

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

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: 12.12.2025

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

**Vegetationsentwicklung auf Skipistenplanierungen
in der alpinen Stufe bei Davos**

Development of vegetation on levelled ski runs
in the alpine zone near Davos

von Edwin MEISTERHANS

1988

Herr, wie sind deine Werke so gross und so viel.
Du hast sie alle weise geordnet, und die Erde ist voll deiner Güter.
Psalm 104,24

INHALT

Vorwort	5
1. Einleitung und Problemstellung	7
2. Grundlagen	11
2.1. Das Untersuchungsgebiet	11
2.2. Die Untersuchungsflächen	14
2.3. Standörtliche Verhältnisse nach der Planierung und Begrünung	17
2.3.1. Vorgehen beim Planieren	17
2.3.2. Vorgehen beim Begrünen	17
3. Methoden	20
3.1. Datenerhebung	20
3.1.1. Anforderungen an die Aufnahmemethode und die sich daraus ergebenden Konsequenzen	20
3.1.2. Das Stichprobenkonzept	20
3.1.3. Vegetationsaufnahme	22
3.1.4. Aufnahme des Standortes	23
3.1.5. Bodenkundliche Methoden	25
3.2. Datenauswertung	26
3.2.1. Verwendung der Vegetationsdaten als numerische Werte, Artmächtigkeiten und Signaturen	26
3.2.2. Numerische Auswertung der Vegetationsdaten	28
3.2.3. Tabellarische Auswertung der Vegetations- und Standortsdaten	29
3.2.4. Oekologische Zeigerwerte	30
3.3. Diskussion methodischer Probleme	31
4. Ergebnisse	32
4.1. Uebersicht und Gliederung der Vegetationsaufnahmen	32
4.2. Unbegrünte Skipistenplanierungen auf saurem Silikat	35
4.2.1. Vegetation und Standort	35
4.2.2. Zeitliche Veränderungen von Vegetation und Standort	45
4.2.3. Vergleich von Skipistenplanierungen unterschiedlichen Alters	55
4.3. Unbegrünte Skipistenplanierungen auf Dolomit	58
4.3.1. Vegetation und Standort	58
4.3.2. Zeitliche Veränderungen von Vegetation und Standort	64
4.4. Vergleich der unbegrünten Skipistenplanierungen auf saurem Silikat und Dolomit	73
4.4.1. Vegetation und Standort	73
4.4.2. Zeitliche Veränderungen von Vegetation und Standort	77
4.5. Begrünte Skipistenplanierungen	79
4.5.1. Vegetation und Standort	79
4.5.2. Zeitliche Veränderungen von Vegetation und Standort	86
4.6. Vergleich der unbegrünten und begrünten Skipistenplanie- rungen	94
4.6.1. Unterschiede in Artengarnitur, Artendominanz und Standort	94
4.6.2. Unterschiede in der Veränderung der Vegetation und des Standortes	96
4.6.3. Einwanderung der autochthonen Arten in begrünte Flächen	98

4.7. Vergleich der Skipistenplanierungen im Oberengadin mit jenen bei Davos	100
4.7.1. Klassifikation der Vegetationsaufnahmen und Gliederung der Arten	100
4.7.2. Vergleich der Standorte	100
4.7.3. Vergleich der Vegetation	102
4.8. Vegetation und Standort von Schutthalden, alpinen Rasen und Gletschervorfeldern	104
4.8.1. Vergleich der Skipistenplanierungen mit einer Schutthalde	104
4.8.2. Vergleich der Skipistenplanierungen mit alpinen Rasen	110
4.8.3. Vergleich der Skipistenplanierungen mit Gletschervorfeldern im Oberengadin	114
5. Diskussion	117
5.1. Oekologische Beurteilung der Ergebnisse	117
5.1.1. Vegetation der unbegrüntten Skipistenplanierungen	117
5.1.2. Vegetation der begrüntten Skipistenplanierungen	120
5.1.3. Standort der begrüntten und unbegrüntten Skipistenplanierungen	121
5.1.4. Anhaltspunkte aus der Vegetationsentwicklung auf alpinen Rasen und Gletschervorfeldern	123
5.1.5. Aussichten für eine Vegetationsentwicklung	124
5.1.6. Folgerungen aus pflanzenökologischer Sicht	126
5.1.7. Skipistenplanierungen aus der Sicht des Natur- und Landschaftsschutzes	127
5.2. Lösungsansätze aus pflanzenökologischer Sicht	129
5.2.1. Notwendigkeit der Skipistenplanierungen	129
5.2.2. Ueberprüfung der Umweltverträglichkeit	129
5.2.3. Rekultivierung der Geländeanpassungen	131
5.3. Beurteilung der rechtlichen Situation aus pflanzenökologischer Sicht	138
5.4. Weitere Untersuchungsmöglichkeiten	139
Zusammenfassung - Summary	140
Literaturverzeichnis	144
Verzeichnis der Abbildungen	151
Verzeichnis der Tabellen	152
Beilagen 1-12	153

VORWORT

Vorliegende, 1978 begonnene Arbeit durfte ich am Geobotanischen Institut der ETH, Stiftung Rübel, durchführen. Sie entsprach meinem Anliegen, einen Beitrag zur Erhaltung einer möglichst intakten Gebirgswelt zu leisten. Ich hoffe, dass die Ergebnisse, Folgerungen und Empfehlungen dieser pflanzenökologischen Untersuchung die Diskussionsgrundlage zur Planung, Beurteilung, Bewilligung und Durchführung von Geländeanpassungen für den Skisport erweitern können.

