©Reinhold-Tüxen-Gesellschaft (http://www.reinhold-tuexen-gesellschaft.de/)

Ber. d. Reinh.-Tüxen-Ges. 7, 37-46. Hannover 1995

Renaturierung von natürlichen und künstlichen Erosionsflächen in den Hochalpen.

– Georg Grabherr, Wien –

Abstract

Early attempts to revegetate eroded patches in high mountains, the Alps in particular, had already been applied in the 19th century. Modern methods relay on commercial seed material which comes from species which do not reproduce under the harsh environment in high mountains. Repeated reseeding and fertilizing are necessary to maintain a closed sward. Therefore search for more appropriate seed collection have been made frequently, however, with disappointing results as high mountain plants do not produce many seeds, and do not germinate easily. Tillering might be an alternative method.

Together with a group of young gardeners the author initiated a research program about 10 years ago for vegetative reproduction of some alpine grasses which seemed to possess appropriate features like the viviparous *Poa alpina* or *Agrostis schraderiana* with its long stolons. It appeared to be comparatively easy to produce in a short time saplings in huge numbers in glass houses. About 10 000 of these saplings were planted into raw gravel at a high mountain site at 2.315 m above sea level without adding humus or fertilizers. After 10 years *Poa alpina* can be considered as that species with the highest potential for commercial use. For *Agrostis schraderiana* partitioning of individuals growing in situ close to the eroding patch, and planting the comparatively large pieces into the ground might be the best method. Other species seem to be of no value. Still ongoing attemps by other research groups to produce seeds of alpine species, probably, will never lead to a commercial solution.

1. Einleitung

Abgesehen davon, daß Hochgebirgsbewohner durch Überweidung, Abholzung und technische Eingriffe Erosionen in kleinerem bis katastrophalem Ausmaß immer wieder provoziert haben und provozieren (STONE 1992), versuchen sie andererseits seit altersher mit „ingenieurbiologischen" Maßnahmen erosionsbedingte Verluste von Kulturgründen und Wohnflächen zu verhindern. SCHIECHTL (1988) hat in einem historischen Abriß darauf hingewiesen, daß beispielsweise viele Alpentäler ohne diese Maßnahmen nie bewohnbar gewesen wären. Hangverbau mit lebenden Pflanzen und Pflanzenteilen sei bereits im Mittelalter in den Alpentälern bekannt gewesen. Auch zu Beginn gezielter Methodenentwicklung vor gut 150 Jahren standen Lebendverbauung und Berasung im Vordergrund und wurden erst durch die Einführung der Betontechnologie und Mechanisierung der Bauwirtschaft verdrängt (SCHIECHTL 1988). Die Ingenieurbiologie verlor viel an tradiertem Wissen, aber nie ganz an Bedeutung. War es zuerst die Befestigung großflächiger Erosionsherde in Wildbacheinzugsgebieten mit Hilfe von Heublumensaaten und Direktbepflanzung (Beispiele bei SCHIECHTL l.c.), stellten Böschungsbegrünungen an Autobahnen, Hochgebirgsstraßen und Stauseen die Ingenieurbiologie vor neue Aufgaben. Mit der Entwicklung der Bitumen-Strohdecksaat („Schiechteln") in den 60-er Jahren war schließlich die Lösung für viele Probleme der Hang-

©Reinhold-Tüxen-Gesellschaft (http://www.reinhold-tuexen-gesellschaft.de/)

sicherung und Renaturierung im Gebirge gefunden (SCHIECHTL 1962, 1969, 1976) und gelangte zu weltweiter Anwendung (SCHIECHTL 1980).

Zwangsläufig verleitete die Bitumen-Strohdecksaat auch dazu, Erosionsherde über der Waldgrenze zu bekämpfen. Ihre Anpassung an die hochalpinen Verhältnisse wurde am weitesten von FLORINETH (1992) in verschiedenen Gebieten Südtirols (Italien) vorangetrieben. FLORINETH (1992) nennt in Anpassung an die Geländebeschaffenheit 5 Methoden, von denen die übliche Bitumen-Strohdecksaat am häufigsten Anwendung findet. An sehr steilen Hängen wird die Einsaat nicht mit Stroh, sondern mit Jutenetzen abgedeckt („Jutenetz-Strohdecksaat"), in unbegehbaren Steilflanken kommt die „Hubschrauber-Hydrosaat" zum Einsatz, wobei die Bodenfestigung mit „Klebemitteln" (aus Algenprodukten) erfolgt. Einfache „Hydrosaat" empfielt sich auf geschützten Hängen, „Normalsaat" (= Saatgut plus Dünger) kann auf eher flacheren Böden die Strohdecksaat ersetzen.

