Zeitschrift: Veröffentlichungen des Geobotanischen Institutes der Eidg. Tech. Hochschule, Stiftung Rübel, in Zürich

Herausgeber: Geobotanisches Institut, Stiftung Rübel (Zürich)

Band: 97 (1988)

Artikel: Vegetationsentwicklung auf Skipistenplanierungen in der alpinen Stufe bei Davos = Development of vegetation on levelled ski runs in the alpine zone near Davos

Autor: Meisterhand, Edwin

Kapitel: 5: Diskussion

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-308882

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 14.07.2025

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

5. DISKUSSION

Die Diskussion beschränkt sich auf oberhalb 2200 m gelegene Skipistenplanierungen in der Umgebung von Davos und am Piz Corvatsch bei St. Moritz.

5.1. OEKOLOGISCHE BEURTEILUNG DER ERGEBNISSE

5.1.1. Vegetation der unbegrünten Skipistenplanierungen

Wie schon GRABHERR (1983), HUENERWADEL (1982), KLOETZLI und SCHIECHTL (1979) und MOSIMANN (1983) feststellten, wird bei einer Ausebnung von Skipistenflächen der grösste Teil der ursprünglichen Pflanzendecke zerstört, abgetragen oder überschüttet. Die planierten Flächen müssen also von wenigen Ausnahmen abgesehen neu besiedelt werden.
Wenn die Rhizomteile enthaltende, humusreiche oberflächliche Bodenschicht bei der Planierung nicht vollständig überschüttet oder abgetragen wurde, gedeihen oft wieder typische Alpenrasenpflanzen der ursprünglichen Pflanzendecke. Solche inselartigen Reste von relativ dicht aufgekommenen Pflanzenbeständen innerhalb der Planierungen beschrieben auch STOLZ (1984) im Skigebiet um Grindelwald (BE) sowie MARHOLD und CUNDERLIKOVA (1984) in der Tatra.
Der grösste Teil der aufkommenden Vegetation wächst allerdings nur kümmerlich und besteht aus Arten der alpinen Rasen, aber auch der Schuttfluren (z.B. Cardamine resedifolia, Doronicum clusii, Luzula spadicea, Arabis pumila, Hutchinsia alpina), wie auch aus GRABHERR (1983) hervorgeht.
Die von AMMANN (1979) untersuchten, ungefähr 2300 m hoch gelegenen Gletschervorfelder im Oberaar und die Planierungen auf Silikat um Davos weisen einige gemeinsame, recht häufig aufkommende Arten wie Cardamine resedifolia, Poa alpina, Sedum alpestre und Luzula spadicea auf. Die Pionierarten Oxyria digyna, Cerastium uniflorum, Rumex scutatus, Epilobium fleischeri und Trifolium pallescens, welche die Vorfelder im Val Roseg

nach dem Rückzug des Gletschers als erste besiedelten, sind auf den Planierungen um Davos selten oder kommen überhaupt nicht vor. Für Rumex scutatus und Epilobium fleischeri, die ihre Hauptverbreitung nach HESS et al. (1976-1980) in der subalpinen Stufe haben, sind die untersuchten Skipistenflächen im allgemeinen zu hoch gelegen. Trifolium pallescens dürfte auf den Planierungen fehlen, weil die vor allem in den südlichen Zentralalpen vorkommende Art für eine Ausbreitung durch Diasporen von Davos zu weit entfernt ist. Neben den Standortsfaktoren "an Ort" spielt für die Artzusammensetzung also auch die Erreichbarkeit der Flächen durch die Diasporen eine Rolle.

Der Pionierart Oxyria digyna dauert die schneefreie Zeit, welche im Untersuchungsgebiet 3-4.5 Monate beträgt, vermutlich zu lange. Diese Art kommt nach HESS et al. (1976-1980) vorwiegend auf Ruhschuttflächen vor, welche nur 2-3 Monate schneefrei sind.

Im Gegensatz zu den ersten Besiedlern der Gletschervorfelder sind Arten wie Poa alpina, Arabis alpina, Minuartia verna, Agrostis rupestris und Leontodon helveticus, welche die seit längerer Zeit eisfreien Flächen besiedeln, auf den Planierungen um Davos recht häufig. Dies deutet darauf hin, dass die untersuchten Pistenflächen inbezug auf den Standort eher den seit einiger Zeit eisfreien Vorfeldern entsprechen als den vor kurzem vom Gletscher freigegebenen Flächen.

Die Vegetation auf den unbegrünten Planierungen des Silikatgebietes ist inbezug auf die Artengarnitur den in VETTERLI (1982) beschriebenen basenarmen Standorten der alpinen Stufe zuzuordnen. Aufgrund des in VETTERLI (1982) dargestellten Feuchtigkeits- bzw. Schneebedeckungsgradienten entsprechen die Standorte der Planierungen auf saurem Silikat am ehesten den moosarmen Schneetälchen (Einheiten 3 und 4) oder den etwas länger schneebedeckten, frischen, besonnten Hängen (Einheit 5a). Insbesondere kommt auf den untersuchten Pistenflächen des Silikatgebietes die Vegetation der mässig trockenen oder wärmeliebenden Standorte nicht vor, da früh ausapernde oder steile, südexponierte Stellen fehlen. Die Skipisten wurden natürlich so angelegt, dass vom Relief her eine möglichst lange Schneebedeckung gewährleistet ist.

Auf den Planierungen des Dolomites fehlt aus demselben Grunde die Vegetation der sonnenexponierten Hänge, nämlich der Einheit 4 (vgl. VETTERLI 1981). Die Vegetation der Planierungen auf Dolomit entspricht am ehesten den in VETTERLI (1981) beschriebenen Einheiten 2 und 3 mit schwach entwickelten, im allgemeinen feinerdearmen Böden und stellenweise der Ein-

heit 1 mit feinerdereichen Böden, aber einer nur 2-3 Monate dauernden Vegetationszeit. Die Vegetation, welche einen entwickelten, humusreichen Boden verlangt (Einheiten 5, 6 und 7), ist auf den Skipistenflächen kaum anzutreffen.

Auf den Planierungen um Davos liess sich von 1978 bis 1980 keine eindeutige, während der ganzen Untersuchungszeit andauernde Veränderung der Vegetation nachweisen, obwohl der mittlere Deckungsgrad auf den Dauerflächen des Dolomites und des sauren Silikates 1980, im letzten Untersuchungsjahr, deutlich am niedrigsten war. Einerseits ging auf den Dauerflächen mit relativ dicht aufgekommener Pflanzendecke die Deckung von 1978 bis 1980 mehr oder weniger einheitlich zurück, andrerseits nahm sie bei kümmerlichem Bewuchs von 1978 bis 1980 im allgemeinen zu. Dass die Vegetation auf mehreren Dauerflächen 1979, im mittleren Untersuchungsjahr, die grösste Dichte aufwies, kann teilweise auf unterschiedliche Witterungsverhältnisse zurückgeführt werden. Laut den Witterungsberichten für die Jahre 1978, 1979 und 1980 der Schweizerischen Meteorologischen Anstalt waren der Spätfrühling und Frühsommer 1979 im Vergleich zu 1978 und 1980 inbezug auf die Sonnenscheindauer und den Frost besonders günstig, was sich im allgemeinen auf die Ausaperung und den Zustand der Vegetation niederschlug. Gleichermassen erklärt der inbezug auf die obengenannten Faktoren schlechte Früh- und Hochsommer des letzten Untersuchungsjahres teilweise den Tiefstand, welche die Vegetation 1980 vor allem auf den etwas dichter bewachsenen Dauerflächen erreichte. Die ungünstigen Witterungsbedingungen während der Vegetationsperiode im letzten Untersuchungsjahr sind vermutlich auch dafür verantwortlich, dass 1980 im Gegensatz zu 1979 die Vegetationsdichte auf den Planierungen vom Hochsommer bis zum Herbst vermehrt abnahm. Möglicherweise wurden geringe Vegetationsveränderungen oder Entwicklungen durch die oben erwähnten Auswirkungen der Witterung auf die Pflanzendecke übertönt.

