibile conto delle esigenze di tutela della natura e del paesaggio. Questi devono infatti essere già previsti nella pianificazione del progetto.

Parole chiave

rinverdimento in alta quota, adeguato al luogo, rinaturazione, ingegneria naturalistica, regioni ad alta quota, habitat, alpino, erosione, valore paesaggistico, valore naturalistico

Begrünungen Hunn
Mit der Natur als Partner

Begrünungen
Samenmatten
Sedummatten

Erosionsschutz
und
Böschungsbegrünung

Begrünungen Hunn AG
Pilatusstrasse 14, 5630 Muri
www.begrueenungen-hunn.ch

1 Einleitung

1.1 Verfasser

Die Arbeitsgruppe für Hochlagenbegrünung (AGHB) besteht seit 1996 als Fachgruppe des Schweizerischen Vereins für Ingenieurbilogie. Sie setzt sich für die Förderung von standortgerechten und ökologischen Begrünungen in Hochlagen ein. Die erste Fassung der Richtlinien wurde in Zusammenarbeit mit der Forschungsgruppe Umweltp lanung der Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften (ZHAW) in Wädenswil unter Einbezug je einer Diplom- und Semesterarbeit erarbeitet und wurde finanziell und organisatorisch durch das Bundesamt für Umwelt, Abteilung Gefahrenprävention, unterstützt.

Die vorliegende zweite, vollständig überarbeitete und erweiterte Fassung entstand bei der Forschungsgruppe Gebirgsökosysteme am WSL Institut für Schnee- und Lawinenforschung (SLF) der Eidgenössischen Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft in Davos unter Einbezug von Forschungsergebnissen der ZHAW in Wädenswil und der Forschungsgruppe Futterbau und Graslandsysteme von Agroscope, mit Unterstützung und fachlicher Beratung der Mitglieder der AGHB.

1.2 Ziel

Die Richtlinien sollen mit der Definition von Standards die Qualität von Hochlagenbegrünungen erhöhen. Bewilligungs- und Konzessionsbehörden erhalten ein Instrument, auf welches sie sich bei der Beurteilung von Projekten in Hochlagen stützen können. Dies vereinheitlicht schweizweit den Vollzug. Zudem sollen die Richtlinien alle Beteiligten bei der Planung und Ausführung von Hochlagenbegrünungen unterstützen, um effizient einen langfristigen, ökologisch zufriedenstellenden Begrünungserfolg zu erreichen und spätere Sanierungskosten aufgrund von Erosionsschäden zu vermeiden.

1.3 Geltungsbereich

Die vorliegenden Richtlinien gelten primär für Hochlagen im schweizerischen Alpenraum. Gemäss nachfolgender Definition werden unter Hochlagen Gebiete der subalpinen, alpinen und nivalen Stufe verstanden, welche in den Schweizer Alpen oberhalb von ca. 1500 m ü. M. liegen. Die Richtlinien berücksichtigen rechtliche und geografische Rahmenbedingungen im schweizerischen Alpengebiet. Sie können jedoch zum grossen Teil auch in Hochlagen ausserhalb der Schweiz angewendet werden.

1.4 Anwendung der Richtlinien (Inhalt, Aufbau und Gliederung)

Um unterschiedliche Bedürfnisse abzudecken, wurden zwei Versionen verfasst. Die umfassende Langversion dient als Nachschlagewerk, die Kurzversion kommt als Checkliste auf der Baustelle zum Einsatz.

Die vorliegende, umfassende Version enthält zu allen Ar-

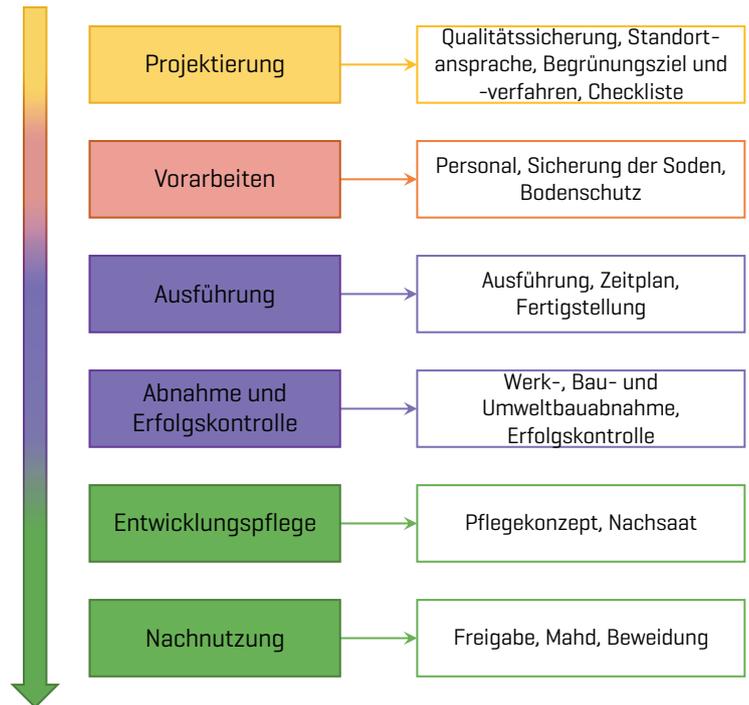


Abbildung 1: Schematischer Ablauf einer Begrünung. Die Reihenfolge entspricht der Gliederung in den Richtlinien. | Figure 1 : Procédure schématique d'une végétalisation. La séquence correspond à la structure des directives.

beitsphasen von der Projektierung über die Ausführung bis zur Abnahme und Erfolgskontrolle detaillierte Empfehlungen für die Praxis mit Grafiken und Illustrationen. Die farbliche Gliederung der einzelnen Arbeitsbereiche erleichtert die Übersicht (Abbildung 1). Unter Einbezug von Literatur sowie den Erfahrungen der Mitglieder der AGHB werden zu den einzelnen Themenbereichen verschiedene Möglichkeiten aufgezeigt. Wo nicht Spezialfälle eine Einzelbeurteilung erfordern, finden die Anwender für die meisten Situationen geeignete Empfehlungen.

2 Definitionen

Die Literatur beinhaltet eine Vielzahl von Fachbegriffen, die nicht immer einheitlich verwendet werden. Das vorliegende Glossar definiert die wichtigsten Begriffe, wie sie in den vorliegenden Richtlinien verwendet werden.

2.1 Glossar

Aggregat

Ein Bodenaggregat entsteht aus einer Verkittung von mineralischen Bestandteilen mit lebender und abgestorbener organischer Substanz [Nievergelt et al. 2002]. Stabile Aggregatgefüge sind unverzichtbare Bausteine für die Bodenmatrix und die Porenstruktur. Sie bilden die Voraussetzung für eine gute Wasser- und Nährstoffrückhaltekapazität des Bodens [Graf et al. 2017].

Ammengräser und -kräuter

Ammenarten sind mögliche, kurzlebige Bestandteile des Saatgutes mit dem Ziel, die Entwicklung des angestrebten standortgerechten Vegetationstyps zu begünstigen, später jedoch nicht mehr Bestandteil dieses Vegetationstyps zu sein [Krautzer et al. 2006]. Falls nicht auf Ammenarten verzichtet werden kann, wird empfohlen, möglichst regionales Saatgut zu verwenden [siehe 6.1].

Biodiversität

Biodiversität umfasst den Artenreichtum von Tieren, Pflanzen, Pilzen und Mikroorganismen, die genetische Vielfalt innerhalb der verschiedenen Arten, die Vielfalt der Lebensräume sowie die Wechselwirkungen innerhalb und zwischen diesen Ebenen [BAFU 2017].

Bodenhorizont

Als Bodenhorizonte werden eine Abfolge von Schichten über dem Muttergestein bezeichnet, welche sich in ihren Eigenschaften unterscheiden und durch Bodenbildung entstanden sind [Kretzschmar 2017].

Bodenmatrix

Die Bodenmatrix besteht aus dem festen Bodensubstrat ohne Poren [Hintermaier-Erhard und Zech 1997].

Bodenporen

Bodenporen können mit Wasser oder mit Luft gefüllt sein und machen etwa die Hälfte des Bodenvolumens aus. Unterschieden werden Grobporen, welche der Durchlüftung dienen und Starkniederschläge aufnehmen, Mittelporen, welche pflanzenverfügbares Wasser speichern, und Feinporen [Kretzschmar 2017]. Auch die Feinporen speichern Wasser, hingegen ist dieses für Pflanzenwurzeln, anders als für Pilzfäden, nicht zugänglich, da das Wasser in den winzigen Poren zu stark gebunden ist [Kapillarkraft]. [Schmid et al. 2005, Graf et al. 2017].

Deckungsgrad

Der Deckungsgrad ist die vertikale Projektion aller oberirdischen Teile einer Pflanze auf die Probestfläche in Prozent der Gesamtaufnahmefläche. Bei einer vielschichtigen

geschlossenen Vegetation kann die Summe der Deckungsgrade über 100% betragen [Wagenitz 2003].

Direktbegrünung

Bei einer Direktbegrünung wird das Saatgut einer Spenderfläche auf geeignete Weise geerntet und ohne Zwischenvermehrung auf der Empfängerfläche ausgebracht. Dabei können frisch geschnittenes Gras, Heu oder geerntete Samen übertragen werden [Agridea 2015].

Direktumlagerung

Bei der Direktumlagerung wird die vorhandene Vegetation mit der oberen durchwurzelten Erdschicht sorgfältig abgetragen. Die so gewonnenen Soden werden sogleich ohne Zwischenlager an einer anderen Stelle wieder eingesetzt [Marti et al. 2016].

Gefälle

Das Gefälle bezeichnet die Hangneigung bzw. den Böschungswinkel. Sie kann in Grad, Prozent oder als Verhältnis angegeben werden. Eine Übersicht zur Umrechnung ist im Kapitel 3.1 unter dem Punkt «Standort- und Bodenfaktoren» aufgeführt. [siehe auch Abbildung 3]. In der Richtlinie werden Prozent für das Gefälle verwendet.

Handelssaatgut

Handelssaatgut wird in Vermehrungsbetrieben produziert und meist als standardisierte Mischung verkauft. Es kann, je nach weiterer Bezeichnung, Ökotypen oder Zuchtformen unterschiedlicher Herkunft enthalten. Unterschieden wird die ökologische Eignung [standortgerecht / standortfremd] und die geographische Herkunft [lokal / regional / CH / Ausland]. Jede Saatgutfirma hat eigene Markennamen.

Heublumen

Heublumen sind Samen, die von gelagertem Heu ausfallen und vom Heuboden zusammengewischt werden. Älteres Material ab einer Lagerdauer von zwei bis drei Jahren ist ungeeignet, da die Keimfähigkeit der Samen rasch abnimmt [Sengl et al. 2014]. Geeignet für Ansaaten in Hochlagen sind Heublumen extensiver Naturwiesen bis ca. 2000 m. ü. M.

Hochlagen

Als Hochlagen werden Bereiche der subalpinen, alpinen und nivalen Stufe bezeichnet. In den Schweizer Alpen beginnen die Hochlagen oberhalb ca. 1500 m ü. M.

Hochlagenbegrünung

Als Hochlagenbegrünung bezeichnet man die Wiederherstellung und Etablierung einer standortgerechten Vegetation in Hochlagen, welche sich im Regelfall bei extensiver Nutzung oder Nichtnutzung dauerhaft selbst stabil erhält.

Sie benötigt mit Ausnahme einer Anwuchs- und Entwicklungspflege gegenüber der vorherigen Nutzung keine weiteren Pflegemassnahmen [Krautzer et al. 2000].

Horizont

Ein Bodenhorizont ist ein Bereich im Boden, der in Struktur und Zusammensetzung von darüber- und darunterliegenden Bereichen unterschieden werden kann und durch Bodenbildung entstanden ist [Kretzschmar 2017].

Klima

Das Klima [als Unterscheidung vom Mikroklima auch Makroklima genannt] bezeichnet die durchschnittliche Witterung und den Zustand der Atmosphäre über einen längeren Zeitraum. Im Gegensatz dazu spricht man bei aktuellen Phänomenen von Wetter [Körner et al. 1989].

Klimaxgesellschaft

Endzustand der Sukzession [siehe S. 16]. Ein stabiler, jedoch meist dynamisch oszillierender und fluktuierender Dauerzustand eines sich selbst erhaltenden biologischen Systems unter konstanten klimatischen Verhältnissen [Schaefer 2012].

Landschaftswert

Der Landschaftswert berücksichtigt sowohl die ästhetisch-visuellen und körperlich-sinnlichen als auch die ökologischen und kulturellen Werte einer Landschaft [ANU 2018].

Lokal

Die Pflanzen bzw. das Saatgut stammen aus der gleichen Talschaft mit einer Distanz von maximal 30 km und einem Höhenunterschied von maximal 300 m [Agridea 2015].

Makrorelief

Das Makrorelief beschreibt grossräumige Geländeformen wie Ebenen, Täler, Berge oder Hügel [Blume et al. 2010].

Mikroklima

Das Mikroklima wird unter anderem von Hanglage, Topografie, Beschattung und Bodenbeschaffenheit beeinflusst [Wagenitz 2003], aber auch von der Pflanze selbst [Körner 2014]. Es kann an einem definierten Standort markant vom Makroklima abweichen.

Mikrorelief

Als Mikrorelief werden kleinräumige Geländeformen bezeichnet. Das können z.B. Rillen, Höcker, Stufen oder Wälle sein, aber auch kleinere Unebenheiten der Oberfläche [Blume et al. 2010].

Mykorrhiza

Mykorrhiza ist eine Symbiose zwischen Pflanze und Pilz, wobei der Pilz an oder in deren Wurzeln lebt und ein Pilzgeflecht im Boden ausbildet [Mertz 2008]. Bei Begrünungen mit krautigen Pflanzen können arbuskuläre Mykorrhiza-Pilze zum Einsatz kommen [Schmid et al. 2005]. Die Pflanzen profitieren von verbesserter Nährstoffaufnahme und verfügen dank der Pilze über besseren Schutz vor Wurzelschädlingen [Townsend et al. 2009]. Das Wurzelwachstum wird angeregt. Die feinverzweigten Pilzfäden stabilisieren gemeinsam mit den Wurzeln den Boden und tragen wesentlich zur Aggregatsbildung bei [Graf et al. 2017]. Die Artenvielfalt der Gefässpflanzen hängt auch von der Vielfalt standortgerechter Pilz-Arten im Boden ab [van der Heijden et al. 1998, van der Heijden et al. 2016].

Naturwert

Der Naturwert beschreibt den Wert einer Landschaft in Bezug auf die Vorkommen schützenswerter Lebensräume, Tiere und Pflanzenarten sowie die Naturnähe [Bühler et al. 2015].

Neophyt

Neophyten sind gebietsfremde Pflanzen, welche beabsichtigt oder unbeabsichtigt aus anderen Gebieten eingeführt wurden und sich an ihren neuen Standorten etablieren konnten. Invasive Neophyten vermehren sich sehr stark und schädigen die einheimische Biodiversität, können Infrastrukturbauten zerstören und die menschliche Gesundheit gefährden [Nentwig 2011].

Für einige der in der Schweiz invasiv vorkommenden Neophyten bestehen gesetzliche Grundlagen zur Verhinderung ihrer Ausbreitung. Invasive Neophyten, die in der Schweiz auf der schwarzen Liste oder der Watch-Liste aufgeführt sind, können bei naturnahen Hochlagenbegrünungen nicht toleriert werden.

Oberboden (A-Horizont)

Oberboden ist die wenige cm bis ca. 30 cm mächtige oberste Erdschicht [Umweltfachstellen-Zentralschweiz 2007]. Diese ist meist dunkel gefärbt, reich an abgestorbenen organischen Bestandteilen und lebenden Organismen, dicht mit Wurzeln durchwachsen, unversiegelt, und durch Aggregate strukturiert. Allgemein wird der Begriff «Humus» verwendet [Bellini 2015].

Ökotyp

Ökotypen sind durch natürliche Selektion entstandene genetische Varianten einer Pflanzenart, welche in ihrem geographischen Verbreitungsgebiet optimal an die Umweltbedingungen ihres Standorts angepasst sind [Dierssen 1990]. Sie werden auch Wildformen genannt, im Gegensatz

zu Zuchtformen. Ökotypen-Saatgut wird ohne züchterische Selektion vermehrt [Bosshard et al. 2013].

Regional

Regional bezieht sich auf die Herkunft. Für die Schweiz wurden biogeografische Regionen definiert, welche weiter unterteilt sind in Gross- und Unterregionen. Diese berücksichtigen floristische und faunistische Artvorkommen [Gonseth et al. 2001]. Regionales Saatgut wird innerhalb der Grenzen einer festgelegten Herkunftsregion gewonnen und ausgebracht.

Rohboden

Bei Rohböden hat die chemische Verwitterung und Anreicherung organischer Substanz noch kaum oder gar nicht stattgefunden. Sie besitzen demzufolge keinen B-Horizont und einen höchstens sehr schwach ausgebildeten A-Horizont [Kretzschmar 2017]. Ein Rohboden ist reich an Grobporen und besitzt deshalb eine geringe Wasserspeicherkapazität [Blume et al. 2010]. Es gibt keine oder kaum pflanzenverfügbare Nährstoffe [Kretzschmar 2017].

Sode

Sode ist ein Synonym zu Rasenziegel und bezeichnet ein abgeschältes Stück der ursprünglichen Pflanzendecke inklusive Wurzeln und Oberboden.

Sodenverpflanzung

Bei der Sodenverpflanzung wird, analog zur Direktumlagerung, die bestehende Vegetationsdecke in Soden sorgfältig abgeschält. Diese werden zwischengelagert und später wieder gesetzt.

Standort

Der Standort wird bestimmt durch die Summe der Standortfaktoren, die auf einen Organismus einwirken. Im Gegensatz zum geographischen Fundort bezeichnet der Standort die ökologische Situation, d.h. die abiotischen und biotischen Umweltbedingungen [Wagenitz 2003].

Standortfremd

Standortfremd sind Arten, die auf einem entsprechenden Standort keine spontanen und zugleich beständigen Vorkommen besitzen [LUBW 2009].

Standortgerecht

Standortgerecht sind Arten, die an einem bestimmten Standort unter den dort gegebenen Standortbedingungen vorkommen [Krautzer und Graiss 2015]. Ihr Vorkommen zeigt die durchschnittlich vorherrschenden biotischen und abiotischen Standortfaktoren an.

Standortfaktor

Standortfaktoren sind über gewisse Zeiträume fixe Gegebenheiten im Gelände wie Klima, Relief, Nährstoff- und Wasser-
verfügbarkeit oder Bodentyp, aber auch biotische Einflüsse durch andere Organismen wie Beschattung, Konkurrenz, Fressfeinde oder Symbiosen [Wagenitz 2003, Körner 2014].

Sukzession

Sukzession beschreibt die Stufenfolge der Entwicklung einer Lebensgemeinschaft an einem Ort, die bis zum Endstadium [Klimax] führen kann. Die Artenzusammensetzung des Stadiums ergibt sich aus den jeweiligen Standortbedingungen und der Vorgeschichte [Kreeb 1994, Willmanns 1998].

Treie

Treien sind vom Vieh gangbar gemachte, ausgetretene Trampelpfade. Kuhtreien verlaufen oft parallel zum Hang oder mit leichtem Gefälle [Schweizerisches Idiotikon].

Unterboden (B-Horizont)

Unterboden ist die weniger durchwurzelte und belebte Schicht unter dem Humus, in welcher Bodenbildung stattfindet. In tiefgründigen Böden ist sie 60 bis 80 cm mächtig, in flachgründigen Böden weniger als 30 cm bis fehlend. Unterboden dient als Speicher für Wasser und Nährstoffe [Umweltfachstellen-Zentralschweiz 2007].

Zielvegetation

Als Zielvegetation wird die Vegetation bezeichnet, welche als Begrünungsziel festgelegt wurde. Üblicherweise wird eine Wiederherstellung der ursprünglichen Vegetation vor dem baulichen Eingriff angestrebt. Wo dies nicht möglich

(Bsp. Waldrodungen) oder erwünscht ist (Bsp. frühere Fehlbegrünung oder nutzungsbedingte Vegetationsstadien), muss die Zielvegetation im Voraus definiert werden. Fremd- oder Ammenarten sind in der Zielvegetation gemäss Richtlinien Hochlagenbegrünung nicht zulässig.

Zuchtform

Zuchtformen sind vom Menschen gezielt auf bestimmte Eigenschaften gezüchtete Pflanzen, die dann in einer Sorte mit entsprechender Bezeichnung münden. Im Futterbau beispielsweise wird eine hohe Blattmasse und wenig Blühtriebe angestrebt. In Hochlagen werden Zuchtformen nur bei der Wiederherstellung von landwirtschaftlichem Kulturland [Intensiv-Grünland] verwendet, für naturnahe Begrünungen werden Wildformen eingesetzt.

2.2 Abkürzungsverzeichnis

BAFU	Bundesamt für Umwelt
BBB	Bodenkundliche Baubegleitung
DZV	Verordnung über die Direktzahlungen an die Landwirtschaft [Direktzahlungsverordnung]
K ₂ O	Kaliumoxid, bei Düngern Kali genannt
N	Stickstoff
NHG	Bundesgesetz über den Natur- und Heimatschutz
NHV	Verordnung über den Natur- und Heimatschutz
P ₂ O ₅	Phosphat
SIA	Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein
SR	Systematische Rechtssammlung des Bundesrechts
UBB	Umweltbaubegleitung
VBBo	Verordnung über die Belastungen des Bodens
WSL	Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft

3 Standortbedingungen und rechtlicher Rahmen

3.1 Standortfaktoren Hochlagen

Als Hochlagen werden Bereiche der subalpinen, alpinen und nivalen Stufe bezeichnet. Eine Übersicht über die Höhenstufen der Schweiz gibt die Einteilung nach Hess, Landolt & Hirzel, Flora der Schweiz, 1967–72 (Abbildung 2). Die mittlere Jahrestemperatur beträgt in der subalpinen Stufe $> 0^{\circ}\text{C}$, in der alpinen Stufe -3° bis -1°C und in der nivalen Stufe $< -3^{\circ}\text{C}$ (Eberhardt 1999). Der Übergang von der subalpinen zur alpinen Stufe entspricht der Baumgrenze. Die alpine Stufe ist gekennzeichnet durch weitgehend geschlossene alpine Rasen, welche an der Grenze zur (sub) nivalen Stufe in lückige Pionierrasen mit Polsterpflanzen übergehen (Ellenberg und Leuschner 2010). Je nach geographischer Lage verschieben sich die Höhenstufen. In den inneralpinen Tälern sind die Grenzen höher als am Alpenrand.

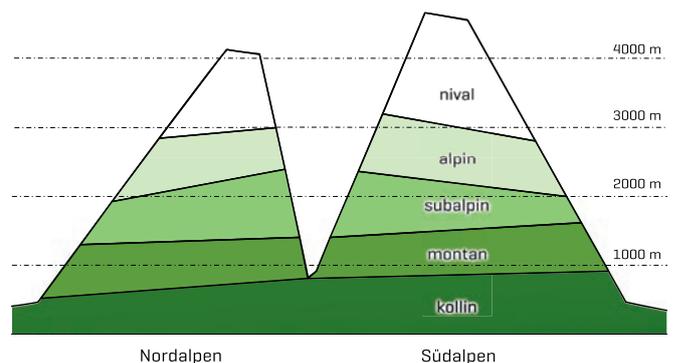


Abbildung 2: Höhenstufen der Schweiz nach HESS, LANDOLT & HIRZEL, Flora der Schweiz [Hess et al. 1977] | Figure 2 : Zones d'altitude en Suisse selon HESS, LANDOLT & HIRZEL, Flore de Suisse [Hess et al. 1977]

Pro 100 Höhenmeter nimmt die Vegetationszeit um etwa eine Woche ab (Krautzer et al. 2012c). Auf 2000 m ü. M. beträgt die Vegetationszeit ca. 100 Tage, auf 2400 m ü. M. noch 70 Tage (BAFU und BAV 2013).

Klimatische Faktoren

Temperatur

Generell nimmt die Temperatur pro 100 Höhenmeter 0.54° bis 0.65°C ab (Laiolo und Obeso 2017), sie wird aber stark vom jeweiligen Mikroklima beeinflusst (Ellenberg und Leuschner 2010). Minimale und maximale Tagestemperaturen weisen eine viel höhere Amplitude auf als im Mittelland. Klare Nächte können sehr kalt sein, andererseits können sich dunkle Substrate an sonnigen Tagen bis auf 80°C aufheizen (Körner 2003).

Frost und Schneefall können in Hochlagen das ganze Jahr über auftreten (Ellenberg und Leuschner 2010). Eine Schneedecke im Winter vermindert das Aufkommen von Bodenfrost. Unter einer 50 cm tiefen Schneeschicht sinkt die Temperatur selten unter 0°C (Ellenberg und Leuschner 2010). In schneearmen Vorwintern gefriert der Boden hin-

gegen schnell und bleibt dann unter Umständen während des ganzen Winters gefroren. Studien zeigen, dass die Temperaturen infolge der Klimaerwärmung in den Alpen schneller steigen als im Durchschnitt (Meusburger und Alewell 2014), was eine Verschiebung der Höhenstufen zur Folge haben kann.

Sonneneinstrahlung

Die geringere Trübung der Atmosphäre in höheren Lagen reduziert den Anteil diffuser Strahlung, so dass die Intensität der direkten Strahlung zunimmt und die Kontraste zwischen besonnten und schattigen Stellen mit zunehmender Höhe stärker werden (Körner 2003).

Niederschlag

Die Niederschläge in den Alpen sind am Nord- und Südrand relativ hoch und können bis 2500 mm/Jahr betragen. Die inneralpinen Täler sind mit 450 bis 700 mm/Jahr weit weniger niederschlagsreich (Ellenberg und Leuschner 2010).

Wind

Der Wind hat einen grossen Einfluss auf Schneeverteilung, Schneeschmelze und Verdunstung. Exponierte Stellen und ebene Flächen sind weitaus mehr dem Wind ausgesetzt als geschützte Stellen im Tal oder in Mulden (Körner 2003). Im Winter sind windgefegte Stellen dem Frost ausgesetzt, im Sommer besteht die Gefahr der Austrocknung.

Gelände- und Bodenfaktoren

Relief und Exposition

Das kleinräumig wechselnde Relief der Alpen erzeugt vielseitige Standortbedingungen (Abbildung 4). Durch ver-

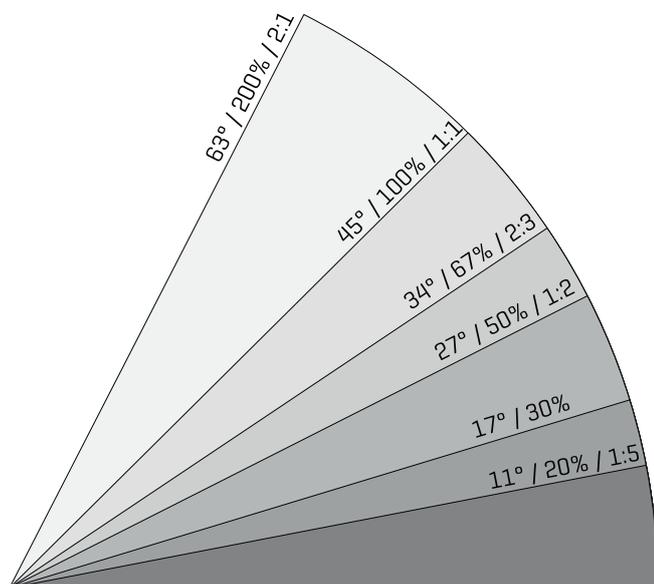


Abbildung 3: ausgewählte Böschungswinkel in Grad, Prozent und als Verhältnis | Figure 3 : Angles de versants sélectionnés en degré, pourcentage et sous forme de rapport.

schiedene Sonneneinstrahlungs-Winkel entstehen unterschiedlich warme Stellen (Krautzer und Klug 2009). Mulden haben einen besseren Nährstoffzustrom, sind jedoch generell länger schneebedeckt (Lichtenegger 1994). Dem Wind ausgesetzte Kanten, Kuppen und Grate sind schnee-arm, wodurch sie auch dem Frost stärker ausgesetzt sind (Ellenberg und Leuschner 2010). Der Einfluss des Reliefs kann das Mikroklima weit mehr beeinflussen als die Höhenlage (Ellenberg und Leuschner 2010), Abweichungen der Vegetationszeit bis zu einem Monat sind möglich (Scherrer und Körner 2011). Das Mikroklima wird jedoch nicht nur durch das Relief, sondern auch durch die Vegetation selbst beeinflusst (Latzin 2004).