Die Bitumen-Strohdecksaat ist auch das Standardverfahren zur ingenieurbiologischen Sanierung von Schipistenplanien, welche in großem Umfang besonders in den 70-er Jahren zur sogenannten Geländekorrektur durchgeführt wurden bzw. in geringerem Umfange noch durchgeführt werden. Es entstanden Schiautobahnen nicht nur in den Alpen, sondern in vielen Wintersportzentren der Erde. Die Vegetation, oft auch die gesamte Bodenauflage, wird dabei abgetragen (vgl. GRABHERR 1985). Mit einer Strohdecksaat folgt dann die „Sanierung", bei der allerdings selten so professionell vorgegangen wird wie im Falle der Wildbachprojekte in Südtirol. Viele Fehlschläge von Schipistenbegrünungen im Bereich der Waldgrenze und darüber sind auf schlampige und billige Anwendung der Methode zurückzuführen (SCHIECHTL 1988).

Der Hauptgrund für die großen Probleme bei der Renaturierung in alpinen Hochlagen liegt aber darin, daß das im Handel erhältliche Saatgut von Tieflagenarten stammt, woran sich auch in Zukunft kaum etwas ändern wird, da für die großen Saatguterzeuger der Absatzmarkt zu gering ist und die Produktionskosten für „alpines"Saatgut zu hoch sind. Die „höhenresistentesten" unter ihnen (FLORINETH 1992), wie etwa *Festuca rubra* subsp. *rubra* (div. Sorten), gehen spätestens nach 10 Jahren zurück und vermehren sich nicht. Es besteht Konsens unter den erfahrenen Ingenieurbiologen und Hochgebirgsökologen (GRABHERR et al. 1988, SCHIECHTL 1988, FLORINETH 1992, URBANSKA 1989 u.a.), daß Dauerlösungen nur mit autochthonen Arten möglich sind. Inwiefern die Applikation autochthoner Arten aufgrund ihrer Wachstums- und Lebensstrategien überhaupt von Erfolg gekrönt sein kann, steht nun im Zentrum dieses Beitrages. Es werden aktuelle Verfahren vorgestellt und die biologischen Grenzen aufgezeigt, an die eine Renaturierung im Hochgebirge zwangsläufig stößt.

2. Renaturierungen mit autochthonem Pflanzgut

Schon den Pionieren der Ingenieurbiologie war bewußt, daß die Berasung von Kahlflächen mit zunehmender Höhe immer schwieriger wird. Der Engpaß „Samengewinnung" veranlaßte bereits STINY (1908), die vegetative Verpflanzung durch Zerteilen von adulten Pflanzen vorzuschlagen. Er orientierte sich, wie in den 30-er Jahren GAMS (1940), an der Zusammensetzung von alpinen Pflanzengesellschaften, allen voran an alpinen Rasen wie Seslerio-Sempervireten und Cariceta curvulae. Erst viel später tauchen ähnliche Vorstellungen wieder auf und wurden vor allem durch K. PARTSCH zu Beginn der 80-er Jahre popularisiert (vgl. MARKERT 1988). Waren die Versuche von K. PARTSCH, über Samen bzw. Setzlinge autochthones Pflanzgut zu erzeugen (MARKERT 1988) noch von trial and error-Ansätzen bestimmt, basierten die Arbeiten von URBANSKA (1985, 1986, 1988, 1989, siehe auch URBANSKA et al. 1987, FLORINETH 1992) auf umfangreichen populationsbiologischen Studien an Alpenpflanzen und jene von GRABHERR & HOHENGARTNER (1989) auf vegetationstheoretischen Überlegungen (GRAB-

©Reinhold-Tüxen-Gesellschaft (http://www.reinhold-tuexen-gesellschaft.de/)

HERR 1987, GRABHERR et al. 1988). FLORINETH (1992) synthetisierte schließlich aus den Vorstellungen von K. URBANSKA, eigenen Ideen und Erkenntnissen aus gemeinsamer Forschung mit der Universität Innsbruck (STIMPFL 1985, MAIR 1986, GRABHERR et al. 1988) und seiner Praxiserfahrung eine „kombinierte Methode", die neben der „Junggärtnermethode" nach GRABHERR & HOHENGARTNER (1989) im Folgenen näher vorgestellt werden soll.