Der aufgrund einer grossen Datenmenge und eines Nebenerwerbes in den letzten Jahren verzögerte Abschluss ermöglichte es, die Folgerungen und Empfehlungen, ja die gesamte Arbeit grundlegend zu überdenken, was sich oft positiv auswirkte.

Allen, die zum Abschluss dieser Arbeit beigetragen haben, möchte ich herzlich danken.

Herr Prof. A. Gigon und Herr Prof. E. Landolt ermöglichten die Durchführung dieser Untersuchung und halfen mir in allen Bereichen der vorliegenden Arbeit mit zahlreichen wertvollen Anregungen und Ergänzungen immer wieder weiter. Herr Prof. A. Gigon unterstützte mich insbesondere bei der Problemstellung, der Auswertung und der Diskussion. Herr Prof. E. Landolt half mir beim Bestimmen schwieriger Arten und bei der Auswertung. Bei der Ausarbeitung der Problemstellung, der Auswahl der Untersuchungsmethoden und der Auswertung durfte ich auf die wertvolle Hilfe von Herrn Dr. O. Wildi zählen. Auch für ihre vielen Anregungen bei der Niederschrift möchte ich diesen Herren besonders danken.

Herrn Prof. R. Bach (+) verdanke ich wertvolle Hinweise, die mir das Verständnis und die Erfassung der bodenkundlichen Aspekte erleichterten. Herr Dr. L. Vetterli half mir bei verschiedenen Arbeiten im Felde. Aus Gesprächen mit ihm, Frau B. Egger, Herrn A. Grünig und anderen Doktoranden am Geobotanischen Institut erhielt ich zahlreiche, wertvolle Hinweise. Auf einem Rundflug mit Herrn Th. Rutishauser konnte ich die Untersuchungsflächen photographisch erfassen. Herr R. Graf verarbeitete diese Photographien und war stets um das Material für die Feldarbeit besorgt. Die Analysen der Bodenproben führten Frau M. Siegl und Herr E. Schäffer durch. Frau A. Hegi zeichnete eine Abbildung, Frau A. Honegger führte mich in das Textverarbeitungssystem ein und stellte die Vorlagen für die

Drucklegung zusammen. Frau V. Föh und Frau S. Türlér besorgten die englische Uebersetzung. Allen diesen Personen danke ich für ihre wertvolle Hilfe.

Auch die gute Zusammenarbeit mit den Bergbahnunternehmungen in der Umgebung von Davos und die Angaben verschiedener Samenlieferanten und Begrüpfungsfirmen erleichterten die Durchführung dieser Untersuchung. Die Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie der ETH Zürich gewährte mir Einblick in unveröffentlichte Pläne von der Ausdehnung des Roseggletschers. Den erwähnten Firmen und der Versuchsanstalt danke ich für ihre Unterstützung. An die herzliche Atmosphäre in dem von der gastfreundlichen Familie P. Rüesch zur Verfügung gestellten Hausteil erinnere ich mich immer wieder gerne und danke allen Mitbewohnern der alpinen Gruppe.

Dem Bundesamt für Forstwesen und Landschaftsschutz, das diese Arbeit grosszügig finanzierte, bin ich zu grossem Dank verpflichtet. Die Stiftung Rübel verhalf mir in verdankenswerter Weise über finanzielle Engpässe hinweg und ermöglichte die Veröffentlichung dieser Arbeit.

In meinen Dank möchte ich auch das Wohnheim Mariahalde (Martin-Stiftung) einschliessen, welches meiner Untersuchung grosses Verständnis entgegenbrachte, indem es mich insgesamt vier Monate von meiner Arbeit als Betreuer beurlaubte und so den Abschluss der Untersuchung wesentlich erleichterte. Ein grosser Dank geht auch an meine Eltern, die mir mein Biologiestudium ermöglichten. Für die Durchsicht des Manuskriptes möchte ich mich bei meinem Vater zusätzlich bedanken. Meiner lieben Ehefrau Hanna möchte ich für ihre unentbehrliche Hilfe, nämlich das für sie selbstverständliche Mittragen und das Tippen der Arbeit ganz herzlich danken.

1. EINLEITUNG UND PROBLEMSTELLUNG

In den letzten zwanzig Jahren hat sich der Skisport zu einem immer mehr von der Technik beherrschten Freizeitvergnügen entwickelt. Es werden immer aufwendigere Massnahmen (z.B. Dreiersessel, doppelte Führung von Skilifts, Seilbahnen mit grossem Fassungsvermögen usw.) ergriffen, um die Transportkapazität zu steigern und die schnelle Entwicklung des alpinen Skisportes aufrecht zu erhalten.

Die kräftig zunehmende Zahl von Skifahrern und die gestiegenen Ansprüche an die Skiabfahrten haben zur Folge, dass die Skipisten durch Kunstbauten wie Brücken, Galerien und Unterführungen sowie durch Erdbewegungen ausgebaut werden (vgl. STIFFLER 1982). Das Skipistengelände wird planiert, um die Pisten zu verbreitern, Gefahrenquellen zu beseitigen und den Schwierigkeitsgrad der Skiabfahrten herabzusetzen. Nach HUENERWADEL (1982) und RUDIN (1982) wird auf Planierungen im allgemeinen auch eine Saisonverlängerung und nach GENSAC (1982) eine Erleichterung des Verkehrs von Pistenfahrzeugen angestrebt.

Sogar Gelände, welches von seiner Beschaffenheit her ungeeignet ist, wird für den Zweck des alpinen Skisportes hergerichtet (EIDG. DEPARTEMENT DES INNERN 1979).