Die Auswirkungen der Witterungsverhältnisse auf die Vegetationsentwicklung und somit auch auf die landwirtschaftlichen Erträge sind je nach Gebiet oder Artengefüge recht unterschiedlich, wie aus den Untersuchungen der KANTONALEN ZENTRALSTELLE FUER ACKERBAU, LANDQUART GR (1979-1982) hervorgeht. So war von den drei Kartoffelernten 1978, 1979 und 1980 auf einer Versuchsfläche bei Valchava (Münstertal, 1440 m) diejenige von 1980, hingegen bei Filisur (1000 m) diejenige von 1978 am grössten. Auf zwischen 1100 m und 1300 m hoch gelegenen Naturwiesen fiel die Heuernte in der oben erwähnten Zeitspanne bei Stels (Prättigau) und bei Salouf

(Oberhalbstein) 1978, bei St. Peter (Schanfigg) 1979 und bei Disentis (Vorderrheintal) 1980 am besten aus. Eine ortsüblich gedüngte, 2000 m hoch gelegene Wiese auf der Lochalp bei Davos ergab im Gegensatz zum Verhalten der Vegetation auf den meisten Planierungen (vgl. oben) 1980 einen etwas grösseren Ertrag als 1979.
Diese Ergebnisse zeigen, dass die Vegetationsveränderungen auf den Planierungen allerdings nur teilweise durch die erwähnten unterschiedlichen Witterungsverhältnisse verursacht werden. Auch bewirken die relativ dicht aufgekommene Pflanzendecke (vgl. oben) und möglicherweise andere Faktoren wie Tritt, Verbiss, Bodenbewegung oder die Düngung durch Tierlosungen (vgl. Kap. 5.2.3.2.) Veränderungen der Vegetationsdichte.

5.1.2. Vegetation der begrünten Skipistenplanierungen

Wenige angesäte, standortsfremde Arten bilden den Hauptbestand der Vegetation der begrünten Planierungen. Dies stellten auch STOLZ (1984) und QUILLET (zit. nach VOLZ 1986) auf oberhalb Grindelwald (BE) gelegenen Flächen, deren Begrünung weniger als fünf Jahre zurücklag, und DIETMANN (1985) auf Flächen im Allgäu (D) fest.
Auf den begrünten Flächen des Dolomites kommen die autochthonen Arten im allgemeinen etwas dichter auf als auf saurem Silikat. Für die angesäten Arten sind die Bedingungen auf den Böden des Dolomites oft noch extremer als auf denjenigen des sauren Silikates. Dies zeigen die unterschiedlichen Standorte der alpinen Rasen, welche auf Dolomit (Seslerion coeruleae) nach GIGON (1971 und 1987) im allgemeinen skelettreichere Böden, eine schlechtere Wasserversorgung, ein extremeres Mikroklima und eine stärkere Bodenbewegung aufweisen als auf saurem Silikat (Caricion curvulae). Deshalb vermag sich die autochthone, den entsprechenden Standortsbedingungen angepasste Vegetation auf Dolomit gegen die angesäten Arten besser durchzusetzen als diejenige auf Silikat. Eine von der Art des Muttergesteines abhängende unterschiedliche Besiedlung der begrünten Flächen beschrieben auch KOECK (1975) und STOLZ (1984).
Dass die Dichte der angesäten Arten während der ersten Jahre nach der Ansaat eindeutig zunimmt, danach im allgemeinen wieder abnimmt, stellten auch SCHOENTHALER (1980) und STOLZ (1984) fest. Diese einige Jahre nach der Ansaat eintretende Abnahme hängt vor allem mit der auch nach CERNUSCA (1986) fehlenden Anpassung der standortsfremden Arten an das rauhe

Klima der alpinen Stufe und die extremen Bodenbedingungen zusammen.
Die Einwanderung autochthoner Arten in begrünte Planierungen verläuft sehr langsam, wie auch KOECK (1975) im Tirol, SCHAUER (1981) in den bayerischen Alpen und STOLZ (1984) bei Grindelwald (BE) beobachteten. Entgegen der Meinung von GATTIKER (1971) kann man nach einer Begrünung nicht einfach damit rechnen, dass die Natur für das Auftreten standortsgemässer Pflanzen "grosszügig sorgen werde", so erwünscht dies auch wäre.

5.1.3. Standort der begrünten und unbegrünten Skipistenplanierungen

Die Böden der Planierungen um Davos und im Skigebiet des Piz Corvatsch entsprechen etwa folgenden von MOSIMANN (1983) beschriebenen Pistenbodentypen:

- Gesteinsverwitterungsschicht (vollständige Profilkappung)
- flachgründige Mineralbodenmischschicht (Profilkappung und anschliessend Ueberbaggerung)
- flachgründiger Mischungshorizont aus aufgebaggertem Bodenmaterial mit wenig Humussubstanz (Profilkappung und anschliessend Ueberbaggerung)
- Mischschicht aus humushaltigem, ursprünglichem Verwitterungsmaterial (Vermischung des aus dem ursprünglichen Bodenprofil stammenden Material)

Die Böden von Planierungen enthalten vor allem nahe der Oberfläche bedeutend mehr grobe Komponenten bzw. weniger Feinmaterial und Humus als ungestörte Flächen. Die Feststellung von MOSIMANN (1983), dass der Humus beim Pistenbau durch tiefe Verbaggerung und Materialumschichtung grösstenteils verlorengeht und seine Nährstoffreserven für die sich neuansiedelnde Vegetation nicht mehr verfügbar sind, trifft auch für die Planierungen in der Umgebung von Davos und am Piz Corvatsch zu.
Von wenigen Ausnahmen abgesehen, ist das Ausmass der Materialverlagerungen auf den Planierungen um Davos geringer als auf den Flächen am Piz Corvatsch, im Tirol (CERNUSCA 1977a) oder am Crap Sogn Gion (MOSIMANN 1981, 1983 sowie MOSIMANN und LUDER 1980). Bei Davos wurden grössere oberflächliche Feinerdeakkumulationen und Erosionsrinnen nur selten beobachtet. Im gesamten Untersuchungsgebiet haben sich bis jetzt nur auf einer einzigen Planierung Erosionsgräben von über einem Meter Tiefe gebildet. Die mit dem Alter der Planierungen zunehmende oberflächliche

Feinerdeverarmung, die auch QUILLET (zit. nach VOLZ 1986) auf Planierungen oberhalb Grindelwald (BE) feststellte, ist hauptsächlich auf eine Einschwemmung des Feinmaterials in tiefere Bodenschichten zurückzuführen und nicht wie bei den Planierungen am Crap Sogn Gion auf eine oberflächliche Materialverlagerung. Die auf den Planierungen um Davos vergleichbar geringe Erosionsanfälligkeit lässt sich nicht auf eine allgemein kleinere Neigung als in den Skigebieten am Piz Corvatsch und am Crap Sogn Gion zurückführen. Zur stärkeren Erosion auf den Pistenflächen am Piz Corvatsch und Crap Sogn Gion dürfte unter anderem die oberhalb der subalpinen Stufe nach IMHOF (1965) im Vergleich zur Umgebung von Davos um 25% höhere mittlere jährliche Niederschlagsmenge beitragen (vgl. auch Kap. 2.1.). Auch zwischen der Beschaffenheit des Bodens sowie des Muttergesteins und dem Ausmass der Materialverlagerungen auf den Planierungen der drei erwähnten Gebiete besteht ein gewisser Zusammenhang.

- Die Böden der Flächen am Piz Corvatsch sind etwas feinerdereicher und tonreicher, und auch deshalb anfälliger für Erosion als jene bei Davos (vgl. Kap. 4.7.2.).
- Die Gesteinstypen wie Mergelschiefer, mergelige Kalke und Feinschutt aus weichem Gestein, auf welchen MOSIMANN (1981) am Crap Sogn Gion hohe Abtragungsintensitäten nachwies, fehlen im Untersuchungsgebiet um Davos weitgehend. Ausserdem besteht am Crap Sogn Gion ein grosser Teil des Untersuchungsgebietes nach MOSIMANN und LUDER (1980) aus Serizitschiefer, in Davos hingegen aus etwas weniger erosionsanfälligen Gneisen und Dolomit.