2.1 Kombinationsverfahren nach Florineth

FLORINETH (1992) geht von einer konventionellen Bitumen-Strohdecksaat (Abb. 1) oder anderen Kunstsaatverfahren aus, die eine erste Bodenbedeckung liefern. In der Einsaatmischung, welche dem üblichen Standard entspricht, sind Samen von autochthonen Gräsern, i.e. *Poa alpina, Avenella flexuosa, Deschampsia caespitosa, Festuca nigrescens* aus eigenem Anbau (bzw. Versuchspflanzungen bei Saatgutproduzenten) bis zu insgesamt 30% enthalten. Die Anzucht von Kräutern und Gräsern, die keine Massenproduktion von Samen erwarten lassen, erfolgt einerseits aus gesammelten Samen in sogenannten root trainern, andererseits durch „Einzeltriebklonierung" oder „Multitriebklonierung" (URBANSKA 1988). Erstarkte Jungpflanzen werden dann in 3-5 Jahre alte Begrünungen zu je 5-10 Individuen pro m^2 verpflanzt. FLORINETH (1992) produzierte in eigenen Versuchsgärten auf diese Weise ca. 80.000 – 100.000 Jungpflanzen pro Jahr, welche für die Bepflanzung von 1-2 ha reichten.

2.2 Die Junggärtnermethode

Die „Junggärtnermethode" ist das Resultat einer Umweltaktion der Arbeitsgemeinschaft österreichischer Junggärtner aus den Jahren 1985 – 1987. Angeregt durch die Aktivitäten von K. PARTSCH sollte versucht werden, durch gärtnerische Kultur geeignetes Pflanzgut von autochthonen Arten in großer Menge zu produzieren und dann auszupflanzen. Basierend auf

Abb. 1: Anwendung von Bitumen-Strohdecksaat im alpinen Gelände am Pfannhorn (Südtirol, Italien).

©Reinhold-Tüxen-Gesellschaft (http://www.reinhold-tuexen-gesellschaft.de/)

den vorliegenden Erfahrungen mit Schipistenbegrünungen (SCHIECHTL 1969, 1976, 1980, KÖCK 1975, CERNUSCA 1977, GRABHERR 1978, SCHÖNTHALER 1980, SCHAUER 1981, HÜHNERWADEL et al. 1982, MEISTERHANS 1982, MOSIMANN 1983, NASCHBERGER & KÖCK 1983 u.a.) und den Untersuchungen von GRABHERR et al. (1978), MÄHR & GRABHERR (1983) zur Produktionsbiologie und Reproduktion alpiner Rasen (siehe auch GRABHERR 1985, GRABHERR et al. 1988) wurden folgende Ziele formuliert:

- Die Renaturierungsmethode soll auch für extreme Lagen (bis obere alpine Stufe) geeignet und beständig sein.
- Die Methode soll weitere Eingriffe wie Neueinsaat und Düngung überflüssig machen.
- Da die Erfüllung beider Forderungen nur von autochthonem Pflanzgut erwartet werden kann, ist nur solches heranzuziehen.
- Die Methode soll großflächig applizierbar und kostengünstig sein.

Ein weiterer Grundgedanke war, vom üblichen Herumprobieren abzurücken und sich nur auf „höffige" Arten im Sinne der genannten Ziele zu konzentrieren. Unterstützt wurden diese

Abb. 2: Mitglieder der Arbeitsgemeinschaft österreichischer Junggärtner beim Verpflanzen vegetativ vermehrten Pflanzgutes in rohen Bauschutt bei der Rudolfshütte (Salzburg, Österreich) in 2.315 m Seehöhe.

©Reinhold-Tüxen-Gesellschaft (http://www.reinhold-tuexen-gesellschaft.de/)

Abb. 3: Pflanzung von *Poa alpina*-Setzlingen nach dem ersten Winter.

Überlegungen durch die theoretischen Fortschritte in der Sukzessionsforschung, insbesondere durch das Strategiekonzept GRIME's (GRIME 1978). Gezielt wurde nach „competitive species" gesucht, um mit diesen Arten den Sukzessionsprozeß abzukürzen. Ruderalstrategen schienen aufgrund geringen Wurzelwachstums ingenieurbiologisch ungeeignet, die Klimaxarten kamen aufgrund der extrem geringen Ausbreitungsgeschwindigkeit (GRABHERR et al. 1978) und bereits gewonnener Erfahrungen (STIMPFL 1985, MAIR 1986) nicht in Frage.