Sobald der Schnee geschmolzen ist, zeigen sich die Folgen des Massenskiportes, insbesondere der Skipistenplanierungen für Landschaft, Tiere, Vegetation und Boden:

- Beeinträchtigung des Landschaftsbildes
- in Wälder geschlagene Schneisen
- Zerstörung oder Gefährdung des Lebensraumes zahlreicher Bodenlebewesen oder anderer Tierarten
- Zerstörung oder Veränderung der Vegetation und des gewachsenen Bodens
- mechanische Schäden durch die Kettenstollen der Pistenfahrzeuge und die Stahlkanten der Skis.

Oberhalb der Waldgrenze ist das Klima inbezug auf die Temperaturen und die Luftfeuchtigkeit so extrem, dass auf den über 2200 m gelegenen planierten Skipistenflächen eine erneute Entwicklung der zerstörten Vegetation sehr langsam ist (KLOETZLI und SCHIECHTL 1979). Aber nicht nur das ungünstige Klima, sondern der nach CERNUSCA (1977a) und SCHAUER (1981) auf Planierungen im Vergleich zu ungestörten Flächen stärkere Oberflä-

chenabfluss und Bodenabtrag verlangsamten oder verhindern möglicherweise das Aufkommen einer neuen Pflanzendecke.

Neben der vegetationskundlichen Problematik, dem eigentlichen Thema der vorliegenden Arbeit, weisen die Folgen der seit den letzten 15 Jahren immer grossflächigeren Planierungen auch zunehmend juristische sowie alpwirtschaftliche Aspekte auf. Anhand von Luftaufnahmen lässt sich verfolgen, dass Mitte der sechziger Jahre das Planieren von Skipisten vorerst nur zaghaft und kleinflächig, danach jedoch immer grossflächiger und umfassender praktiziert wurde. So ist in der Schweiz nach LORETAN (1986) die niederwüchsige Vegetation auf rund 1000 Hektaren der etwa 24'000 Hektaren umfassenden geländepräparierten Pisten zerstört worden. REINDL (1977), SPRUNG und KOENIG (1977) sowie TOLLER (1982) berichteten umfassend über die auftauchenden Rechtsprobleme im Zusammenhang mit dem Wintersport. Die Eidg. Anstalt für das forstliche Versuchswesen hat in acht ausgewählten Skiregionen Untersuchungen über Art, Ausmass und Auswirkungen von Geländeanpassungen und Planierungen durchgeführt. In einer Uebersichtspublikation vermitteln HUENERWADEL et al. (1982) Einblick in die ökologische, rechtliche und alpwirtschaftliche Problematik dieser grossen Eingriffe in die Landschaft. Die land- und forstwirtschaftliche Nutzung kann nach AICHER (1977) und PFIFFNER (1978) durch die Auswirkungen der Geländeanpassungen und eine intensive Pistenbenützung erheblich geschmälert werden.

Abgesehen von einer Verminderung des landwirtschaftlichen Ertrages um etwa 18% weisen die Pistenflächen ohne Geländeanpassungen auf einer subalpinen Fettwiese oberhalb Davos bei ausreichender Schneebedeckung dagegen keine schwerwiegende Beeinträchtigung der Vegetation und des gewachsenen Bodens auf (MEISTERHANS-KRONENBERG 1988).

Gestützt auf die vorhandenen Ergebnisse erliess das Eidg. Departement des Innern im Jahre 1979 "Richtlinien über Eingriffe in die Landschaft im Interesse des Skisportes", um den Kantonen und den für die Konzessionierung der Bergbahnen verantwortlichen Behörden zu erleichtern, den Bau von Skipisten und Planierungen rechtlich zu regeln und gegebenenfalls zu verhindern.

Nicht nur Berglandschaften im schweizerischen Alpenraum werden durch Planierungen verändert, sondern auch aus den umliegenden Alpenländern, aus Schottland und Amerika liegen Berichte vor, welche auf die gleiche Entwicklung des Skisportes schliessen lassen.

Die Entwicklung der Vegetation auf begrünten und unbegrünten Planierun-

gen innerhalb der subalpinen Stufe wurde von BAYFIELD (1980) in den Cairngorm Mountains (Schottland), GENSAC (1982) in den französischen Alpen, MARHOLD und CUNDERLIKOVA (1984) in der Tatra (CSSR) und REISIGL (1977) bei Achenkirch im österreichischen Tirol beschrieben. KOECK (1975) und SCHAUER (1981) charakterisierten das Aufkommen der angesäten und autochthonen Arten auf begrünten Planierungen der montanen und subalpinen Stufe im Tirol bzw. in den bayerischen Alpen (Deutschland) und STOLZ (1984) auf solchen der oberen subalpinen und alpinen Stufe bei Grindelwald (BE). GRABHERR (1983) verglich die Vegetation von oberhalb der Waldgrenze gelegenen Planierungen bei Obergurgl (Oesterreich) mit derjenigen von Gletschervorfeldern, Nival- und Schuttfluren sowie alpinen Rasen. DIETMANN (1985), KLOETZLI (1974), MOSIMANN (1983 und 1985) sowie MOSIMANN und LUDER (1980) beurteilten die ökologische Situation auf subalpinen und alpinen Planierungen am Fellhorn (Allgäu, Deutschland), im Raume des Piz Corvatsch (Oberengadin, GR) und am Crap Sogn Gion (Laax, GR) unter anderem aufgrund des Deckungsgrades der Gesamtvegetation und des Aufkommens typischer Arten. Aus diesen Untersuchungen sowie jenen von CERNUSCA (1977a), KLOETZLI und SCHIECHTL (1979), MEISTERHANS (1977) und SCHIECHTL (1976) geht hervor, dass eine erneute Entwicklung der zerstörten Vegetation auf Planierungen oberhalb der Waldgrenze fraglich ist und speziell untersucht werden sollte.