Die humusarmen und skelettreichen Böden sowie das im Bereich der alpinen Stufe extreme Klima verunmöglichen oder erschweren ein Aufkommen der Vegetation auf den Planierungen. Wegen des extremen Klimas schlossen auch MOSIMANN (1985) sowie MOSIMANN und LUDER (1980) eine nach einigen Jahren abgeschlossene Wiederbesiedlung der Planierungen in der alpinen Stufe aus. Einzig auf humusreichen Stellen (vgl. dazu auch MEISTERHANS 1982 und MOSIMANN 1983) wächst die Vegetation etwas dichter. Allerdings nahm die Pflanzendecke auf den relativ dicht bewachsenen Flächen während der drei Untersuchungsjahre im allgemeinen eindeutiger ab als auf den weniger dicht bewachsenen (vgl. auch STOLZ 1984).

5.1.4. Anhaltspunkte aus der Vegetationsentwicklung auf alpinen Rasen und Gletschervorfeldern

Für die Entwicklung der heutigen Böden und ihrer Vegetation in der alpinen Stufe standen seit der letzten Eiszeit 5000-10'000 Jahre zur Verfügung. Zudem waren die klimatischen Voraussetzungen für die Bodenbildung im Atlantikum und frühen Subboreal, d.h. im Zeitraum von 5000 bis 2000 v. Chr., günstiger als heute. Die Waldgrenze im Oberhalbstein (GR) lag nach HEITZ (1975) damals bis 300 m höher als heute. Dieser Rückgang des Waldes wurde nicht nur durch Rodungen, sondern wahrscheinlich auch durch eine Klimaverschlechterung verursacht. KRAL (1972) nimmt an, dass im Dachsteingebiet (Oesterreich), wo die Waldgrenze seit dem subborealen Höchststand um 390 m absank, davon 150 m klimabedingt sind. Dies deutet an, dass die recht dichten alpinen Rasen ihre Entstehung teilweise diesen für die Bodenbildung günstigeren Klimavoraussetzungen verdanken.
Aufgrund des schwachen Wachstums sowie der geringen Produktivität eines Firmetums am Munt la Schera (Schweizer Nationalpark) kommt GALLAND (1982) zum Schluss, dass die üppigste Entwicklung der alpinen Rasen während klimatisch günstigeren Zeiten stattfand. Unter den heutigen Bedingungen ist schon das Gleichgewicht zwischen Neubildung und Absterben der Rasendecke des oben erwähnten Firmetums sehr heikel. Eine geringe Verschlechterung des Klimas würde nach demselben Autor genügen, um einen Rückgang der Vegetationsdichte auf alpinen Rasen herbeizuführen. Der üppige Rasen der unteren alpinen Stufe dürfte nur dank dem intakten Waldboden, welcher auf planierten Skipistenflächen fehlt, aufkommen und weiter bestehen können.
Die Entwicklung der Vegetation auf Gletschervorfeldern gibt für die Aussichten eines Wiederaufkommens der zerstörten Pflanzendecke auf Planierungen weitere Hinweise. Auf den Vorfeldern des Oberaargletschers (Grimselpass), die ungefähr auf 2300 m gelegen sind, dauert es nach AMMANN (1978) wahrscheinlich mehrere hundert Jahre, bis sich ein alpiner Krummseggenrasen etabliert. Zur Bildung einer mehr oder weniger geschlossenen, in der Artengarnitur und Stabilität aber nicht den alpinen Rasen entsprechenden Vegetationsdecke brauchte es ungefähr hundert Jahre.
Auf den von LUEDI (1945 und 1958) beschriebenen, ungefähr 1900 m hoch gelegenen Vorfeldern des Aletsch- und Rhonegletschers verläuft die Vegetationsentwicklung schneller als auf denjenigen des Oberaargletschers. Dank der um 400 m tieferen Lage kann innerhalb eines Jahrhunderts ein

Wald entstehen, auf den oben erwähnten Vorfeldern des Oberaargletschers erfordert die Bildung der Klimax mehrere Jahrhunderte.

5.1.5. Aussichten für eine Vegetationsentwicklung

Die zahlreichen vegetationslosen oder vegetationsarmen Stellen auf den bis zehn Jahre alten Planierungen um Davos und die im allgemeinen geringen, teilweise uneinheitlichen Vegetationsveränderungen während der drei Untersuchungsjahre weisen darauf hin, dass die Entwicklung zu einer geschlossenen Pflanzendecke mindestens mehrere Jahrzehnte, auf feinerdearmen oder mit einer Schotterdecke überzogenen Flächen über ein Jahrhundert dauern wird. Auch im Vergleich zu den in Kap. 5.1.4. erwähnten Vorfeldern des Oberaargletschers ist zu erwarten, dass auf den Planierungen die Entwicklung der Vegetation zu einer geschlossenen Pflanzendecke und die Bodenbildung wegen des geringeren Feinerdeanteiles und der zum Teil höheren Lage über hundert Jahre dauern wird. Auf sehr ungünstigen Flächen wird sich möglicherweise über Jahrhunderte keine geschlossene Vegetationsdecke entwickeln. Dies entspricht der Feststellung von MOSIMANN (1985), dass auf den Planierungen am Crap Sogn Gion der Bewuchs auf vier Fünfteln der oberhalb 2300 m gelegenen Flächen von 1979 bis 1984 stagnierte.

Die Entwicklung der Vegetation zu einer geschlossenen Pflanzendecke dauert auf Dolomit unter Umständen etwas weniger lang als auf saurem Silikat, da sich der natürliche Standort des Seslerion coeruleae von den extremen Bedingungen auf den Planierungen etwas weniger stark unterscheidet als derjenige des Caricion curvulae (vgl. Kap. 5.1.2.).

Auf Dolomit treten Schutthalden mit geringer Vegetationsdichte stellenweise häufiger auf als auf saurem Silikat. Trotzdem ist der negative Landschaftseffekt der Planierungen auf der basischen Gesteinsunterlage nicht unbedingt kleiner als auf der sauren. Denn aufgrund der unnatürlichen Formen und Farbkontraste (vgl. Kap. 5.1.7.) heben sich die Planierungen nicht nur von den alpinen Rasen, sondern auch von den Schutthalden deutlich ab.

Wie auf den Gletschervorfeldern (vgl. LUEDI 1958) besteht die Erstbesiedlung der Planierungen aus einer zufälligen und somit für Anfangsstadien der Sukzession typischen Mischung von Arten, die entsprechend der Ausbreitungsmöglichkeiten ihrer Samen aus der näheren oder weiteren Um-

gebung stammen und auf einem Rohboden zu keimen und zu wachsen vermögen. Die relativ dichten, aus Rhizomteilen inselförmig aufgekommenen Pflanzenbestände (vgl. Kap. 4.2.1. und 4.3.1.) dürften sich kaum ausbreiten, da die vegetative Vermehrung der meisten Rasenarten in der alpinen Stufe sehr langsam erfolgt. Nach GRABHERR (1983) breitet sich z.B. Carex curvula, ein wichtiger, sich kaum generativ vermehrender Rasenbildner, mit einer Geschwindigkeit von nur 0.9 mm pro Jahr aus. Abgesehen von diesen inselartigen Resten weist die oft kleinflächig ändernde Artengarnitur der Erstbesiedlung (vgl. Abb. 32), wohl auch wegen der Rolle des Zufalls, keinen deutlich ersichtlichen Zusammenhang mit den Standortsfaktoren auf (vgl. Kap. 4.2.1.3. und 4.3.1.3.).

Auf den Planierungen wird sich aufgrund der beschriebenen Erstbesiedlung vermutlich eine Uebergangsvegetation einstellen, welche aus Arten der umliegenden alpinen Rasen, Schuttflächen und Schneetälchen besteht (Abb. 30 und Abb. 31). Diese Uebergangsvegetation bzw. "Skipistenplanierungsvegetation" kann nicht genauer charakterisiert werden, da heute erst die beschriebenen Ansätze vorhanden sind und Planierungen mit fortgeschrittener oder abgeschlossener Vegetationsentwicklung noch drei bis zehn Jahrzehnte fehlen werden. Während der drei bis vier Jahre dauernden, für die extremen Bedingungen oberhalb der Waldgrenze offenbar zu kurzen Untersuchungszeit liess sich keine Sukzession nachweisen, wie das uneinheitliche Verhalten der Vegetation auf den Dauerflächen zeigt (vgl. Kap. 5.1.1.). Wahrscheinlich wird sich die "Skipistenplanierungsvegetation" nicht bis zur Klimax, dem alpinen Rasen, entwickeln, da dieser, wie in Kap. 5.1.4. schon erwähnt, seine Entwicklung teilweise klimatisch günstigeren Zeiten verdankt. Die Prognose der Entwicklung einer nicht genau beschriebenen "Skipistenplanierungsvegetation" stellten auch NASCHBERGER und KOECK (1983).