Schlußendlich fiel die Wahl auf *Poa alpina* var. *vivipara, Agrostis schraderiana, Luzula alpina-pilosa*. Vor allem die ersten beiden Arten zeigen durch Ausläuferbildung bzw. Setzlingssaat eine rasche horizontale Ausbreitung. Durch Pikieren der „Kindeln" von viviparer *Poa alpina* bzw. von Ausläuferstücken mit bestockungsfähigen Knoten bei *Agrostis schraderiana* bzw. Einzeltriebklonierung bei *Luzula alpina-pilosa* wurden gärtnerische Zwischenkulturen angelegt. In kurzer Zeit (bei *Poa alpina* nur 1 Monat) wuchsen kräftige Jungpflanzen heran, die noch in der gleichen Vegetationsperiode auf Versuchsfeldern bei der Rudolfshütte (2.315 m, Salzburg, Österreich, Abb. 2) in rohen Bauschutt und Schotter ausgepflanzt wurden.

Details der Versuchsanordnung inklusive erster Erfahrungen sind bei GRABHERR & HOHENGARTNER (1989) beschrieben. Inzwischen sind 10 Jahre vergangen. Ein Augenschein im August 1994 lieferte folgenden Eindruck (eine aufwendige Versuchsanlage und Auswertung war durch mangelnde Mittel nicht möglich) und wurde fotographisch dokumentiert:

1. *Poa alpina* zeigte kaum Ausfälle, die einzelnen Stöcke sind zu kräftigen, reichlich vivipar reproduzierenden Pflanzen herangewachsen; der Boden zwischen den Stöcken (gesetzt wurde in ca. 10cm Abstand) ist übersät mit mehrjährigen Jungpflanzen und 1-2 jährigen Kindeln (Abb. 3, 4, 5). Auch an stärker geneigten Stellen haben die eingesetzten Pflanzen Bodenabtrag und Oberflächenabfluß (bes. bei Schneeschmelze) überstanden. Allerdings zeigen die einzelnen Versuchsfelder deutliche Unterschiede. Die besten Resultate ergaben sich überraschenderweise auf der schneereichen Nordwestseite, wogegen im südexponierten Baudepotniestandort die Pflanzen deutlich kleiner und infloreszenzärmer waren.

©Reinhold-Tüxen-Gesellschaft (http://www.reinhold-tuexen-gesellschaft.de/)

Abb. 4: Dieselbe Pflanzung im 9. Jahr nach der Auspflanzung.

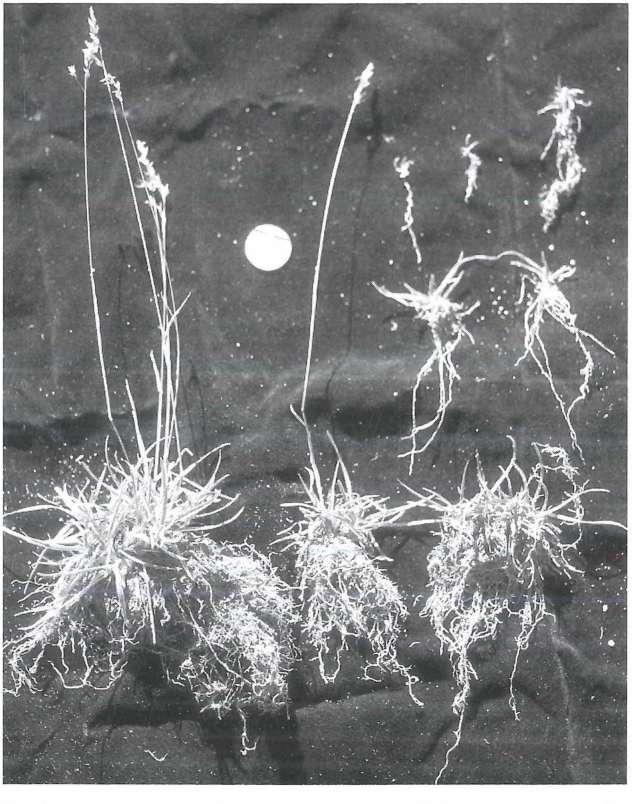

Abb. 5: Verschiedene Altersstadien von *Poa alpina* in der neunjährigen Pflanzung. Bereits junge Pflanzen besitzen ein gut ausgebildetes Wurzelwerk und festigen dadurch den Oberboden.