Abbildung 4: Unterschiede im Relief bewirken, dass sich verschiedene Böden und Pflanzengesellschaften auf kleinem Raum abwechseln (Foto: K. Edelkraut). | Figure 4 : Les différences de relief signifient que différents sols et associations végétales alternent sur une petite surface (photo : K. Edelkraut).

Erosion

Bei der Erosion werden Bodenbestandteile vom Wind oder Wasser abtransportiert und an anderer Stelle wieder sedimentiert (Kretzschmar 2017). Die Erosion in Hochlagen ist hoch und könnte durch den Klimawandel noch ansteigen, wenn weniger lang Schnee liegt und vermehrte Starkniederschläge im Sommer zu erhöhtem Oberflächenabfluss führen (Meusburger und Alewell 2014). Erosion fördert die physikalische Verwitterung und erhöht die Auswaschung von Feinerde. Dadurch wird die Bodenbildung beeinflusst.

Bodenbildung

Böden der Hochlagen sind relativ jung und meist flachgründig. Physikalische Verwitterung, d.h. die mechanische Zerkleinerung des Ausgangsgesteins ohne chemische Veränderung der Mineralien, ist in Hochlagen ausgeprägt. Dazu tragen zum einen die starke Erosion bei, zum anderen die häufigen Frostwechsel. Chemische Verwitterung und

vor allem die biologische Aktivität der Mikroorganismen, welche organische Substanz abbauen, sind hingegen aufgrund der tiefen Temperaturen stark gehemmt. Dies führt dazu, dass die Bodenbildung in Hochlagen sehr langsam abläuft [Ellenberg und Leuschner 2010, Kretzschmar 2017].

Während beispielsweise die Bildung von Braunerde im subalpinen Weideland etwa 190 Jahre benötigt, werden dazu über der Waldgrenze 250 bis 300 Jahre benötigt. Die Bildung eines Podsol kann 500 bis 3000 Jahre dauern [D'Amico 2015].

Nährstoff- und Wasserverfügbarkeit

Durch den langsameren Abbau des organischen Materials ist ein grosser Teil der Nährstoffe in Streu und Huminstoffen gebunden, wo sie nicht pflanzenverfügbar sind [Ellenberg und Leuschner 2010]. Auch wenn das Gesamtstickstoffangebot oberhalb der Baumgrenze etwa gleich gross oder grösser als in tieferen Lagen ist, verringern die tiefen Temperaturen die Mineralisierung und damit die Pflanzenverfügbarkeit des Stickstoffs. Die Wasserspeicherkapazität der alpinen Böden ist wegen ihrer Geringmächtigkeit klein [Körner 2003].

Anthropogene Faktoren

Wiesen und Weiden unterhalb der Baumgrenze benötigen für die Offenhaltung eine (landwirtschaftliche) Nutzung. Über der Waldgrenze verhindert eine regelmässige Bewirtschaftung das Aufkommen von Zwergstrauchvegetation. Weidehaltung fördert die für Weiden typischen Strukturen mit Kahlstellen oder Grashorsten. Die Artenzusammensetzung ist anders als bei Mähwiesen und hängt von der

weidenden Tierart bzw. deren Fressverhalten ab. Zu hoher Besatz, vor allem mit schweren Tieren, fördert Trittschäden, eine Nutzungsaufgabe führt zur Verbuschung und Wiederbewaldung [Bollmann et al. 2014].

In Wintersportgebieten können bei ungenügender Schneedecke Pistenfahrzeuge und Skifahrer die Grasnarbe schädigen [Abbildung 5] [Schmid und Frei 2005]. Auf präparierten Naturschneepisten isoliert der kompakte Schnee weniger als lockerer Schnee, so dass unter den Pisten Bodenfröste vorkommen. Künstliche Beschneieung verringert Frost und die mechanische Verletzung der Vegetation durch Pistenfahrzeuge, da die Schneesicht dicker ist. Andererseits werden zusätzliches Wasser und Mineralien eingetragen und die Ausaperung im Frühjahr verzögert sich um ca. 2 bis 3 Wochen, wodurch sich die Entwicklung der Vegetation verspätet [Stöckli et al. 2002]. Die höhere Dichte des Kunstschnees vermindert ausserdem den Gasaustausch mit der Umgebung, weshalb es durch die verminderte Sauerstoffzufuhr zum Ersticken der Pflanzen kommen kann [Newesely et al. 1994].

Im Sommer können Mountainbiker oder landwirtschaftliche Fahrzeuge die Vegetation beeinträchtigen [Raper 2005, Marion und Wimpey 2007]. Aber auch durch unangepasste Beweidung [zu hoher Besatz, zu schwere Tiere, zu nasse Witterung] entstehen Schäden an der Vegetationsdecke [Schneider et al. 2017].

Anpassung der Pflanzen an den Standort

Morphologische Anpassungen

Pflanzen der Hochlagen sind perfekt an die Bedingungen ihres Standorts angepasst. Besondere Wuchsformen er-



Abbildung 5: Sichtbare Schäden auf einer alpinen Weide. Bei einer zu geringen Schneedecke wurden die Kuppen, welche typischerweise auf Weiden entstehen, von Pistenfahrzeugen abgetragen [Foto: K. Edelkraut]. | Figure 5 : Dommages visibles sur un pâturage alpin. Lorsque la couverture neigeuse était trop faible, les crêtes, qui se produisent généralement sur les pâturages, étaient éliminées par les dameuses [photo : K. Edelkraut].



Abbildung 6: Der Gletscherhahnenfuss ist perfekt an die Temperaturen seines Lebensraumes angepasst [Foto: C. Rixen]. | Figure 6 : La renoncule des glaciers est parfaitement adaptée aux températures de son habitat [photo : C. Rixen].



Abbildung 7: Das dichte Polster der Polsternelke behält die Streu und damit die Nährstoffe bei der Pflanze und bewirkt eine höhere Luftfeuchtigkeit im Innern des Polsters. Sowohl das Polster als auch der Spalierwuchs der Weide schützen vor starkem Wind, und die Erwärmung des Bodens wird optimal genutzt (Fotos: M. Peters). | Figure 7 : La mousse dense du silène acaule retient le paillis et donc les éléments nutritifs avec la plante et provoque une humidité plus élevée à l'intérieur de la mousse. Celle-ci ainsi que le tapis de saule protègent tous deux contre les vents forts, tandis que le réchauffement du sol est utilisé de manière optimale (photos : M. Peters).

möglichen ihnen, das Mikroklima erheblich zu beeinflussen [Latzin 2004].

Die wichtigste Anpassung ist Kleinwüchsigkeit [Polster, Spalierwuchs, Rosetten]. Pflanzen der Hochlagen investieren weniger in das Sprosswachstum als Arten der kollinen und montanen Stufe, und ihre Blätter sind kleiner und dicker. Dafür ist die relative Wurzelmasse dieser Pflanzen grösser. Die Pflanzen speichern mehr Reservestoffe als vergleichbare Tieflandpflanzen. Kleinwüchsigkeit und das langsame Wachstum schützen vor Kälte, Wind und Frass und helfen, mit dem geringeren Nährstoffangebot auszukommen [Ellenberg und Leuschner 2010].

Gegen die Austrocknung schützen sich die Pflanzen zusätzlich mit einer speziellen Beschaffenheit ihrer Blätter. Eine dichte Behaarung reduziert die Windgeschwindigkeit an der Blattoberfläche und schützt so vor dem Austrocknen, eine ledrige Oberfläche oder eingerollte Blätter schützen vor Verdunstung [Hess et al. 2015]. Dank dieser Anpassungen ist der Wasserhaushalt der Pflanzen in der Regel trotz Wind und geringer Wasserverfügbarkeit intakt [Krautzer et al. 2012c].

Alpine Pflanzen haben ein breites Temperaturspektrum für die Photosynthese. Bei den meisten Arten setzt das Wachstum bereits bei wenigen Grad über Null ein. Der Gletscherhahnenfuss [*Ranunculus glacialis*] erzielt sogar bereits bei -5°C einen Stoffgewinn [Abbildung 6].

Überwinternde Organe liegen bei den meisten Pflanzen in Bodennähe oder im Boden, um im Winter von der Isolation der Schneedecke zu profitieren.

Im Sommer bewirkt der Polster- oder Spalierwuchs eine höhere Luftfeuchtigkeit und Temperatur direkt bei der Pflanze. Ähnliche Effekte auf das Mikroklima haben die dichte Behaarung einiger Arten oder die abgestorbenen Blätter der Horstgräser [Abbildung 7].

Im Herbst erlangen die Pflanzen Gefriertoleranz u.a. durch Gewebeentwässerung. Schädlich können hingegen Frühfröste im Herbst oder Spätfröste zu Sommerbeginn sein, wenn die Pflanzen physiologisch aktiv sind [Ellenberg und Leuschner 2010]. Dadurch können Blütenbildung oder Samenreife verhindert werden [Heuerding 2005, Stöcklin 2009].

Anpassungen bei der Fortpflanzung

Pflanzen der Hochlagen wachsen langsam, erreichen dafür aber oft ein hohes Alter. Bei klonalen Populationen der Krummsegge [*Carex curvula*] schätzten Steinger et al. [1996] ein Alter von 2000 Jahren. Generell investieren diese Pflanzen mehr Energie in den eigenen Erhalt als in generative Fortpflanzung. Die klonale Fortpflanzung, vor allem bei dominanten Arten der alpinen Rasen, spielt somit eine grosse Rolle [Ellenberg und Leuschner 2010]. Bei Horstgräsern unterstützt die spontane Selbstfragmentierung die vegetative Vermehrung [Wilhelm, 1996 in Ellenberg und Leuschner 2010].

Alpine Pflanzen erzeugen zwar reichlich Samen [Ellenberg und Leuschner, 2010], aber aus diesen entwickeln sich anteilmässig weniger Jungpflanzen als bei Arten tieferer Lagen. Pflanzen erreichen jedoch generell ein höheres Alter, wodurch dieser Nachteil wettgemacht wird [Forbis und Doak 2004].



Abbildung 8: Sprossende Bulbillen bei Knöllchen-Knöterich und Alpenrispengras [Fotos: M. Peters]. | Figure 8 : Bulbilles ramifiés du pâturin des Alpes et de la renouée vivipare [photos : M. Peters].

Viele alpine Pflanzen kennen die Keimruhe. Die Samen brauchen einen oder mehrere bestimmte Auslöser, um zu keimen. Der wohl häufigste Auslöser, der eine Keimruhe auslöst oder aufhebt, ist die Temperatur [Fernández-Pascual et al. 2017]. Nicht selten ist für die Keimung eine mehrtägige Temperatur von über 5° C erforderlich [Ellenberg und Leuschner 2010]. Einige Arten benötigen gewisse Tageslängen oder sie besitzen unterentwickelte Keimlinge in den Samen, welche sich erst bei optimalen Umweltbedingungen fertig entwickeln. Samen mit wasserundurchlässiger Schale [häufig Leguminosen] benötigen Faktoren, welche die Schale aufrauen. Die meisten alpinen Arten sind Lichtkeimer, was wohl eine Anpassung an den baumlosen Lebensraum ist [Schwienbacher et al. 2011].

Der saisonale Entwicklungszyklus alpiner Pflanzen muss in ca. 10 bis 12 Wochen abgeschlossen sein. Die Entwicklung nach der Schneeschmelze bis zur Blütenbildung erfolgt rasch. Die Blüten werden deshalb häufig schon im Vorjahr angelegt. Die Bestäubung erfolgt unterschiedlich, nebst Fremdbestäubung setzen einige Arten auf Eigenbestäubung oder die Ausbildung von vegetativen Brutsprossen zusätzlich zu den Samen [*Poa alpina*, Knöllchen-Knöterich – Alpenrispengras – *Polygonum viviparum*] [Abbildung 8].

Auswirkungen auf Begrünungen

Erfolgreiche Begrünungen sollten die Besonderheiten der alpinen Standorte und die kleinräumigen Unterschiede bestmöglich berücksichtigen.

Das langsame Wachstum, die Kleinwüchsigkeit und das hohe Alter der Pflanzen machen deutlich, dass ein geschlossener alpiner Rasen eine lange Entwicklungszeit benötigt und nicht innert weniger Jahre mit einer An-

saat wiederhergestellt werden kann. Deshalb kommt der Vermeidung von Eingriffen beziehungsweise der geeigneten Linienführung, aber auch der Schonung und Wiederverwendung von Pflanzen und Boden eine sehr grosse Bedeutung zu. Die Wiederverwendung von ganzen Soden hilft nicht nur, die ausgewachsenen Pflanzen zu erhalten, sondern begünstigt auch das klonale Wachstum in angrenzende, offene Stellen.

Muss trotzdem angesät werden, ist auf die langsame Bodenbildung Rücksicht zu nehmen. Vorhandener Oberboden ist mit einer Abdeckung [Mulch, Geotextilien] vor Auswaschung zu schützen. Bei fehlendem oder ungenügendem Oberboden muss das Keimbett mit geeigneten organischen Bodenverbessern ergänzt werden. An die harschen Bedingungen in Hochlagen sind nur lokale, standortgerechte Pflanzen optimal angepasst.

Mit der Wahl eines geeigneten Saattermins kann die kurze Vegetationszeit optimal ausgenutzt werden (z.B. Schlafsaat). Angepasste Zusatzstoffe verbessern das Mikroklima und reduzieren die Erosion (z.B. Mulchsaat). Mikroreliefs bilden für die Begrünung interessante Nischen und sollten deshalb erhalten oder gefördert werden. Besonnte Mulden begünstigen dank des besseren Nährstoffzustroms die Keimung und das Wachstum. In schattigen Mulden hingegen ist die Entwicklung wegen später Ausaperung verlangsamt [Lichtenegger 1994], jedoch ist die Wasserversorgung unter Umständen besser.

3.2 Gesetzliche Grundlagen

Der Bund setzt für bauliche Eingriffe ausserhalb der Bauzone gesetzliche Rahmenbedingungen. Einige davon betreffen die Begrünungsmassnahmen.

Wird ein schützenswerter Lebensraum (z.B. Moore oder Trockenrasen, aber auch Standorte, welche geschützte oder seltene Arten beheimaten) beeinträchtigt, so gilt die Maxime «Vermeidung → Schutz → Wiederherstellung → Ersatz» [Art. 18 Abs. 1ter NHG]. Lässt sich nach einer sorgfältigen Interessensabwägung ein Eingriff nicht vermeiden, ist dieser so gering wie möglich zu halten. Ist dies nicht möglich, so muss der Lebensraum wiederhergestellt oder allenfalls Ersatz geleistet werden. Bei der Wiederherstellung kommen die vorliegenden Richtlinien zum Einsatz. Das Ausbringen landes- oder standortfremder Tier- und Pflanzenarten ist, mit Ausnahme von land- und forstwirtschaftlichen Betrieben sowie in Parks, Gärten etc., bewilligungspflichtig [Art. 23 NHG]. Für Düngung, Schnitt- und Weideregime sind ausserdem die Weisungen der Direktzahlungsverordnung [DZV] zu beachten. Nebst der schweizerischen Gesetzgebung enthält auch das Übereinkommen über die biologische Vielfalt (Biodiversitätskonvention) Bestimmungen, welche Begrünungen betreffen.

Vollzug

Die Kantone sorgen für einen sachgerechten und wirksamen Vollzug von Verfassungs- und Gesetzesauftrag [Art. 26 Abs. 1 NHV]. Nebst den Gesetzesgrundlagen verfügen die meisten Kantone über weitere Richtlinien, welche zu berücksichtigen sind [Bsp. UBB-Richtlinien]. Die Handhabung ist von Kanton zu Kanton unterschiedlich und im Einzelfall zu berücksichtigen [Beispiel GR siehe Kasten]. Zusätzliche Hinweise enthält der Leitfaden «Wiederherstellung und Ersatz im Natur- und Landschaftsschutz», welcher vom BAFU herausgegeben wurde [Kägi et al. 2002].

Relevante Erlasse und Weisungen

Die wichtigsten Artikel sind nachfolgend genannt. Der jeweils aktuelle Stand findet sich im Internet in der Systematischen Sammlung des Bundesrechts.

- Bundesgesetz vom 1. Juli 1966 über den Natur- und Heimatschutz [NHG; SR 451]; Art. 18 Abs. 1, Art. 18 Abs. 1ter, Art. 23
- Verordnung vom 16. Januar 1991 über den Natur- und Heimatschutz [NHV; SR 451.1]; Art. 14 Abs. 3, Art. 20, Art. 26 Abs. 1, Anhang 1
- Verordnung vom 1. Juli 1998 über Belastungen des Bodens [VBBo; SR 814.12]; Art. 6, Art. 7
- Verordnung über die Direktzahlungen an die Landwirtschaft [DZV; SR 910.13]; Art. 29-34 [Sömmerungsgebiet], sowie verschiedene Artikel für übrige Wiesen und Weiden
- Vom BAFU erlassene oder anerkannte Rote Listen [RL] Übereinkommen vom 5. Juni 1992 über die biologische Vielfalt [Biodiversitätskonvention; SR 0.451.43]; Art. 2, Art. 8

Beispiel für Bewertungssystem in Graubünden (ANU 2018)

Bewertung von Eingriffen in schutzwürdige Lebensräume (Punktesystem)

Die Bewertung dient dem Kanton Graubünden zum Berechnen von Restbelastungen, welche nach einem Eingriff kompensiert werden müssen. Es ist somit im Interesse der Bauherrschaft, schon bei der Planung die Eingriffe so schonend wie möglich zu projektieren. Dies kann durch die Anpassung des Projektes (Eingriffsfläche, Linienführung) oder das Vermeiden von Eingriffen durch alternative Verfahren geschehen.

Die Richtlinie zur Bemessung der Ersatzpflicht enthält Tabellen zur Bewertung der einzelnen Biotope. Die Wertpunkte berücksichtigen Landschafts- und verschiedene Naturwerte (u.a. Offenlandbiotope, Waldgesellschaften, Quellen, Bäche und Bachufer usw.). Danach werden die Punktezahlen der Beeinträchtigung sowie der Ersatzmassnahmen berechnet. Ersatzmassnahmen müssen ungefähr die gleiche Punktezahl erreichen, wie die Beeinträchtigung. In Ausnahmefällen kann die Differenz monetär ausgeglichen werden.

Rechenbeispiel:

Durch ein saures Kleinseggenried (14 Punkte) soll auf 0.8 ha eine neue Beschneigungsleitung gebaut werden (F = 1 für Verlust). Als Ersatz soll eine 1 ha grosse Piste, die über ein basisches Kleinseggenried (19 Pt.) führt, aufgehoben werden (F = 0.5 für Pistenaufhebung).

$$8'000 \times 14 \times 1 = 112'000$$

$$10'000 \times 19 \times 0.5 = 95'000$$

Die Ersatzleistung reicht nicht aus, die Punktedifferenz beträgt 17'000. Die Kompensationspflicht beträgt CHF 3.00/Punkt, total CHF 51'000.

Mit einer anderen Linienführung könnte die Leitung durch einen Borstgrasrasen (4 Punkte) gelegt werden, würde aber die doppelte Fläche beeinträchtigen.

$$16'000 \times 4 \times 1 = 64'000$$

$$10'000 \times 19 \times 0.5 = 95'000$$

Der Ersatz würde bei dieser Linienführung höher bewertet als der Eingriff, der Bauherr muss keine Ersatzmassnahmen leisten und hat sogar ein Punkteguthaben für spätere Verwendung.

4 Projektierung

Eine gute Projektierung ist für einen reibungslosen Ablauf bei der Ausführung unerlässlich [Abbildung 9]. Dazu gehören u.a. Voruntersuchungen von Vegetation, Boden etc., eine realistische Zielformulierung sowie Submission und Dokumentation. Zu Beginn der Planungsphase sind der Einbezug von Akteuren und die Qualitätssicherung festzulegen.

4.1 Akteure

Ein frühzeitiger Einbezug aller Akteure vermeidet unnötige Missverständnisse und hilft dadurch, Zeit und Kosten zu sparen. Folgende Interessengruppen und Akteure können involviert sein:

- Bauherrschaft, Eigentümer, Landwirte
- Umweltbaubegleitung, Bodenkundliche Baubegleitung
- Planer, Ingenieur- und Umweltbüros
- Samen- und Pflanzenlieferanten
- Bauunternehmer, Maschinenführer
- Verwaltung (Naturschutz, Bodenschutz, Naturgefahren, Landwirtschaft)
- Tourismus, Bergbahnen
- Naturschutz- und Umweltorganisationen
- Forschungseinrichtungen

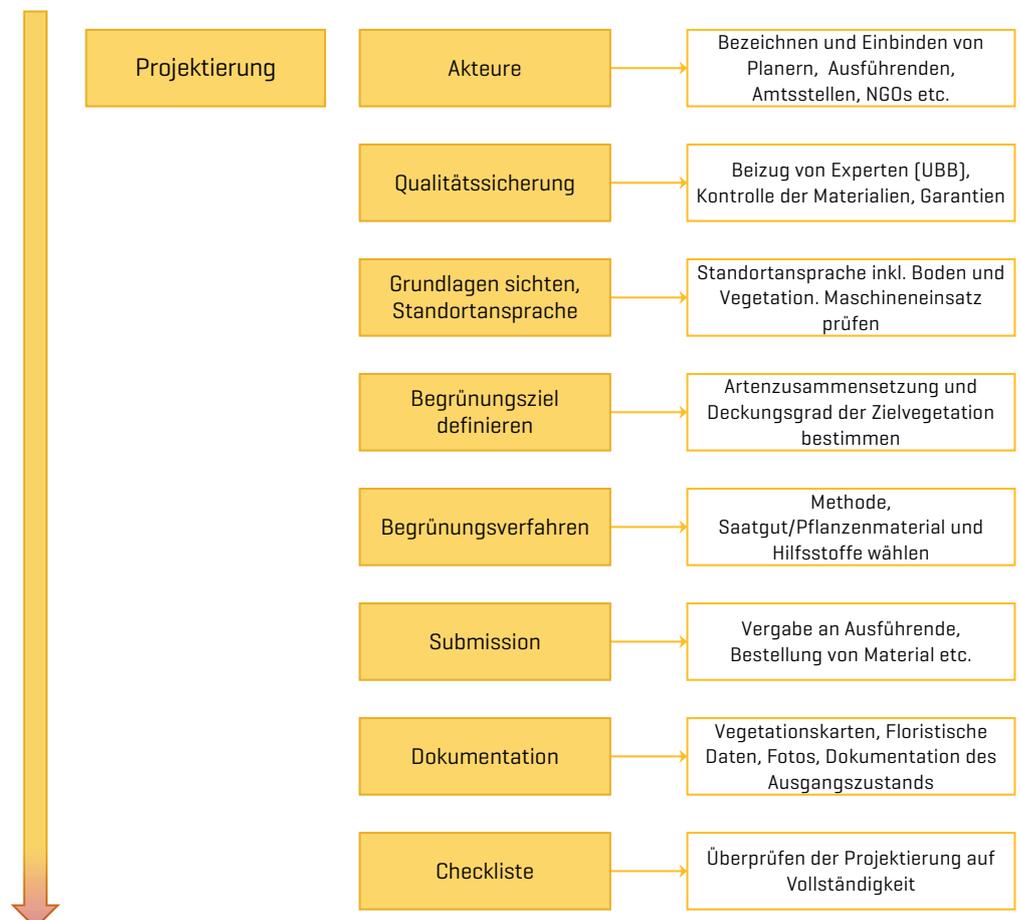


Abbildung 9: Inhaltsübersicht Ablauf der Projektierung | Figure 9 : Contenu du déroulement de la planification du projet.

4.2 Qualitätssicherung

Beizug externer Sachverständiger

Grössere Projekte werden während der Planung und Bauausführung durch Fachspezialisten (Kartierung Vegetation und Boden), sowie eine Umweltbaubegleitung / Bodenkundliche Baubegleitung (nachfolgend UBB genannt) von Beginn an eng begleitet (BAFU und BAV 2013, Bellini 2015). Beratung und frühzeitiges Intervenieren der UBB hilft, Kosten einzusparen. Die UBB trägt zur Minimierung des Eingriffes in Natur und Landschaft bei, achtet auf die Einhaltung der Umweltschutzgesetzgebung, prüft die Wirksamkeit der eingeleiteten Massnahmen und plant die Wiederherstellung und Begrünung.

Ständiger Kontakt der UBB während der Ausführung mit der Bauleitung, sowie mit Bau- und Maschinenführern hilft, die gute Qualität der ausgeführten Arbeiten aufrechtzuerhalten. Das BAFU empfiehlt, dass die UBB mehrfach wöchentlich auf der Baustelle präsent sein soll (Brunner und Schmidweber 2007). Die interdisziplinäre Zusammenarbeit zwischen Planern, Behörden, Bauausführenden, Forschungseinrichtungen und Institutionen ist wichtig und soll gefördert werden.

Pflanz- und Saatgut, Zusatzstoffe

Neben einem Herkunftsnachweis muss einer Saatgutlieferung eine Auflistung aller enthaltenen Arten mit Mischungsanteilen beiliegen. Vor der Ansaat wird eine Rückstellprobe entnommen (Rieger 2006). Stichproben sowie die Kontrolle von Belegen und Lieferscheinen stellen sicher, dass die bestellten Samen und Zusatzstoffe verwendet werden.

Ausführung

Die Ausführenden sollen für den korrekten Umgang mit Boden und Rasensoden sensibilisiert werden. In einer Einführung durch die UBB oder BBB wird die Direktumlagerung bzw. die korrekte Lagerung der Soden gezeigt und auf Besonderheiten (spezielle Pflanzenarten etc.) hingewiesen.

Nach Fertigstellung

Nach Fertigstellung der Arbeiten sind Abnahmeprüfung und Erfolgskontrollen durchzuführen (siehe Kapitel 7).

Garantien

Voraussetzungen

Für die Garantien gelten die SIA Normen 118 «allgemeine Bedingungen für Bauarbeiten» und 318 «Garten- und Landschaftsbau», wenn dies vertraglich vereinbart wird. Wird nichts geregelt, gilt das Schweizerische Obligationenrecht (Hürlimann 2007). Nachfolgend werden die Bedingungen in Anlehnung an die genannten SIA-Normen beschrieben (SIA 2009, 2013).

Nebst dem eigentlichen Begrünungsziel ist der geforderte Zustand der Begrünungsflächen bei der Übergabe Bau/Begrünung in der Ausschreibung festzulegen (beispielsweise bezüglich Bodenlockerung, Humusierung, Einbau von Querrinnen), ebenso wie die Verantwortlichkeit für den Schutz vor schädlichen Einwirkungen nach der Abnahme. Dies dient als Grundlage für allfällige Garantieforderungen.

Beginn der Rügefrist

Die Rügefrist beginnt mit der Abnahme der Begrünung, welche Unternehmer und Auftraggeber innert Monatsfrist ab Werkvollendung in Form einer Abnahmeprüfung durchführen (Hürlimann 2007).

Umfang

Welche Schäden in welchem Umfang auszubessern sind, soll bereits bei der Ausschreibung geregelt werden, um spätere Unklarheiten zu vermeiden.

Erlöschen des Garantieanspruchs

Folgende Schäden führen zum Erlöschen des Garantieanspruchs:

- Durch Dritte entstandene Schäden (z.B. Beweidung, Betreten, Befahren oder Brand);
- Schäden durch Elementarereignisse;
- Schäden durch ungewohnt starken Schädlings- und Krankheitsbefall;
- Schäden durch verseuchte und vergiftete Böden.

Falls die Pflege von Ansaaten und Pflanzungen nicht vom gleichen Unternehmer ausgeführt wird, erlischt die Garantie der Begrünerfirma mit dem Anwachsen der Pflanzen. Bei ungeeignetem Zeitpunkt der Pflanzung und Ansaat ist für das Erlöschen des Garantieanspruchs eine schriftliche Ablehnung der Garantie durch den Pflege-Beauftragten gegenüber der Begrünerfirma notwendig. Wenn die Schadensursache auf Verletzung der Sorgfaltspflicht des Unternehmers zurückzuführen ist, erlischt der Garantieanspruch nicht (SIA 2009).