Die bereits 1978 begonnenen Untersuchungen hatten zum Ziel, einerseits die Folgen von begrünten und unbegrüntem, oberhalb 2200 m gelegenen Planierungen aus pflanzenökologischer und standortkundlicher Sicht zu beurteilen und andererseits abzuklären, ob und in welchem Zeitraum die Vegetation auf den ausgeebneten Pistenflächen sich wieder regeneriert. Aufgrund dieser Zielsetzungen sollten die Untersuchungen folgende Fragen beantworten:

- Welche Dichte und Artengarnitur weist die Vegetation auf den begrüntem und unbegrüntem Planierungen auf?
- Besteht zwischen der Vegetation und dem Alter der Planierung, der Beschaffenheit des Bodens, der Neigung, Exposition, Höhenlage und dem Kleinrelief ein Zusammenhang?
- Verändert sich die Vegetation innerhalb 3-4 Versuchsjahren und in welchem Verhältnis stehen die Veränderungen zu den jahreszeitlichen Schwankungen der Pflanzendecke, zum Alter der Planierung, zur Beschaffenheit des Bodens und den übrigen, oben erwähnten Standortsfaktoren?
- Entsprechen die ausgeebneten Skipistenflächen inbezug auf den Standort

und den Zustand der Pflanzendecke den alpinen Rasen, den Schutthalden oder den Gletschervorfeldern? Ergeben sich aus der Artengarnitur auf Schuttfeldern bzw. alpinen Rasen und der Sukzession auf Gletschervorfeldern Hinweise für eine mögliche Entwicklung der Vegetation auf Planierungen?

- Wieweit vermögen Begrünungen die zerstörte Pflanzendecke zu ersetzen oder das erneute Aufkommen der autochthonen Vegetation zu fördern?

Um diese komplexen Fragestellungen auf den im allgemeinen sehr dünn besiedelten Skipistenplanierungen bearbeiten zu können, mussten spezielle Methoden der Vegetationsaufnahme und ihrer Auswertung entwickelt werden. Dieser Aspekt nimmt in der vorliegenden Arbeit einen relativ grossen Raum ein.

2. GRUNDLAGEN

2.1. DAS UNTERSUCHUNGSGEBIET

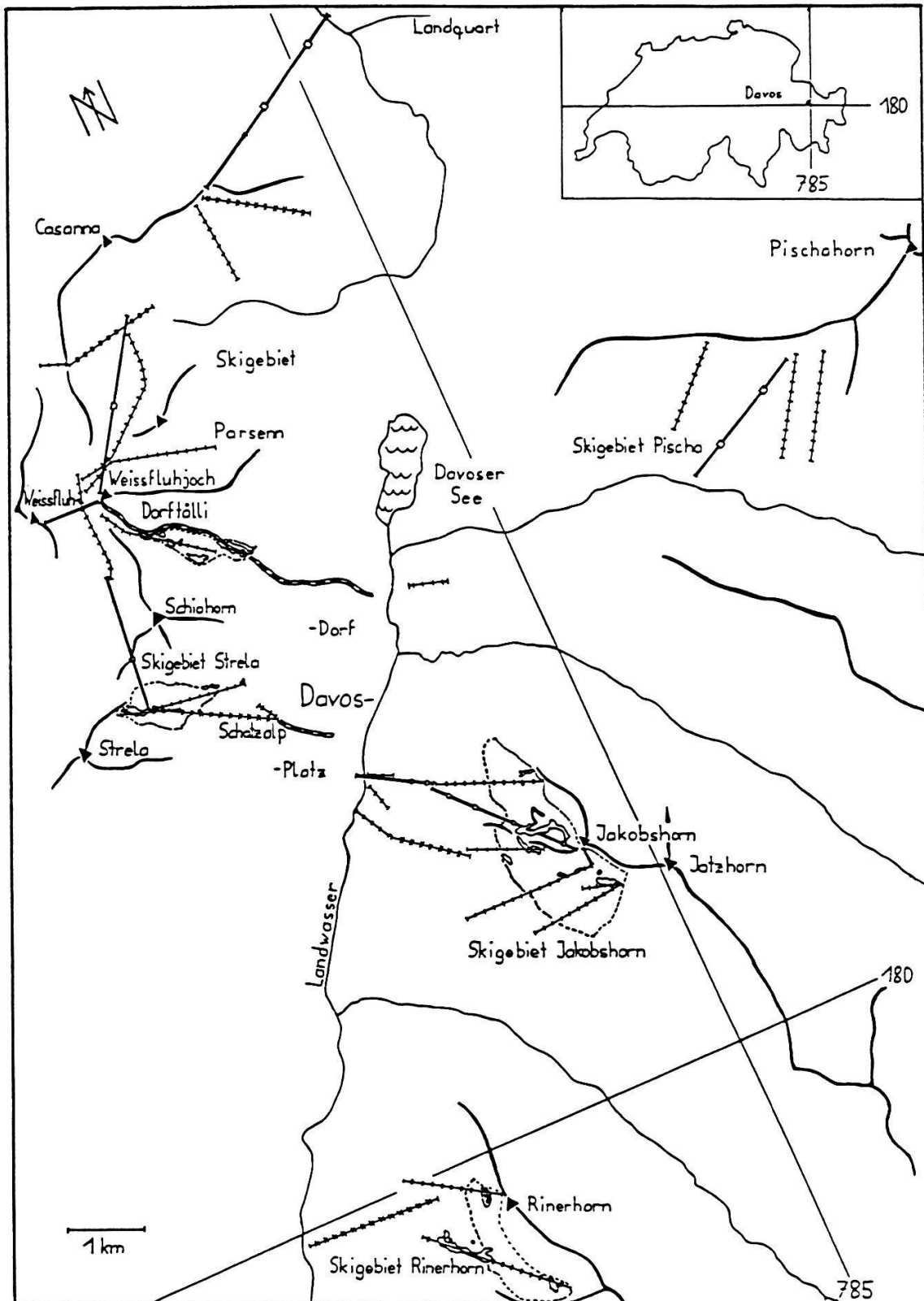
In jedem grösseren, vom Skisport geprägten Kurort wurden und werden auch heute noch Skipisten durch Planierungen ausgebaut. Dementsprechend wäre es möglich gewesen, die vorliegenden Untersuchungen in den Skigebieten der meisten Winterkurorte durchzuführen. Von wenigen Ausnahmen abgesehen beschränken sich die Untersuchungen aber auf die Skigebiete um Davos (Kanton Graubünden), da das Geobotanische Institut der ETH dank anderer Forschungsprojekte im erwähnten Gebiet über gute vegetations- und standortkundliche Unterlagen und Erfahrungen verfügt.