©Reinhold-Tüxen-Gesellschaft (http://www.reinhold-tuexen-gesellschaft.de/)

2. *Agrostis schraderiana* konnte sich in vielen Fällen halten, blieb aber in Wachstum und Ausbreitung weit hinter den Erwartungen zurück. Die kräftigsten und auch infloreszenzreichsten Exemplare entwickelten sich im Schutz grober Steine, wo auch die in der Natur zu beobachtende massive Ausläuferbildung festzustellen ist. Offensichtlich steht dies in Zusammenhang mit der Beobachtung, daß *Agrostis schraderiana* häufig als Pionier in Block- und Schutthalden eindringt. Wie bereits bei GRABHERR & HOHENGARTNER (1989) dargestellt, bestocken sich die Nodien sehr unterschiedlich. Vermutlich sind junge Nodien entwicklungsfreudiger. Deshalb haben GRABHERR & HOHENGARTNER (l.c.) vorgeschlagen, *Agrostis schraderiana* , wenn in der Umgebung natürlich vorhanden, in größere Stück zu zerteilen, da diese mehr junge Nodien enthalten, und diese einzusetzen, ein Vorschlag, den auch FLORINETH (1992) propagiert, ohne allerdings auf GRABHERR & HOHENGARTNER (l.c.) Bezug zu nehmen. Folgt man dieser Empfehlung, so ist *Agrostis schraderiana* wahrscheinlich die für eine Hochlagenberasung geeignetste Art, wie eigene Versuche auf ca. 2.400 m NN am Schafberg bei Gargellen (Vorarlberg, Österreich) zeigten und Angaben von FLORINETH (1992) bestätigen.

3. Praktisch ein Totalausfall war *Luzula alpina-pilosa*, die auch in der Zwischenkultur am schwierigsten zu ziehen war. Ihre Wahl war auch eine Konzession an das eingangs zögerliche Vertrauen einiger in die Theorie.

Für manchen der Junggärtner war auch schwer einzusehen, daß keine Startdüngung und auch keine Starteinsaat mit handelsüblichen Mischungen erfolgen soll. So wandelte durch einige „Eigenleistungen" und zur Überraschung des Projektberaters die eine oder andere Versuchsfläche in den letzten 10 Jahren ihr Erscheinungsbild, allerdings mit teils interessanten Effekten. *Poa alpina* reagierte beispielsweise auf Düngung mit organischen Hilfsstoffen mit einer 4-5 -fachen Steigerung der Zahl blühender Triebe, wogegen die vegetativen Teile bei weitem nicht in diesem Maße gefördert wurden (GRABHERR & HOHENGARTNER 1989).

3. Resümee

Nach nun 10 Jahren Versuchsdauer kann die in GRABHERR & HOHENGARTNER (1989) entworfene Renaturierungstechnik als brauchbar angesehen werden (Abb. 6). In Österreich gibt es zwei Gärtnereibetriebe, die *Poa alpina*-Setzlinge in großer Menge produzieren können und in der Zwischenzeit, allerdings ohne wesentlichen kommerziellen Erfolg, eingesetzt haben. Ein Schiliftbetreiber hat die Verpflanzung von *Agrostis schraderiana* mit eigenen Leuten erfolgreich eingesetzt. Ähnlich zu beurteilen ist die Kombinationsmethode von FLORINETH (1992). Auch die Bemühungen von FLORINETH (1992) beruhen auf viel Eigenleistung des Betriebes und Einsatz billiger Arbeitskräfte (z.B. Studenten).

Die Kombinationsmethode nach FLORINETH bzw. die Junggärtner-Methode stellen neben der Rasenziegelabdeckung (vgl. SCHIECHTL 1988) für Hochlagenbegrünungen die derzeit besten Lösungen dar. Kleinräumig eingesetzt sind sie auch nicht zu teuer. Der Engpaß besteht eher darin, daß sich für kommerzielle Gartenbaubetiebe die Herstellung von Pflanzgut, weil zu selten angefordert, kaum lohnt. Das dürfte auch für alle Versuche gelten, attraktive Alpenblumen durch Zwischenkultur in hinreichenden Mengen heranzuziehen, auch, wenn durch Untersuchungen von Resistenz und Keimverhalten (KRAUTZER 1995, KLUG-PÜMPEL mündl. Mitt.) eine Einengung auf geeignete Arten erfolgen kann.

Die Renaturierung von natürlichen oder künstlichen Erosionsflächen in alpinen Hochlagen ist daher nach wie vor ein Problem und wird immer ein solches bleiben. Schon gar nicht sind Ansprüche zu erfüllen, die üblicherweise aber gestellt werden, nämlich rasch und billig eine alpine Blumenmatte zu produzieren, die auch noch allen ingenieurbiologischen Erfordernissen gerecht wird.