4.3 Standortansprache

Die Anforderungen an eine Begrünung werden in vielen Fällen bereits in der Baubewilligung formuliert. Als Grundlage für die Umsetzung, inklusive Wahl des Saatguts bzw. des Begrünungsverfahrens, werden Erhebungen am Standort vor Beginn der Bauarbeiten durchgeführt. Dazu gehören Angaben zur bestehenden Vegetation, Standortfaktoren (Boden, Exposition, Gefälle, Geländeform, Höhenlage), Angaben zu Kenn- und Charakterarten des jeweiligen Ziellebensraumes sowie der Verbreitung von Arten. Ferner sind die vorgesehene Zielnutzung, Infrastruktur (Zufahrten, Maschinen) usw. zu klären.

Grundlagen sichten / ergänzen

Für die Baueingabe sollten die relevanten Daten, welche als Grundlage für die Begrünung dienen, aufgenommen worden sein. Teilweise können die Informationen aus diesen Unterlagen entnommen werden oder einschlägige Literatur (Delarze und Gonseth 2008), Internetdatenbanken (InfoFlora) oder Geoportale (Swisstopo) konsultiert werden. Geologische und hydrogeologische Untersuchungen, Standortfaktoren inkl. Vegetationsaufnahmen und Bodenuntersuchungen, schützenswerte Arten und Gebiete etc. sowie rechtliche Grundlagen sind zu sichten und wo nötig zu ergänzen.

Voruntersuchungen Vegetation

Die Vegetationsaufnahme dient dem Ziel, die aktuelle Vegetation der betroffenen Fläche oder von Referenz-Standorten zu bestimmen. Dadurch werden Hinweise auf mögliche Zielgesellschaften gewonnen und allfällige Probleme bei deren Etablierung erkannt. Ferner können dadurch potentielle Lieferbiotope für Samen in der Nähe erfasst werden (Tischew 2006). Die Abklärung der Vornutzung vor dem Eingriff bei Grünlandböden gibt Hinweise auf die vorhandene Samenbank im Oberboden (Molder 2006).

Die Aufnahme sollte so durchgeführt werden, dass die Daten für die Zieldefinierung und als Vergleich bei der späteren Erfolgskontrolle beigezogen werden können. Die Vielfalt der Lebensräume auf kleiner Fläche ist zu berücksichtigen (Bellini 2015). Es empfiehlt sich eine Kombination der nachfolgend genannten Methoden.

Die Lebensraum-Kartierung nach Delarze wird für das Bewilligungsverfahren nach NHG verlangt. Dazu werden die Vegetationseinheiten einem Lebensraumtyp zugeordnet (Delarze und Gonseth 2008). Bei der Gesamtartenliste

werden im Begrünungsbereich und der Umgebung vorkommende Arten ohne Wertung von Häufigkeit und Deckungsgrad aufgenommen (Trempe 2005). Ziel ist eine vollständige Liste. Mit einer Vegetationsaufnahme nach Braun-Blanquet werden auf Stichprobenflächen die Deckungsgrade der vorkommenden Arten geschätzt (Braun-Blanquet 1964). Für geeignete Flächengrößen hält man sich an Erfahrungswerte (10 m² für artenarme Pionierrasen, Kleinseggenrieder und Intensivweiden, 10-25 m² für Wiesen, Magerrasen, Gebirgsrasen oder Zwergstrauchheiden) (Trempe 2005). Die Grösse und Anzahl der Stichprobenflächen ist von der Heterogenität des Perimeters abhängig und sollte den Umständen angepasst werden.

Voruntersuchungen Boden

Eine Bodenuntersuchung hilft, für die bestehenden Bodentypen die geeignete Zielvegetation zu wählen. Ebenso wird die Erosionsgefahr im Rahmen der Bodenuntersuchung abgeklärt.

Die Heterogenität erfordert oft eine kleinräumige Kartierung (Abbildung 10) (Bellini 2015). Für eine möglichst repräsentative Auswahl der Stellen für die Probenahme ist auf die Topografie sowie auf bisherige und aktuelle bodenbildenden Faktoren zu achten. Geologische Karten geben eine grobe Auskunft zum Muttergestein. Dies kann allerdings durch heterogene Ablagerungen von Steinschlägen etc. überdeckt sein (Abbildung 10, links) (Baruck et al. 2016).

Nach grossflächigen Bodenumlagerungen und -durchmischungen ist eine erneute Bodenuntersuchung sinnvoll, um die Begrünung auch bei geänderten Bedingungen optimal an den Standort anzupassen (Schneider et al. 2017).



Abbildung 10: Böden der Hochlagen sind flachgründig und je nach Standort sehr unterschiedlich (Fotos: K. Edelkraut). | Figure 10 : Les sols en stations d'altitude sont peu profonds et varient beaucoup selon l'emplacement (photos : K. Edelkraut).

Untersuchungs-Parameter

Die folgenden Parameter sollten für die Standortansprache erhoben werden [Krautzer et al. 2000, Nestroy et al. 2011]:

- Mächtigkeit des Oberbodens, und wo vorhanden des Unterbodens;
- Merkmale und Mächtigkeit des organischen Auflagehorizonts;
- Spezielle Bodenmerkmale (z.B. organischer Boden);
- Wasserhaushalt (inkl. Vernässungen, Hang- oder Stauwasser);
- Erosionserscheinungen und Erosionsanfälligkeit;
- Anteil unbegrünbarer Bodenbestandteile (v.a. Steine).

Lassen die Möglichkeiten weitere Untersuchungen zu, bieten folgende Parameter nützliche Zusatzinformationen [Brunner et al. 1997, Nestroy et al. 2011]:

- pH-Wert;
- Skelettgehalt;
- Körnung.

Verwertung von Boden

Falls auf der Baustelle Boden anfällt, der nicht vor Ort wiederverwertet wird, ist dessen Verwertung bereits bei der Projektierung unter Einbezug des Landschaftsschutzes zu planen. Geogene Metalle wie Kadmium oder Selen schränken die Verwertbarkeit ein. Werden solche Vorkommen oder andere Belastungen des Bodens vermutet, sind weitere chemische Analysen notwendig [Bellini 2015].

Erosionsgefährdung

Bei einem Gefälle ab 30% muss ein Begrünungsverfahren mit ausreichendem Erosionsschutz gewählt werden [Krautzer et al. 2006]. Aufgrund unterschiedlicher Bodenbeschaffenheit kann dieser Wert variieren.

Zufahrten, Maschineneinsatz und Bodenschutz abklären

Transportmöglichkeiten können die Wahl des Begrünungsverfahrens beeinflussen. Daher ist grundsätzlich abzuklären, ob und wie eine Baustelle erschlossen ist. Für Bodenarbeiten werden Bagger eingesetzt. Aus Sicht Bodenschutz sind Raupenbagger gegenüber Radbaggern vorzuziehen, da sie aufgrund ihrer grösseren Auflagefläche einen geringeren Flächendruck haben. Schreitbagger sind insgesamt leichter und agiler. Sie kommen vor allem in steilem Gelände zum Einsatz [Schiechl und Stern 1992, Bellini 2015]. Aufgrund ihrer speziellen Konstruktion können sie über der Baugrube stehen und beanspruchen damit deutlich weniger Platz als konventionelle Bagger. Auch wenn Böden in Hochlagen häufig weniger tiefgründig ausgebildet sind, müssen die entwickelten Bodenschichten vor Beeinträchtigungen geschützt werden. Neben der Wahl der geeigneten Maschinen ist die Bodenfeuchte ein

wichtiger Faktor. Nasse Böden dürfen nicht befahren oder bearbeitet werden, da sie stärker verdichten. Der hierfür relevante Parameter ist die Saugspannung, ein Mass für den Wassergehalt der Bodenporen. Dieser kann mit Hilfe von Tensiometern gemessen werden. In der Praxis wird die Bodenfeuchtigkeit jedoch häufig durch eine Fühlprobe ermittelt, bzw. aufgrund des aktuellen Wetters entschieden. Die Saugspannung als Ausdruck für die Belastbarkeit des Bodens wird dem Flächendruck und dem Einsatzgewicht der Maschine gegenübergestellt. Die Einsatzgrenzen für Baumaschinen können berechnet oder aus dem Nogramm abgelesen werden (Abbildung 11). Des Weiteren geben Messstationen der Bodenmessnetze in einzelnen Kantonen Auskunft über den jeweiligen aktuellen Zustand des Bodens.

Saugspannung [cbar]=Einsatzgewicht [t] x Flächenpressung [kg/cm²] x 1.25

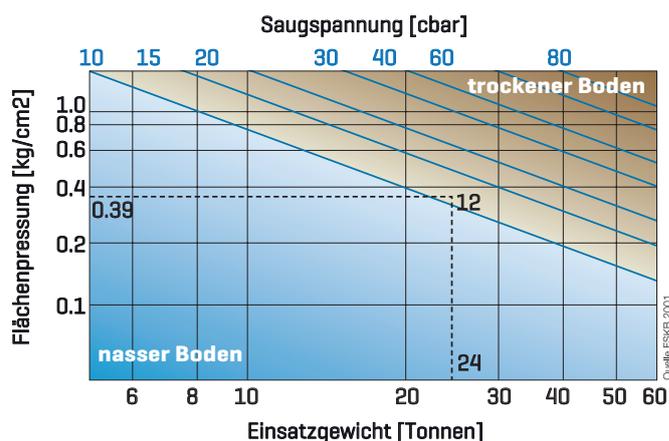


Abbildung 11: Ablesen der Einsatzgrenze aus dem Nogramm: Der Schnittpunkt aus Einsatzgewicht [vertikale Linien] und Flächenpressung [horizontale Linien] ergibt die Saugspannung [schräge Linien]. Sie entspricht jener Bodenfeuchte, ab der die Maschine direkt auf dem Boden eingesetzt werden kann [Bsp. 24-Tonnen-Bagger] [Quelle: FSKB]. | Figure 11 : Lecture de la limite d'application à partir du nomogramme : l'intersection entre le poids de l'application (lignes verticales) et de la pression de surface (lignes horizontales) donne la force de rétention (lignes obliques). Elle correspond au niveau d'humidité du sol à partir duquel la machine peut être utilisée directement sur le sol [par exemple une excavatrice de 24 tonnes] [source : FSKB].

Auf der Baustelle dienen zur Beurteilung der Bodenfeuchte die folgenden Hinweise (Umweltfachstellen-Zentralschweiz 2007):

Saugspannung von:	
< 6 cbar	[Erde ist nass und klebt im Baggerlöffel]: kein Befahren und keine Erdarbeiten.
6-10 cbar	[Erde ist knetbar, klebt aber nicht am Baggerlöffel]: Kein Befahren, Erdarbeiten nur von einer bodenschonenden Unterlage (Baggermatratze o.ä.) aus und bei schütffähigem Boden.
> 10 cbar	[Erdbrocken brechen leicht und sind im Baggerlöffel rieselfähig]: Befahren und Erdarbeiten gemäss Maschinenliste oder in Absprache mit UBB.

4.4 Begrünungsziel

Übergeordnetes Ziel der Begrünung ist eine standortgerechte, erosionsbeständige Vegetation (Marti et al. 2016). Sie soll naturnah sein und den klimatischen Verhältnissen sowie der Höhenstufe angepasst sein. Fremdvegetation ist zu vermeiden.

Im konkreten Begrünungsprojekt sind in der Planungsphase realistische, überprüfbare Ziele zu formulieren. Zukünftige Nutzung und Pflegeoptionen sowie die Höhenlage sollen ebenso in die Entscheidung einfließen wie die Zeit

Table 1: Zielformulierung für die Hochlagenbegrünung. | Tableau 1: Formulation d'objectifs pour la végétalisation en altitude.

Kriterium	Ziele
Ästhetik	Kleinstrukturen sind vorhanden Die Flächen sind landschaftlich eingegliedert Der Aspekt der Vegetation (Blühfarbe, Färbung) entspricht demjenigen der Umgebungsflächen
Erosion	Der Deckungsgrad der Vegetation beträgt mindestens 75% Es sind keine Erosionsspuren im Bereich der Eingriffsfläche vorhanden Es gibt keine vegetationsfreien Stellen > 400 cm ²
Naturnähe	Es kommen keine gebietsfremden Arten vor Die Artenzusammensetzung entspricht zu mind. 3/4 der Zielvegetation Die typischen Arten des Ziellebensraums überwiegen

Table 2: Etappierung der Erfolgskontrolle bis zur Erreichung des Begrünungsziels. Die obere Zeile (Intensiv) gilt für Ansaaten intensiver und wenig intensiver Wiesen und Weiden sowie für Sodenverpflanzungen, die untere Zeile (Extensiv) gilt für Ansaaten extensiver Wiesen und Weiden sowie alpiner Rasen. | Tableau 2: Étapes du contrôle d'efficacité jusqu'à ce que l'objectif de végétalisation soit atteint. La ligne supérieure (intensive) s'applique aux semis des prairies et pâturages intensifs et de faible intensité ainsi qu'au repiquage des plaques de gazon, la ligne inférieure (extensive) s'applique aux semis des prairies et pâturages extensifs ainsi qu'aux prairies alpines.

	1 Jahr	2-3 Jahre	4-5 Jahre
Intensiv	1 Jahr	2-3 Jahre	4-5 Jahre
Extensiv	1 Jahr	3-5 Jahre	8-10 Jahre
Keimung	Keimung mehrheitlich erfolgt, kaum abgestorbene Soden	Pflanzen etabliert, Soden angewachsen	Ansaat und Soden etabliert
Ästhetik		Ziel zu > 50% erreicht	Ziel erreicht
Erosion	Ziel erreicht	Ziel erreicht	Ziel erreicht
Naturnähe		Ziel zu > 50% erreicht	Ziel erreicht

bis zur abschliessenden Erfolgskontrolle. Je nach Standort, Zielvegetation und Begrünungstechnik können die gewünschte Artenzusammensetzung und der angestrebte Deckungsgrad erst nach mehreren Jahrzehnten erreicht werden (Rydgren et al. 2011). Wichtigste Grundlage für die Definition des Begrünungsziels bildet die Standortansprache. Kontakte zu regionalen Experten liefern weitere Hinweise. Fehlen Untersuchungen vor Baubeginn, kann die Artenzusammensetzung in vergleichbaren Lebensräumen in der näheren Umgebung erhoben werden.



Abbildung 12: Müssen alte Planien erneut begrünt werden, muss das Begrünungsziel der Situation angepasst werden. Der Oberboden ist meist erst sehr spärlich entwickelt. Bei standortfremder Vegetation empfiehlt sich die Einsaat mit standortgerechtem Saatgut (Foto: K. Edelkraut). | Figure 12: Si des anciens nivellements doivent être à nouveau végétalisés, l'objectif de végétalisation doit être adapté à la situation. La couche supérieure du sol n'est généralement que très peu développée. Dans le cas d'une végétation non indigène, il est recommandé d'utiliser des semences adaptées au site (photo: K. Edelkraut).

In einem Zeitrahmen gemäss Tabelle 2 sollten durch eine Begrünung die folgenden Kriterien erreicht werden (Tabelle 1).

Zeitlicher Rahmen

Der zeitliche Rahmen ist je nach Vegetation und Höhenstufe unterschiedlich. Bei reinen Sodenverpflanzungen, bei Ansaaten von intensiven und wenig intensiven Wiesen und Weiden, sowie in Höhenlagen unterhalb 2'000 m sollte das Ziel in 5 Jahren erreicht werden. Ansaaten von extensiven Wiesen und Weiden und alpinen Rasen in grösseren Höhen brauchen länger. Eine abgestufte Erfolgskontrolle ist sinnvoll, um ungünstige Entwicklungen frühzeitig zu erkennen. Es empfiehlt sich eine Etappierung gemäss nachfolgender Tabelle 2.

Artenzusammensetzung

Grundsätzlich sollte das Artenspektrum der Begrünung demjenigen der Zielvegetation entsprechen. Standort- und gebietsfremde Arten sind nur in Kulturmischungen für die Landwirtschaft zulässig. Arten früherer Sukzessionsstadien können ihre Berechtigung haben, wenn ihre Lebensräume in der Umgebung natürlicherweise vorkommen.

Spezialfälle Zielvegetation

Bei erneuten Eingriffen auf alten Planien oder auf Waldschneisen wird der Zustand unmittelbar vor dem Eingriff nicht der gewünschten Zielvegetation entsprechen (Abbildung 12). Der Entscheid, welches Begrünungsziel angestrebt wird und welches Pflanzenmaterial wiederverwendet werden kann, muss situativ erfolgen. Wurden alte Planien mit standortfremdem Saatgut begrünt, bietet der erneute Eingriff die Chance, eine standortgerechte, möglichst lokale Mischung auszubringen. Wurde hingegen die Piste der Sukzession überlassen, kann versucht werden, die Soden so weit als möglich zu erhalten und mit einer Ansaat zu ergänzen. Auf Weideflächen steht entsprechend der Nutzung kein Mahdgut zur Verfügung. Falls angesät werden muss und eine Spenderfläche zur Verfügung steht, kann allenfalls mit lokalem Mähwiesen-Saatgut begrünt werden. Durch die Weidenutzung wird sich das Artenspektrum wieder in Richtung Weide verschieben.

Deckungsgrad

Der Deckungsgrad sollte der umgebenden Vegetation bzw. der Zielvegetation angepasst sein. In Lagen unterhalb der Baumgrenze und in Gebieten mit geschlossenen alpinen Rasen wird ein Deckungsgrad von 100% angestrebt (Marti et al. 2016). Weist die bestehende, umliegende Vegetation natürlicherweise einen tieferen Deckungsgrad auf, ist dieser Deckungsgrad analog auch auf der Zielfläche anzustreben. Krautzer et al (2006) empfehlen, offene Bodenstellen, die grösser sind als 400 cm², zu vermeiden, weil sie erosionsgefährdet sind.

Erosionsschutz

Die Erosion darf nach dem Eingriff nicht stärker ausgeprägt sein als vorher (BAFU und BAV 2013). Ab einem Deckungsgrad von ca. 70% kann von einem guten Erosionsschutz ausgegangen werden (Krautzer et al. 2011). Dieser ist umso besser, je höher die Artenvielfalt der Bepflanzung ist (Martin et al. 2010). Der Ziel-Deckungsgrad soll so bald wie möglich erreicht werden. Bei Ansaaten ist die Vegetation erfahrungsgemäss erst ab der zweiten Vegetationsperiode stabil genug, um genügenden Erosionsschutz zu bieten. Auch die Einsaat von Ammenarten bringt nicht unbedingt einen schnelleren Erosionsschutz (Graiss und Krautzer 2011). Bis dahin soll mit Hilfsmitteln wie Mulch in Verbindung mit Klebstoffen oder Geotextilien die Erosion verhindert werden (Krautzer et al. 2011). Bei schwierigen Verhältnissen bieten Querhölzer, Hangroste oder Holzkrainerrwände für längere Zeit einen zusätzlichen Erosionsschutz (Florineth 2014, Ammann 2017). Ebenfalls hilfreich sind Steine, Wurzelstöcke oder Oberflächenstrukturen. Soden werden an rutschgefährdeten Stellen mit Holznägeln befestigt (mündl. AGHB).

Die verpflanzten Vegetationsteile müssen fest einwurzeln. Die Ränder der Soden müssen bestmöglich vor Erosion oder Austrocknung geschützt werden, indem sie möglichst ebenerdig eingebaut werden (mündl. AGHB).

Ästhetik / Tourismus

Klimaszenarien weisen auf deutlich schneeärmere Winter in den Alpen hin (Gobiet et al. 2014), was die Bedeutung des Sommertourismus erhöht. Bei den Sommergästen zeigt sich ein Trend zu naturbezogenen Wanderferien. Diese Gäste suchen die unverfälschte Natur (Fleischhacker et al. 2012, Schützinger 2015). Auch deshalb soll eine Eingriffsfläche möglichst schnell wieder unsichtbar sein und sich optisch optimal in die Umgebung einpassen (Heuerding 2005). Das Relief soll dabei möglichst natürlich aussehen, soweit das Bauvorhaben dies zulässt. Es sollen weder Wunden noch unpassende (landschaftsfremde) Begrünungen zu sehen sein (Schmid und Frei 2005).

4.5 Begrünungsverfahren wählen

Für die Begrünung stehen unterschiedliches Saat- und Pflanzgut, sowie verschiedene Verfahren und Zusatzstoffe, zur Verfügung. Die meisten können miteinander kombiniert werden. Teilweise sind sie voneinander abhängig (Abbildung 13).

Die nachfolgende Übersicht (Abbildung 13) listet die möglichen Verfahren und mögliche Kombinationen bzw. Abhängigkeiten zwischen Pflanzenmaterial, Verfahren und Zusatzstoffen auf. Die Nummern in der Kopfzeile verweisen auf die jeweiligen Kapitel, in welchen die Verfahren und Materialien näher beschrieben werden. Eine weitere Übersicht (Abbildung 14) dient als Unterstützung bei der Wahl des passenden Begrünungsverfahrens, des Pflanzen- und Saatguts sowie der empfohlenen Zusatzstoffe.

Aufgrund der Informationen aus den Voruntersuchungen und der verfügbaren Ressourcen wird das optimale Begrünungsverfahren gewählt, um den Begrünungszielen gerecht zu werden. Dabei gilt, je schonender mit den vorhandenen Ressourcen umgegangen wird, desto schneller wird das Begrünungsziel erreicht. Die schonendste Methode ist die Direktumlagerung. Ist dies nicht möglich, ist es trotzdem wichtig, alles bestehende Pflanzenmaterial zu sichern und die verbleibenden Soden, allenfalls in Kombination mit einer Ansaat, zu verpflanzen.

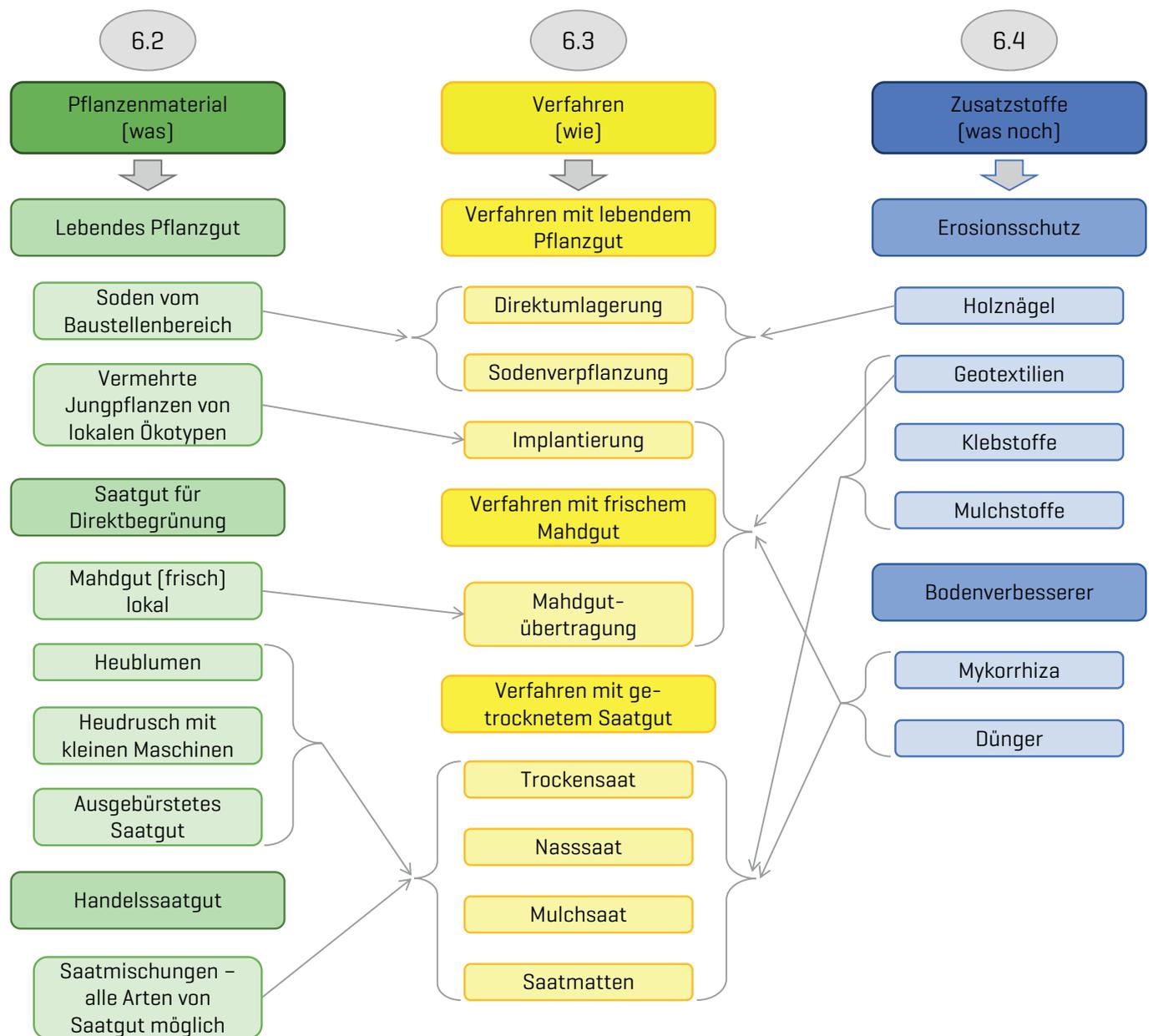


Abbildung 13: Übersicht der Verfahren, des möglichen Pflanzen- und Saatguts sowie der Zusatzstoffe und ihrer Kombination. Die einzelnen Methoden bzw. Materialien werden, den Nummern über den Spalten entsprechend, in den Kapiteln 6.2, 6.3 und 6.4 erläutert. | Figure 13 : Vue d'ensemble des méthodes, des plantes et semences possibles ainsi que des adjuvants et de leur combinaison. Les différentes méthodes ou matériaux sont expliqués aux chapitres 6.2, 6.3 et 6.4 en fonction des numéros figurant au-dessus des colonnes.

Wird Saatgut benötigt, muss dieses standortgerecht sein. Ideal ist lokales Saatgut, dafür braucht es jedoch Spenderflächen oder die nötige Vorlaufzeit für eine gezielte Vermehrung. Wenn kein lokales Saatgut erhältlich ist, kann auf regionales oder CH-Ökotypen-Saatgut ausgewichen werden. Welche Zusatzstoffe benötigt werden, hängt vor allem von der Bodenbeschaffenheit, Erosionsgefährdung und dem Begrünungsverfahren ab. Generell kann gesagt werden, dass Soden genügend Oberboden enthalten, so dass dort keine Bodenverbesserungsmassnahmen nötig sind. Wo der Oberboden stark beeinträchtigt ist oder gar fehlt und eine Ansaat geplant ist, kommen Bodenverbesserungsmassnahmen wie das Einbringen von organischem Material zur Strukturverbesserung in Frage. Werden Mykorrhiza-Pilze dem Saatgut beigemischt, unterstützen diese die Nährstoff- und Wasseraufnahme der Jungpflanzen. Diese müssen aber an die Standortbedingungen der Eingriffsfläche angepasst sein.

Ansaaten sollten in Hochlagen mit Mulchstoffen und einem organischen Klebstoff vor Winderosion geschützt werden. Mulchstoffe bringen auch einen gewissen Erosionsschutz gegen das Abschwemmen bei Regenfällen.

Die nachfolgende Übersicht (Abbildung 14) soll Anhaltspunkte für die Auswahl liefern. Spezialfälle sind hier nicht

berücksichtigt. Erläuterungen zu den Fragen in den grauen Boxen finden sich in der zugehörigen Tabelle 3.

4.6 Submission

Falls die Submission für das gesamte Bauvorhaben ein Los für die Begrünung beinhaltet, sollten neben dem Preis weitere, qualitative Vergabekriterien definiert werden (hochlagenspezifische Referenzen, Ausbildung des eingesetzten Personals, eingesetzte Maschinen, Anforderung an das Samen- und Pflanzenmaterial). Die Weitergabe von Aufträgen an Unterakkordanten ist in der Submission zu regeln. Terminvorgaben werden in Submissionsunterlagen und im Vertrag zwischen Auftragnehmer und -geber festgelegt. Die spezielle Witterung in Hochlagen ist dabei zu berücksichtigen (Einschneien, Zufahrt, Frost, witterungsbedingte Unterbrüche etc.).

4.7 Dokumentation

Plan- und Kartengrundlagen

Für die Ausschreibung, die Ausführung und zur Dokumentation wird empfohlen, den jeweiligen Eingriffssperimeter in einem Plan festzuhalten. So lassen sich auch Flächengrößen (u.a. zur Ermittlung der notwendigen Menge Saatgut) ermitteln. Zusätzlich dienen Fotos der einzelnen Eingriffe als Dokumentation für den Bericht.