Auf den zahlreichen über der aktuellen Waldgrenze gelegenen Planierungen zeigen sich zum Teil grosse standörtliche Unterschiede, wozu die drei im Raume Davos vorkommenden und die Vegetation prägenden Gesteinstypen, nämlich saures Silikat, Dolomit und Serpentin, wesentlich beitragen. Skipistenplanierungen mit für die Untersuchungen ungünstigen Randbedingungen wurden nicht in das Untersuchungsgebiet aufgenommen:

- Skipistenplanierungen auf Serpentin, da Pflanzen oberhalb der Waldgrenze auch auf ungestörten Flächen dieses Gesteinstypes nur kümmerlich wachsen
- Planierungen mit einer Flächengrösse unter einer Are, dies um eine Verwechslung mit unplanierten Flächen, deren Vegetation durch den Skibetrieb (Rampen der Pistenfahrzeuge, Skikanten) kleinflächig zerstört worden ist, zu vermeiden.

Das Untersuchungsgebiet liegt in der Umgebung von Davos, also im nordöstlichen Teil der schweizerischen Zentralalpen (Abb. 1). Es umfasst Skipistenplanierungen oberhalb der aktuellen Waldgrenze in den Gebieten Jakobshorn, Rinerhorn, Dorftälli (südwestlicher Teil des Parsenngebietes) und Strela.

Die geologische Karte von Mittelbünden (CADISCH et al. 1929) zeigt die komplizierten geologischen Verhältnisse im Untersuchungsgebiet. Ein mehr oder weniger saures Kristallingestein, welches vorwiegend der Silvretta-Decke angehört, und zum Teil Moränenmaterial bilden die geologische Unterlage. Nur im Skigebiet Strela besteht das Muttergestein aus einem










Triassischen Hauptdolomit der Aroser Dolomiten-Decke. Bei den zusätzlich untersuchten Flächen im Oberengadin besteht die geologische Unterlage aus saurem Silikat der Bernina-Decke und aus Moränenmaterial (vgl. Karte von STAUB 1945).

Die allgemeinen Klimadaten des Untersuchungsgebietes (Abb. 2) liegen am ehesten zwischen jenen der Messstation am Weissfluhjoch (2540 m) und denen der Messstation auf der Schatzalp (1868 m). Im Sommerhalbjahr (April bis September) ist in Davos kaum eine längere Trockenperiode (Folge von Tagen mit einer Niederschlagsmenge < 0.2 mm) zu erwarten (VETTERLI 1982). So dauerte die längste Trockenperiode zwischen 1901 und 1970 22 Tage. Das Klima im Oberengadin dürfte ähnlich, aber etwas kontinentaler sein. Allerdings fällt auf, dass im Skigebiet des Piz Corvatsch die mittlere jährliche Niederschlagsmenge mit zunehmender Höhe stärker steigt als in den Skigebieten um Davos (IMHOF 1965).

In der Regel sind Skipisten im Gelände so angelegt, dass vom Relief her, wenn möglich, eine lange Schneebedeckung gewährleistet ist. Im Untersuchungsgebiet liegt je nach Höhenlage und Relief während 7.5-9 Monaten Schnee. Zum Vergleich betrug die mittlere Dauer der Schneedecke bei der Messstation Weissfluhjoch, einer ebenen Fläche auf 2540 m Höhe, während der Messperiode von 1951 bis 1980 neun Monate (VETTERLI 1982). Das natürlicherweise stark gegliederte Kleinrelief wird durch das Planieren meist ausgeglichen. Im Kleinrelief und in der Schneebedeckungsdauer bestehen zwischen der Umgebung von Davos und dem Oberengadin keine grossen Unterschiede.