Auf begrünten Planierungen oberhalb der Waldgrenze wird sich wahrscheinlich innerhalb einiger Jahrzehnte trotz des guten Startes der angesäten Vegetation auch keine stabile, geschlossene Pflanzendecke einstellen (vgl. auch STOLZ 1984). Nach drei bis sieben Jahren nimmt der Deckungsgrad manchmal auch dicht gewachsener angesäter Arten teilweise wieder deutlich ab, ohne dass, vor allem auf Urgestein, autochthone Arten die Lücken ausfüllen würden (vgl. auch KOECK 1975 und STOLZ 1984). Die begrünten Planierungen können deshalb die arten- und blumenreichen Alpenrasen weder in ihrer Stabilität noch in ihrer Vielfalt ersetzen, was auch DIETMANN (1985), GRABHERR (1983) und WEISS (1982) vor allem im Hinblick auf den Erosionsschutz feststellten.

Nach GRABHERR (1978) und CERNUSCA (1986) ist die Wurzelmasse auf den begrünten Planierungen bedeutend kleiner als auf den alpinen Rasen, sogar wenn die oberirdische Biomasse der begrünten Flächen jene der alpinen Rasen übersteigt. Demzufolge kann nach diesen Autoren mit der Ansaat standortsfremder Arten kaum eine ähnliche Festigung des Bodens erreicht werden wie die natürliche Vegetation sie bietet. Zudem zeugen vom Rand der angeschnittenen Vegetation abrutschende Rasenstücke stellenweise sogar von einer langsamen durch Ausschwemmung, Frost oder Tritt der Weidetiere bedingten Ausdehnung der Planierungsflächen.

5.1.6. Folgerungen aus pflanzenökologischer Sicht

Da sich mit den heutigen Planierungs- und Rekultivierungsmethoden innerhalb eines Jahrzehntes, aber auch langfristig, möglicherweise keine stabile, den Boden schützende Vegetationsdecke entwickeln kann, ist in der oberen subalpinen und in der alpinen Stufe, also oberhalb 2200 m, soweit wie möglich von Planierungen abzusehen. Auch CERNUSCA (1977a), HUENERWADEL und RUESCH (1982), KLOETZLI und SCHIECHTL (1979), MOSIMANN (1983), NEUGIRG (1986), PARTSCH (1980) und SCHIECHTL (1973) empfahlen, auf Planierungen oberhalb der klimatischen Waldgrenze zu verzichten. MOSIMANN (1985) und CERNUSCA (1984) stuften Planierungen in der alpinen Stufe als ein besonderes ökologisches Risiko ein.

Nach RUDIN (1985) sind Begrünungen oberhalb der Waldgrenze in einzelnen Fällen bis auf eine Höhe von 2500 m und nach SCHMID (1986) am Aroser Weisshorn in 2650 m Höhe mit gutem Erfolg verwirklicht worden. Auf diesen und den in REIST (1986) erwähnten Begrünungen wird sich allerdings erst nach einigen Jahren zeigen, ob nicht wie bei den in Kap. 4.5.2.1 beschriebenen Flächen mit relativ dicht aufgekommener Pflanzendecke ein Rückgang der Vegetation eintritt (vgl. auch Kap. 5.1.5.).

Eine Stabilisierung und Begrünung der Planierungen mit autochthonen Arten, deren Samen im Gebiet gesucht oder gezüchtet wurden, wäre vermutlich auch oberhalb der Waldgrenze technisch und biologisch denkbar, aber äusserst aufwendig.

Neueste Forschungsergebnisse von URBANSKA (1986a,b), URBANSKA und SCHUETZ (1986), URBANSKA et al. (1987), und SCHUETZ (1988) in dieser Richtung sind vielversprechend, weisen aber auch wieder darauf hin, dass nur langfristige Untersuchungen über Begrünungen sinnvoll sind.

5.1.7. Skipistenplanierungen aus der Sicht des Natur- und Landschaftsschutzes

Nach SCHWARZENBACH (1982) ist es ein Ziel des Naturschutzes, eine Verarmung der Flora, wie sie in den vergangenen Jahrzehnten im Tiefland stattgefunden hat, in den Bergen zu vermeiden. Dazu dienen Artikel 20 des Bundesgesetzes bzw. Artikel 23 der dazugehörenden Vollziehungsverordnung, welche das Pflücken, Ausgraben oder Ausreissen seltener Pflanzen auf dem ganzen Gebiet der Schweiz untersagt und Ausnahmen als bewilligungspflichtig vorschreibt (vgl. LANDOLT 1982).
Auf den in der Umgebung von Davos zwischen 2250 m und 2500 m hoch gelegenen alpinen Rasen des sauren Silikates und des Dolomites kommen nach GIGON (1971), SCHIBLER (1937) und VETTERLI (1981 und 1982) die in Tab. 9 aufgelisteten, vom Bund oder Kanton geschützten Pflanzen vor. Im Kanton Graubünden dürfen nach Art. 3 des in TREPP (1964) aufgeführten Gesetzes über den Pflanzenschutz von 1963 überhaupt keine und des in LANDOLT (1982) erwähnten, aktuellen Gesetzes von 1975 (vgl. Tab. 9) ohne spezielle Erlaubnis des kantonalen Justiz- und Polizeidepartementes (vgl. Art. 9) keine wildwachsenden Alpenpflanzen massenhaft gepflückt, ausgegraben oder ausgerissen werden. Nach den vom EIDG. DEPARTEMENT DES INNERN erlassenen Richtlinien (1979) sollten Planierungen unter anderem nur dann bewilligt werden, wenn die entsprechenden Eingriffe Standorte geschützter, seltener, bedrohter oder sonst schutzwürdiger Pflanzen nicht zerstören. Durch die Planierungen wurden entgegen den erwähnten Vorschriften mit der ursprünglichen Vegetation massenhaft Alpenpflanzen und darunter auch geschützte Arten in grossem Umfang vernichtet. WEISS (1977) weist auf den Widerspruch hin, dass bei einer Planierung die Alpenflora über grössere Areale vernichtet wird, während das Pflücken auch nur weniger geschützter Alpenblumen verboten ist und unter Umständen bestraft wird. Bei einer Planierung wird nicht nur die Pflanzendecke geschädigt, sondern auch der Lebensraum zahlreicher Tiere beeinträchtigt oder zerstört. Davon betroffen sind zahlreiche Bodenlebewesen, zum Teil gefährdete, oft auf spezielle Pflanzenarten angewiesene Schmetterlinge und Reptilienarten wie die Kreuzotter oder der Alpensalamander, welche aufgrund der Vollziehungsverordnung des Bundesgesetzes über den Natur- und Heimatschutz in der Schweiz geschützt sind (vgl. BURCKHARDT et al. 1980).
In so gut wie allen Fällen stören Planierungen das Landschaftsbild und

-erleben (vgl. WEISS 1982 und EIDG. DEPARTEMENT DES INNERN 1979). Sogar wenn günstige Bedingungen eine dauerhafte Wiederbegrünung erlauben, wirken die veränderten Farben und Formen immer noch als Fremdkörper in der Landschaft (WEISS 1982). Auch die Eintönigkeit in der Artengarnitur der begrünten Flächen beeinträchtigt das Landschaftsbild und das Erleben der Landschaft empfindlich.