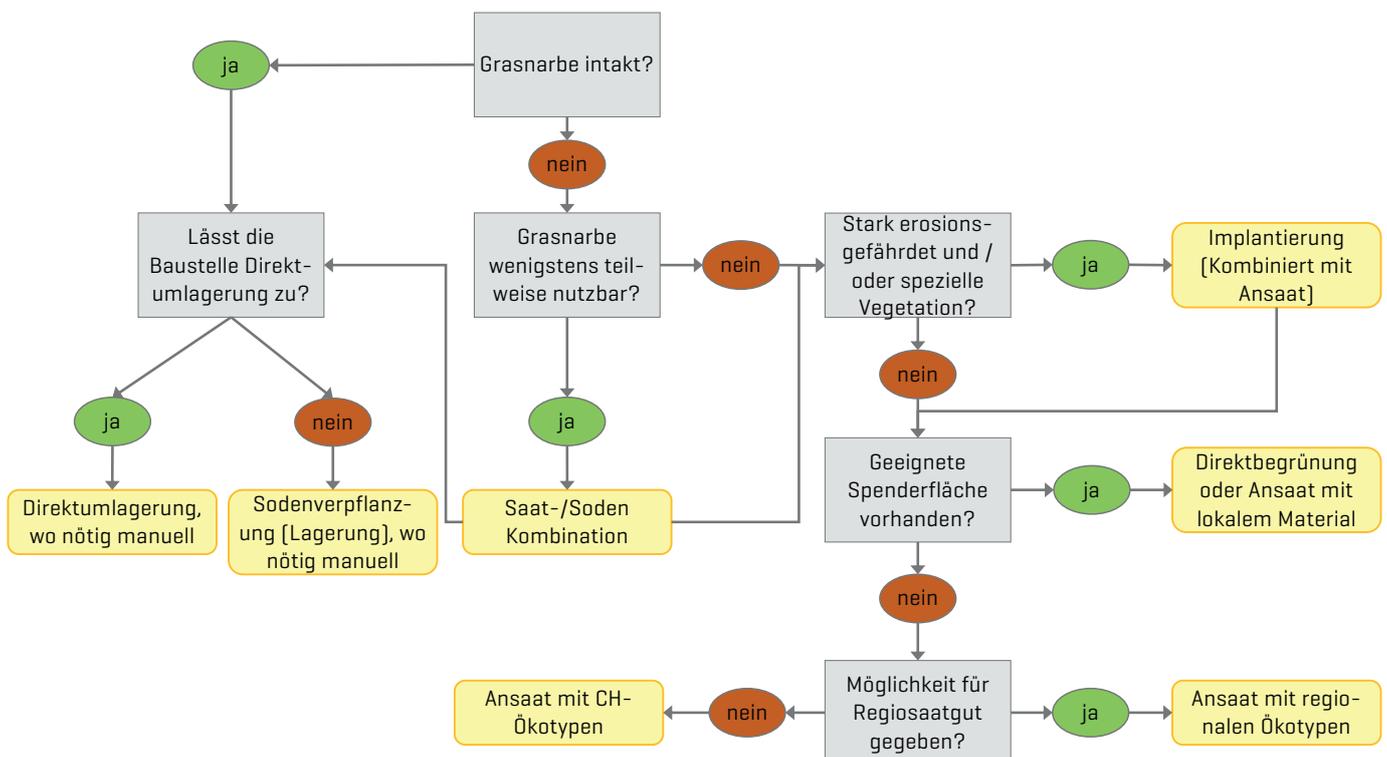


Abbildung 14: Auswahlschema für Begrünungsverfahren. Die Erläuterungen für die grauen Boxen finden sich in nachfolgender Tabelle 3. | Figure 14 : Schéma de sélection des méthodes de végétalisation. Les explications des cases grises sont données dans le tableau 3 suivant.

Tabelle 3: Erläuterungen zu den Fragen (eckige Boxen) im Auswahlschema | Tableau 3 : Explications aux questions (boîtes carrées) dans le schéma de sélection.

Grasnarbe intakt?	Grassoden sind hinsichtlich Artenzusammensetzung, Herkunft und Alter für die Wiederherstellung sehr wichtig. Wenn immer möglich, sollten diese beim Abtrag separiert werden. Ggf. lohnt sich dabei eine manuelle Unterstützung.
Lässt die Baustelle Direktumlagerung zu?	Erlaubt es die Organisation der Baustelle, die Soden an anderer Stelle gleich wieder zu verwenden, entfällt die Zwischenlagerung. Die Anzahl Umlagerungen wird reduziert.
Grasnarbe wenigstens teilweise nutzbar?	Können nicht ausreichend Soden für eine Wiederherstellung gewonnen werden, werden die vorhandenen mosaikartig verteilt und ggf. im Saat-Soden-Kombinationsverfahren durch eine Ansaat ergänzt.
Stark erosionsgefährdet und/oder spezielle Vegetation?	Ist auf einer erosionsgefährdeten Fläche kaum mehr Oberboden vorhanden, kann eine Implantierung die beste Methode sein [Urbanska 1997, Rixen und Schmid 2016]. Dies gilt auch, wenn z.B. Zwergsträucher erwünscht sind. Meist wird eine Implantierung mit Ansaat ergänzt. Sind Soden vorhanden, können diese ergänzend verwendet werden, müssen aber ggf. gesichert werden [Holznägel].
Geeignete Spenderfläche vorhanden?	Für eine Ansaat mit lokalem Saatgut wird eine standortgerechte, möglichst nahe gelegene Spenderfläche benötigt. Dies gilt für Direktbegrünung, wo das frisch geschnittene Mahdgut direkt verwendet wird, wie auch für Sammelmethode (Ausbürsten oder Heudrusch). Auch für Heublumen wird eine geeignete Mähwiese in der Nähe benötigt. Das Heu muss separat gelagert werden.
Möglichkeit für Regiosaatgut gegeben?	Entfällt die Möglichkeit, direkt lokales Saatgut zu erhalten, wird Handelssaatgut benötigt. Regionales Saatgut ist dabei anderen Herkünften vorzuziehen. Steht genügend Zeit zur Verfügung, kann in Vermehrungsbetrieben Saatgut aus definierter Herkunft auf Bestellung produziert werden. Ökotypen sollten gegenüber Zuchtformen bevorzugt werden.

Schriftliche Dokumentation

Die minimal erforderliche Dokumentation ist in der Baubewilligung definiert. Für die Erfolgskontrolle wird empfohlen, nach den Richtlinien für Hochlagenbegrünung die Aspekte Ästhetik, Erosion und Natur/Landschaft nach den in Kapitel 4.4 festgelegten Kriterien zu beurteilen. Ergänzende detaillierte Vegetationsaufnahmen sowie die Schätzung der Deckung der Begrünung helfen bei der Formulierung von allenfalls notwendigen Massnahmen [Nachbesserung]. Die Dokumentation im Feld wird durch aussagekräftige Fotos [Ausgangszustand, während der Bauphase, während und nach der Begrünung] ergänzt. In einem Schlussbericht erfolgt die Beschreibung des Vorhabens, die getroffenen Massnahmen sowie eine (vorläufige) Beurteilung des Begrünungserfolgs.

Zuständigkeit

Die Bauherrschaft ist für die Dokumentation zuständig. Diese delegiert die Aufgabe in der Regel an die UBB oder eine andere geeignete Fachperson. Allfällige Zwischenberichte und der Schlussbericht müssen normalerweise bei der Bewilligungsbehörde eingereicht werden.

4.8 Checkliste

Die Checkliste dient der Kontrolle, ob die Planung vollständig durchgeführt wurde. Gleichzeitig enthält sie Punkte für Vorbereitungen auf der Baustelle.

- Begehung vor Ort mit involvierten Akteuren hat stattgefunden.
- Beteiligte sind über die Begrünungsziele in Kenntnis gesetzt.
- Schulung der Mitarbeitenden auf der Baustelle ist eingeplant.
- Witterung für die Terminierung der Arbeiten wurde berücksichtigt.
- Zufahrten (Zufahrtswege, -zeiten, -häufigkeiten, zugelassene Transportmittel) sind geprüft.
- Bodenschutz bei der Planung von Bodenarbeiten und Zwischenlagern (mit UBB) wurde berücksichtigt.
- Geeignete Maschinen und Geräte unter Berücksichtigung der physikalischen Bodeneigenschaften und der Bodenfeuchte sind ausgewählt.
- Maschinenliste für die UBB ist erstellt [Bellini 2015].

5 Vorarbeiten

In diesem Zusammenhang wird der Begriff «Bau» für sämtliche Tätigkeiten im Rahmen eines Bauvorhabens, von der Baustelleneinrichtung bis zur Fertigstellung des Objekts und der Wiederherstellung der beanspruchten Flächen verwendet. Nachfolgend werden nur die begrünungsrelevanten Aspekte eines Bauvorhabens behandelt (Abbildung 15). Bei einer ersten Begehung mit dem Unternehmer werden die boden- und vegetationsrelevanten Arbeiten besprochen und die betroffenen Flächen definiert. Falls geschützte Arten vorkommen, ist zu klären, wie deren Populationen gesichert werden können (Umpflanzen, Samen sammeln). Für eine möglichst optimale Sicherung von Pflanzenmaterial muss die Möglichkeit der Gewinnung von Soden und deren Lagerung und Wiedereinbau besprochen werden. Alternativ sollte eine spätere Ansaat optimal vorbereitet werden, indem die bestehenden Flächen beschrieben werden (Artenlisten der wichtigsten, lebensraumbestimmenden Arten) und der Bezug des entsprechenden Saatguts (unabhängig ob Handelssaatgut oder eigene Saatgutgewinnung in der Umgebung) gesichert werden. Falls die Bauarbeiten bereits begonnen haben und keine Informationen über den Ausgangszustand der betroffenen Flächen bestehen, können alternativ benachbarte Flächen als Referenz untersucht werden. Das eigenständige Sammeln von Saatgut muss zeitlich gut abgestimmt werden, da Samen von Pflanzen der Hochlagen ihre Keimfähigkeit schnell verlieren.

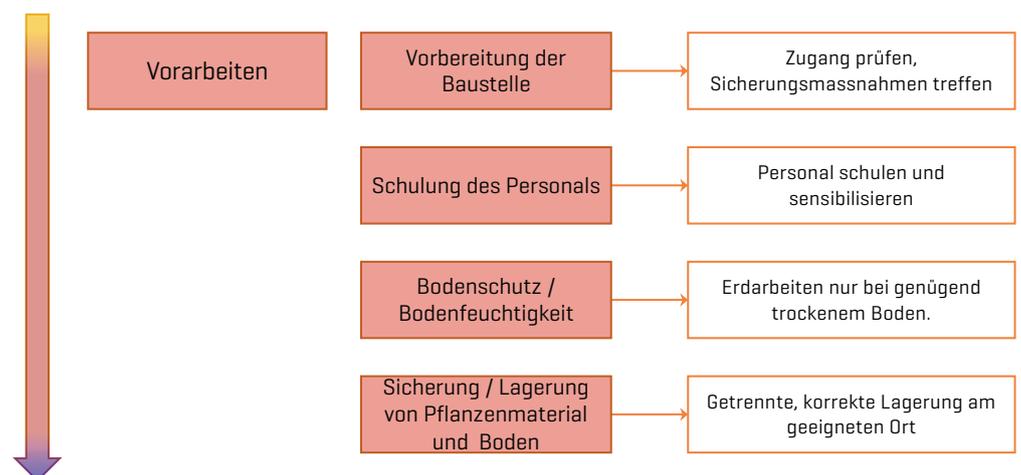


Abbildung 15: Inhaltsübersicht Ablauf der Vorarbeiten | Figure 15 : Contenu du déroulement des travaux préparatoires.

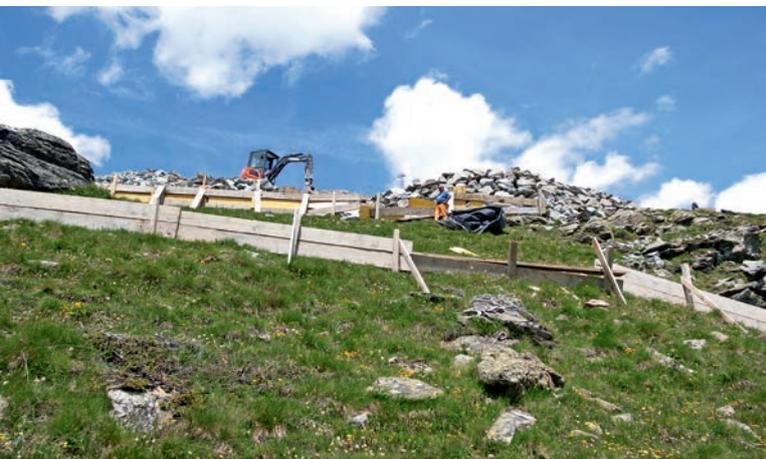


Abbildung 16: Schaltafeln sichern die Baustelle und verhindern das Abrutschen von Material in die darunterliegenden Flächen (Foto: M. Peters). | Figure 16 : Des panneaux de coffrage sécurisent le chantier et empêchent le glissement des matériaux vers les surfaces en aval (photo : M. Peters).

5.1 Vorbereitung Baustelle

Bei der Vorbereitung wird geprüft, ob die geplanten Zufahrten frei, die Maschinen wie geplant vorhanden sind und die nötigen Vorkehrungen für den Bodenschutz getroffen wurden. Dazu gehören das Abstecken der Baufläche sowie das Markieren von sensiblen Bereichen (spezielle Flora etc.), welche von Baumaschinen nicht beeinträchtigt werden dürfen. Temporäre Dämme, Schaltafeln oder Abdeckungen können das Abrutschen oder Wegschwemmen von Erdmaterial oder Steinen verhindern (Abbildung 16) (Schiechl und Stern 1992).

Schulung des Personals durch UBB

Zum Einsatz kommende Bauarbeiter müssen durch die UBB oder andere erfahrene Fachleute im richtigen Umgang mit Soden sowie über Bodenschutzmassnahmen geschult werden. Um die grösstmögliche Sorgfalt im Umgang mit Oberboden und Pflanzenmaterial zu gewährleisten, sollen die Beteiligten auf die Wichtigkeit von intakten Soden für einen schnellen und ökologisch hochstehenden Begrünerfolg aufmerksam gemacht werden (Bellini 2015).

5.2 Bodenschutz / Bodenfeuchtigkeit

Ober- und Unterboden sind sorgfältig zu separieren (Bellini 2015). Bodenrelevante Arbeiten dürfen nur bei genügend trockenem Boden ausgeführt werden. Die Prüfung der aktuellen Bodenfeuchte beeinflusst die Entscheidung, welche Bodenschutzmassnahmen nötig sind. Einige Kantone betreiben Messstationen für die Bodenfeuchte und bieten die Informationen online an. Beim Gebrauch dieser Informationen ist jedoch die Heterogenität der Böden zu beachten. Hinweise zur Beurteilung der Bodenfeuchte finden sich in Kapitel 4.3. Bei gefrorenem Boden ist ein Befahren

des Bodens möglich, aber kein Ausheben oder Umlagern desselben.

5.3 Sicherung / Lagerung von Pflanzenmaterial und Boden

Um bei den Erdarbeiten Verzögerungen zu vermeiden, sollten die Sicherung der Rasensoden sowie die geeignete Lage der Depots vorgängig abgeklärt werden. Die Depots werden so angelegt, dass sie in Reichweite des Baggers liegen, ohne jedoch Zufahrten oder Transportwege zu behindern.

Sicherung von Saatgut und Einzelpflanzen

Das Sammeln von lokalem Saatgut beginnt so früh wie möglich. In der Praxis wird während des baulichen Eingriffs im Bereich der Baustelle noch weiter gesammelt. Hinweise zum Sammeln und zum Saatgut finden sich im Kapitel 6.2. Befinden sich besonders schützenswerte Einzelpflanzen im Baustellenbereich, werden diese entweder direkt an geeignete Standorte umgepflanzt, oder ausgegraben und eingeschlagen.

Sicherung von Soden

Die am Standort vorhandenen Rasensoden müssen gesichert werden (Krautzer et al. 2000, Schmid und Frei 2005). Dazu werden Stücke der Vegetationsdecke samt Wurzeln abgestochen. Dies geschieht von Hand oder mit der Planierschaufel (Abbildung 17). Die Soden müssen sorgfältig behandelt werden, idealerweise werden sie wie eine «Pizza» abgeschält und abgelegt. Bei sehr trockenen Bedingungen besteht die Gefahr, dass beim Abstechen viel Feinerde aus dem Wurzelwerk verloren geht. Dann kann versucht werden, frühmorgens, wenn ggf. noch etwas Tau im Oberboden steckt, diese Soden zu gewinnen.



Abbildung 17: Soden werden sorgfältig mit der Baggerschaufel abgeschält (Foto: T. Schmid). | Figure 17 : Les mottes sont soigneusement robotées à l'aide de la pelleuse (photo : T. Schmid).

Die besten Resultate werden mit Rasensoden erzielt, wenn sie ohne Zwischenlagerung direkt an ihrem Zielort eingebaut werden können [Direktumlagerung]. Ist dies nicht möglich, müssen geeignete Zwischenlager definiert werden [Krautzer et al. 2007, Marti et al. 2016].

Lagerung von Boden und Soden

Oberboden, bzw. Soden, und Unterboden sind grundsätzlich getrennt zu lagern. Soden werden, je nach Dauer der Lagerung, unterschiedlich gestapelt. Idealerweise sollten die Soden Bodenseite auf Bodenseite und Pflanzenseite auf Pflanzenseite zu liegen kommen. Die Soden dürfen weder austrocknen noch faulen [Krautzer et al. 2007], dazu werden die Depots nur mit geringen Höhen (max. 60 cm) angelegt. Auf längerfristigen Baustellen besteht beim Stapeln die Gefahr, dass die unteren Lagen ersticken, insbesondere auf feuchten, humosen Standorten. Lässt der Platz es zu, sollten diese Soden, aber auch solche mit besonders empfindlicher Vegetation, flächig ausgelegt werden. Um Platz zu sparen, können die Unterbodendepots mit Soden gedeckt werden [Abbildung 18]. Dadurch bleiben die Soden intakt und die Depots sind begrünt.



Abbildung 18: Bodendepot, mit Soden abgedeckt [Foto: K. Edelkraut]. | Figure 18 : Dépôt de terre, recouvert de mottes [photo : K. Edelkraut].

Die Depots dürfen nicht befahren werden. Das Oberflächenwasser soll ungehindert abfließen können. Eine Trennschicht dient der Trennung zwischen dem Material im Depot und dem Untergrund. Bei kurzfristigen Depots kann allenfalls die bestehende, kurz geschnittene Vegetationsdecke oder Stroh als Trennschicht verwendet werden, vielfach wird auch wasserdurchlässiges Fliess verwendet [Abbildung 19]. Gleiche Schichten werden ohne Trennschicht gelagert, z.B. Unterboden auf Unterboden.

Für langfristige Depots muss situativ entschieden werden, ob der Oberboden abgetragen wird oder nicht. Bei einer



Abbildung 19: Kurzfristige Lagerung von Soden direkt auf der bestehenden Vegetation. Die Bodendepots werden auf Trennfliess geschüttet [Foto: K. Edelkraut]. | Figure 19 : Stockage à court terme des plaques de gazon directement sur la végétation existante. Les dépôts de terre sont versés sur un revêtement de séparation [photo : K. Edelkraut].

schützenswerten Vegetation am Standort des Depots oder bei tonreichem Boden wird ein Abtragen des Oberbodens empfohlen [mündl. AGHB]. Ansonsten muss der Boden nicht zwingend abgetragen werden, wenn die Schütthöhe des Lagers reduziert wird [Bellini 2015]. Durch eine trapezförmige, lockere Schüttung und eine Höhenbegrenzung werden anaerobe Kernzonen im Zwischenlager vermieden [Bellini 2015]. Folgende maximale Schütthöhen sind für die Zwischenlagerung zu beachten [Abbildung 20] [Krautzer et al. 2007, Bellini 2015]:

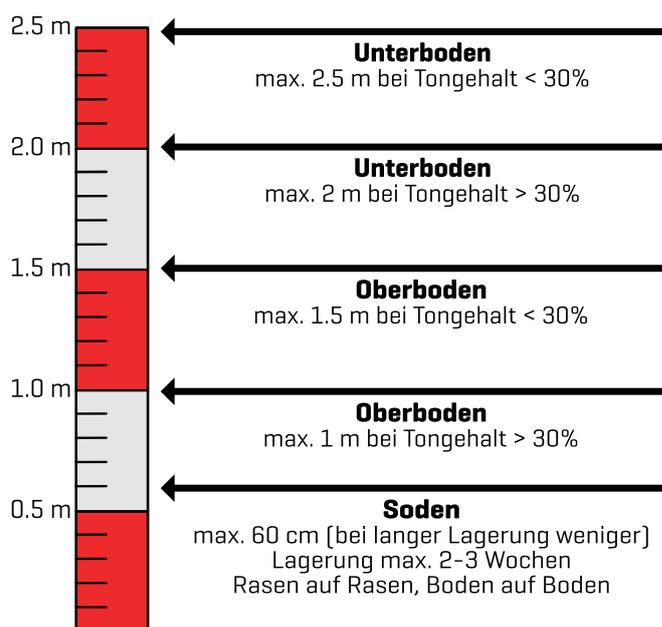


Abbildung 20: maximale Höhen der Mieten bei der Lagerung von Boden. Die angegebenen Höhen beziehen sich auf loses Material [Bellini 2015]. | Figure 20 : Hauteurs maximales d'ensilage pour le stockage du sol. Les hauteurs indiquées se réfèrent à des matériaux en vrac [Bellini 2015].

6 Ausführung

Bei der Ausführung der Begrünungsarbeiten (Abbildung 21) wird grundsätzlich gemäss Projektierung vorgegangen. Unvorhergesehene Termin- oder andere Schwierigkeiten können ein Abweichen vom geplanten Verfahren erfordern. Das Vorgehen ist dann situativ unter den beteiligten Akteuren (Bauherrschaft, Begrünungs-Unternehmen, UBB) zu klären.

Begrünungsmethoden inklusive Pflanzenmaterial und Zusatzstoffe, die Möglichkeit, Maschinen einzusetzen und die Jahreszeit, in welcher die Begrünung stattfinden soll, beeinflussen sich gegenseitig und müssen deshalb aufeinander abgestimmt werden.

6.1 Bodenvorbereitung für die Begrünung

Beim Rückbau ist die natürliche Schichtung des Bodens wiederherzustellen (Schmid und Frei 2005). Ein korrekter Rückbau ist wichtig, um die Bodenfruchtbarkeit zu erhalten. Zur Vermeidung von Verdichtungen darf nur bei trockenen Verhältnissen gearbeitet werden. Der Unterboden wird möglichst locker geschüttet, ohne festes Andrücken oder Abziehen mit der Planierschaufel. Größere Steine dienen dabei als mögliche Drainage (bei entsprechendem Begrünungsziel). Der Oberboden wird danach auf den lockeren Unterboden geschüttet. So kann eine Verbindung (Poren) der beiden Schichten erreicht werden. Danach kann die

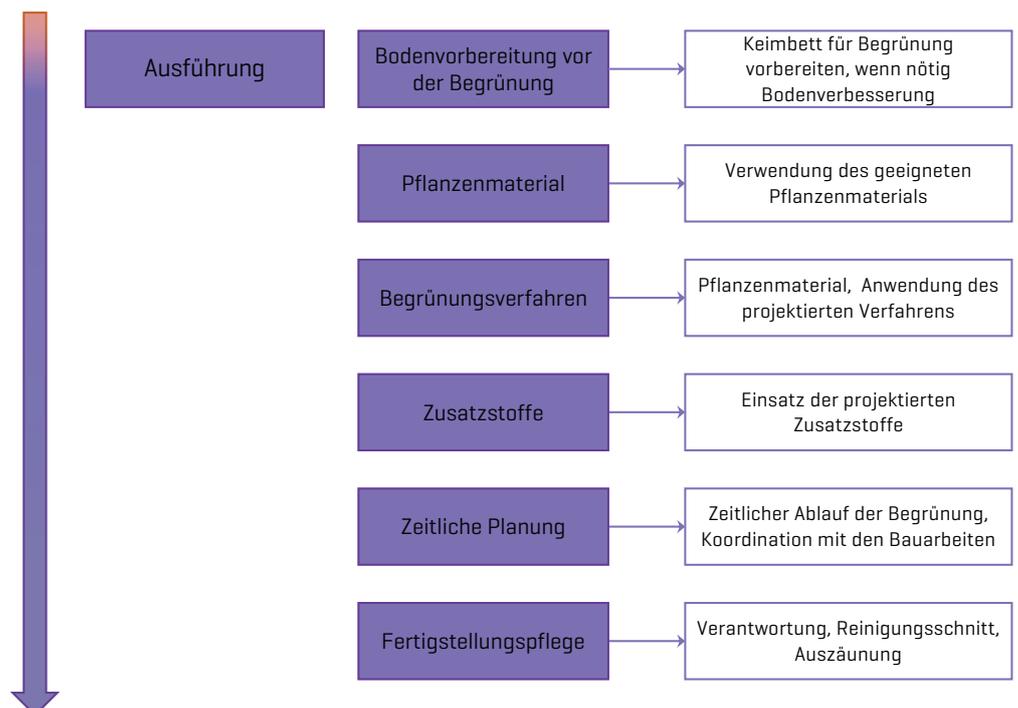


Abbildung 21: Inhaltsübersicht Ablauf bei der Ausführung | Figure 21 : Contenu du déroulement lors de la mise en œuvre.

Oberfläche gestaltet werden. Eine raue Oberfläche bietet Keimlingen schützende Nischen, mindert die Erosion und verlangsamt die Austrocknung [Schmid und Frei 2005, Krüsi 2014]. Sie gibt den Soden besseren Halt und trägt zu einem natürlicheren Erscheinungsbild bei [Marti et al. 2016].

Anforderungen an das Keimbett

Folgende Anforderungen bestehen [Graf 1998]:

- Stabilität von Bodenmatrix und Porenstruktur (Aggregatsstabilität, Gefüge)
- Feinsedimentanteil mind. 30%
- genügend Wasser und Nährstoffe in pflanzenverfügbarer Form
- ausreichende Belüftung
- intakte Bedingungen zur Re-etablierung der Bodenorganismen

Falls das Keimbett den Anforderungen nicht genügt, finden sich Hinweise und Einschränkungen zur Bodenverbesserung im Kapitel 6.4.

6.2 Pflanzenmaterial

Pflanzgut

Soden vom Baustellenbereich

Die Sicherung der Soden vom Baustellenbereich wird im Kapitel 5.3 beschrieben.

Vermehrung von Jungpflanzen von lokalen Ökotypen

Aus der unmittelbaren Nähe der Baustelle wird Saatgut gesammelt. Daraus werden in Gärtnereien Jungpflanzen angezogen und vermehrt. Sind Klima des Vermehrungsbetriebes und Substrat dem Begrünungsstandort ähnlich, sind die Jungpflanzen optimal angepasst. Die Verwendung von eigens vermehrten Pflanzen benötigt ausreichend lange Vorlaufzeit, mindestens eine Saison.

Erntemethoden für die Direktbegrünung

Die folgenden Methoden erlauben das Ernten von lokalem Saatgut, wenn die geeigneten Spenderflächen zur Verfügung stehen. Beschrieben wird nur die Ernte. Weitere Informationen zum Saatgut, beispielsweise zur Herkunft, finden sich in einem eigenen Kapitel «Saatgut». Die Beschreibung des Einsatzes des gewonnenen Materials erfolgt im Detail im Kapitel 6.3.

Das Verhältnis Auftrag zu Entnahmefläche beträgt 1:1 bis 1:2 [Krautzer et al. 2000, Bosshard et al. 2013]. Die Übertragung von Schnittgut von Weiden ist sehr aufwändig, da Weiden durch die Trittbelastung uneben sind und kaum gemäht werden können.

Frisches Mahdgut

Eine geeignete Spenderfläche wird geschnitten, wenn die meisten Samen der gewünschten Arten in «Teigreife» sind. Die Samen haben bereits ihre volle Grösse, sind aber noch weich und fallen nicht bei der ersten Berührung heraus [RegioFlora]. Der Spenderbestand wird frühmorgens in taufrischem Zustand gemäht. Für einen schonenden Schnitt wird ohne Mähauflbereiter und mit geringer Geschwindigkeit gemäht [Agridea 2015]. Die Samen und einige Kleinlebewesen kleben im meist feuchten Schnittgut und fallen erst beim Trocknen ab. In Hochlagen fällt der ideale Zeitpunkt der Ernte nicht mit demjenigen der Aussaat zusammen, weshalb diese Methode eher auf tiefere Lagen beschränkt bleibt.