©Reinhold-Tüxen-Gesellschaft (http://www.reinhold-tuexen-gesellschaft.de/)

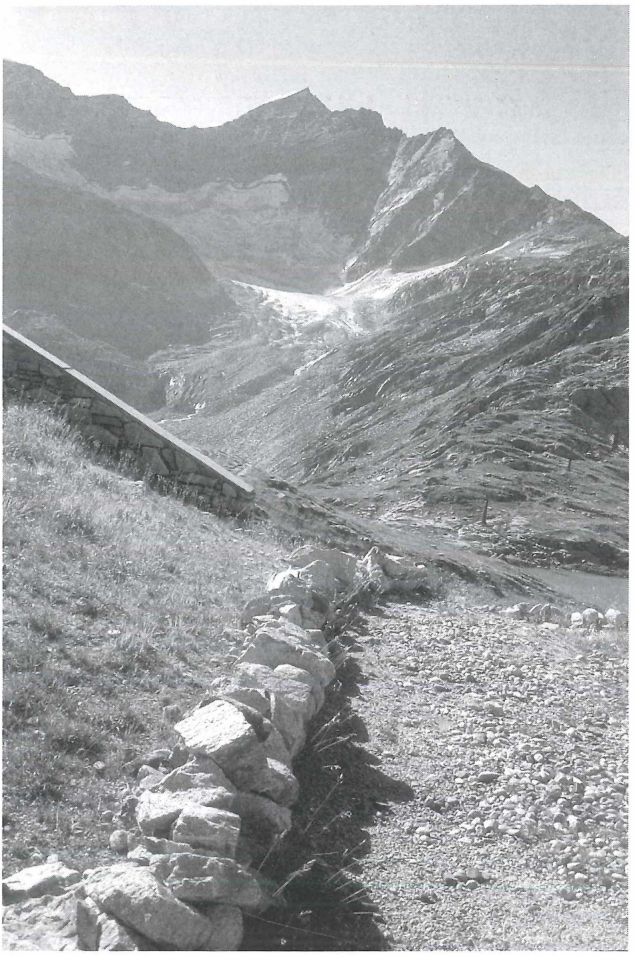

Abb. 6: Ausblick von der Rudolfshütte. Im Vordergrund links die neunjährigen Begrünungen, rechts die unbehandelte Schotterfläche, auf der sich kaum eine nennenswerte Vegetation ansiedeln konnte.

Zusammenfassung

Versuche, Erosionsflächen in Hochgebirgen und im Speziellen in den Alpen, ingenieurbiologisch zu sanieren, gehen bereits ins vergangene Jahrhundert zurück. Die heute gängigen Renaturierungsmethoden, wie die Bitumen-Strohdecksaat, verwenden im Handel erhältliches Saatgut, die wiederholte Applikation von sogenannten Bodenhilfsstoffen stimuliert das Wachstum, ermöglicht aber kaum regenerationsfähige Populationen. Die vielen Mißerfolge, besonders über der Waldgrenze, lenkten daher das Interesse auf gärtnerische Vermehrungstechniken von autochthonen Arten zur Erzeugung von geeignetem Pflanzgut.

In Zusammenarbeit mit der Arbeitsgemeinschaft österreichischer Junggärtner wurde ab 1985 gezielt der Versuch unternommen, hier Fortschritte zu erzielen. Ausgehend von den theoretischen Konzepten GRIME's (GRIME 1979) konzentrierte sich die Suche nach geeigneten Pflanzarten auf kompetitive Strategen mittlerer Sukzessionsstadien. Den Junggärtnern

©Reinhold-Tüxen-Gesellschaft (http://www.reinhold-tuexen-gesellschaft.de/)

gelang es rasch, in einigen Betrieben durch Aussetzen von „Kindeln" von *Poa alpina* var. *vivipara*, Internodienstücken von *Agrostis schraderiana* und *Luzula alpino-pilosa* große Mengen kleiner Topfpflanzen zu gewinnen. Im in situ Versuch auf 2.315 m Meereshöhe zeigte sich nach 9 Jahren, daß *Poa alpina* hervorragend geeignet ist, ingenieurbiologisch eingesetzt zu werden. Kombinationsverfahren, die sich der gärtnerischen Produktion von autochthonem Pflanzgut bedienen, werden vorgestellt.

Durch die geringe Nachfrage bleiben diese Methoden für den kommerziellen Gartenbau allerdings unattraktiv. Von anderen Arbeitsgruppen entwickelte Anzuchttechniken für Kräuter und Klimaxarten sind zu beachten, ob sie sich allerdings in Zukunft bewähren und preislich mithalten können, bleibt abzuwarten.