Tab. 9. Geschützte Pflanzen auf den zwischen 2250 m und 2500 m gelegenen alpinen Rasen in der Umgebung von Davos (nach GIGON 1971, SCHIBLER 1937 und VETTERLI 1981,1982)

Table 9. Protected plants of alpine meadows between 2250 m and 2500 m in the region of Davos (after GIGON 1971, SCHIBLER 1937 and VETTERLI 1981,1982)

a) **Nach Bundesrecht geschützte Arten** (vgl. LANDOLT 1982)
Aufgrund der Vollziehungsverordnung vom 27.12.1966 zum Bundesgesetz über den Natur- und Heimatschutz vom 1.7.1966 ist das Pflücken, Ausgraben oder Ausreissen der folgenden, seltenen Pflanzen unter Vorbehalt einer Bewilligung auf dem ganzen Gebiet der Schweiz nach Artikel 23 untersagt.

Chamorchis alpina	Alpen - Zwergorchis
Leucorchis albida	Weissorchis
Coeloglossum viride	Grüne Hohlzunge
Androsace alpina	Alpen - Mannsschild
Androsace chamaejasme	Zwerg - Mannsschild
Androsace obtusifolia	Stumpfblättriger Mannsschild
Dianthus glacialis	Gletschernelke
Listera ovata	Eiblättriges Zweiblatt
Nigritella rubra	Rotblütiges Männertreu
Gymnadenia odoratissima	Wohlriechende Handwurz
Eritrichium nanum	Himmelsherold
Artemisia genipi	Schwarze Edelraute

b) **Nach kantonalem Recht geschützte Arten** (vgl. Landolt 1982)
Gemäss Artikel 2 des Gesetzes über den Schutz von Pflanzen und Pilzen vom 8.6.1975 ist das Pflücken, Ausgraben und Ausreissen folgender Pflanzen auf dem ganzen Gebiet des Kt. Graubünden verboten.

Nigritella nigra	Schwarzblütiges Männertreu
Gymnadenia conopea	Langspornige Handwurz
Aster alpinus	Alpenaster
Daphne mezereum	Gemeiner Seidelbast
Primula auricula	Aurikel
Leontopodium alpinum	Edelweiss
Rhododendron ferrugineum var. albiflorum	Weisse Alpenrose

Die übrigen wildwachsenden Alpenpflanzen sowie Blütenpflanzen der Sümpfe oder Moore dürfen weder massenhaft gepflückt, noch ausgegraben, ausgerissen oder weggeführt werden (Artikel 3).

5.2. LOESUNGSANSAETZE AUS PFLANZENOEKOLOGISCHER SICHT

Die im folgenden vorgeschlagenen Lösungsansätze entstanden aufgrund der vorliegenden Untersuchungen auf zwischen 2200 m und 2500 m hoch gelegenen Planierungen des Dolomites und sauren Silikates in der Umgebung von Davos sowie auf solchen am Piz Corvatsch zwischen 2400 m und 2700 m. Wieweit sie allgemein gültig sind, müssen weitere Forschungen zeigen.

5.2.1. Notwendigkeit der Skipistenplanierungen

Aufgrund der in Kap. 5.1. diskutierten Ergebnisse ist es sinnvoll, keine Skipisten anzulegen in Gebieten, wo grössere Planierungen erforderlich sind. Auch nach den vom EIDG. DEPARTEMENT DES INNERN erlassenen Richtlinien (1979) sollen landschaftliche Eingriffe unterbleiben, welche zur Schaffung von Skigebieten in ungeeignetem Gelände dienen. Nach RUDIN (1982) können in den für den Skisport einigermassen geeigneten Bergregionen Publikumspisten im Gegensatz zu Rennpisten mit bescheidenen Anpassungen geschaffen werden, sodass sich grossflächige Planierungen erübrigen.
Insbesondere sollte über der klimatischen Waldgrenze, in der Umgebung von Davos also oberhalb 2200 m, wie aus Kap. 5.1.6. hervorgeht, nicht planiert werden, da die klimatischen Voraussetzungen für eine Wiederbesiedlung der betroffenen Flächen innerhalb weniger Jahre nicht ausreichen (vgl. auch MOSIMANNN 1983 und 1985). Aus ökologischer Sicht sind in Uebereinstimmung mit LANDOLT (1983) punktuelle Geländeanpassungen zu verantworten, falls gefährliche Stellen auf keine andere Art entschärft werden können. Wichtig ist zudem, dass die punktuellen Geländeeingriffe bezüglich der Grösse und des Standortes auf Flächen beschränkt bleiben, die keine Erosionsgefährdung aufweisen und mit den zuvor entfernten Rasenziegeln rekultiviert werden können (vgl. Kap. 5.2.2.).

5.2.2. Ueberprüfung der Umweltverträglichkeit

Für alle geplanten Geländeanpassungen muss unbedingt eine Umweltverträglichkeitsprüfung vorgeschrieben werden, wie es Art. 9 des BUNDESGESETZES

UEBER DEN UMWELTSCHUTZ (1983) für die Errichtung oder Aenderung von Anlagen verlangt, welche die Umwelt erheblich belasten. Diese auch nach CERNUSCA (1977b und 1986) notwendige Ueberprüfung hat zu gewährleisten, dass Geländeanpassungen auf solche Stellen beschränkt bleiben, wo die Lebensgrundlage geschützter oder in der Umgebung seltener Pflanzen und Tiere nicht gefährdet wird, in der Region bzw. allgemein seltene Pflanzengesellschaften, Biotope oder Landschaftseinheiten wie Blockgletscher nicht beeinträchtigt werden, wo die Zusammensetzung der Vegetation auf keine ungünstigen Bodenverhältnisse wie Vernässung oder Bodenbewegung hinweist und gegebenenfalls eine Wiederherstellung der Pflanzendecke mit den ursprünglichen Rasenziegeln möglich ist. Ausserdem müssen Geländeanpassungen auf solche Flächen eingeschränkt werden, wo die Meereshöhe, die Lage im Relief, die Geländeform, die Menge und Intensität der Niederschläge, die Wasserabflussverhältnisse, die Grösse des hydrologischen Einzugsgebietes sowie der Gesteinstyp nur eine geringe Abtragungsintensität und Erosionsgefährdung ergeben (vgl. die von MOSIMANN (1981) in Abb. 6 dargestellte Abhängigkeit der Abtragungsintensität und die in Abb. 8 dargelegte Gefährdungsmatrix). Da die Abtragungsintensität von zahlreichen der oben erwähnten Variablen beeinflusst wird und die Bodenverhältnisse in der alpinen Stufe kleinflächig ändern können, ist die Umweltverträglichkeit für jede Geländeanpassung einzeln nachzuweisen (vgl. CERNUSCA 1977b). Es lässt sich deshalb nicht wie in den vom EIDG. DEPARTEMENT DES INNERN erlassenen Richtlinien (1979) allgemein festlegen, welche Fläche Geländeanpassungen maximal aufweisen dürfen. Ausserdem muss die Grösse von Geländeanpassungen im Interesse einer möglichst intakten Berglandschaft auf das wirklich notwendige Minimum beschränkt bleiben, wie es auch der Schweizerische Verband der Seilbahnunternehmungen (RUDIN 1985) in seinen Richtlinien empfiehlt. Das in SCHEMEL und RUHL (1980) beschriebene Raumordnungsverfahren zur ökologischen Beurteilung von Skigebietserschliessungen und die von DANZ (1980) erläuterten Versuche und Erfahrungen mit Umweltverträglichkeitsprüfungen in Bayern zeigen, wie eine solche praktisch aussehen könnte und welche Regierungsstellen, Aemter oder unabhängigen Fachkräfte einzubeziehen sind. Für eine zuverlässige Beurteilung der Auswirkungen von geplanten Geländeanpassungen sollten die ökologischen Schäden auf einer möglichst grossen Zahl von Planierungen mehrerer Skiregionen zum Vergleich herangezogen werden. Dazu wären diese Schäden wie bei MOSIMANN und LUDER (1980) und DIETMANN (1985) in einer Art "Zustand- und Schadenkataster" zu quantifizieren und auszuwerten.