Ausgebürstetes reifes Saatgut

Als Variante der Direktbegrünung wird nicht das ganze Schnittgut übertragen, sondern es werden auf der Spenderfläche nur die Samen geerntet. Selbst in steilem Gelände mit über 100% Neigung kann mit geeigneten Maschinen Saatgut geerntet werden [Bosshard 2016]. In unebenem Gelände ist hingegen der Einsatz von Maschinen schwierig. Dort empfiehlt sich das Ausbürsten von Hand.

Es wird nicht bei «Teigreife», sondern bei «Totreife» geerntet, wenn die Samen hart sind und leicht abfallen. Eine Wiese kann mit dieser Methode mehrmals im Jahr abgeerntet werden [Agridea 2015]. Das Saatgut kann getrocknet und aufbewahrt werden, was eine grössere zeitliche Flexibilität bei der Begrünung ermöglicht. Dadurch ist diese Methode für Hochlagen besser geeignet als frisches Mahdgut. Niedrigwüchsige Pflanzen werden dabei allerdings schlecht erfasst [Sengl et al. 2014].

Heudrusch (Wiesendrusch)

Die Spenderfläche wird gemäht, das Mahdgut getrocknet und ausgedroschen [Kirmer und Tischew 2006, Agridea 2015]. Erfolgt das Dreschen im gleichen Arbeitsgang, so kommt bei der Ernte in Hochlagen ein kleiner Mähdrescher zum Einsatz.

Heublumen

Bei dieser Methode wird trockenes Material verwendet, welches auf dem Heuboden anfällt. Frühzeitige Absprachen oder Verträge mit dem Bauern bieten die Möglichkeit, das Heu einer bestimmten, ausgewählten Fläche separat zu lagern. Eine Prüfung der Keimfähigkeit vor der Ansaat wird empfohlen, insbesondere bei Heublumen unbekanntem Alters. Die Saatmengen variieren stark mit dem Heu-Anteil, die Schicht sollte dünn aufgetragen werden, damit Licht auf den Boden fällt und der Konkurrenzdruck unter den Keimlingen nicht zu gross ist [mündl. AGHB].

Samenmischungen

Samenmischungen haben den Vorteil, dass sie zum idealen Zeitpunkt ausgebracht und ihre Zusammensetzung genau bestimmt werden kann. So können die Anteile von schwer zu etablierenden Arten gegenüber leicht keimenden erhöht werden. Da genau bekannt ist, was gesät wurde, kann der Etablierungserfolg beurteilt und die Mischungsrezeptur angepasst werden.

Bei der Wahl des Saatguts sollte die lokale Vegetation so gut wie möglich berücksichtigt werden. Wenn Spenderwiesen zur Verfügung stehen, so ist eine Begrünung mit lokal gesammeltem Saatgut die erste Wahl. In hochalpinen Gebieten, wo eine Mahd oder maschinelles Sammeln kaum möglich ist, bietet das Sammeln von Hand mit anschließender Vermehrung unter möglichst ähnlichen Bedingungen eine gute Alternative. Dazu benötigen die Saatgut-Produzenten im Idealfall eine Vorlaufzeit von bis zu drei Vegetationsperioden vor der Begrünung. Wo diese Möglichkeiten nicht gegeben sind, wird auf Handelssaatgut zurückgegriffen. Auf Saatgut mit nicht heimischen Komponenten, mit Arten aus anderen Höhenstufen und auf Zuchtformen sollte grundsätzlich verzichtet werden. Das Saatgut kann erst bestellt werden, wenn die zu begründenden Flächen bekannt sind. Bei einer Saat-/Soden Kombination kann dies jedoch unter Umständen erst beurteilt werden, wenn bekannt ist, wie viele Soden erhalten bleiben. Dann ist es sinnvoll, beim Lieferanten die Bestellung vorzumerken.

Saatstärke

Die Mengenangaben der Produzenten für trockenenes, reines Saatgut variieren von 5 bis 30 g/m². Mischungen mit hohem Gräser-Anteil benötigen in der Regel grössere Mengen, da Gräsersamen schwerer sind als die meisten Kräutersamen. In der Praxis zeigt sich, dass 5 bis max. 10 g/m² ausreichen, wenn mit ausgewogenen Mischungen aus hochwertigem Ökotypen-Saatgut gearbeitet wird. Zu hohe Saatmengen sollten vermieden werden, da sich die Pflanzen in zu dichten Anfangsbeständen gegenseitig behindern können und das erwünschte spontane Einwachsen lokaler Arten verzögert wird [Schneider et al. 2017].

Lokal gewonnenes Saatgut, getrocknet

Dieses Saatgut wird von geeigneten Spenderflächen auf unterschiedliche Weise geerntet und getrocknet (siehe Kapitel Erntemethoden der Direktbegrünung).

Handelssaatgut

Saatgut-Produzenten verwenden verschiedene Markenbezeichnungen für ihre Produkte. In den Produktbeschreibungen sollten zu den folgenden drei Faktoren Angaben vorhanden sein, um die Produkte vergleichen zu können: der Grad der züchterischen Veränderung, die ökologischen Ansprüche und die Herkunft. Mit der Nennung aller drei Merkmale kann eine Saatgutmischung ausreichend gut beschrieben werden.

Tabelle 4: Benennung des Saatguts entsprechend der Herkunft, züchterischen Veränderung und den ökologischen Ansprüchen. | Tableau 4 : Désignation des semences en fonction de leur origine, de la modification de la sélection et des exigences écologiques.

Faktor	Bezeichnung	Beschreibung
Züchterische Veränderung	Ökotyp	Wird von Wildpflanzen gesammelt und vermehrt, ohne dass züchterisch selektiert wird. Zur Vermeidung ungewollter Selektion soll in der Vermehrung nach spätestens vier Generationen neues Erbgut aus Wildstandorten eingebracht werden [Kirmer et al. 2012, Krautzer et al. 2012a].
	Zuchtform	Züchterisch verändert mit dem Ziel, bestimmte Eigenschaften zu fördern. Häufig mit Sortennamen. Wird im Futterbau verwendet.
Ökologische Ansprüche	Standortgerecht	Die ökologischen Ansprüche der Arten entsprechen den Standortfaktoren.
	Standortfremd	Ökologische Ansprüche und Standortfaktoren stimmen nicht überein [Bsp. falsche Höhenstufe].
Herkunft	Lokal	Aus der unmittelbaren Umgebung → max. 30 km Distanz und gleiche Talschaft und biogeographische Region
	Regional	Aus der gleichen biogeografischen Haupt- oder Unterregion (siehe Abbildung 22).
	CH	Aus der Schweiz.
	Ausländisch	Aus dem Ausland, nicht näher definiert.

Legende

-  Jura und Randen
-  Mittelland / Hochrhein- und Genferseegebiet
-  Mittelland / Westliches Mittelland
-  Mittelland / Östliches Mittelland
-  Alpennordflanke / Voralpen
-  Alpennordflanke / Nordalpen
-  Westliche Zentralalpen
-  Östliche Zentralalpen
-  Alpensüdflanke / Südalpen
-  Alpensüdflanke / Südlicher Tessin

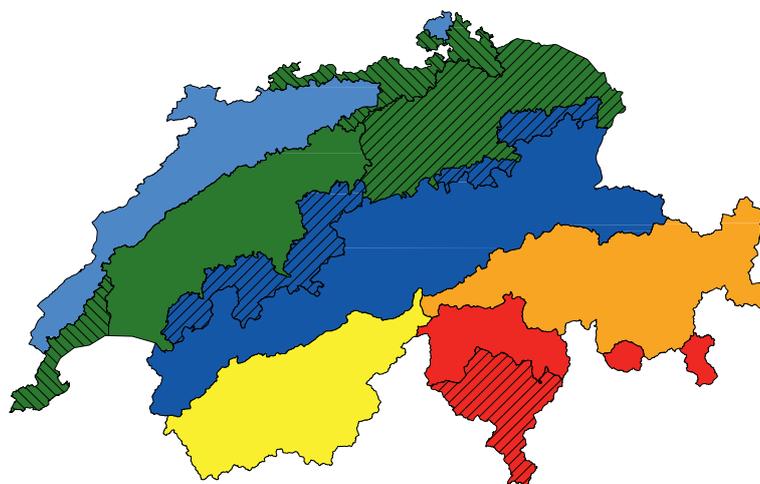


Abbildung 22: Biogeographische Regionen der Schweiz: Hauptregionen (Farbe) / Unterregionen (Schraffur) Daten: InfoFlora, BAFU | Figure 22 : Régions biogéographiques de la Suisse : régions principales (en couleur) / sous-régions (en hachuré). Données : InfoFlora, OFEV.

Handelssaatgut mit regionalen Ökotypen für Hochlagen ist heute in der Regel für die Hauptregionen erhältlich, teilweise auch für die Unterregionen (Abbildung 22). CH-Ökotypen werden von allen grösseren Saatgut-Produzenten angeboten.

Anmerkung zur Herkunft

Untersuchungen zeigen, dass die genetischen Unterschiede innerhalb einer Art mit zunehmender Distanz der Standorte unterschiedlich stark ausgeprägt sind. Dies erschwert eine allgemeingültige Aussage, welche geographische Distanz noch geeignet ist (Durka et al. 2017). Biogeographische Regionen (Abbildung 22), wie sie für die Schweiz definiert wurden (Gonseth et al. 2001), können als Kompromiss zwischen Realisierbarkeit einer Begrünung und Erhalt der Biodiversität angesehen werden (Malaval et al. 2010). Um regionalen genetischen Unterschieden möglichst gerecht zu werden, sollte Saatgut vom geographisch nächstmöglichen geeigneten Standort gewählt werden.

Ammenarten

Schnell keimende Ammenarten dienen dem Zweck, den später keimenden Arten der eigentlichen Zielvegetation Beschattung und Schutz vor Wind und Erosion zu bieten. In der Literatur werden mehrjährige Ammenarten und einjährige Deckfrüchte unterschieden, in der Praxis wird häufig der Begriff «Ammenart» für beides verwendet. Die Verwendung von Ammenarten kann problematisch sein, da nicht garantiert ist, dass sie entsprechend ihrer Funktion in den Folgejahren nicht mehr aufkommen. Mehrjährige Arten bleiben zum Teil jahrzehntelang bestehen und können nahezu Reinbestände bilden (Abbildung 23) (Isselin-Nondedeu und Bédécarrats 2009, Rydgren et al. 2016). Es kann



Abbildung 23: Standortfremde Arten können noch Jahrzehnte nach der Begrünung vorherrschend sein und dadurch das Aufkommen der lokalen Vegetation behindern (Foto: M. Peters). | Figure 23 : Les espèces non-indigènes peuvent être encore dominantes plusieurs décennies après la végétalisation, entravant l'apparition de la végétation locale (photo : M. Peters).

auch vorkommen, dass Ammenarten die lokale Vegetation konkurrenzieren statt sie zu fördern (Hagen et al. 2014). Eine zu hohe Dichte der Ammenart verhindert das Keimen langsamerer Zielarten (Suter et al. 2013). Einjährige Deckfrucht-Arten wie die Roggentrespe (*Bromus secalinus*) sollten nur eingesät werden, wenn sie vor der Blüte gemäht werden oder wenn klar ist, dass sie in der entsprechenden Höhenstufe nicht zur Samenreife kommen. Der Klimawandel ist dabei zu berücksichtigen, da durch die Erwärmung der Konkurrenzdruck wärmeliebender Arten ansteigt (Kulonen et al. 2018, Steinbauer et al. 2018).



Abbildung 24: Beim Sichern und Setzen der Soden sind Bagger- und Handarbeit gefragt (Foto: B. Krüsi). Später ist der Eingriff kaum bis gar nicht mehr zu sehen (Foto: K. Edelkraut). | Figure 24 : La fixation et la pose des plaques de gazon nécessitent une pelleteuse et du travail manuel (photo : B. Krüsi). Par la suite, l'intervention n'est pratiquement plus ou pas visible du tout (photo : K. Edelkraut).

Bei Versuchen in Höhenlagen von 2100 bis 2400 m ü. Meer zu einem besseren und schnelleren Erosionsschutz haben Ansaaten mit einjährigen Deckfruchtarten schlechtere Resultate gezeigt als Vergleichsflächen mit Mulchsaat. Deckfruchtarten sorgen zwar zu Beginn für eine gute Deckung, nach deren Verschwinden zeigten die Flächen jedoch einen geringeren Deckungsgrad als Vergleichsflächen mit Mulch und wiesen grössere Lücken auf (Florineth 2000, Graiss und Krautzer 2011).

Als Alternative könnten standortgerechte Pionierpflanzen, welche im ersten Jahr schnell wachsen, allenfalls die Aufgabe der Ammenarten übernehmen (Kardol et al. 2006). Auch hier besteht allerdings die Gefahr, dass langsam keimende Zielarten unterdrückt werden.

6.3 Begrünungsverfahren

Direktumlagerung

Bei dieser Methode wird die Vegetationsdecke vor der Geländebearbeitung in Stücken abgeschält (Soden) und sogleich an einer nahegelegenen Stelle wieder über die bearbeitete Fläche ausgelegt (Abbildung 24). Sie ist anwendbar, wenn vor dem Eingriff eine (geschlossene) Vegetationsdecke vorhanden ist, welche abgeschält werden kann, und wenn die Organisation der Baustelle die direkte Verwendung der Soden erlaubt. Soden werden, wenn möglich, mit dem Bagger abgeschält und eingesetzt. Um das wertvolle Pflanzgut so vollständig als möglich zu sichern, empfiehlt sich, ergänzend von Hand die Soden zu platzieren, wenn das Gelände für den Bagger ungeeignet ist (bspw. zwischen grossen Blöcken).

Der Wurzelraum mit den lokalen Bodenorganismen und Mykorrhizapilzen bleibt bei der Direktumlagerung weitgehend erhalten. Heterogene Pflanzengesellschaften können so am besten erhalten werden. Erfahrungen an der Julierpassstrasse zeigen, dass selbst bei mosaikartigem Einbau der Soden die grossen Lücken dazwischen nach 5 Jahren mit Arten bewachsen waren, welche weitgehend der Artenzusammensetzung der Soden entsprachen (Marti et al. 2016).

Besondere Vegetationstypen, namentlich anthropogen weitgehend unbeeinflusste, exponierte alpine Rasen [Krummseggenrasen, Polsterseggenrasen usw.] und Windkantengesellschaften, können nur schwierig rekultiviert werden (Krautzer et al. 2006). Polsterseggenrasen wachsen sehr langsam (Delarze und Gonseth 2008). Deshalb ist bei diesen Vegetationstypen besondere Vorsicht geboten. Eventuell müssen beim Polsterseggenrasen ganze Felsblöcke ausgehoben und wiedereingesetzt werden. Die Direktumlagerung ist bei diesen Standorten meist die einzige Möglichkeit, den Lebensraum zu erhalten.

Sodenverpflanzung

Diese Methode entspricht in weiten Teilen der Direktumlagerung, jedoch müssen die Soden zwischengelagert werden. Der Erfolg der Methode hängt stark vom sorgfältigen Umgang mit den Rasensoden ab.

Die Zwischenlagerung erfolgt gemäss Kapitel 5.3. Der beste Zeitpunkt zum Ausbringen der Rasensoden ist knapp nach der Schneeschmelze oder unmittelbar vor den ersten Schneefällen (Krautzer et al. 2006). Die Rasensoden werden auf trockenen Standorten in Gruppen und auf feuchte-



Abbildung 25: Wo die Abdeckung des unbewachsenen Bodens in steilen Lagen nötig ist, lohnt sich das aufwändige Pflanzen von vorgezogenen Setzlingen (Foto: M. Schutz). Das Resultat ist eine gelungene Begrünung (Foto: K. Edelkraut). | Figure 25 : Lorsque le recouvrement d'un sol non cultivé dans des endroits abrupts est nécessaire, la plantation coûteuse de semis avancés vaut la peine (photo : M. Schutz). Le résultat est une végétalisation réussie (photo : K. Edelkraut).

ren Standorten rasterartig auf der zu begrünenden Fläche ausgelegt. Dabei ist darauf zu achten, dass die Wurzeln guten Bodenkontakt haben. Ist im Anschluss an das Einsetzen der Soden mit trockener Witterung zu rechnen, empfiehlt sich ein Angiessen der Fläche (Sengl et al. 2014).

Implantierung / Pflanzung von angezogenen Setzlingen

Begrünt wird mit vorgezogenen Einzelpflanzen (Abbildung 25). Das Saatgut zur Anzucht der Pflanzen wird aus lokalen Beständen in vergleichbarer Exposition gewonnen. Dieses Verfahren kommt hauptsächlich in extremen Lagen, etwa bei grosser Höhe, Steilheit, Trockenheit oder nach Verlust des Oberbodens zum Einsatz (Urbanska 1997, Rixen und Schmid 2016). Da die Wurzeln schnell in tiefere Schichten eindringen, wird die Tiefenerosion frühzeitig gehemmt. Die Pflanzdichte beträgt je nach Art bis 10 Stück/m² (Heuerding 2005). Die Implantierung benötigt eine lange Vorlaufzeit und grossen Arbeitsaufwand, kann jedoch gute Erfolge bringen (Nüesch 2012, Bosshard et al. 2013).

Saat-Soden-Kombination

Die Kombination besteht aus dem Einsetzen vorhandener Rasensoden (vgl. oben) und einer Nass- oder Trockensaat. Dieses Verfahren kommt zur Anwendung, wenn nicht genügend Soden für eine geschlossene Pflanzdecke bzw. den Ziel-Deckungsgrad zur Verfügung stehen und ein zusätzlicher Erosionsschutz durch Durchwurzelung nötig ist (Abbildung 26).

Auf ebenen Flächen kann auf die Ansaat der offenen Flächen auch verzichtet werden (Krautzer et al. 2000), da nur geringe Erosionsgefahr besteht. In erosionsgefährdetem

Gelände und bei Flächen mit mehr als 30% Gefälle oder bei grossen Lücken ist zusätzlich zur Sicherung der Vegetationsstücke und Verhinderung von Oberbodenerosion der Einsatz von Geotextilien, Holznägeln oder Ähnlichem vorzusehen (Krautzer et al. 2006).

Mahdgutübertragung (Gras-/Heumulchsaat)

Das Schnittgut einer geeigneten Spenderfläche mit der gewünschten standortgerechten Vegetation wird direkt auf die Empfängerfläche übertragen. Das Schnittgut wird so aufgetragen, dass der Boden noch gut sichtbar ist



Abbildung 26: Sind nicht genügend Soden für eine flächendeckende Begrünung vorhanden, werden sie mosaikartig ausgelegt und die Zwischenräume eingesät (Foto: K. Edelkraut). | Figure 26 : Si les mottes de gazon pour le recouvrement d'une surface ne sont pas disponibles en suffisance, on les dispose en mosaïque et enseme les espaces intermédiaires (photo : K. Edelkraut).

[mündl. AGHB]. Ein zu dickes Aufbringen kann anaerobe Zersetzungs Vorgänge oder eine gegenseitige Behinderung der keimenden Pflanzen bewirken. Ab 30% Neigung ist ein Erosionsschutz vorzusehen. Bei einer schonend durchgeführten Direktbegrünung wird zusammen mit dem Schnittgut auch ein Teil der Insektenfauna übertragen. Grundsätzlich bedingt die Mahdgutübertragung, dass im Sommer gesät wird, wenn die Spenderwiese «reif» ist. In Hochlagen oberhalb von ca. 2'300 m ist diese Methode aufgrund der kurzen Vegetationsperiode ungeeignet.

Trockensaat

Das Ausbringen von Saatgut (und Zusatzstoffen) ist im trockenen Zustand einfach auszuführen. Voraussetzung für eine reine Trockensaat ohne Mulchstoffe ist ein kulturfähiger Oberboden [Graiss und Krautzer 2006]. In Hochlagen bzw. auf erosionsgefährdeten Flächen wird die Trockensaat nur in Kombination mit einer Abdeckung des Oberbodens [Mulchstoffe, Netz, Matte] empfohlen [Lichtenegger 1994, Krautzer et al. 2011].

Bei einer Trockensaat gewährleistet ein feuchter Boden die sofortige Wirkung von Zusatzstoffen [Kleber] und eine optimale Ausgangslage für das Wachstum [Andrey und Streit 2005]. Die Bodenverbindung der Samen ist allerdings schlechter als bei der Nasssaat [Lichtenegger 1994]. Bei steinigem Gelände bietet die Trockensaat gegenüber der Nasssaat den Vorteil, dass das Saatgut zwischen den Steinen auf den Boden fällt, bevor der Kleber wirkt [mündl. AGHB]. Generell ist eine Trockensaat überall da die erste Wahl, wo keine Wasserversorgung für die Herstellung der Nasssaat vorhanden ist.

Auf grossen, gut zugänglichen Flächen, welche mit Traktor und Sämaschine befahren werden können, ist dies eine sehr effiziente Methode. Ein Maschineneinsatz ist bis zu einem Gefälle von maximal 45% möglich [Schmid und Frei 2005]. Das Sägerät lässt sich exakt auf die gewünschte Menge [g/m²] einstellen und sät sehr gleichmässig. Mit einer Walze werden die Samen dabei vorsichtig in die oberen Bodenschichten gedrückt.

Auch bei einer Handsaat muss der Samen nach der Saat angedrückt werden, um den Boden wieder zu verfestigen und das Austrocknen zu vermindern.

Bei grösseren, sehr schlecht zugänglichen Flächen kann auch die Trockensaat mit Helikopter erwogen werden. Bei der Trockensaat muss die Saatgutmischung so konzipiert sein, dass in einem Durchgang gesät werden kann, eine möglichst geringe Staubentwicklung entsteht und dass sich die Komponenten bei der Ausbringung nicht entmischen [Abbildung 28]. Bei windigen Verhältnissen und ungenügender Sicht kann nicht geflogen werden. Das Sägerät muss vom Helikopter aus steuerbar sein [Andrey und Streit 2005].



Abbildung 27: Nasssaat-Verfahren [Bild: T. Schmid] | Figure 27 : Procédure de végétalisation avec semis hydraulique [photo : T. Schmid].

Nasssaat / Hydrosaat / Anspritzbegrünung

Bei dieser Methode werden Samen, Dünger, Bodenhilfsstoffe und Klebemittel in einem Spritzfass mit Wasser vermischt und mit der Nasssaatmaschine, «Hydroseeder» genannt, auf die zu begrünenden Flächen aufgespritzt [Abbildung 27]. Damit lassen sich schwer zugängliche Flächen vom Fahrzeug aus effizient besäen. Unter Berücksichtigung des Einsatzradius muss die Baustelle jedoch mit dem Fahrzeug erreichbar sein.

Der Einsatzradius beträgt vom Fahrzeug aus rund 30 m, bei geringer Höhendifferenz ist mittels Schlaucheinsatz eine Reichweite von 300 m möglich [Andrey und Streit 2005]. An steilen Hängen kann die Samen-Dünger-Mischung auf ein vorgängig befestigtes, biologisch abbaubares Erosionsschutznetz gespritzt werden [Krautzer et al. 2007], sofern die Maschenweite des Netzes ein gutes Durchdringen erlaubt. Durch das Einschlämmen wird eine enge Verbindung zwischen Samen, Boden und Dünger erreicht [Lichtenegger 1994]. Die Nasssaat ist eine einfache, effiziente Methode. Sie wird häufig angewandt, insbesondere wenn das Gelände für eine Trockensaat zu steil ist oder aufgrund ungünstiger Bodenverhältnisse [z.B. Rohboden] zu wenig Feuchtigkeit vorhanden ist.

Sehr steile, schlecht erreichbare Flächen können mit dem Helikopter begrünt werden. Die Methode bedingt zahlreiche Flüge, da die Zuladung beschränkt ist [Florineth 1995]. Für die Flugbedingungen gilt das Gleiche wie für die Trockensaat.

Decksaat

Bei der Decksaat wird organisches Material (Heu oder Stroh) zur Abdeckung und zum Schutz über das zuvor ausgebrachte Saatgut aufgebracht. In klimatisch extremen Lagen oder Jahreszeiten bietet die Mulchschicht Schutz vor Kälte, Hitze und Trockenheit (Florineth 2004). Durch den mechanischen Schutz der Bodenoberfläche wird eine rasche und sichere Ankeimung gefördert (Krautzer et al. 2007). Mulchstoffe sollten zum Schutz vor Erosion immer mit Klebstoffen befestigt werden. Heu wird durch das Klebemittel stärker zusammengedrückt und eignet sich deshalb nicht so gut wie Stroh (Krautzer et al. 2007). Weitere Informationen zu Mulchstoffen und Klebstoffen finden sich im Kapitel 6.4.

Saatmatten

Saatmatten bestehen aus Naturfasern, welche durch ein feines Naturfasernetz zusammengehalten werden. Das Saatgut ist in den Matten eingearbeitet. Saatmatten brauchen einen vollkommenen Bodenkontakt und sind daher auf den Einsatz auf flachen und ebenen Bodenoberflächen beschränkt. Deshalb sind Saatmatten für die Verwendung in Hochlagen nur bedingt geeignet (Krautzer et al. 2007). Da in Hochlagen der Abbau sehr langsam ist, dürfen die Matten nur aus Materialien bestehen, die im Zeitrahmen der Erreichung des Begrünungsziels «Erosion» verwittern.

6.4 Zusatzstoffe

Je nach Situation kommen verschiedene Zusatzstoffe zur Anwendung. Da ein ausreichender Erosionsschutz durch die Pflanzendecke frühestens in der zweiten Vegetationsperiode nach erfolgter Begrünung erreicht wird, muss bis

dahin mit angepassten Begrünungstechniken und geeigneten Hilfsstoffen Erosion vermieden werden (Krautzer et al. 2007). Bei Erosionsgefahr durch Oberflächen- oder Hangwasser wird dieses durch Querrinnen mit wenig Gefälle abgeführt (Lichtenegger 1994). Querrinnen reduzieren auch die erosionswirksame Hanglänge (LfL 2017). Organische Bodenverbesserungsstoffe haben meist mehrere Nutzen, da sie sowohl die Bodenstruktur verbessern als auch Nährstoffe liefern. Dasselbe gilt für Mulchstoffe, welche sowohl dem Erosionsschutz dienen als auch Nährstoffe zufügen. Bodenverbesserer finden vor allem bei fehlendem Oberboden und bei Rekultivierungen Anwendung (Stalljann 2006). Die Betriebsmittelliste des Forschungsinstituts für biologischen Landbau FiBL nennt die geeigneten Dünger, Bodenverbesserer und Klebstoffe, welche für den biologischen Landbau zugelassen sind (FiBL). Dies liefert auch für Hochlagen Hinweise, welche Produkte eingesetzt werden können.

Mykorrhiza-Pilze

Der Einsatz von arbuskulären Mykorrhiza-Pilzen zielt auf eine Verbesserung der Wachstumsbedingungen für die Pflanzen hin. Dazu werden dem Saatbett an natürlichen Prozessen beteiligte Bodenpilze zugeführt. Die Verwendung erfolgt in Hochlagen meist in Kombination mit einem organischen Keimhelfer und Startdünger. Auf Trägermaterial gezogen, können die Pilze sowohl in Trocken- als auch in Nassverfahren ausgebracht werden (Streit 2006). Mykorrhizierte Pflanzen weisen eine verbesserte Stresstoleranz auf und sind bei Trockenheit, Nährstoffknappheit, Krankheiten und extremen pH-Werten robuster (Schmid et al. 2005). Durch das fein verzweigte Pilzgeflecht werden Bodenstabilität und



Abbildung 28: Saatmischung für Trockensaat mit Zusatzstoffen (Bild: T. Schmid) | Figure 28 : Mélange de semences pour ensemencement à sec avec adjuvants (photo : T. Schmid).



Abbildung 29: Wurzel (dick oben) und Hyphen (feine Pilzfilamente des Myzels) mit Sporen (rund) des Mykorrhizapilzes (Foto: K. Ineichen, Botanisches Institut der Universität Basel) | Figure 29 : Racine [épais en haut] et hyphes [fins filaments fongiques du mycélium] avec les spores [rondes] du champignon mycorrhizien (photo : K. Ineichen, Institut botanique de l'Université de Bâle).