Abb. 1 (S. 12). Lage und Ausdehnung des Untersuchungsgebietes
Fig. 1 (p. 12). Location and extent of the study area

- | | |
|---|---|
|  | Lage und Ausdehnung eines Untersuchungsteilgebietes
location and dimension of a partial study area |
|  | Lage und Ausdehnung einer Planierung
location and dimension of a machine-levelled ski run |
|  | Standseilbahn - funicular railway |
|  | Luftseilbahn - aerial cableway |
|  | Sessel- oder Gondelbahn - chair lift or gondola aerial cableway |
|  | einfacher Skilift - single skilift |
|  | Doppelskilift - double skilift |

2.2. DIE UNTERSUCHUNGSFLÄCHEN

Bei der Festlegung der Untersuchungsflächen im Untersuchungsgebiet schieden einige Skipistenplanierungen oder Teile grösserer Planierungen aus, da äussere Einflüsse eine Untersuchung erschwert hätten:

- Flächen, welche im Sommer oder Winter einer grossen Belastung durch Tritt ausgesetzt sind
- Flächen, welche im Einflussbereich herabrollender Steine von Schutthalen liegen.

Von diesen beiden Einschränkungen abgesehen, war es möglich, die Untersuchungsflächen mehr oder weniger gleichmässig auf die Planierungen der untersuchten Skigebiete zu verteilen.

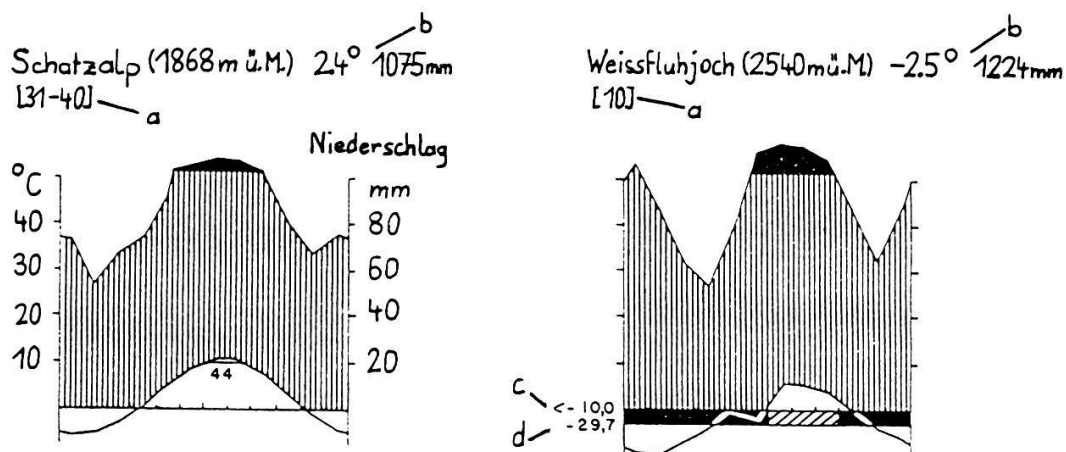


Abb. 2. Klimadiagramme von der Schatzalp nach WALTER und LIETH (1960-1967) und vom Weissfluhjoch nach GIGON (1971)

Fig. 2. Climatic diagrams of Schatzalp from WALTER and LIETH (1960-1967) and of Weissfluhjoch from GIGON (1971)

obere Kurve - upper curve:

mittlere monatliche Niederschläge - mean monthly precipitation

(schwarze Fläche: Reduktion des Massstabes auf 1/10 - black area: scale reduced to 1/10)

untere Kurve - lower curve:

mittlere Monatstemperaturen - mean monthly temperature

a) Anzahl Beobachtungsjahre - number of years of observation

b) Jahresmittel - annual mean

c) mittleres tägliches Minimum des kältesten Monats - mean daily minimum of the coldest month