5.2.3. Rekultivierung der Geländeanpassungen

5.2.3.1. Rekultivierung mit vor der Planierung entfernten Rasenziegeln

Bei einer kleinflächigen Geländeanpassung verspricht folgendes auch von RUDIN (1985), SCHIECHTL (1973 und 1978) und SCHOENTHALER (1980) beschriebene Vorgehen die besten Chancen für eine von standortsgemässen Pflanzen ausgehende Rekultivierung.
Vor der Planierung werden die Vegetationsdecke und der durchwurzelte Oberboden in Form von sogenannten Rasenziegeln sorgfältig abgetrennt und an einem geeigneten Ort vorübergehend deponiert. Um keinen grossen Schaden zu erleiden, müssen die so gelagerten Pflanzen vor Austrocknung geschützt und gut belüftet werden (vgl. SCHIECHTL 1973). Dann sollen die übrige Humussubstanz und das mineralische Verwitterungsmaterial abgetragen, vorübergehend deponiert und nach der Planierung in der richtigen Reihenfolge sorgfältig wieder aufgebracht werden (MOSIMANN 1983 und 1985). Dabei ist darauf zu achten, dass der getrennt deponierte Humus beim Aufbringen in die obersten 20-30 cm des mineralischen Materials eingebaggert wird (MOSIMANN 1983). Wichtig ist, dass die Rasenziegel unmittelbar nach dem Ausbringen der Humussubstanz wieder ausgelegt und, falls nötig, durch geeignete Massnahmen, z.B. mit Hilfe von Stahlstiften, vor Abschwemmung geschützt werden. Die Rasenziegel sollten vor anfangs August verlegt sein, damit die Pflanzen vor dem Einschneien noch anwachsen können. Zudem ist nach RUDIN (1985) ab Mitte August eher mit Frösten zu rechnen. Ob und wieweit die anwachsenden Rasenstücke durch Fröste geschädigt werden und auf welche Weise sie davor geschützt werden können, ist noch zu untersuchen.
Wegen der oberhalb der Waldgrenze im allgemeinen dünnen Humusschicht und der Empfindlichkeit der Alpenrasenpflanzen für mechanische Schädigungen werden die Rasenziegel am besten von Hand abgeschält und wieder ausgelegt, wie auch aus SCHIECHTL (1978) hervorgeht. Für die Entwicklung einer zusammenhängenden Pflanzendecke ist nach SCHIECHTL (1973) wichtig, dass Lücken zwischen den Rasenziegeln mit Humus aufgefüllt und begrünt werden (vgl. Kap. 5.2.3.2.) und dass das Anwachsen der Rasenstücke weder durch Beweidung noch durch Begehung gestört wird. Je nach der in Kap. 5.2.2. erwähnten Abtragungsintensität ist unter Umständen für eine Wasserableitung durch Entwässerungsrinnen zu sorgen (vgl. auch HUENERWADEL und RUESCH 1982 sowie RUDIN 1985).

5.2.3.2. Rekultivierung mit standortsgemässem Saatgut

Vegetationslose oder -arme Teilstücke bereits durchgeführter Planierungen und die erwähnten Lücken zwischen den Rasenziegeln sollten begrünt werden (vgl. auch MOSIMANN und LUDER 1980 und RUDIN 1985). Die aus den Ergebnissen dieser Untersuchung abgeleiteten und im folgenden beschriebenen Vorschläge zur Rekultivierung müssen noch weiter ausgearbeitet und auf ihre Tauglichkeit hin getestet werden.

Für Begrünungen sollte nur Saatgut aus der Region verwendet werden, um eine nach LANDOLT (1983) möglicherweise nicht wieder gut zu machende Vermischung oder Verdrängung der einheimischen Arten durch fremde zu verhindern. Die Aussaat oder das Anpflanzen von nicht einheimischen Arten, also z.B. der von ARBENZ (1983) vorgeschlagenen nepalesischen Arten oder der in Tab. 1 aufgeführten ausländischen Sorten, bedürfen gemäss dem Bundesgesetz über den Natur- und Heimatschutz (1966) ohnehin der Bewilligung durch die zuständigen Bundesbehörden (vgl. LANDOLT 1982). Für die Erteilung solcher Bewilligungen besteht kein Grund, da es in den Alpen genügend Pflanzen gibt, die auf den Planierungsflächen ebenso gut oder besser als fremde Arten gedeihen (vgl. auch LANDOLT 1983 sowie URBANSKA und SCHUETZ 1986).

An jedem Standort sind nur die ihm gemässen Arten anzusäen oder anzupflanzen (vgl. Tab. 10). Auf diese Weise können die unterschiedlichen Möglichkeiten der einzelnen Standorte für eine erfolgreiche Vegetationsentwicklung berücksichtigt werden. Bei den für die Rekultivierung von feinerdereichen Stellen vorgeschlagenen Arten, nämlich Festuca pumila auf Dolomit und Agrostis schraderiana unterhalb 2350 m auf saurem Silikat, gewährleistet ein Anpflanzen von Rhizomen eventuell ein schnelleres Aufkommen als die Ansaat, da diese Gräser sich auch mit Hilfe unterirdischer Ausläufer ausbreiten (vgl. URBANSKA 1986b). Aufgrund von Untersuchungen der gleichen Autorin könnte die Ansaat der teilweise viviparen Art Poa alpina eventuell mit Vorteil durch das Ausbringen von Blütenständen ersetzt werden, welche völlig entwickelte Tochterpflänzchen enthalten. Die in der Region vorkommenden standörtlich angepassten Rassen von Festuca rubra und Deschampsia flexuosa sind den gezüchteten vorzuziehen.

Nach MEHNERT et al. (1985) hängt der Erfolg einer Rekultivierung unter anderem davon ab, ob von den einzelnen Begrünungsgräsern die geeigneten Rassen ausgewählt werden und das übrige Saatgut aus standortsgemässen

Arten bzw. Unterarten besteht. Von einigen in Tab. 10 für die Rekultivierung vorgeschlagenen Arten, nämlich Poa alpina, Festuca rubra, Lotus alpinus, Anthyllis alpestris und Trifolium nivale, sind nach HESS et al. (1976-1980) Oekotypen bekannt. So kommt z.B. bei Lotus alpinus eine tetraploide Sippe auf Dolomit und saurem Silikat, hingegen eine diploide ausschliesslich über 2300 m auf Silikat und nur ausnahmsweise auf Dolomit vor (vgl. URBANSKA und SCHWANK 1980). Deshalb ist es wichtig, dass das verwendete Saatgut je nach der Gesteinsunterlage, der Beschaffenheit der Bodenoberfläche, der Meereshöhe usw. nicht nur die passenden Arten, sondern gegebenenfalls sogar die geeigneten Oekotypen oder Unterarten enthält.

Ein ähnliches standortsgemässes Vorgehen zur Begrünung von Skipistenplanierungen schlug auch PARTSCH (1980) vor. Bei der Bestimmung der anzusäenden oder anzupflanzenden Arten ist nach diesem Autor darauf zu achten, dass Planierungen je nach Region und Unterlage durch andere Pflanzen bevorzugt besiedelt werden. Geeignete standortsgerechte Arten könnten zur Samengewinnung und klonalen Vermehrung in tiefer gelegene Flächen verpflanzt werden (ZAUGG 1984 sowie URBANSKA und SCHUETZ 1986).

Für die Ansaat ist die Zeit nach der Ausaperung, jedoch nicht vor Ende Mai, am besten geeignet, wie aus REIST (1986), RUDIN (1985) und SCHUETZ (1988) hervorgeht, da so die Winterfeuchtigkeit des Bodens noch ausgenutzt werden kann und ab Mitte August vermehrt mit Frösten sowie längeren Schönwetterperioden ohne den für die Keimung der Saat förderlichen Regen zu rechnen ist.

Ob das Keimverhalten gewisser Arten wie Helictotrichon versicolor, Sesleria coerulea oder Agrostis rupestris durch eine Vorbehandlung wie Entfernung der Spelze, Skarifikation, Behandlung mit Gibberellinsäure usw. verbessert werden soll, müssen noch weitere Untersuchungen zeigen (vgl. FOSSATI 1980 sowie URBANSKA und SCHUETZ 1986). Erfolgreiche, kleinflächige Aussaaten mit einheimischem Saatgut wurden von SCHUETZ (1988) auf Planierungen bei Davos durchgeführt. Bereits nach drei Jahren trat Selbstsaat auf. SCHUETZ (1988) empfiehlt die Verwendung von Arten, die nach der Frühsommersaat sofort keimen und ein starkes klonales Wachstum zeigen (z.B. auf Dolomit Biscutella levigata, Silene glareosa, Anthyllis alpestris).