Erosionsschutz verbessert, die Absorptionsfläche der Pflanzenwurzel wird um ein Vielfaches erhöht (Abbildung 29). Nicht alle Pilz-Arten sind für Begrünungen gleichermaßen geeignet (Graf et al. 2017). Beim Erwerb der Mykorrhiza-Pilze ist auf angepasste Stämme für Hochlagen zu achten.

Düngung

Ziel

Eine Düngung dient der Verbesserung der Wachstumsbedingungen auf nährstoffarmen Böden und kann die Etablierung der jungen Pflanzen fördern. Sie soll als Starthilfe dienen, nicht aber die allgemeine Nährstoffverfügbarkeit und die Konkurrenzsituation zwischen den Pflanzen an einem Standort verändern.

Einschränkungen

Dünger führt zu einer Verschiebung der Konkurrenzverhältnisse, so dass schnell- und hochwachsende Arten bevorzugt sind. Dies begünstigt die Verdrängung von langsam wachsenden, kleinwüchsigen Arten. Bei guter Nährstoffversorgung bilden Pflanzen vermehrt oberirdische Biomasse und investieren weniger in ein gutes Wurzelsystem. Die daraus folgende geringere Durchwurzelung mindert den Erosionsschutz. In hochalpinen Lagen herrschen standortbedingt eher nährstoffarme Verhältnisse. Eine Düngung sollte deshalb nur gezielt und zurückhaltend erfolgen, um die natürlicherweise eher nährstoffarmen Standortverhältnisse nicht nachhaltig zu verändern.

Für die Düngung von Alpweiden in Sömmerungsgebieten gelten spezielle Vorschriften gemäss Art. 30 DZV. Alpfremde Dünger sowie der Einsatz mineralischer Dünger, Flüssigdünger und reiner Stickstoffdünger bedürfen einer kantonalen Bewilligung (Schneider et al. 2017).

Notwendigkeit

Die Notwendigkeit hängt wesentlich vom pflanzenverfügbaren Nährstoffgehalt des bestehenden Oberbodens, vom Begrünungsverfahren und der Zielvegetation ab. Rasensoden müssen nicht gedüngt werden. Bei einer Begrünung mit Heublumen, Mahdgut, Samen aus Wiesenbeständen oder standortangepassten Mischungen wirkt eine Düngung fördernd auf die Rasenbildung (Krautzer et al. 2013, Schneider et al. 2017), und sollte deshalb nur bewusst, bezogen auf den Ziellebensraum, eingesetzt werden.

Zeitpunkt

Gedüngt wird bei der Ansaat. Saatgut aus dem Handel wird zum Teil mit einem Anteil organischen Startdünger geliefert, welcher die Keimung und erste Etablierung der jungen Pflanzen ausreichend unterstützt, die Standortverhältnisse aber nicht mittel- bis langfristig verändert. Nach Bestandesschluss kommt eine Düngung nur bei alpwirt-

schaftlicher Nutzung in Frage (Krautzer et al. 2013). Nährstoffarme Weiden (Borstgrasrasen und Blaugrasweiden) werden nach der Ansaat nicht mehr gedüngt (Schneider et al. 2017).

Produkte

Organische Produkte sind den mineralischen Düngern vorzuziehen. Da Rohböden eine geringe Nährstoffspeicherkapazität haben, werden mineralische Dünger schnell ausgewaschen. In schwach abgebauten organischen Produkten sind die Nährstoffe gebunden und werden erst durch die Abbautätigkeit der Mikroorganismen freigesetzt. Da diese, wie die Pflanzen, von Temperatur und Feuchte abhängen, geschieht dies zum richtigen Zeitpunkt. Neben der reinen Nährstoffversorgung der Pflanze verbessern sie auch die Bodenstruktur sowie das Wasserspeichervermögen und fördern die Humusbildung (Stalljann 2006). Die dadurch verbesserte Aggregatsstabilität vermindert zusätzlich die Erosionsgefahr (Kretzschmar 2017). Wo möglich sollen Dünger wie gut verrotteter Stallmist, kompostierter Mist oder Kompost (nur unbedenkliches Material) regionaler Herkunft verwendet werden (Krautzer et al. 2007). Bewährt haben sich auch organische Dünger auf der Basis von Pilz- und Bakterienbiomassen sowie verschiedene Algenpräparate (Stalljann 2006). Die Verwendung von Gülle ist zu vermeiden (Krautzer et al. 2007).

Mengen

Die Düngermenge ist aufgrund einer futterbaulichen Standortbeurteilung festzulegen. Auf regelmässig alpwirtschaftlich genutzten Flächen mit verminderter Nachlieferung wird bei der Ansaat eine Düngung in organischer Form (z.B. 15 t/ha verrotteter Mist) empfohlen, was pro ha einer Nährstoffmenge von 25 kg N, 60 kg P₂O₅ und 90 kg K₂O entspricht. Intensiv beweidete oder gemähte Standorte können ca. 2 bis 3 Jahre nach der Saat mit der gleichen Menge nachgedüngt werden (Schneider et al. 2017).

Mulchstoffe

Die Abdeckung des offenen Oberbodens mit Mulchstoffen vermeidet erhöhte Oberflächenabflüsse, Bodenabtrag und Erosion. Verwendete Materialien sind Stroh, Heu, Holz- und Cellulosefasern oder Gras. Durch die Verwendung einer Mulchdecke reduziert sich der Oberflächenabfluss des Wassers bis rund 20-mal. Die Werte für den Bodenabtrag können von 40- bis über 100-mal geringer sein (Graiss und Krautzer 2006). Mulchstoffe verbessern auch das Mikroklima. Feuchtigkeit wird länger gespeichert, und die Temperatur bei Sonneneinstrahlung wird reduziert. An Südhängen kann eine Mulchdecke die Oberflächentemperatur von 65°C auf unter 40°C senken (Stalljann 2006). Die Mulchschicht sollte lichtdurchlässig sein und trotzdem Schutz bieten. Zu

dicke Mulchschichten können zum Ersticken der Keimlinge führen. Zu dünne Schichten sind hingegen weniger wirksam [Krautzer et al. 2007, Krautzer und Graiss 2008]. Der Materialaufwand variiert je nach Mulchmaterial, Kombination mit anderen Zusatzstoffen [Geotextilien] und Bodenbeschaffenheit. Steile Hänge, starke Sonneneinstrahlung, Wind oder Niederschläge erfordern mehr Material. Erfahrungswerte sind bei Heu 150 bis 300 g/m², bei Kurzstroh 40 bis 200 g/m², bei Langstroh 250 bis 400 g/m² und bei Holzfaser bis 300 g/m² [mündl. AGHB].

Geotextilien

Neben einer Mulchschicht zur Abdeckung des offenen Oberbodens bieten, für erosionsgefährdete Stellen oder Flächen mit über 30% Neigung, Netze aus Naturfasern weiteren Schutz [Krautzer et al. 2007].

Geotextilien [Heuerding 2005, Stalljann 2006]

- nehmen Zugkräfte auf;
- bremsen die Aufprallenergie des Wassers;
- reduzieren die Ablaufgeschwindigkeit von Niederschlagswasser;
- rauhen die Bodenoberfläche künstlich auf;
- verhindern das Abschwemmen von Erdmaterial;
- erfüllen Filterfunktionen;
- regulieren den Wärmehaushalt und fördern die Schattwirkung.



Abbildung 30: Befestigung der Geotextilien mit Holznägeln. Dabei ist auf durchgehenden Bodenkontakt zu achten, insbesondere bei engmaschigen Geweben und Matten [Foto: M. Schwager]. | Figure 30 : Fixation des géotextiles avec des clous en bois. Il faut veiller à assurer un contact continu avec le sol, en particulier avec les toiles et les nattes à mailles serrées [photo : M. Schwager].

Grundsätzlich muss bei der Verwendung von Geotextilien beachtet werden, dass diese in hohen Lagen nur sehr langsam verwittern. Es sind Produkte aus Naturfasern [Holzwolle, Stroh, Jute, Kokos, Sisal, Hanf, Baumwolle etc.]

zu verwenden, möglichst ohne synthetisches Trägernetz. Diese werden biologisch vollständig abgebaut. Ihre Lebensdauer beträgt je nach Klima mindestens 4 Jahre [Krautzer et al. 2007].

Kunststoffnetze und -folien sind nicht abbaubar und dürfen deshalb in Hochlagen nicht angewendet werden. Bei der Verlegung ist zu beachten, dass das Gewebe überall Bodenkontakt aufweist und genügend Verankerungen angebracht werden (mind. 4/m²) [Abbildung 30]. Um ein Herunterreißen der Netze zu verhindern, muss abbrechendes Material am Böschungsfuss austreten können, die Verankerung an der Böschungstirn sollte verstärkt sein [Krautzer et al. 2007]. In Kombination mit einer Nasssaat ist auf genügend durchlässige Gewebe zu achten, damit die Mischung samt Samen die Bodenoberfläche erreicht [Stalljann 2006]. Bei erhöhter Erosionsgefahr werden Matten und engmaschigere Gewebe bevorzugt. Allerdings kann ein zu dichtes Netz das Auflaufen der Saat behindern und die Vegetation ersticken.

Klebstoffe

Klebstoffe verbessern den Erosionsschutz kurzfristig [Stalljann 2006]. Sie werden immer dann eingesetzt, wenn Gefahr besteht, dass die frische Ansaat bzw. die Mulchschicht durch Wind oder Regen ausgeblasen oder abgeschwemmt wird. In Hochlagen sind sie für alle Ansaaten zu empfehlen.

Zur Anwendung kommen Produkte mit organischen Klebstoffen [z.B. Alginate, Psyllium, Guarkernmehl, Stärke, Pektin, Wachse]. Sie sind günstig und ökologisch unproblematisch, hingegen ist die Haftwirkung geringer als bei synthetischen Produkten. Die Anwendung ist bei Trocken- und Nasssaat möglich.

Synthetische Produkte haften besser, hingegen kann die Keimung beeinträchtigt werden. Bitumenemulsionen sind bei Kontakt problematisch für Tiere, da der Klebstoff im Fell haften bleibt [Polizzi 2017]. Über die Giftigkeit von Bitumen gibt es wenig Studien, da jedoch die Bestandteile ähnlich sind wie bei anderen Rohöl-Derivaten, ist von einer gewissen Gefährdung für die Umwelt auszugehen [National Academies of Sciences and Medicine 2016]. Bitumenemulsionen und andere synthetische Kleber auf Kunststoff-Basis sollten deshalb bei Begrünungen nicht verwendet werden.

6.5 Zeitlicher Ablauf der Begrünungsarbeiten

Für den zeitlichen Ablauf gelten je nach gewähltem Begrünungsverfahren, Höhenlage und Erosionsgefahr unterschiedliche Regelungen. Auch die Gefahr des Eintrags unerwünschter Pflanzenarten muss bei der Planung berücksichtigt werden. Dabei ist zwischen verschiedenen grundlegenden Überlegungen zu entscheiden: Boden soll nicht erodieren, nicht austrocknen und keine Ansied-

Tabelle 5: Optimaler [dunkelgrün] und möglicher [hellgrün] Zeitraum für Direktumlagerung, Sodenverpflanzung und Implantierung | Tableau 5 : Moment optimal [vert foncé] et potentiel [vert clair] pour la transposition directe, la transplantation et l'implantation des mottes.

	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.
subalpin				1] 1]	1] 1]		2]	
alpin				1] 1]	1] 1]		2]	
subnival							2]	

1] Austrocknungsgefahr: Bei trockener Witterung muss bewässert werden

2] Steht ein Kälteeinbruch bevor, muss schnell gehandelt und begrünt werden. Bei gefrorenem Boden dürfen Soden nicht mehr bewegt werden

Tabelle 6: Optimaler [dunkelgrün] und möglicher [hellgrün] Zeitraum für alle Ansaatmethoden | Tableau 6 : Moment optimal [vert foncé] et potentiel [vert clair] pour toutes les méthodes d'ensemencement.

	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.
subalpin								
alpin								
subnival								

lungsmöglichkeit für unerwünschte Pflanzenarten bieten. Andererseits sind die Witterungsbedingungen in Hochlagen generell schwierig, um verlässliche Ansaaten planen zu können (Gefahr von Frost und Erfrieren der Keimlinge). Für Schlafsaaten darf es nicht zu warm sein, damit die Keimung erst im Frühjahr erfolgt. Oftmals sind die optimalen Zeitpunkte eher spät im Jahr. Im Spätsommer und Herbst muss in Hochlagen generell immer mit einem frühen Wintereinbruch gerechnet werden. Bei gefrorenem Boden dürfen Soden nicht bewegt werden (mündl. AGHB). Oftmals müssen auch Zeiten berücksichtigt werden, in denen zum Beispiel die nötigen Maschinen, Geräte und Arbeiter noch vor Ort sind. Zur Verringerung des Feinerdeaustrags ist vor allem in Steillagen so schnell wie möglich zu begrünen. Dabei sind jedoch die geeigneten Jahreszeiten zu berücksichtigen (Tabellen 5 und 6). Kann nicht sofort begrünt werden, empfiehlt sich eine provisorische Abdeckung des unbewachsenen Bodens mit einer Mulchschicht. Die Begrünung soll so früh oder so spät wie möglich in der Vegetationsperiode ausgeführt werden. Im Hochsommer können hohe Erwärmung, längere Trockenperioden oder Starkregenfälle die Entwicklung der Ansaat oder das Anwachsen der Soden gefährden.

Ansaaten während der Vegetationsperiode können bis zur montanen Zone noch im Juli gemacht werden. In Hochlagen sollte die Ansaat spätestens im Juni erfolgen. Durch eine frühe Ansaat wird die Winterfeuchte genutzt und die Keimlinge haben Zeit für die Entwicklung [Krautzer et al. 2012b]. Müssen Begrünungen bei Trockenheit gemacht werden, empfiehlt es sich, wo vorhanden die Beschneigungsleitungen der Skipisten oder andere naheliegende Wasserquellen, für die Bewässerung zu nutzen (mündl. AGHB). Allerdings birgt die Bewässerung auch Risiken:

Einmal damit angefangen, soll sie über die Trockenperiode hinweg konsequent durchgezogen werden. Zudem verlangt die Bewässerung solides Management und achtsame Steuerung, um Abschwämmen zu verhindern. Generell ist in Hochlagen eine Schlafsaat zu bevorzugen, welche am Ende der Vegetationsperiode so spät wie möglich, am besten kurz vor dem Einschneien, durchgeführt wird [Krautzer et al. 2012b]. Bis auf die Übertragung von frischem Mahdgut können alle Methoden als Schlafsaat ausgeführt werden. An erosionsgefährdeten Stellen oder zur Verbesserung des Keimbetts kommen die gleichen Zusatzstoffe zur Anwendung wie bei einer normalen Saat [Krautzer et al. 2007]. Die Keimung erfolgt im folgenden Frühjahr nach der Schneeschmelze. Die aufgehende Saat profitiert so optimal von der Winterfeuchte [Schneeschmelze] und kann die ganze Vegetationszeit nutzen. Schlafsaat empfiehlt sich vor allem in höheren Lagen, wenn die verbleibenden Vegetationswochen kein sicheres Anwachsen der Saat mehr ermöglichen oder wenn im Sommer die Gefahr des Austrocknens besteht. Eine geschlossene Schneedecke im Winter erhöht den Begrünungserfolg [Krautzer et al. 2012b]. Die Methode liefert gute Resultate, jedoch können bei zu früh ausgebrachten Saaten oder bei fehlender Schneedecke durch Vogelfrass oder zu frühes Ankeimen an warmen Herbst- oder Wintertagen hohe Verluste entstehen [Krautzer und Graiss 2008, Bosshard et al. 2013]. Im Frühjahr besteht eine gewisse Gefahr des Abschwemmens mit dem Schmelzwasser [Tamegger 2017].

6.6 Fertigstellungspflege

Die Fertigstellungspflege umfasst alle Pflegemaßnahmen, welche bis zur Werkabnahme erfolgen [Bosshard et al. 2013]. Später folgt die Entwicklungspflege ab Werkabnahme bis

zum Erreichen des Begrünungsziels (siehe Kapitel 8.1). Werden nach Abschluss der Erfolgskontrolle die Flächen nicht landwirtschaftlich genutzt, wird allenfalls eine längerfristige Unterhaltspflege vereinbart (siehe Kapitel 9).

Verantwortlichkeit

Die mit der Begrünung beauftragte Firma ist üblicherweise für die Fertigstellungspflege zuständig (Bosshard et al. 2013). Dies sollte bei der Ausschreibung der Begrünungsarbeiten geregelt werden.

Reinigungsschnitt

Ein Reinigungsschnitt – auch Säuberungs- oder Pflege-schnitt genannt – empfiehlt sich, wenn die Bodendeckung der Fremdvegetation 50% übersteigt oder eine Wuchshöhe von 30 cm erreicht wird (Krautzer et al. 2000).

Auszäunung

Sie umgrent die wiederbegrünte Fläche und schützt vor Beweidung und Trittschäden (Abbildung 31). Es wird empfohlen, sie während mindestens zwei Jahren aufrechtzuerhalten (siehe Kapitel 9.3).



Abbildung 31: Ausgezäunte Fläche (Foto: M. Schneider). | Figure 31 : Surface délimitée (photo : M. Schneider).



Begrünung für alle Lagen



Wir sind in allen
Begrünungsfragen
für Sie da!

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

7 Abnahme und Erfolgskontrollen

Wird ein Werk fertiggestellt, finden sowohl Abnahmen als auch Erfolgskontrollen statt (Abbildung 32). Zeitlich sind diese voneinander abhängig. Die Fertigstellung der Begrünung wird mit der Werk- und allenfalls mit der Bauabnahme geprüft. Die Umweltbauabnahme findet statt, wenn die Wirkung abschliessend beurteilt werden kann. Das kann gleichzeitig mit der Werkabnahme oder nach Abschluss der Erfolgskontrolle sein (Brunner und Schmidweber 2007).

7.1 Abnahme

Werkabnahme

Die Werkabnahme nach SIA 118 stellt die Übergabe des vollendeten Bauwerks an den Bauherrn dar. Die Abnahme findet zwischen Bauherrschaft und Bauunternehmung statt. Sie entlässt den Unternehmer aus der Verantwortung gegenüber der Bauherrschaft. Die Ergebnisse werden im Abnahmeprotokoll festgehalten. Mit der Abnahme beginnt für das Werk die Rügefrist (siehe Kapitel 4.2) (Brunner und Schmidweber 2007).

Bauabnahme

Die Bauabnahme findet nach VSS-Norm SN 640 610b zwischen Behörde und Bauherrschaft bei Abschluss der Realisierungsphase statt und entlässt die Bauherrschaft aus der Pflicht gegenüber der Behörde (Brunner und Schmidweber 2007). Die Bauabnahme findet nicht bei allen Bauvorhaben statt, hingegen ist sie beispielsweise beim Seilbahnbau nötig für die Erlangung der Betriebsbewilligung (Brunner und Schmidweber 2007).

Umweltbauabnahme

Sind alle Auflagen erfüllt und alle Massnahmen umgesetzt, wird durch die Bewilligungsbehörden die Umweltbauabnahme durchgeführt (BAFU und BAV 2013). Diese wird seitens Bewilligungsbehörde meist 1-3 Jahre nach Fertigstellung festgelegt. Die Umweltbaubegleitung ist bei dieser Begehung meist für die Erläuterung der Begrünungsarbeiten sowie Feststellung des aktuellen Erfolgsgrades zuständig.

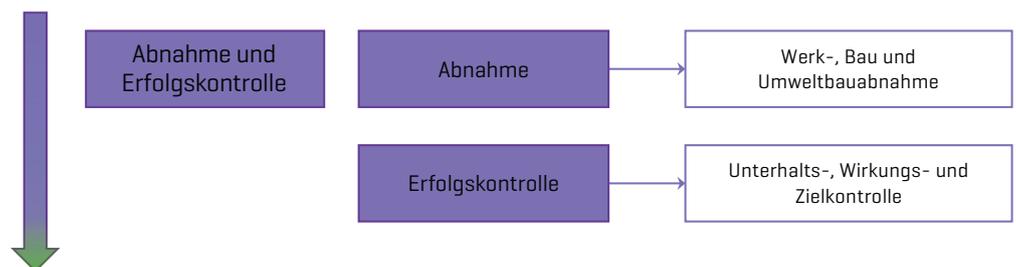


Abbildung 32: Inhaltsübersicht Vorgehen bei der Abnahme und Erfolgskontrolle | Figure 32 : Contenu de la procédure d'acceptation et du contrôle des résultats.

Bei dieser Abnahme wird der Bauherrschaft eine amtliche Beurteilung des Begrünungserfolgs und ggf. eine Entlassung aus Pflicht gegenüber der Behörde [Brunner und Schmidweber 2007] ausgestellt. Je nach Entwicklung der Begrünung, oder bei Teil- oder Misserfolgen der Begrünung können jedoch auch Nachbesserungen und ein neuer Abnahmetermin festgelegt werden. In hohen Lagen ist die Erfolgsbeurteilung nach 1-3 Jahren aufgrund der langsamen Entwicklungszeit der Vegetation zu früh angesetzt, sodass zu diesem Zeitpunkt nur ein Erfolg hinsichtlich Erosionsschutz erfolgen kann, sowie eine Tendenz der Entwicklung der Begrünung festgehalten werden kann. Die Erreichung der Begrünungsziele lässt sich oftmals erst nach 5-10 Jahren abschliessend beurteilen [siehe Kapitel 4.4]. Mit der Abnahme wird bestätigt, dass die umweltrelevanten Anforderungen an den Bau zufriedenstellend erfüllt sind. Die Vegetation entwickelt sich zu dem Zeitpunkt in die gewünschte Richtung und befindet sich in einem Stadium, welches darauf schliessen lässt, dass – allenfalls unter Ausführung gezielter Pflegeeingriffe – keine unerwünschten Arten vorkommen und das Begrünungsziel erreicht wird [Krautzer et al. 2000].

7.2 Erfolgskontrolle

Die Erfolgskontrolle ist ein Oberbegriff für die Umsetzungs-, Wirkungs- und Zielkontrolle. Sie überprüft, ob das vorgängig formulierte Ziel einer Massnahme erreicht worden ist und schlägt gegebenenfalls Korrekturen vor. Bei der Umsetzungskontrolle wird überprüft, ob die geplanten Massnahmen richtig ausgeführt wurden. Bei der eigentlichen Wirkungskontrolle wird festgestellt, ob die ausgeführten Massnahmen zur geplanten Wirkung führen, oder ob allenfalls Fehlentwicklungen festzustellen sind. Einzelne Massnahmen und Wirkungen [z.B. Querrinnen als Erosionsschutz] können separat betrachtet werden, müssen aber im Endeffekt zum übergeordneten Ziel der erfolgreichen Begrünung beitragen. Eine allfällige Zielkontrolle dient der Überprüfung, ob die ursprünglich definierten Ziele auch unter den aktuellen Bedingungen zweckmässig waren. Sie findet nicht im Rahmen der UBB statt [Maurer und Marti 1999, Brunner und Schmidweber 2007], sondern ist Gegenstand der behördlichen Strategieüberprüfung und erlaubt eine Optimierung der Auflagen für spätere Bewilligungsverfahren. Voraussetzung für die Erfolgskontrolle sind vorgängig definierte und quantifizierte bzw. kontrollierbare Ziele. Dazu dienen Standortansprache und das definierte Begrünungsziel.

Verantwortlichkeit

Umsetzungs- und Wirkungskontrolle sind durch UBB oder Begrünungsleitung auszuführen. Die Zielkontrolle, also die Zweckmässigkeit der Ziele, wird – wenn überhaupt – separat durch eine Fachperson von Behördenseite durchgeführt [Brunner und Schmidweber 2007].

Zeitpunkt Erfolgskontrolle

Mit der Umsetzungs- und Wirkungskontrolle und der formellen Umweltbauabnahme durch die Behörde findet die projektbezogene Erfolgskontrolle ihren provisorischen Abschluss. Zu welchem Zeitpunkt das ist, muss daher für die Bauherrschaft bereits bei der Bewilligung des Vorhabens absehbar sein [Brunner und Schmidweber 2007]. Die Umsetzungskontrolle erfolgt sukzessive während der Ausführung und/oder im Rahmen der Abnahme. Die Wirkungskontrolle findet parallel zur Umsetzungskontrolle und/oder nach Abschluss der Bauarbeiten statt [Brunner und Schmidweber 2007]. Die Erfolgskontrolle kann erst definitiv abgeschlossen werden, wenn die Begrünung einen Entwicklungsstand aufweist, welcher das Erreichen aller Begrünungsziele sicherstellt. Der Zeitrahmen wird mit dem Begrünungsziel festgelegt und bewegt sich in der Regel zwischen zwei Jahren für erste Zwischenziele und 10 Jahren für eine abschliessende Erfolgskontrolle auf extensiven Rasen.

Nicht-Erreichen der Ziele

Bei der Erfolgskontrolle wird auch festgestellt, wenn die formulierten Ziele nicht erreicht wurden. Gleichzeitig bietet sie die Möglichkeit, Massnahmen zur Verbesserung der Situation und zum Erreichen der Begrünungsziele zu formulieren [Brunner und Schmidweber 2007]. Die SIA Normen 118 und 318 enthalten weitere Angaben [SIA 2009, 2013]. Gegebenenfalls verordnet die Behörde bei nicht Erreichen der Ziele entsprechende Ersatzmassnahmen.

8 Entwicklungspflege / Abschlussarbeiten

Nach Werkabnahme müssen die begrünzten Flächen bis zum Erreichen des Begrünungsziels begleitet werden [Abbildung 33]. Werden bei der Wirkungskontrolle Lücken festgestellt, sind zusätzlich zur Pflege Nachsaaten erforderlich. Die Nutzung muss dem Standort und Begrünungsziel angepasst sein. Um die Finanzierung dieser Arbeiten sicherzustellen sowie transparente Verhältnisse zu schaffen, sind Pflege, Erfolgskontrolle und Nachnutzung bereits während der Projektierung zu planen und die Verantwortlichkeiten festzulegen.

8.1 Entwicklungspflege

Konzept

Die Verantwortlichkeit, Pflegeart und der Pflegezeitraum etc. für die Entwicklungs- und allenfalls die spätere Unterhaltspflege ist während der Planung festzulegen, beispielsweise in einem Pflege- oder Unterhaltskonzept.

Umfang

Eine standortgerechte Begrünung verlangt in der Regel wenig Pflegeaufwand [Krautzer et al. 2012b]. Der Umfang richtet sich nach dem Entwicklungszustand, aufkommender Fremdvegetation sowie den Standortverhältnissen. Zu Beginn sollten die Flächen im Frühjahr jährlich auf Erosionsschäden und das Aufkommen unerwünschter Arten geprüft werden, bis die Vegetation einen genügenden Erosionsschutz bietet [mündl. AGHB]. Zur Eindämmung von zu stark sich entwickelnden Gräsern auf intensiven Flächen kann ein Schröpfschnitt sinnvoll sein. Dieser wird frühzeitig in der Vegetationszeit ausgeführt, wenn die Gräser eine gewisse Höhe [max 15-20 cm] erreicht haben.

Dauer

Die Entwicklungspflege ist meist in verschiedene Arbeitsschritte gestaffelt und dauert bis zum Erreichen des Begrünungsziels [Bosshard et al. 2013].

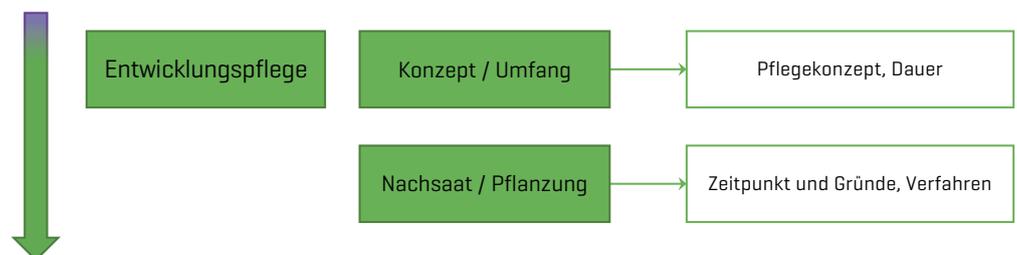


Abbildung 33: Inhaltsübersicht Entwicklungspflege | Figure 33 : Contenu de la procédure pour les soins de développement.

8.2 Nachsaat und -pflanzung

Zeitpunkt

Eine Nachsaat erfolgt frühestens nach einer Vegetationsperiode. Aufgrund der Keimruhe benötigt das Auflaufen der Saat unter Umständen eine Frostperiode, eine bestimmte Tageslänge oder Wärme [Schwienbacher et al. 2011]. Dies sollte beim Entscheid berücksichtigt werden. Für Nachsaaten gelten die gleichen saisonalen Hinweise wie für normale Saaten (Tabellen 5 und 6).