d) tiefste gemessene Temperatur - lowest temperature measured

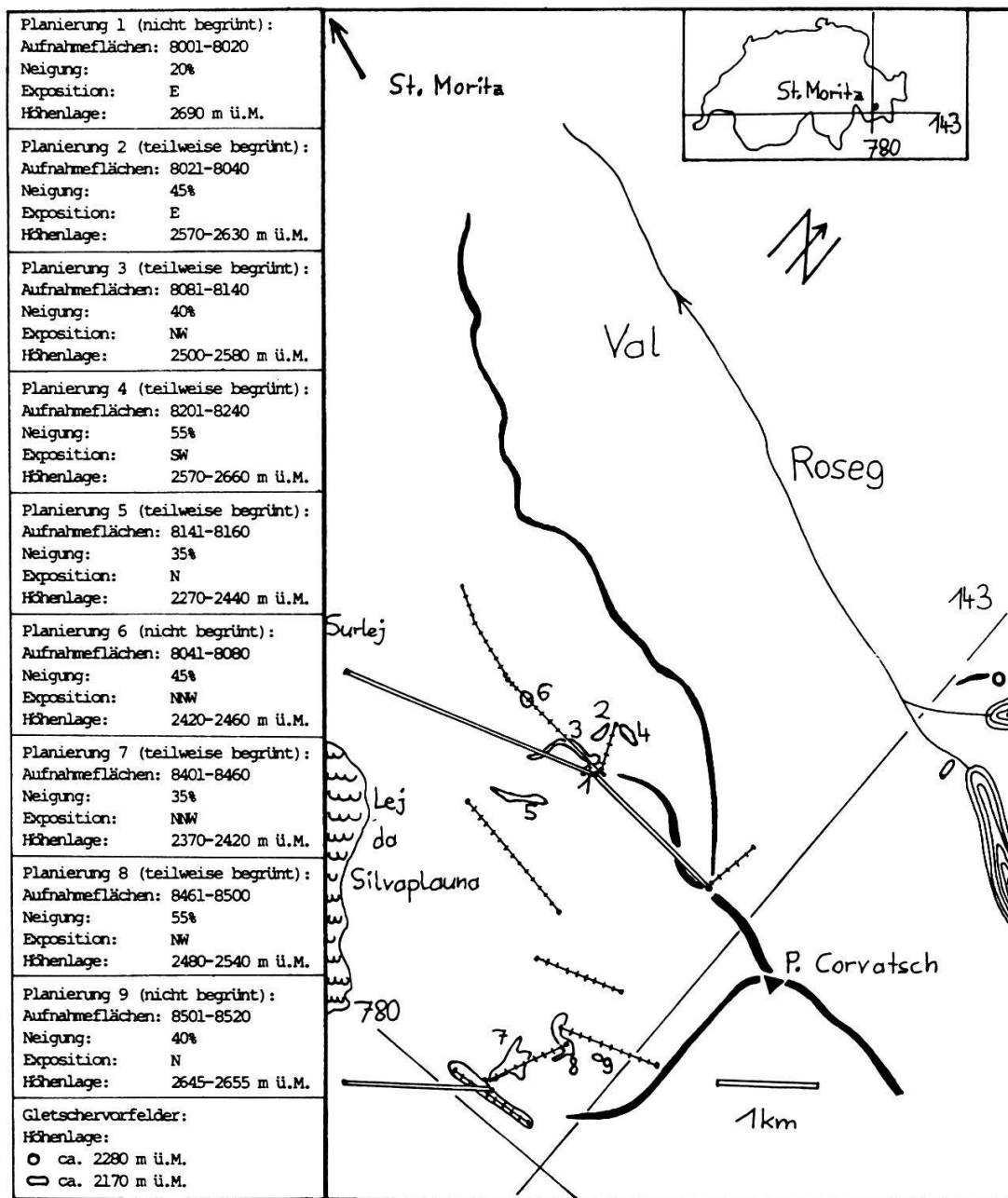


Abb. 3. Lage der untersuchten Flächen im Oberengadin.
Fig. 3. Location of the investigated areas in Oberengadin.

- Lage und Ausdehnung einer Skipistenplanierung
location and dimension of a machine-levelled ski run
- Lage mehrerer Aufnahmeflächen auf Gletschervorfeldern
location of several plots on glacier forefields
- Luftseilbahn - aerial cableway
- Skilift - skilift
- Gletscher - glacier

Skipistenplanierungen, deren Flächengrösse 1.0 ha nicht wesentlich überschritt, ergaben eine Untersuchungseinheit. Grössere Planierungen wurden in standörtlich möglichst einheitliche, ungefähr 1.0-1.5 ha grosse Abschnitte aufgeteilt. Auf diesen liessen sich die Untersuchungsflächen im allgemeinen so festlegen, dass der für den jeweiligen Planierungsabschnitt typische Vegetationszustand und Standort möglichst vollständig erfasst wurden. Die Flächen ausserhalb des Untersuchungsgebietes wurden so angelegt, dass sie mit denjenigen im Untersuchungsgebiet in bezug auf den Standort möglichst gut vergleichbar waren oder im Untersuchungsgebiet fehlende Standorte erfassten. Die Bestimmung der Aufnahmen innerhalb dieser Flächen erfolgte nach einer Methode, welche in Kap. 3.1.2. beschrieben ist.

Die ungewohnte Form der Untersuchungsflächen, nämlich ein Halbkreis mit einem Radius von 35 oder 70 m, erlaubte eine einfache Festlegung und Einmessung der Aufnahmeflächen (vgl. Kap. 3.1.2.).

In den Beilagen 1 bis 6 sind alle Untersuchungsflächen innerhalb des Untersuchungsgebietes mit Hilfe von Angaben über die geographische Lage, die Koordinaten, den Standort, den Zeitpunkt der durchgeführten Planung sowie einer eventuellen Begrünung beschrieben.

Als Exposition und Neigung wurden der Durchschnitt der entsprechenden Aufnahmeflächen angegeben. Die Bestimmung der Höhenlage und der geographischen Lage erfolgte mit Hilfe der für das MAB-Projekt des Schweizerischen Nationalfonds erstellten Ortholuftbilder.

Die geographische Lage und die Standortdaten der Schuttfelder und alpinen Rasen sind ebenfalls in den Beilagen 1 bis 6, der Skipistenplanierungen am Piz Corvatsch und der Gletschervorfelder im Val Roseg in Abb. 3 angegeben.

2.3. STANDOERTLICHE VERHAELTNISSE NACH DER PLANIERUNG UND BEGRUENUNG

2.3.1. Vorgehen beim Planieren

Das Skipistengelände wird mit Hilfe von Bulldozern, Raupentraxen und Sprengmitteln planiert. Nach MOSIMANN (1983) lassen sich beim Planieren bezüglich Bodenstörung und -zerstörung fünf Vorgänge unterscheiden:

- Ueberbaggerung bzw. Ueberschüttung bestehender Bodenprofile
- Ausebnung nach einer Teilzerstörung des Bodenprofils
- Mächtige Aufschüttung von Vertiefungen des Geländes mit Gesteins- und Bodenmaterial
- Vollständige Kappung des ganzen Bodenprofils und Verlagerung des Materials auf eine andere Fläche
- Sprengung in den Gesteinsuntergrund.