4. Literatur

CERNUSCA, A. (1977): Ökologische Veränderungen durch das Anlegen von Schipisten. – 80 S.. Springer-Verlag, Wien.

FLORINETH, F. (1992): Hochlagenbegrünung in Südtirol. – Rasen-Turf-Gazon **3**: 74-78.

GAMS, H. (1940): Die natürliche und künstliche Begrünung von Fels- und Schuttlagen in den Hochalpen. – Forschungsarbeiten aus dem Straßenwesen **25**: 1-58.

GRABHERR, G. (1978): Schädigungen der natürlichen Vegetation über der Waldgrenze durch die Anlage von Skipisten und deren Fähigkeit zur Regeneration. – In: Begrünungsmaßnahmen im Gebirge. Tagungsber. d. Akademie f. Naturschutz u. Landschaftspflege **2**. Laufen.

GRABHERR, G. (1985): Damage to vegetation by recreation in the Austrian and German Alps. – In: BAYFIELD, N. & G.C. BARROW (ed.): The ecological impacts of outdoor recreation on mountain areas in Europe and North Amerika. – Ecology Research Group Report **9**: 74-91. Wye College, Ashford, England.

GRABHERR, G. (1987): Produktion und Produktionsstrategien im Krummseggenrasen (*Caricetum curvulae*) der Silikatalpen und ihre Bedeutung für die Bestandesstruktur. – In: PATZELT, G. (ed.): MAB-Projekt Obergurgl. – Veröff. d. österr. MAB-Programms **10**: 233-241. Universitätsverlag Wagner, Innsbruck.

GRABHERR, G. & H. HOHENGARTNER (1989): Die „Junggärtnermethode" – eine neue Methode zur Renaturierung hochalpiner Rohbodenflächen mit autochthonem Pflanzgut. – Die Bodenkultur **40**: 85-94.

GRABHERR, G., E. MÄHR & H. REISIGL (1978): Nettoprimärproduktion und Reproduktion in einem Krummesggenrasen (*Caricetum curvulae*) der Ötztaler Alpen, Tirol. – Oecologia Plantarum **13**: 227-251.

GRABHERR, G., A. MAIR & H. STIMPFL (1988): Vegetationsprozesse in alpinen Rasen und die Chancen einer echten Renaturierung von Schipisten und anderen Erosionsflächen in alpinen Hochlagen. – Jahrb. Ges. Ingenieurbiol. **3**: 94-113.

GRIME, J.P. (1979): Plant strategies and vegetation processes. – J. Wiley. Chichester, New York, Brisbane, Toronto.

HUHNERWADEL, D., R. RUDIN, W. RÜSCH, F.H. SCHWARZENBACH, H.K. STIFFLER, B. WALLIMANN & H. WEISS (1982): Skipistenplanierung und Geländekorrekturen – Erfahrungen und Empfehlungen. – Ber. Eidgen. Anstalt f.d. forstl. Versuchswesen **237**: 1-51.

KOCK, L. (1975): Pflanzenbestände von Schipisten in Beziehung zu Einsaat und Kontaktvegetation. – Rasen-Turf-Gazon **3**: 102-106.

KRAUTZER, B. (1993): Untersuchungen zur Samenvermehrbarkeit alpiner Pflanzen. – Veröff. Bundesanst. f. alpenländ. Landwirtschaft, Heft 24, 76 S.. Gumpenstein.

MAHR, E. & G. GRABHERR (1983): Wurzelwachstum und -produktion in einem Krummseggenrasen (*Caricetum curvulae*) der Hochalpen. In: KUTSCHERA, L. & W. BÖHM (ed.): Wurzelökologie und ihre Nutzanwendung: 405-416. Eigenverlag d. Bundesanstalt für Alpenländische Landwirtschaft Gumpenstein-Irding. Gumpenstein.

©Reinhold-Tüxen-Gesellschaft (http://www.reinhold-tuexen-gesellschaft.de/)

MAIR, A. (1986): Zweckmäßigkeit und Erfolg ingenieurbiologischer Erosionsbekämpfung in alpinen Hochlagen, dargestellt am Beispiel „Pfannhorn", Südtirol, Italien. – Diss. Univ. Innsbruck.

MARKERT, P. (1988): Modell Kleinwalsertal – eine Möglichkeit zur Wiederansiedlung standortgerechter Vegetation in Hochlagen. – In: Erosionsbekämpfung im Hochgebirge. – Jahrb. Ges. Ingenieurbiol. **3**: 114-133.