Gründe für eine Nachsaat

- Deckungsgrad 50% unter dem Begrünungsziel [Krautzer und Klug 2009];
- Ungenügende Durchwurzelung des Bodens;
- Erreichen des Begrünungsziels unwahrscheinlich [Krautzer et al. 2000];
- Erosionserscheinungen, Trittschäden, Rutschungen, Trockenschäden.

Verfahren

Bei kleinflächigen Nachsaaten wird der Boden aufgeraut und anschliessend von Hand eingesät [Krautzer et al. 2007]. Alternativ werden Nachpflanzungen vorgenommen [Krautzer et al. 2000]. Bei grossflächigen Mängeln muss eventuell eine zweite, komplette Begrünung durchgeführt werden.

Verantwortlichkeit

Die Verantwortlichkeit ist bei der Planung festzulegen.

Weitere Massnahmen

Je nach Ursache können folgende Massnahmen den Erfolg einer Nachsaat begünstigen:

- besser angepasstes Saatgut wählen [Bosshard et al. 2013];
- lokale Bodenverbesserung und -lockerung;
- Behebung von Schäden mit baulichen Massnahmen.



Saatgut – individuelle Mischungen mit MykoFix
Mit Sicherheit hoch hinaus

OHS Otto
Hauenstein
Samen

www.hauenstein.ch | info@hauenstein.ch | 044 879 17 19



9 Nachnutzung, Unterhalt

Mit dem Abschluss der Erfolgskontrolle ist die Entwicklungspflege beendet. Danach folgen Nachnutzung oder Unterhaltungspflege (Abbildung 34).

9.1 Kriterien für Freigabe

Genügen Bodenstabilität und Deckungsgrad den Anforderungen der geplanten Nutzung, so erfolgt die Freigabe zur langfristigen Nachnutzung [Krautzer et al. 2000]. Wird die Fläche landwirtschaftlich nicht genutzt, ist für ökologisch wertvolle Gebiete allenfalls eine Unterhaltungspflege sinnvoll.

9.2 Mahd

Gründe für eine Mahd

Der Schnitt einer Mähwiese dient der landwirtschaftlichen Nutzung. Abgesehen davon kann eine Mahd aus verschiedenen Gründen erwünscht sein:

- zur Verhinderung von Verbrachung, Verbuschung und Wiederbewaldung [Bosshard et al. 2013];
- wenn zu dichter Wuchs zu Luft- und Lichtmangel führt [Lichtenegger 1994];
- wenn niedrig wachsende Arten oder eine Bestockung durch Gräser gefördert werden soll [Lichtenegger 1994];
- Bei einer späteren Weidenutzung, um das Wurzelwachstum anzuregen [mündl. AGHB].

Zeitpunkt der Mahd

Häufigkeit und Zeitpunkt sind auf vorkommende Arten und lokale Bedingungen abzustimmen [Lichtenegger 1994]. Dabei muss auf einen höhenlagengerechten Schnittzeitpunkt gemäss den Vorgaben der DZV geachtet werden. Dient die Mahd nur der Verhinderung von Verbuschung, reicht ein Schnitt alle 1 bis 3 Jahre [Dux et al. 2009].

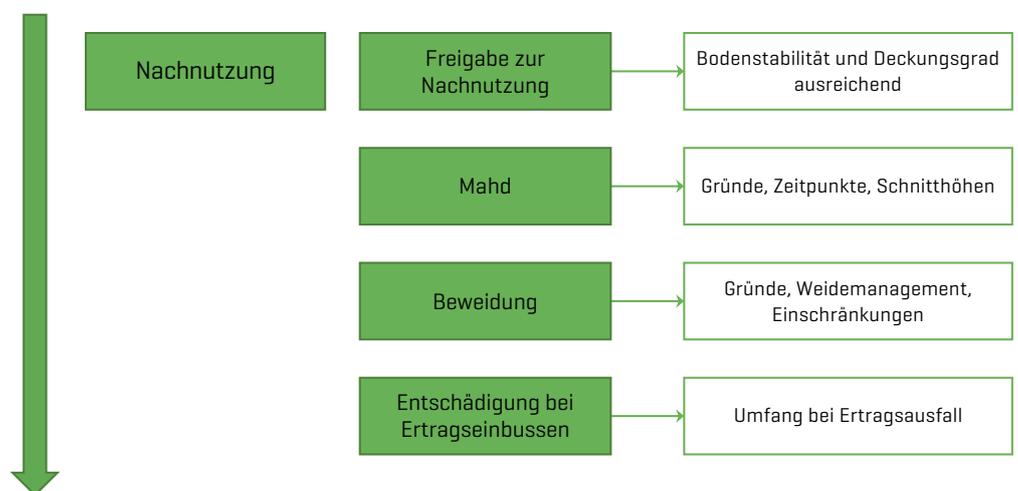


Abbildung 34: Inhaltsübersicht Nachnutzung | Figure 34 : Contenu de la procédure pour une utilisation ultérieure.

Schnitthöhe

Die Schnitthöhe variiert von 8 bis 10 [-12] cm [Bosshard et al. 2013]. Eine tiefe Mahd begünstigt nur wenige Arten [meist Gräser], insbesondere Wiesenkräuter sind eher empfindlich auf tiefen Schnitt. Die verbleibende Biomasse bei höherem Schnitt wirkt sich positiv auf das Mikroklima aus.

Entfernen des Mahdguts

Bei einer jungen Begrünung mit noch relativ wenig Schnittgut wird dieses zur Anreicherung der organischen Substanz im Boden meist liegengelassen. Dies gilt grundsätzlich auch auf Böden, wo der organische Anteil aufgrund der Bautätigkeit stark reduziert ist. Ist eine Nährstoffanreicherung nicht erwünscht [z.B. auf Halbtrockenwiesen, Trockenwiesen oder Feuchtstandorten], sollte das Schnittgut abgeführt werden [Bosshard et al. 2013]. Dies gilt ebenfalls, wenn wegen der Gefahr des Luft- und Lichtmangels gemäht wird [Lichtenegger 1994].

9.3 Beweidung

Gründe für eine Beweidung

Auf strukturreichen Flächen in Hochlagen kommt oft nur Beweidung als Nutzungsform in Frage. Beweidung schafft aufgrund des Viehtritts noch weitere Kleinstrukturen wie Kahlstellen, Treien oder Grashorste [Dux et al. 2009].

Zeitpunkt und Art der Beweidung

Eine Beweidung ist frühestens nach zwei Jahren und nach vollständigem Narbenschluss zu empfehlen [Lichtenegger 1994]. Da Pflanzungen und junge Ansaaten noch keine trittfeste Grasnarbe aufweisen, sind die ersten Weidegänge schonend, für eine beschränkte Dauer von einer bis zwei Wochen und nur bei trockenem Boden durchzuführen [Krautzer et al. 2000, Schneider et al. 2017]. Durch die Beweidung festigen sich mit der Zeit die Grasnarbe und der Oberboden [mündl. AGHB]. Um grössere Trittschäden zu vermeiden, sollten möglichst leichte Tierrassen gewählt werden, und die Besatzdichte den Verhältnissen angepasst sein [Pauler et al. 2019].

Um eine Überbeweidung einzelner Standorte, beispielsweise stallnahe Flächen oder Feuchtflächen (Abbildung 35) zu



Abbildung 35: Die Beweidung von nassen Stellen führt zu Trittschäden (Foto: M. Peters). | Figure 35 : Le pâturage dans les endroits humides entraîne des dégâts dus au piétinement (photo : M. Peters).

verhindern, empfiehlt sich eine Bewirtschaftungsplanung [Bollmann et al. 2014]. In steilen, tonreichen Lagen soll leichtes Vieh, bevorzugt bei trockenen Bedingungen, weiden [Lichtenegger 1994]. Jungvieh oder Schafe/Ziegen sind an solchen Standorten besser geeignet [Krautzer et al. 2000]. Für landwirtschaftliche Nutzflächen gelten die Weisungen der DZV.

9.4 Entschädigung bei Ertragseinbussen

Die Entschädigungsansätze für Flächen im Futterbau richten sich nach der Höhenstufe (unter-/oberhalb 1400 m ü.M.) und der Nutzungsintensität (extensiv, wenig intensiv, intensiv). Die Berechnung für Entschädigungen bei kurzfristigem Ertragsausfall erfolgt unter Beizug von Experten gemäss «Wegleitung für die Schätzung von Kulturschäden» des Schweizerischen Bauernverbandes. Bei mehrjährigen Ertragsausfall ist die «Wegleitung für die Bemessung des Einkommensausfalles für mehrjährig beanspruchtes Kulturland» des Schweizerischen Bauernverbandes massgebend [SBV]. Die Wegleitungen erscheinen jährlich neu.

10 Ausblick

Zwölf Jahre nach Erscheinen der ersten Ausgabe der Richtlinien Hochlagenbegrünung sind in die zweite Ausgabe die neuesten Resultate aus der Forschung, aber auch die Erfahrungen der Mitglieder der AGHB, eingeflossen. Vieles wurde seither erreicht, es bestehen jedoch nach wie vor Möglichkeiten, die Qualität der Begrünungen weiter zu verbessern.

Beim Saatgut führten Bemühungen der Saatgutproduzenten dazu, dass heute CH-Ökotypen-Saatgut und vielfach auch Regio-Ökotypen-Saatgut für die Grossregionen zur Verfügung steht. Für Planer bzw. Begrüner ist es wichtig, rechtzeitig hochwertiges Saatgut in den gewünschten Mengen zu erhalten. Weitere Anstrengungen können dazu beitragen, dass künftig auch für die Unterregionen Saatgut auch kurzfristig bestellt werden kann. Hinsichtlich der Artenzusammensetzung bei den Mischungen wurden aufgrund von Vegetationsaufnahmen weitere Arten in die Vermehrung aufgenommen, um möglichst ähnlich zu den bestehenden Vegetationstypen ansäen zu können. Nicht alle Arten lassen sich jedoch gleich gut vermehren, sodass hier weiterhin Forschungsarbeit nötig ist.

Auch bei einer Ansaat mit lokalen Ökotypen oder bei Direktbegrünung bleiben Unterschiede zwischen einer angesäten Fläche und der umliegenden Vegetation wegen des langsamen Wachstums alpiner Pflanzen, besonders über der Baumgrenze, und des gestörten Bodengefüges sehr lange sichtbar. Mit dem Versetzen von vorgezogenen Pflanzen und durchwurzeltem Oberboden entfällt dieser Nachteil teilweise. Die Sodenverpflanzung bzw. Direktumlagerung ist deshalb die erfolgsversprechendste Massnahme in der Hochlagenbegrünung. Nicht immer können jedoch Soden in genügender Menge am Standort gesichert werden. Zurzeit laufen Bemühungen, Soden mit der gewünschten Zielvegetation (standortgerechte Gräser und Kräuter in der gewünschten Zusammensetzung) zu produzieren.

Nebst aktuell laufenden Bestrebungen von Forschern, Saatgutfirmen und Praktikern existieren auch Ideen, welche zurzeit noch am Anfang der Entwicklung sind. Beispielsweise liessen sich mit dem Einsatz von leistungsstarken Drohnen statt Helikoptern Kosten und Energie einsparen.

Neue Herausforderungen stellen sich aufgrund der Klimaerwärmung, welche sich auf die Standortfaktoren der Hochlagen und somit auf die Vegetation auswirkt. Zusätzlich zur Temperaturzunahme stellen in Mitteleuropa niederschlagsreichere Winter und trockenere Sommer neue Herausforderungen an Begrünungen (Bloemer 2008). Anpassungen an neue Situationen werden nötig sein und in zukünftige Auflagen der Richtlinien einfließen.

11 Literaturverzeichnis

Agridea. 2015. Direktbegrünung artenreicher Wiesen in der Landwirtschaft – Leitfaden für die Praxis zum Einsatz von regionalem Saatgut in Biodiversitätsförderflächen.

Ammann, M. 2017. Ingenieurbiologische Verbaumethoden von Hängen – Praxisbeispiele. *Ingenieurbiologie* 3/2017: 25-30.

Andrey, C., und M. Streit. 2005. Ansaat von schwer zugänglichen Flächen mittels Helikoptersaat – am Beispiel des Schutzdammes l'Arlé in Mottec [VS]. *Ingenieurbiologie* 1/2005: 9-11. Verein für Ingenieurbiologie.

ANU. 2018. Richtlinie zur Bemessung der Ersatzpflicht und zur Bewertung von Ersatzmassnahmen bei Eingriffen in schutzwürdige Biotope oder in geschützte Landschaften. ANU-404-12d. Amt für Natur und Umwelt Graubünden ANU.

BAFU. 2017. Aktionsplan Strategie Biodiversität Schweiz. Aktionsplan des Bundesrates. Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern.

BAFU, und BAV. 2013. Umwelt und Raumplanung bei Seilbahnvorhaben. Vollzugshilfe für Entscheidbehörden und Fachstellen, Seilbahnunternehmungen und Umweltfachleute. Umwelt-Vollzug Nr. 1322. Bundesamt für Umwelt BAFU, Bundesamt für Verkehr, BAV, Bern.

Baruck, J., O. Nestroy, G. Sartori, D. Baize, R. Traidl, B. Vrščaj, E. Bräm, F. E. Gruber, K. Heinrich, und C. Geitner. 2016. Soil classification and mapping in the Alps: The current state and future challenges. *Geoderma* 264: 312-331.

Bellini, E. 2015. Boden und Bauen. Stand der Technik und Praktiken. Umwelt-Wissen Nr. 1508. Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern.

Bloemer, S. 2008. Ingenieurbiologie und Klimawandel – worauf sich Planer und Unternehmen einstellen müssen. *Neue Landschaft* 8: 46-53. Patzer Verlag, Berlin und Hannover.

Blume, H.-P., G. W. Brümmer, R. Horn, E. Kandeler, I. Kögel-Knabner, R. Kretschmar, K. Stahr, und B.-M. Wilke. 2010. Scheffer / Schachtschnabel: Lehrbuch der Bodenkunde. Spektrum Akademischer Verlag, Berlin Heidelberg.

Bollmann, R., M. Schneider, und C. Flury. 2014. Minimalnutzungsverfahren zur Offenhaltung der Kulturlandschaft. *Agroscope Science* Nr. 7. Agroscope, Zürich-Reckenholz.

Bosshard, A. 2016. Autochthones Saatgut für Hochlagenbegrünungen: Herausforderungen und aktuelle technische Entwicklungen. *Ingenieurbiologie* 3/2016: 41-43.

Bosshard, A., P. Mayer, und A. Mosimann. 2013. Leitfaden für naturgemässe Begrünungen in der Schweiz. Ö+L Ökologie und Landschaft GmbH, Oberwil-Lieli.

- Braun-Blanquet, J. 1964. Pflanzensoziologie; Grundzüge der Vegetationskunde. Springer Verlag, Wien.
- Brunner, J., F. Jäggi, J. Nievergelt, und K. Peyer. 1997. Kartieren und Beurteilen von Landwirtschaftsböden. Schriftenreihe der FAL. Eidg. Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau, Zürich-Reckenholz.
- Brunner, W., und A. Schmidweber. 2007. Umweltbaubegleitung mit integrierter Erfolgskontrolle. Einbindung in den Bau und Betrieb eines Vorhabens. Umweltwissen Nr. 0736. BAFU Bundesamt für Umwelt, Bern.
- Bühler, C., K. Wunderle, S. Birrer, R. Meier, M. Achermann, H. Zeh, und L. von Fellenberg. 2015. Bewertung von Eingriffen in schützenswerte Biotope, Bilanzierung von Ersatzmassnahmen. Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern.
- D'Amico, M. 2015. Soil genesis in recently deglaciated areas. in *Understanding mountain soils: A contribution from mountain areas to the International Year of Soils 2015*. R. Rosalaura, V. Alessia, et al., Hrsg. FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rom.
- Delarze, R., und Y. Gonseth. 2008. Lebensräume der Schweiz. 2. Auflage. Ott Verlag, Bern.
- Dierssen, K. 1990. Einführung in die Pflanzensoziologie. Wissenschaftliche Buchgesellschaft, Darmstadt.
- Durka, W., S. G. Michalski, K. W. Berendzen, O. Bossdorf, A. Bucharova, J. M. Hermann, N. Hölzel, J. Kollmann, und S. Wan. 2017. Genetic differentiation within multiple common grassland plants supports seed transfer zones for ecological restoration. *Journal of Applied Ecology* 54: 116-126.
- Dux, D., K. Matz, C. Gazzarin, und M. Lips. 2009. Was kostet offenes Grünland im Berggebiet. *AGRAR Forschung* 16: 10-15.
- Eberhardt, H. 1999. Die alpinen Höhenstufen. URL: <http://www.geographie.uni-stuttgart.de/exkursionsseiten/graubuenden/vegetation.htm> Abgerufen am: 11.04.2018. Universität Stuttgart, Institut für Geographie, Stuttgart.
- Ellenberg, H., und C. Leuschner. 2010. Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen in ökologischer, dynamischer und historischer Sicht. Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart.
- Fernández-Pascual, E., B. Jiménez-Alfaro, Á. Bueno, und R. Bekker. 2017. Comparative seed germination traits in alpine and subalpine grasslands: higher elevations are associated with warmer germination temperatures. *Plant Biology* 19: 32-40.
- FiBL. 2018. Betriebs- und Futtermittel für den biologischen Landbau in der Schweiz. URL: <http://www.betriebsmittelliste.ch/de/hifu.html> Abgerufen am: 18.04.2018.
- Fleischhacker, V., H. Formayer, T. Gerersdorfer, und A. Prutsch. 2012. Klimawandel und Tourismus in Österreich 2030. Auswirkungen, Chancen & Risiken, Optionen & Strategien. Studien-Kurzfassung. Bundesministerium für Wissenschaft, Forschung und Wirtschaft (BMWFW), Sektion Tourismus und Historische Objekte, Tourismus-Service-stelle, Wien.
- Florineth, F. 1995. Erosion control above the timberline in South Tyrol, Italy. Seiten 85-94 in *Vegetation and slopes: stabilisation, protection and ecology*. Proceedings of the international conference held at the University Museum, Oxford, 29-30 September 1994. Institution of Civil Engineers
- Florineth, F. 2000. Neue Ansaatmethoden zur Begrünung von Erosionszonen über der Waldgrenze. Seiten 17-28 in *Internationales Symposium INTERPRAEVENT 2000 - Villach*.
- Florineth, F. 2004. Pflanzen statt Beton – Handbuch zur Ingenieurbio-logie und Vegetationstechnik. Patzer Verlag, Berlin-Hannover.
- Florineth, F. 2014. Langjährige Hangsicherung durch bepflanzte Holzkrainerwände in Südtirol. *Ingenieurbio-logie* 3/2014: 4-9.
- Forbis, T. A., und D. F. Doak. 2004. Seedling establishment and life history trade-offs in alpine plants. *American Journal of Botany* 91: 1147-1153.
- Gobiet, A., S. Kotlarski, M. Beniston, G. Heinrich, J. Rajczak, und M. Stoffel. 2014. 21st century climate change in the European Alps—A review. *Science of The Total Environment* 493: 1138-1151.
- Gonseth, Y., T. Wohlgemuth, B. Sansonnens, und A. Buttler. 2001. Die biogeographischen Regionen der Schweiz – Erläuterungen und Einteilungsstandard. Bundesamt für Umwelt, Bern.
- Graf, F. 1998. Anforderungen an den Boden bei Renaturierungen oberhalb der Waldgrenze. *Ingenieurbio-logie* 4/1998: 12-17. Verein für Ingenieurbio-logie.
- Graf, F., P. Bebi, U. Braschler, G. De Cesare, M. Frei, P. Greminger, K. Grunder, N. Hählen, C. Rickli, C. Rixen, A. Sandri, S. M. Springman, J.-J. Thormann, N. von Albertini, und A. Yildiz. 2017. Pflanzenwirkungen zum Schutz vor flachgründigen Rutschungen. Seite 42 S. WSL Berichte WSL-Institut für Schnee und Lawinenforschung SLF, Davos.
- Graiss, W., und B. Krautzer. 2006. Methoden zur Etablierung von Saaten bei der Hochlagenbegrünung. Seiten 75-80 in *Tagung 5-9. September HBFLA Raumberg-Gumpenstein, Ingenieurbio-logie: Begrünung mit artgerechtem Saat- und Pflanzgut, Irdning*.

- Graiss, W., und B. Krautzer. 2011. Soil Erosion and Surface Runoff on Slopes in Mountain Environment Depending on Application Technique and Seed Mixture - A Case Study. Seiten 193-212 in Soil Erosion. D. Godone, InTech, Rjeka.
- Hagen, D., T.-I. Hansen, B. J. Graae, und K. Rydgren. 2014. To seed or not to seed in alpine restoration: introduced grass species outcompete rather than facilitate native species. *Ecological Engineering* 64: 255-261.
- Hess, H. E., E. Landolt, und R. Hirzel. 1977. Flora der Schweiz und angrenzender Gebiete. Birkhäuser Verlag, Basel.
- Hess, H. E., E. Landolt, R. Müller-Hirzel, und M. Baltisberger. 2015. Bestimmungsschlüssel zur Flora der Schweiz und angrenzender Gebiete. 7. Auflage. Springer Verlag, Basel.
- Heuerding, E. 2005. Alpine Begrünungen bei der Grande Dixence. *Ingenieurbiologie* 1/2005: 12-16.
- Hintermaier-Erhard, G., und W. Zech. 1997. Wörterbuch der Bodenkunde. Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart.
- Hürlimann, R. 2007. Werkabnahme gemäss SIA-Norm 118 und die Mängelhaftung.in Schweizerische Baurechtstagung 2007, Freiburg.
- InfoFlora. Das nationale Daten- und Informationszentrum der Schweizer Flora. URL: www.infoflora.ch Abgerufen am: 10.05.2018.
- Isselin-Nondedeu, F., und A. Bédécarrats. 2009. Assessing the dominance of *Phleum pratense* cv. climax, a species commonly used for ski trail restoration. *Applied Vegetation Science* 12: 155-165.
- Kägi, B., A. Stalder, und M. Thommen. 2002. Wiederherstellung und Ersatz im Natur- und Landschaftsschutz. Leitfaden Umwelt Nr. 11. Bundesamt für Umwelt BAFU.
- Kardol, P., T. M. Bezemer, und W. H. v. d. Putten. 2006. Temporal variation in plant-soil feedback controls succession. *Ecology Letters* 9: 1080-1088.
- Kirmer, A., B. Krautzer, M. Scott, und S. Tischew. 2012. Praxishandbuch zur Samengewinnung und Renaturierung von artenreichem Grünland. HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Irdning.
- Kirmer, A., und S. Tischew. 2006. Handbuch naturnahe Begrünung von Rohböden. B. G. Teubner Verlag, Wiesbaden.
- Körner, C. 2003. Alpine Plant Life: Functional Plant Ecology of High Mountain Ecosystems. Springer Verlag, Berlin.
- Körner, C. 2014. Grundlagen der Pflanzenökologie. Seiten 742-757 in Strasburger Lehrbuch der Pflanzenwissenschaften. Springer Spektrum.
- Körner, C., M. Neumayer, S. P. Menendez-Riedl, und A. Smeets-Scheel. 1989. Functional Morphology of Mountain Plants. *Flora* 182: 353-383.
- Krautzer, B., und W. Graiss. 2008. Die perfekte Schlagsaat. *Kärntner Saatbau Aktuell*: 14-15, Klagenfurt.
- Krautzer, B., und W. Graiss. 2015. Wissenschaftliche Grundlagen für die Entwicklung technischer Richtlinien. Seiten 37-47 in Tagung - Begrünung mit Wildpflanzensaatgut, 17. - 18. Juni 2015. HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Irdning.
- Krautzer, B., W. Graiss, und A. Blaschka. 2007. Standortgerechte Hochlagenbegrünung in Österreich. Höhere Bundeslehr- und Forschungsanstalt für Landwirtschaft Raumberg-Gumpenstein, Irdning.
- Krautzer, B., W. Graiss, und A. Blaschka. 2012a. Prüfrichtlinie für die Zertifizierung und den Vertrieb von regionalen Wildgräsern und Wildkräutern nach «Gumpensteiner Herkunftszertifikat» [G-Zert]. Irdning.
- Krautzer, B., W. Graiss, und B. Klug. 2013. Ecological Restoration of Ski-Runs. Seiten 184-209 in *The Impacts of Skiing and Related Winter Recreational Activities on Mountain Environments*. C. Rixen and A. Rolando, Hrsg. Bentham Science.
- Krautzer, B., W. Graiss, G. Peratoner, C. Partl, S. Venerus, und B. Klug. 2011. The influence of recultivation technique and seed mixture on erosion stability after restoration in mountain environment. *Natural Hazards* 56: 547-557.
- Krautzer, B., und B. Klug. 2009. Renaturierung von subalpinen und alpinen Ökosystemen. Seiten 209-234 in *Renaturierung von Ökosystemen in Mitteleuropa*. S. Zerbe and G. Wiegand, Hrsg. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg.
- Krautzer, B., C. Partl, und W. Graiss. 2012b. Hochlagenbegrünung in Österreich: Stand des Wissens und aktuelle Herausforderungen. *Ingenieurbiologie* 3/2012: 34-39.
- Krautzer, B., C. Uhlig, und H. Wittmann. 2012c. Restoration of Arctic-Alpine Ecosystems. in *Restoration Ecology: The New Frontier*, Second Edition. J. van Andel and J. Aronson, Hrsg. Wiley-Blackwell.
- Krautzer, B., H. Wittmann, und F. Florineth. 2000. Richtlinie für standortgerechte Begrünungen. Österreichische Arbeitsgemeinschaft für Grünland und Futterbau (ÖAG), Irdning.
- Krautzer, B., H. Wittmann, G. Peratoner, W. Graiss, C. Partl, G. Parente, S. Venerus, C. Rixen, und M. Streit. 2006. Standortgerechte Hochlagenbegrünung im Alpenraum. Der aktuelle Stand der Technik. in *Site-specific high zone restoration in the alpine region. The current technological development*. HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Irdning.