Nach NASCHBERGER und KOECK (1983), REIST (1983, 1986) und weiteren Autoren sollten das ausgebrachte Saatgut und die Bodenoberfläche vor Verschlämmung, Wind- und Wassererosion sowie Verdunstung geschützt werden.

Tab. 10. Vorschläge auf Skipistenplanierungen bei Davos innerhalb der alpinen Stufe (2300 m - 2600 m) anzusäender, standortsgemässer Pflanzen

Table 10. Suggestions of plants to be sown on levelled ski runs according to the site factors in the alpine zone (2300 m - 2600 m)

* standortsgemässe, einheimische Oekotypen - indigenous ecological races

** Arten wurden nicht bestimmt - species were not determinated

Standort	saures Silikat	Muldenlage
Feinerde und etwas Humus enthaltende Boden-oberfläche	Luzula spadicea Leontodon helveticus Agrostis rupestris Anthoxanthum alpinum Helictotrichon versicolor Chrysanthemum alpinum Lotus alpinus Trifolium nivale Poa alpina Festuca rubra* Deschampsia flexuosa* verschiedene Moose**	zusätzlich: Sibbaldia procumbens
Böden der unteren alpinen Stufe mit Feinerde gegen Oberfläche	Agrostis schraderiana Lotus alpinus Chrysanthemum alpinum Poa alpina Agrostis rupestris	Cerastium trigynum
Feinerdearme Böden	Chrysanthemum alpinum Cardamine resedifolia Poa alpina Deschampsia flexuosa* Festuca rubra*	Arenaria biflora
Grosse Neigung oder feinerde- und humuslose Oberfläche	Chrysanthemum alpinum Cardamine resedifolia Deschampsia flexuosa*	

Standort	Dolomit	Muldenlage
Böden in eher geneigter Lage mit etwas Humus oder Feinerde gegen Oberfläche	Ligusticum mutellina Campanula scheuchzeri Anthyllis alpestris Ranunculus alpestris Achillea atrata Moehringia ciliata Poa alpina Festuca pumila Festuca rubra* verschiedene Moose**	zusätzlich: Plantago atrata Potentilla dubia
Böden in eher ebener Lage mit etwas Humus oder Feinerde gegen Oberfläche	Ligusticum mutellina Poa alpina Ranunculus montanus Plantago atrata Festuca pumila Festuca rubra*	Achillea atrata
Feinerdearme Böden	Hutchinsia alpina Sedum atratum Minuartia verna Arabis pumila Festuca rubra*	

Dazu sind ungiftige, die Keimung nicht hemmende (vgl. STOYE 1987), biologisch abbaubare Saatbinder, Bodenfestiger oder feine Netze (vgl. URBANSKA 1986a) erforderlich, die Bodenteilchen, Samen und organischen Dünger miteinander verbinden bzw. zusammenhalten. Das zu diesem Zweck unter anderem auch auf begrünte Flächen um Davos gespritzte Bitumen enthält Phenole und andere für Boden sowie Pflanzen schädliche Stoffe. PARTSCH (1980) und STOYE (1987) empfehlen darum, es nicht mehr anzuwenden.

Eine Rekultivierung auf künstlich angelegten Pisten kann innerhalb weniger Jahre nach MOSIMANN (1983) höchstens dann Erfolg haben, wenn im Boden unter anderem genügende Stickstoff- und Phosphatreserven vorhanden sind. Im Durchschnitt enthalten die Skipistenböden am Crap Sogn Gion nach demselben Autor rund 10 mal weniger Stickstoff und 5 mal weniger Phosphat als die ungestörten Profile. Aufgrund von Berechnungen des erwähnten Autors vermögen die bestversorgten Böden einer Planierung der aufkommenden Vegetation jährlich höchstens 10 kg Stickstoff/ha zu liefern, 40% aller Böden sogar nur 1 kg oder weniger. Der Mangel an Stickstoff wird auf Planierungen nur schon daran ersichtlich, dass die Pflanzen um Kuhfladen herum deutlich üppiger und dunkler grün aufwachsen.

Aus REHDER (1970) geht hervor, dass das mittlere Stickstoff- Jahresangebot auf den extensiv beweideten, zwischen 1800 und 2000 m hoch gelegenen alpinen Rasen im Schachengebiet (Oberbayern) ungefähr 50 kg/ha beträgt. Gemessen am Bedarf höher gelegener Wiesen und Weiden ist die Phosphatversorgung auf Planierungsböden nach MOSIMANN (1983) weit besser als die Stickstoffversorgung. Die vorhandenen Reserven an Phosphat reichen für eine Rekultivierung möglicherweise nicht ganz aus, da z.B. die zwischen 1500 und 1900 m hoch gelegenen Wiesen und Weiden im Raume Glaubenbüelen (OW) nach DIETL (1972) einen ausgeprägten Phosphat-Mangel aufweisen.

Bei der Berechnung der Düngergaben ist weiter zu berücksichtigen, dass bei knapper Düngung eine tiefe Durchwurzelung, also die Etablierung der alpinen Pflanzen (vgl. URBANSKA und SCHUETZ 1986) und die Stabilisierung des Bodens, eher gewährleistet sind als bei einem einseitig die Grünmasse förderndem Ueberangebot an Nährstoffen (vgl. auch RUDIN 1985). Zudem sind die alpinen Pflanzenarten nach URBANSKA (1986a) im allgemeinen an ein niedriges Nährstoffangebot angepasst. Durch Niederschläge und Nebel dürften in der alpinen Stufe jährlich ungefähr 2-3 kg Stickstoff/ha in Form von Nitrat eingebracht werden, wie aus dem Bericht "Waldsterben und Luftverschmutzung" vom EIDG. DEPARTEMENT DES INNERN (1984) hervorgeht.

Ob und in welchem Mass, aber auch auf welchem Standort eine Düngung erforderlich ist, sollte speziell untersucht werden. Aufgrund der bisherigen Resultate ist auf den rekultivierten Skipistenflächen im allgemeinen eine jährliche Düngung von höchstens 20 kg Stickstoff und 10 kg Phosphat/ha angezeigt. Ob diese Zusammensetzung für die nicht intensiv genutzten Flächen oberhalb der Waldgrenze geeignet ist und ob andere Elemente, z.B. Kalium, das nach DINGER et al. (1983) rasch ausgewaschen wird, nötig sind, müssen weitere Abklärungen zeigen. Zur Vermeidung von Gewässerverunreinigungen sollte jedoch die Menge des auch nach KLOETZLI und SCHIECHTL (1979) eventuell jährlich auszubringenden Düngers unbedingt auf die Gründigkeit des Bodens abgestimmt werden. Wegen der im allgemeinen geringen Wasserspeicherfähigkeit von Planierungsböden sollte nur Dünger mit Langzeitwirkung, z.B. organischer Dünger (FLORINETH 1984), angewendet werden. Auch NASCHBERGER und KOECK (1983) empfehlen, organischen Dünger dem mineralischen vorzuziehen. Organische Dünger haben im Gegensatz zu den mineralischen den Vorteil, dass sie auch den Humusgehalt verbessern und die meisten ihrer Nährstoffe erst durch Mineralisation freigesetzt werden. Damit ist nach den beiden Autoren sichergestellt, dass nur bei höheren Temperaturen Nährstoffe verfügbar sind, also dann, wenn die Pflanze diese auch benötigt. Im Gegensatz zum mineralischen Dünger wirkt sich der organische nicht nur auf die chemisch-physikalischen Bodeneigenschaften, sondern auch auf die Bodenbiologie positiv aus. Dementsprechend war die Biomasse der Bodenmikroflora (INSAM und HASELWANDTER 1985) sowie der Ciliaten und Nematoden (LUEFTENEGGER et al. 1986) auf organisch gedüngten Flächen bei Obergurgl (Tirol) eindeutig höher als auf mineralisch gedüngten. Bei der Anwendung von Klärschlamm, der nach SKIRDE (1985) die Wasserspeicherung und Nährstoffversorgung längerfristig verbessert, könnten sich aufgrund der Schadstoffanreicherung von Zink und Kupfer für das Wachstum der Pflanzen Probleme ergeben (MATT und MUHAR 1987). Deshalb sollte Klärschlamm, dessen Schwermetallkonzentration nach DINGER et al. (1983) und SKIRDE (1985) zu kontrollieren ist, nicht verwendet werden, ohne die Auswirkungen der in diesem Produkt enthaltenen Schadstoffe auf die alpinen Böden zu untersuchen. Es sind aber nicht nur Auswirkungen auf den Boden und das Pflanzenwachstum zu beachten, sondern nach MATT und MUHAR (1987) sollte bei Wildtieren, die im Körpergewebe oft erstaunlich hohe Schwermetallkonzentrationen aufweisen, eine zusätzliche Belastung vermieden werden.