MEISTERHANS, E. (1982): Entwicklungsmöglichkeiten für Vegetation und Boden auf Schipistenplanierungen. – Fachbeitr. Schweiz. MAB-Information **10**: 13-16.

MOSIMANN, TH. (1983): Landschaftsökologischer Einfluß von Anlagen für den Massenschisport. II. Bodenzustand und Bodenzerstörung auf planierten Schipisten in verschiedenen Lagen. – Beitr. z. Physiogeogr. Heft 3. Basel.

NASCHBERGER, S. & L. KÖCK (1983): Erfahrungen über die Wirkung von Biosol bei der Begrünung von Schipisten. – Z. Vegetationstechnik **6**: 33-36.

SCHAUER, T. (1981): Vegetationsveränderungen und Florenverlust auf Skipisten in den bayerischen Alpen. – Auszug Jahrb. Ver. z. Schutz d. Bergwelt. München.

SCHIECHTL, H.M. (1962): Einige ausgewählte Ergebnisse aus der Forschungsarbeit für Grünverbau und über den heutigen Stand der Anwendung in Österreich. – Schriftenreihe Forschungsarbeiten a.d. Straßenwesen **51**: 46-53. Bad Godesberg.

SCHIECHTL, H.M. (1962): Die Bewährung der Heckenbuschlage und der Strohdecksaat zur Sicherung von Böschungen im Erdbau. – Österr. Ingenieurzeitschrift **114**: 208-213.

SCHIECHTL, H.M. (1969): Die Begrünung neugebauter Schiabfahrten. – Schul- u. Sportstättenbau **4**: 32-42.

SCHIECHTL, H.M. (1976): Zur Begrünbarkeit künstlich geschaffener Schneisen in Hochlagen. – Jahrb. d. Ver. z. Schutz d. Alpenpflanzen u. Tiere **41**: 53-75. München.

SCHIECHTL, H.M. (1980): Erfahrungen mit Skipistenbegrünungen im Alpenraum. – Vegetationstechnik **2**: 70-76.

SCHIECHTL, H.M. (1988): Hangsicherungen mit ingenieurbiologischen Methoden im Alpenraum. – In: Erosionsbekämpfung im Hochgebirge. – Jahrb. Ges. Ingenieurbiologie **3**: 50-77.

SCHÖNTHALER, K.E. (1980): Probleme der Hochlagenbegrünung unter besonderer Berücksichtigung von Skipisten, einschließlich vorläufiger Versuchsergebnisse. – Z. Vegetationstechnik **3**: 38-42.

STIMPFL, H. (1985): Zur Bedeutung der Reproduktionsstrategie autochthoner und standortgerechter Arten für die ingenieurbiologische Berasung hochalpiner Erosionsflächen. – Diss. Univ. Innsbruck.

STONE, P.B. (ed.) (1992): State of the World's Mountains. A global report. – Zed Books. London, New Jersey.

URBANSKA, K.M. (1985): Some life history strategies and population structure in asexually reproducing plants. – Bot. Helv. **95**(1): 81-97.

URBANSKA, K.M. (1986): High altitude revegetation research in Switzerland – problems and perspectives. – Veröff. Geobot. Inst. ETH, Stiftung Rübel **87**: 155-167. Zürich.

URBANSKA, K.M. (1988): High altitude revegetation research in the Swiss Alps: experimental establishment and performance of native plant populations in machine-graded ski runs above the timberline. – Proc. 8th HAR Workshop. Colorado State University Info. Ser. **59**: 115-128.

URBANSKA, K.M. (1989): Probleme des biologischen Erosionsschutzes oberhalb der Waldgrenze. – Z. Vegetationstechnik **12**: 25-30.

URBANSKA, K.M., B. HEFTI-HOLLENSTEIN & G. ELMER (1987): Performance of some alpine grasses in single-tiller cloning experiments and in the subsequent revegetation trials above the timberline. – Ber. Geobot. Inst. ETH, Stiftung Rübel **53**: 64-90. Zürich.

Anschrift des Verfassers:
Univ. Prof. Mag. Dr. Georg Grabherr, Institut für Pflanzenphysiologie der Universität Wien, Abt. für Vegetationsökologie u. Naturschutzforschung, Althanstr. 14, A-1090 Wien

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Berichte der Reinhold-Tüxen-Gesellschaft

Jahr/Year: 1995

Band/Volume: 7

Autor(en)/Author(s): Grabherr Georg

Artikel/Article: Renaturierung von natürlichen und künstlichen Erosionsflächen in den Hochalpen 37-46