- Kreeb, K.-H. 1994. Vegetationskunde, Methoden und Vegetationsformen unter Berücksichtigung ökosystematischer Aspekte. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
- Kretzschmar, R. 2017. Pedosphäre. ETH Eskript, Zürich.
- Krüsi, B. O. 2014. Hochlagenbegrünung. *Anthos* 2: 45-47.
- Kulonen, A., R. A. Imboden, C. Rixen, S. B. Maier, S. Wipf, und J. Diez. 2018. Enough space in a warmer world? Microhabitat diversity and small-scale distribution of alpine plants on mountain summits. *Diversity and Distributions* 24: 252-261.
- Laiolo, P., und J. R. Obeso. 2017. Life-History Responses to the Altitudinal Gradient. Seiten 253-283 in *High Mountain Conservation in a Changing World*. J. Catalan, J. M. Ninot, et al., Hrsg. Springer International Publishing, Cham.
- Latzin, S. 2004. Standortsfaktoren, Struktur und innere Dynamik kalkalpiner Rasen auf dem Dachsteinplateau [Steiermark, Österreich]. *Stapfia* 83. Biology Centre of the Upper Austrian Museums, Linz.
- LfL. 2017. Bodenerosion – Wie stark ist die Bodenerosion auf meinen Feldern? Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Freising-Weihenstephan.
- Lichtenegger, E. 1994. Hochlagenbegrünung: unter besonderer Berücksichtigung der Bepflanzung und Pflege von Schipisten. Pflanzensoziologisches Institut, Klagenfurt.
- LUBW. 2009. Arten, Biotope, Landschaft – Schlüssel zum Erfassen, Beschreiben, Bewerten. Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg, Karlsruhe.
- Malaval, S., B. Lauga, C. Regnault-Roger, und G. Largier. 2010. Combined definition of seed transfer guidelines for ecological restoration in the French Pyrenees. *Applied Vegetation Science* 13: 113-124.
- Marion, J. L., und J. Wimpey. 2007. Environmental impacts of mountain biking: science review and best practices. Seiten 94-111 in *Managing Mountain Biking, IMBA's Guide to Providing Great Riding*. International Mountain Biking Association, Boulder, Colorado.
- Marti, N., N. von Albertini, und B. O. Krüsi. 2016. Direkt umgelagerte Vegetationsziegel: Durchwurzelung und Vegetationslücken nach 5 Jahren. *Ingenieurbiologie* 3/2016: 4-12.
- Martin, C., M. Pohl, C. Alewell, C. Körner, und C. Rixen. 2010. Interrill erosion at disturbed alpine sites: Effects of plant functional diversity and vegetation cover. *Basic and Applied Ecology* 11: 619-626.
- Maurer, R., und F. Marti. 1999. Begriffsbildung zur Erfolgskontrolle im Natur- und Landschaftsschutz. Empfehlungen. Bundesamt für Umwelt BAFU.
- Mertz, P. 2008. Alpenpflanzen in ihren Lebensräumen. Haupt Verlag, Bern.
- Meusburger, K., und C. Alewell. 2014. Soil Erosion in the Alps. Experience gained from case studies [2006-2013]. *Umweltstudien* Nr. 1408. Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern.
- Molder, F. 2006. Verwendung von Grünlandböden. Seiten 81-84 in *Tagung 5-9. September HBFLA Raumberg-Gumpenstein, Ingenieurbiologie: Begrünung mit artgerechtem Saat- und Pflanzgut, Irdning*.
- National Academies of Sciences, E., und Medicine. 2016. *Spills of Diluted Bitumen from Pipelines: A Comparative Study of Environmental Fate, Effects, and Response*. The National Academies Press, Washington, DC.
- Nentwig, W. 2011. Unheimliche Eroberer: Invasive Pflanzen und Tiere in Europa. Haupt Verlag, Bern.
- Nestroy, O., G. Aust, W. E. H. Blum, M. Englisch, H. Hager, E. Herzberger, W. Kilian, P. Nelhiebel, G. Ortner, E. Pecina, A. Pehamberger, W. Schneider, und J. Wagner. 2011. Systematische Gliederung der Böden Österreichs Österreichische Bodensystematik 2000 in der revidierten Fassung von 2011. Österreichische Bodenkundliche Gesellschaft, Wien.
- Newesely, C., A. Cernusca, und M. Bodner. 1994. Entstehung und Auswirkung von Sauerstoffmangel im Bereich unterschiedlich präparierter Schipisten. *Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie* 23: 277-282.
- Nievergelt, J., M. Petrasek, und P. Weisskopf. 2002. Bodengefüge – Ansprechen und Beurteilen mit visuellen Mitteln. Schriftenreihe FAL. Eidg. Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau, Zürich-Reckenholz.
- Nüesch, K. 2012. Am untrüglichen ist die Natur. *g'plus* 21: 26-28. Jardins Suisse.
- Pauler, C. M., J. Isselstein, T. Braunbeck, und M. K. Schneider. 2019. Influence of Highland and production-oriented cattle breeds on pasture vegetation: a pairwise assessment across broad environmental gradients. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 284: 106585, 1-11.
- Polizzi, M. A. 2017. Performance of Alternative Straw Mulch Binding Agents. Master Thesis. NC State University.
- Raper, R. L. 2005. Agricultural traffic impacts on soil. *Journal of Terramechanics* 42: 259-280.
- RegioFlora. Der richtige Erntezeitpunkt. URL: <https://www.regioflora.ch/de/richtige-erntezeitpunkt.html> Abgerufen am: 11.04.2018.

- Rieger, E. 2006. Die Ausschreibungspraxis für Wildsaatgut in Deutschland. in Tagung 5.-9. Sept. HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Ingenieurbiologie: Begrünung mit standortgerechtem Saat- und Pflanzgut, Irdning.
- Rixen, C., und T. Schmid. 2016. Begrünung in hohen Lagen. *dergartenbau* 25: 2-3.
- Rydgren, K., I. Auestad, L. N. Hamre, D. Hagen, L. Rosef, und G. Skjerdal. 2016. Long-term persistence of seeded grass species: an unwanted side effect of ecological restoration. *Environmental Science and Pollution Research* 23: 13591-13597.
- Rydgren, K., R. Halvorsen, A. Odland, und G. Skjerdal. 2011. Restoration of alpine spoil heaps: Successional rates predict vegetation recovery in 50 years. *Ecological Engineering* 37: 294-301.
- SBV. Schweizer Bauernverband – Agriexpert. URL: <https://www.agriexpert.ch/de/dienstleistungen/entschaedigungen/kulturschaden/> Abgerufen am: 21.03.2018. Schweizer Bauernverband, Brugg.
- Schaefer, M. 2012. Wörterbuch der Ökologie. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg.
- Scherrer, D., und C. Körner. 2011. Topographically controlled thermal-habitat differentiation buffers alpine plant diversity against climate warming. *Journal of Biogeography* 38: 406-416.
- Schiechtl, H. M., und R. Stern. 1992. Handbuch für naturnahen Erdbau. Österreichischer Agrarverlag, Wien.
- Schmid, T., und M. Frei. 2005. Vorbeugen und heilen. *Ingenieurbiologie* 1/2005: 4-8. Verein für Ingenieurbiologie.
- Schmid, T., F. Oehl, und M. Streit. 2005. Verwendung von arbuskulären Mykorrhizapilzen bei der Begrünung von Rohböden. *Ingenieurbiologie* 3+4/2005: 44-45.
- Schneider, M., D. Suter, B. O. Krüsi, und C. Rixen. 2017. Begrünung in Hochlagen, Empfehlungen für die Wiederanlage landwirtschaftlich genutzter Flächen in hohen Lagen. AGFF Merkblatt. Arbeitsgemeinschaft zur Förderung des Futterbaues, Zürich-Reckenholz.
- Schützinger, C. 2015. Tourismus: Im Spannungsfeld zwischen Natur- und Kulturraum. *vorum - Zeitschrift für Raumplanung und Regionalentwicklung in Vorarlberg* 3: 8-9. Land Vorarlberg, Bregenz.
- Schweizerisches Idiotikon. URL: <https://digital.idiotikon.ch/idtkn/id14.htm#!page/140717/mode/1up> Abgerufen am: 25.8.2019, Zürich.
- Schwienbacher, E., J. A. Navarro-Cano, G. Neuner, und B. Erschbamer. 2011. Seed dormancy in alpine species. *Flora - Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants* 206: 845-856.
- Sengl, P., C. Hammer, und H. Kofler. 2014. Begrünung mit autochthonem/regionalem Saatgut – Handlungsleitfaden. Erstellt im Auftrag von Asfinag und ÖBB. ZT-Kanzlei für Ökologie, Pernegg a.d.Mur.
- SIA. 2009. SIA Norm 318. Garten- und Landschaftsbau. Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein SIA, Zürich.
- SIA. 2013. SIA Norm 118. Allgemeine Bedingungen für Bauarbeiten. Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein SIA, Zürich.
- Stalljann, E. 2006. Der Einsatz von Hilfsstoffen in der standortgerechten Begrünung. in Tagung 5.-9. September HBFLA Raumberg-Gumpenstein, Ingenieurbiologie: Begrünung mit standortgerechtem Saatgut, Irdning.
- Steinbauer, M. J., J.-A. Grytnes, G. Jurasinski, A. Kulonen, J. Lenoir, H. Pauli, C. Rixen, M. Winkler, M. Bardy-Durchhalter, E. Barni, A. D. Bjorkman, F. T. Breiner, S. Burg, P. Czortek, M. A. Dawes, A. Delimat, S. Dullinger, B. Erschbamer, V. A. Felde, O. Fernández-Arberas, K. F. Fossheim, D. Gómez-García, D. Georges, E. T. Grindrud, S. Haider, S. V. Haugum, H. Henriksen, M. J. Herreros, B. Jaroszewicz, F. Jaroszynska, R. Kanka, J. Kapfer, K. Klanderud, I. Kühn, A. Lamprecht, M. Matteodo, U. M. di Cella, S. Normand, A. Odland, S. L. Olsen, S. Palacio, M. Petey, V. Piscová, B. Sedlakova, K. Steinbauer, V. Stöckli, J.-C. Svenning, G. Teppa, J.-P. Theurillat, P. Vittoz, S. J. Woodin, N. E. Zimmermann, und S. Wipf. 2018. Accelerated increase in plant species richness on mountain summits is linked to warming. *Nature* 556: 231-234.
- Steinger, T., C. Körner, und B. Schmid. 1996. Long-Term Persistence in a Changing Climate: DNA Analysis Suggests Very Old Ages of Clones of Alpine *Carex curvula*. *Oecologia* 105: 94-99.
- Stöckli, V., C. Rixen, und S. Wipf. 2002. Kunstschnee und Schneezusätze: Eigenschaften und Wirkungen auf Vegetation und Boden in alpinen Skigebieten. *Eidg. Institut für Schnee- und Lawinenforschung SLF, Davos*.
- Stöcklin, J. 2009. Anpassungen an das Leben in großer Höhe. Evolution bei Alpenpflanzen. *Biologie in unserer Zeit* 39: 186-194.
- Streit, M. 2006. Standortgerechtes Saatgut und angepasste Saattechnik - ein Blick in die Schweiz. Seiten 119-122 in Tagung 5.-9. September HBLFA Raumberg-Gumpenstein,

Ingenieurbiologie: Begrünung mit standortgerechtem Saat- und Pflanzgut, Irdning.

Swisstopo. Karten der Schweiz. URL: <https://map.geo.admin.ch> Abgerufen am: 10.05.2018. Bundesamt für Landestopografie swisstopo.

Tamegger, C. 2017. Schlafsaat als Alternative zur Frühjahrsansaat. *Kärntner Saatbau Aktuell* 46: 8-9, Klagenfurt.

Tischew, S. 2006. Renaturierungsziele und Zielgesellschaften naturnaher Begrünungen von Rohböden in gemäßigten Klimaten Mitteleuropas. Seiten 53-61 in Tagung 5.-9. September HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Ingenieurbiologie: Begrünung mit standortgerechtem Saat- und Pflanzgut, Irdning.

Townsend, C. R., M. Begon, und J. L. Harper. 2009. *Ökologie*. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg.

Tremp, H. 2005. Aufnahme und Analyse vegetationsökologischer Daten. Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart.

Umweltfachstellen-Zentralschweiz. 2007. Umgang mit Boden. Umweltfachstellen Zentralschweiz.

Urbanska, K. M. 1997. Safe sites – Interface of plant population ecology and restoration ecology. Seiten 81-110 in *Restoration ecology and sustainable development*. U. K. M., W. N. R., et al., Hrsg. Cambridge University Press, Cambridge.

van der Heijden, M. G., S. de Bruin, L. Luckerhoff, R. S. van Logtestijn, und K. Schlaeppli. 2016. A widespread plant-fungal-bacterial symbiosis promotes plant biodiversity, plant nutrition and seedling recruitment. *ISME Journal* 10: 389-399.

van der Heijden, M. G. A., J. N. Klironomos, M. Ursic, P. Moutoglis, R. Streitwolf-Engel, T. Boller, A. Wiemken, und I. R. Sanders. 1998. Mycorrhizal fungal diversity determines plant biodiversity, ecosystem variability and productivity. *Nature* 396: 69.

Wagenitz, G. 2003. *Wörterbuch der Botanik*. Spektrum Akademischer Verlag, Berlin.

Willmanns, O. 1998. *Ökologische Pflanzensoziologie: eine Einführung in die Vegetation Mitteleuropas*. 6. Auflage. Quelle & Meyer Verlag, Wiesbaden.

Nachruf



In memoriam Giuliano Sauli

Abbiamo ricevuto la triste notizia della morte del nostro socio fondatore e amico Giuliano Sauli e desideriamo con queste brevi parole dargli il meritato riconoscimento e omaggio.

Giuliano, sei stato una delle persone che maggiormente hanno contribuito allo sviluppo dell'Ingegneria Naturalistica negli ultimi anni sia in Italia che nel resto del mondo. Naturalista di formazione e convinzione, hai fondato l'Associazione Italiana per l'Ingegneria Naturalistica [AIPIN] trent'anni fa e sei stato promotore e primo presidente europeo dell'EFIB, Federazione Europea d'Ingegneria Naturalistica. Quelli di noi che hanno avuto la fortuna di conoscerti, Giuliano, sanno della tua capacità di sintesi e della tua meticolosità nel lavoro, la tua fina ironia e la tua instancabile iniziativa, a cui dobbiamo tanti incontri, corsi e congressi, che hanno fatto, di chi lavoriamo in questo campo, una grande famiglia. La tua seconda famiglia. Senza il tuo impegno ed il tuo lavoro, la nostra disciplina non sarebbe stata la stessa, i tuoi libri e pubblicazioni e le tue opere, sempre all'avanguardia nel campo della bioingegneria e della rinaturalizzazione, ci sono serviti e continueranno a servirci come esempio.

Grazie Giuliano per quello che hai fatto per noi in questi anni.

Rimarrai sempre con noi

Memorandum Giuliano Sauli

Wir haben heute die traurige Nachricht vom Tod unseres Gründungspartners und Freundes Giuliano Sauli erhalten und möchten Ihm mit diesen kurzen Worten die verdiente Anerkennung und Hommage erweisen

Giuliano ist einer der Menschen, die in den letzten Jahren sowohl in Italien als auch in der übrigen Welt am meisten zur Entwicklung der Ingenieurbiologie beigetragen haben. Als ausgebildeter und überzeugter Naturforscher gründete er vor dreißig Jahren die italienische Vereinigung für Naturwissenschaften [AIPIN] und war der Förderer und erste europäische Präsident der European Bioengineering Federation, der EFIB.

Diejenigen von uns, die das Glück hatten, Dich kennenzulernen, Giuliano, wissen um Deine Präzision und Sorgfalt bei der Arbeit, um Deine feine Ironie und Deine unermüdete Initiative, der wir so viele Treffen, Kurse und Kongresse zu verdanken haben. Diese haben aus uns allen eine grosse Familie gemacht – Deine zweite Familie.

Ohne Dein Engagement und Deine Arbeit wäre unsere Disziplin nicht dieselbe, Deine Bücher und Veröffentlichungen und Deine Arbeiten, die im Bereich der Ingenieurbiologie und bei Renaturierungen immer einen Spitzenplatz einnahmen, haben uns gedient und werden uns weiterhin als Vorbild dienen.

Vielen Dank, Giuliano, für alles, was Du in diesen Jahren für uns getan hast.

Du wirst immer bei uns sein

En mémoire de Giuliano Sauli

Nous avons appris aujourd'hui la triste nouvelle de la mort de notre partenaire fondateur et ami Giuliano Sauli, et nous souhaitons, avec ces quelques mots, lui rendre hommage. Giuliano, tu es l'une des personnes qui a le plus contribué au développement du génie biologique au cours des dernières années, en Italie et dans le monde. Naturaliste professionnel et convaincu, tu as lancé l'Association italienne des ingénieurs naturalistes [AIPIN] il y a trente ans et tu as été le promoteur et le premier président européen de la Fédération européenne de génie biologique.

Ceux d'entre nous qui ont eu la chance de te rencontrer, Giuliano, sont conscients de ta minutie et de ta diligence au travail, de ton ironie raffinée et de ton initiative infatigable, à laquelle nous devons tant de réunions, de cours et de congrès qui ont fait de nous tous, ceux qui travaillons dans ce domaine, une grande famille. Ta deuxième famille. Sans ton engagement et ton travail, notre discipline ne serait plus la même, tes livres, tes publications et tes œuvres, toujours à la pointe dans le domaine du génie biologique et de la renaturation, nous ont servis et continueront à servir d'exemple.

Merci Giuliano pour tout ce que tu as accompli au cours de ces dernières années.

Tu seras toujours avec nous.

Preis Ingenieurbiologie 2021

Sehr geehrte Damen und Herren

Der Verein Ingenieurbiologie will das Bauen mit Pflanzen fördern und setzt sich für schonende und standortgerechte Begrünungen ein.

Um ingenieurbiologische Projekte mit vorbildhaftem Charakter aufzuzeigen, vergibt der Verein einen Preis für gelungene Praxisbeispiele. Es wird abwechselnd ein Preis für Begrünungen in Hochlagen (Bereich der Waldgrenze und höher) und für Gewässerprojekte vergeben. Es werden besonders gut gelungene Projekte und Massnahmen ausgezeichnet, welche die Qualität und Nachhaltigkeit von Begrünungen und naturnahem Wasserbau fördern. Die Anstrengungen der Projektbeteiligten werden in einer breiten Öffentlichkeit gewürdigt. Die Auszeichnung bringt die Bedeutung der Ingenieurbiologie in einem umfassenden Sinn in das Bewusstsein der Öffentlichkeit und motiviert Entscheidungsträger, ähnliche Projekte zu verwirklichen.

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

Preisträger ist ein bestimmtes Begrünungs- oder Gewässerprojekt 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 Projekte werden jeweils im Sommer begutachtet und die Preisverleihung wird im Mai des darauffolgenden Jahres zum Anlass der Mitgliederversammlung des Vereines Ingenieurbiologie stattfinden.

Der kommende Preis wird für ein Projekt im Raum Hochlagen vergeben. Vorschläge für den Begrünerpreis können bis zum 15. Juli 2020 beim Sekretariat des Vereins für Ingenieurbiologie eingereicht werden (Formular für Kandidatur

und Kriterien siehe: <http://www.ingenieurbiologie.ch>). Die Projekte werden dann im Sommer 2020 von einer Jury begutachtet und der Preis im Frühjahr 2021 offiziell vergeben. Es wird eine zusätzliche Fachexkursion im Sommer 2021 zu dem Gewinnerobjekt durchgeführt.

Anmeldung und Auskunft:

HSR Hochschule für Technik, ILF Institut für Landschaft und Freiraum, Sekretariat Verein für Ingenieurbiologie, Arbeitsgruppe für Hochlagenbegrünung, Monika Schirmer-Abegg, Oberseestrasse 10, CH-8640 Rapperswil
Tel: +41 (0)55 222 47 92
E-Mail: sekretariat@ingenieurbiologie.ch
Internet: www.ingenieurbiologie.ch

Prix Génie Biologique 2021

Mesdames, Messieurs,

L'Association pour le génie biologique vise à promouvoir la construction avec des plantes et préconise une végétalisation douce et adaptée à la station.

Afin de mettre en valeur des projets de génie biologique ayant un caractère exemplaire, l'Association décerne un prix pour des exemples réussis de la pratique. Tour à tour, un prix sera décerné pour les végétalisations en altitude [zone de la limite forestière et au-delà] et pour les projets relatifs aux cours d'eau. Les projets et les mesures particulièrement réussis, favorisant la qualité et la durabilité de végétalisations et d'aménagements hydrauliques proches de la nature. Les efforts des participants au projet seront valorisés auprès d'un large public. Cette distinction permet de sensibiliser le public à l'importance du génie biologique au sens large et de motiver les décideurs à mettre en œuvre des projets similaires.

Les projets primés en haute altitude se caractérisent, entre autres, par une grande qualité en ce qui concerne une planification et une conception appropriées, l'exécution des travaux sur le terrain, les résultats et le contrôle des résultats. La procédure pour une végétalisation écologique de haute qualité en région alpine est décrite en détail dans les « Directives pour une végétalisation en altitude ». Une version courte pour le chantier offre également un aperçu pratique. Les critères détaillés pour l'attribution du Prix de végétalisation, ainsi que la version courte des Directives

peuvent être consultés sur le site internet de l'Association pour le génie biologique (<http://www.ingenieurbiologie.ch>).

Le lauréat est un projet spécifique de végétalisation ou relatif aux cours d'eau avec les maîtres d'ouvrage et les organes associés à la planification et à la mise en œuvre (par ex. communes, cantons, corporations, organisations de tourisme, entreprises de chemin de fer alpin). Des projets effectués non récemment seront aussi pris en considération, si ceux-ci font preuve d'une végétalisation adaptée à la station. Les projets seront évalués chaque été et la cérémonie de remise des prix aura lieu en mai de l'année suivante lors de l'assemblée générale de l'Association pour le génie biologique.

Le prochain prix sera décerné à un projet en station d'altitude. Les propositions pour le Prix de végétalisation peuvent être soumises jusqu'au 15 juillet 2020 auprès du secrétariat de l'Association pour le génie biologique (formulaire de candidature et les critères sur notre site <http://www.ingenieurbiologie.ch>). Les projets seront ensuite examinés au cours de l'été 2020 par un jury et le prix sera officiellement décerné au printemps 2021. Enfin, une visite technique du projet lauréat aura lieu en été 2021.

Inscription et information :

HSR Hochschule für Technik, ILF Institut für Landschaft und Freiraum, Sekretariat Verein für Ingenieurbiologie, Arbeitsgruppe für Hochlagenbegrünung, Nadja Schläpfer, Obersee-strasse 10, CH - 8640 Rapperswil
Tel : +41 (0)55 222 47 92
E-Mail : sekretariat@ingenieurbiologie.ch
Internet : www.ingenieurbiologie.ch

Premio di ingegneria biologica 2021

Gentili signore, egregi signori

L'Associazione per l'ingegneria naturalistica promuove l'uso delle piante quale materiale da costruzione e sostiene l'inverdimento sostenibile e adatto al luogo.

Per valorizzare progetti di ingegneria naturalistica dal carattere esemplare, l'associazione assegna un premio per esempi pratici di successo. Ad anni alterni, viene assegnato un premio per i rinverdimenti ad alta quota (vicino alla linea

del bosco e oltre) e per interventi sui corsi d'acqua. Vengono premiati progetti e misure di particolare successo che promuovono la qualità e la sostenibilità degli inverdimenti e dell'ingegneria idraulica seminaturale. Gli sforzi di coloro che sono coinvolti nel progetto sono riconosciuti da un vasto pubblico. Il premio sottolinea l'importanza dell'ingegneria naturalistica per sensibilizzare il pubblico e motiva i committenti a realizzare progetti simili.

I progetti di valore per l'inverdimento ad alta quota sono caratterizzati, tra l'altro, da un'elevata qualità per quanto riguarda la pianificazione e la progettazione, l'esecuzione sul campo, i risultati e il controllo del successo. La procedura per un rinverdimento di alta qualità ecologica nella regione alpina è descritta in dettaglio nelle «Linee guida per il rinverdimento ad alta quota». Un riassunto per l'uso in cantiere fornisce una guida pratica. I criteri dettagliati per l'assegnazione del premio per l'inverdimento e la sintesi delle «Linee guida per il rinverdimento ad alta quota» si trovano sulla homepage dell'Associazione per l'ingegneria naturalistica (<http://www.ingenieurbiologie.ch>).

Il premio viene assegnato ad un progetto specifico di rinverdimento o di sistemazione dei corsi d'acqua, premiando i proprietari delle strutture e gli enti di pianificazione e realizzazione coinvolti (ad es. comuni, cantoni, corporations, organizzazioni turistiche, società di ferrovie di montagna). Se sono stati realizzati in modo rispettoso del sito, vengono presi in considerazione anche progetti di rinverdimento non recenti. I progetti verranno valutati durante l'estate e la cerimonia di premiazione si terrà a maggio dell'anno successivo in occasione dell'assemblea generale dell'Associazione per l'ingegneria naturalistica.

Il prossimo premio sarà assegnato per un progetto di rinverdimento ad alta quota. Le proposte possono essere presentate alla segreteria dell'Associazione per l'ingegneria naturalistica fino al 15 luglio 2020 (per il modulo di candidatura e i criteri vedi: <http://www.ingenieurbiologie.ch>). I progetti saranno poi esaminati da una giuria nell'estate 2020 e il premio sarà assegnato ufficialmente nella primavera del 2021. Nell'estate del 2021 verrà organizzata una gita per visitare l'intervento premiato.

Iscrizione e informazioni:

HSR Hochschule für Technik, ILF Institut für Landschaft und Freiraum, Sekretariat Verein für Ingenieurbiologie, Arbeitsgruppe für Hochlagenbegrünung, Nadja Schläpfer, Obersee-strasse 10, CH-8640 Rapperswil
Tel: +41 (0)55 222 47 92
E-Mail: sekretariat@ingenieurbiologie.ch
Internet: www.ingenieurbiologie.ch

Impressum

Mitteilungsblatt für die Mitglieder des Vereins für Ingenieurbiologie

Heft Nr. 3/2019, 29. Jahrgang
Erscheint viermal jährlich
ISSN 1422-008

Herausgeber / Editeur:

Verein für Ingenieurbiologie
c/o HSR Hochschule für Technik Rapperswil
ILF-Institut für Landschaft und Freiraum
Oberseestrasse 10, CH-8640 Rapperswil
Tel.: +41 (0)55 222 47 92
E-Mail: sekretariat@ingenieurbiologie.ch

Internet-Adresse / Adresse internet:

<http://www.ingenieurbiologie.ch>

Druck / Impression:

Vögeli AG, Langnau i. E.

Auftraggeber:

Verein für Ingenieurbiologie, Fachgruppe
Hochlagenbegrünung

Lektorat / Lectorat:

Martin Huber
Tel.: + 41 32 671 22 87
E-Mail: martin.huber@bsb-partner.ch

Autoren:

Monique Peters, Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee
und Landschaft WSL, monique.peters11@gmail.ch
Dr. Kirsten Edelkraut, Zürcher Hochschule für Angewandte
Wissenschaften ZHAW, kirsten.edelkraut@zhaw.ch
Dr. Manuel Schneider, Agroscope,
manuel.schneider@agroscope.admin.ch
Dr. Christian Rixen, Eidg. Forschungsanstalt für Wald,
Schnee und Landschaft WSL, rixen@slf.ch

Zitiervorschlag:

Peters, M., K. Edelkraut, M. Schneider & C. Rixen [2019]:
Richtlinien Hochlagenbegrünung. Ingenieurbiologie 3:1-64.
ISSN 1422-008

Übersetzungen / Traductions:

Rolf T. Studer
E-Mail: rolf.studer@mail.com

Sekretariat / Secrétariat:

Verein für Ingenieurbiologie
c/o HSR Hochschule für Technik Rapperswil
ILF-Institut für Landschaft und Freiraum
Oberseestrasse 10, CH-8640 Rapperswil
Tel.: +41 55 222 47 92
E-Mail: sekretariat@ingenieurbiologie.ch

**Weitere Exemplare dieses Heftes können zum
Stückpreis von Fr. 20.- beim Sekretariat bezogen werden.**



Zürcher Hochschule
für Angewandte Wissenschaften



Inserate Annonces

Inseratentarif für Mitteilungsblatt / Tarif d'insertion dans le bulletin

Der vorliegende Tarif ist gültig für eine Ausgabenummer.

Le present tarif comprend l'insertion pour une parution.

1 Seite Fr. 1125.- 2/3 Seite Fr. 825.- 1/2 Seite Fr. 600.-

1/3 Seite Fr. 450.- 1/4 Seite Fr. 375.- 1/8 Seite Fr. 225.-

Separate Werbebeilage beim Versand: 1 A4-Seite Fr. 1000.-

jede weitere A4-Seite Fr. 300.-

Inseratenannahme: Verein für Ingenieurbiologie c/o HSR Hochschule für Technik Rapperswil ILF, Oberseestrasse 10, 8640 Rapperswil, Tel. 055 222 47 92, sekretariat@ingenieurbilogie.ch

Link auf der Internetseite des Vereins / Liens sur la page de l'Association:

Fr. 750.- pro Jahr/par an

Oder gratis bei Inseraten im Mitteilungsblatt im Wert von mindestens

Fr. 750.- pro Jahr.

Ou gratuit pour des annonces dans le bulletin d'une valeur d'au moins Fr. 750.- par an.



INGENIEURBIOLOGIE
GÉNIE BIOLOGIQUE
INGEGNERIA NATURALISTICA
INSCHENIERA BIOLOGICA

Verein für Ingenieurbiologie
c/o HSR Hochschule für Technik Rapperswil
ILF-Institut für Landschaft und Freiraum
Oberseestrasse 10, CH-8640 Rapperswil
Tel.: +41 55 222 47 92
sekretariat@ingenieurbilogie.ch



Europäische Föderation für Ingenieurbiologie
Federazione Europea l'Ingegn Naturalistica
Europ. Federation for Soil Bioengineering
Fedetacion Europea de Ingeniarta def Palufe

Giovanni de Cesare
EPFL ENAC IIC PL-LCH
GC A3 495 (Bâtiment GC)
Station 18, CH-1015 Lausanne
Tel. +41 21 69 32517
Mail: giovanni.decesare@epfl.ch

Nächste Ausgaben Prochaines éditions

Redaktionsschluss

24. Juli 2020

13. September 2020

Thema

Rutschungen und Hangmuren

Monitoring und Wirkungskontrolle

Redaktion

Christian Rickli

Röbi Bänzinger

Richtlinien sind gemäss den redaktionellen Richtlinien zu verfassen und bis zum Redaktionsschluss dem/der zuständigen Redaktor/in einzureichen.