Aus BRADSHAW und CHADWICK (1980) geht hervor, dass Leguminosen Stick-

stoff in die Rohböden bringen und bei einer Rekultivierung je nach ihrer Dichte Düngergaben teilweise oder ganz unnötig machen. Wegen dieser bodenverbessernden Wirkung der Leguminosen gehören Lotus alpinus auf saurem Silikat, Anthyllis alpestris auf Dolomit und Trifolium nivale auf beiden Gesteinstypen in das Saatgut, obwohl die drei Kleearten auf Planierungen im allgemeinen weniger häufig vorkommen als die anderen zur Ansaat vorgeschlagenen Arten (vgl. Tab. 10).

Humus- und feinerdereiche Stellen müssen je nach Zustand der aufkommenden Vegetation nur am Anfang einmal gedüngt werden. Falls die angesäten oder angepflanzten Arten nicht aufkommen, ist eine Nachsaat bzw. Neubepflanzung durchzuführen. Nach GRABHERR (1983) sowie BADANY und SCHOENTHALER (1983) benötigen begrünte Planierungen der alpinen Stufe jahrzehntelang eine jährliche Pflege oder Kontrolle, da die schlechten Bodenbedingungen und ungünstigen Klimaverhältnisse oberhalb der Waldgrenze die rasche Ausbildung einer stabilen Vegetationsdecke behindern.

Während der ersten Jahre nach der Begrünung ist jegliche Beweidung zu unterbinden. Nach CERNUSCA (1977a) und SCHIECHTL (1973) ist es wichtig, dass die Vegetationsdecke der begrünten Flächen, falls hohe Gräser aufgekommen sind, kurz geschnitten in den Winter geht. Bei einer Rekultivierung mit einheimischen Arten bleibt die Vegetation innerhalb der alpinen Stufe allerdings oft so kurz, dass sich eine Mahd meist erübrigt. Wenn sich die angesäte Vegetation genügend gefestigt hat und der Boden nicht mehr trittempfindlich ist, kann jeweils im späteren Sommer für eine kurze Zeit geweidet werden.

5.3. BEURTEILUNG DER RECHTLICHEN SITUATION AUS PFLANZENOEKOLOGISCHER SICHT

Die vom EIDG. DEPARTEMENT DES INNERN 1979 erlassenen Richtlinien über Eingriffe in die Landschaft im Interesse des Skisportes und die vom Schweizerischen Verband der Seilbahnunternehmungen (RUDIN 1985) herausgegebenen Thesen und Richtlinien für die Planierung und die Begrünung von Skipisten haben zum Ziel, Planierungen, die das Landschaftsbild auf die Dauer beeinträchtigen oder zur nachhaltigen Störung ökologischer Gleichgewichte führen, zu verhindern.
Nach beiden Erlassen ist der Verursacher einer Planierung verpflichtet, alles zu unternehmen, um den zerstörten Boden und die dazugehörende Vegetation wieder völlig herzustellen. Die notwendige Beschränkung der kleinflächigen Geländeanpassungen auf Standorte ohne oder mit nur geringer Abtragungsintensität und Erosionsgefährdung wird in den Thesen des Schweizerischen Verbandes der Seilbahnunternehmungen allerdings nicht angeführt. In den vom Eidg. Departement des Innern erlassenen ·Richtlinien sollte die Bewilligung einer Geländeanpassung auch davon abhängig gemacht werden, dass diese in ihrem Ausmass auf das absolute Minimum beschränkt wird.
Abschliessend ist festzuhalten:
Die aus Gründen des Landschaftsschutzes und der Oekologie an die Errichtung von Skipisten zu stellenden Forderungen wären weitgehend erfüllt, wenn die erwähnten Richtlinien und Thesen strikte eingehalten würden und für jede geplante Geländeanpassung eine Umweltverträglichkeitsprüfung vorgeschrieben wäre (vgl. Kap. 5.2.2.). In einem Bericht an das Eidg. Parlament über die Folgen von Pistenplanierungen und eine Erhebung bei den Kantonen über Erfolg bzw. Misserfolg der vom Eidg. Departement des Innern erlassenen Richtlinien hielt das Bundesamt für Forstwesen und Landschaftsschutz (BFL) am 15. Juni 1983 dagegen fest, dass die Situation nach wie vor unbefriedigend sei (LORETAN 1986). Grossflächige Planierungen wurden nach diesem Autor trotz den Richtlinien weiterhin durchgeführt. Richtlinien und Thesen sind eben keine Gesetze und somit leider nicht verbindlich.

5.4. WEITERE UNTERSUCHUNGSMOEGLICHKEITEN

Die Untersuchung der Keimung und Ausbreitung von auf Planierungen häufig vorkommenden Arten wie Cardamine resedifolia, Poa alpina, Chrysanthemum alpinum, Agrostis schraderiana und Lotus alpinus unter den erschwerten Bedingungen der alpinen Stufe und der feinerde- sowie humusarmen Böden kann Aufschluss geben, ob und inwiefern diese Arten als Begrünungspflanzen geeignet wären. Möglicherweise bestehen unter den aufgezählten Arten auch Oekotypen, welche zur Besiedlung von Planierungen besonders geeignet sind. Untersuchungen in diese Richtung laufen am Geobot. Institut der ETH Zürich unter der Leitung von Frau Professor Dr. K.M. Urbanska (URBANSKA 1986a,b, URBANSKA und SCHUETZ 1986 sowie SCHUETZ 1988).
Um eine mögliche Vegetationsentwicklung auf Planierungen umfassend zu beurteilen, sind längerfristige Beobachtungen der Vegetation und des Bodens auf Dauerflächen von mindestens 10-50 Jahren erforderlich. Allerdings müssten eindeutig mehr Dauerflächen pro Standort erfasst werden als in der vorliegenden Untersuchung. Am günstigsten wäre es, die bestehenden Dauerflächen für eventuelle längerfristige Untersuchungen entsprechend zu ergänzen. Mit Dauerflächen von Planierungen am Piz Corvatsch (Oberengadin) würde die Vielfalt der erfassten Standorte erhöht und die Aussagekraft der Ergebnisse vergrössert.
Nicht nur die Beeinträchtigung der Vegetation und des Bodens, sondern auch der daraus folgende Verlust zahlreicher ökologischer Nischen und die damit zusammenhängende Verarmung der Fauna sollte untersucht werden.
Aufgrund der auffälligen Störung des Landschaftsbildes dürfen Untersuchungen, welche die Auswirkungen der Geländeanpassungen auf den Nah- und Fernbereich der Landschaft qualitativ und quantitativ erfassen, nicht fehlen.
Ein ganz anderer Aspekt weiterer Untersuchungsmöglichkeiten befasst sich mit der Ursache, wieso für die Planierung von Skipisten anstatt klaren Gesetzen nur juristisch nicht bindende "Richtlinien" erlassen werden. Sicher müssen auch die sozioökonomischen Auswirkungen von Planierungen für die Landwirte und andere Bewohner von Berggebieten weiter untersucht werden.
Abschliessend sei die Frage erlaubt, ob entsprechende Forschungsprojekte finanziell nicht von den am Skisport direkt oder indirekt verdienenden Unternehmungen oder deren Verbänden zu tragen wären anstatt vom Nationalfonds oder von Bundesämtern (vgl. auch CERNUSCA 1986).