All diese Planierungsarten haben eine Zerstörung der Pflanzendecke und des durchwurzelten Oberbodens zur Folge. Je weniger sich ein Gelände für den Skisport eignet (z.B. Buckelweiden, Blockschutthalden), desto tiefer in die Bodendecke und den Substratuntergrund und desto grossflächiger muss ein Eingriff sein, um eine möglichst vollständige Ausebnung zu erreichen. Da das Kleinrelief öfters stark gegliedert ist, werden nicht nur einige Stellen punktuell, sondern ganze Geländeabschnitte planiert oder zu "skigerechten" Hängen umgestaltet (vgl. MOSIMANN 1983).

Die grösste zusammenhängende Planierung im Skigebiet Jakobshorn (Untersuchungsflächen J1-J4) weist die beachtliche Länge von 800 Metern und eine Flächengrösse von über 3 Hektaren auf. Die grössten zusammenhängenden Planierungsflächen der von MOSIMANN (1981) in den Kantonen Graubünden und Wallis bearbeiteten Pistenabschnitte erreichen Dimensionen bis 15 Hektaren.

2.3.2. Vorgehen beim Begrünen

Das ausgewählte Saatgut wird mit Dünger, Klebstoffen, Bodenverbesserungsmitteln und anderen Hilfsmitteln ausgestreut oder mit Wasser vermengt aufgespritzt. Eine über die Ansaat ausgebrachte Schicht von kleingehacktem Stroh und Bitumen oder von Bodenstabilisatoren anderer Art soll diese vor Verschlammung, Erosion durch Wind und Wasser sowie vor

Tab. 1. Für Begrünungen verwendete Arten und Sorten

Table 1. Species and cultivars used for revegetation

- a) Nach VETTERLI (1981 und 1982) oder SCHIBLER (1937) in der Umgebung von Davos, oberhalb 2250 m ü.M. vorkommende Arten, aber wahrscheinlich nur teilweise standortsgerechte Sorten
According to VETTERLI (1981-1982) or SCHIBLER (1937) species occurring in the surroundings of Davos, above 2250 m, but probably only partly varieties belonging in this habitat
- b) Standortsgerechte, aber aus dem Ausland stammende Sorten
Varieties belonging in this habitat but originating abroad
- c) Standortsfremde Arten
Varieties foreign to this habitat

* falls im Samenmischungsrezept angegeben - if specified in the seed mixture

Art	Sorte*	Herkunftsland*
a) Festuca rubra Festuca rubra Festuca rubra Agrostis tenuis Deschampsia flexuosa Trifolium pratense Trifolium pratense Lotus corniculatus Achillea millefolium	rubra commutata rubina Vesta Marino	
b) Agrostis tenuis Deschampsia flexuosa	var. Highland	USA Deutschland
c) Phleum pratense Festuca pratensis Poa pratensis Poa pratensis Poa trivialis Cynodon dactylon Dactylis glomerata Cynosurus cristatus Festuca ovina Trifolium repens Trifolium hybridum Anthyllis vulneraria Medicago sativa Onobrychis viciifolia Melilotus spec. Medicago lupulina Sanguisorba minor	Manitoba var. Delft cultivar var. Soma var. Bopa var. Europa, soc. France	Kanada Kanada Dänemark Deutschland Frankreich

Verdunstung schützen und die Keimbedingungen verbessern. Manchmal wird auf begrünten Flächen nachgedüngt und im ersten Jahr nach der Ansaat eine Beweidung verhindert.

Für das Saatgut werden nach GATTIKER (1971) aus dem Grundgefüge der zu erwartenden Pflanzengemeinschaften jene Arten ausgewählt, welche im Mischbestand bald eine geschlossene Pflanzendecke zu bilden vermögen. Zumindest theoretisch soll die Zusammensetzung des Saatgutes einem Dauerzustand gleichen (KOECK 1975). Allerdings werden geeignete Arten nach MOLZAHN (1978) oft nicht berücksichtigt, da sie nur zu unwirtschaftlich hohen Preisen oder manchmal gar nicht zu produzieren sind.

Die Arten einiger in der Umgebung von Davos für Begrünungen verwendeter Saadmischungen sind in Tab. 1 aufgeführt. Die ausländischen Sorten machten ungefähr einen Drittel der angesäten Arten aus. Manchmal enthielten Saadmischungen für die alpine Stufe völlig ungeeignete Arten wie das subtropische Gras Cynodon dactylon oder eine dänische Rasse von Poa pratensis. Auch bei den wenigen standortsgerechten Arten ist es nicht sicher, ob einheimische, inbezug auf den Standort geeignete Sorten verwendet wurden (vgl. Kap. 5.2.3., wo auch Vorschläge geeigneter, standörtlich abgestimmter Saadmischungen aufgeführt sind).

Weitere Einzelheiten zum Vorgehen beim Begrünen finden sich in HILLER (1976), INSAM und HASSELWANDTER (1985), MEHNERT et al. (1985), NASCHBERGER und KOECK (1983), REIST (1983), RUDIN (1985), SCHIECHTL (1973) und in SCHOENTHALER (1978).

3. METHODEN

3.1. DATENERHEBUNG

3.1.1. Anforderungen an die Aufnahmemethode und die sich daraus ergebenden Konsequenzen

Die Aufnahme der Vegetation nach der Methode BRAUN-BLANQUET (vgl. BRAUN-BLANQUET 1964 sowie MUELLER-DOMBOIS und ELLENBERG 1974), bei welcher die Grösse der Aufnahmeflächen (für alpine Pflanzengesellschaften nach VETTERLI (1982) 9-10 Quadratmeter) von der Homogenität des Standortes sowie der Artarealkurve (oder Minimumarealkurve) abhängt, verlangt einen einheitlichen Standort und Pflanzenbestand. Auf Skipistenplanierungen wechseln die Beschaffenheit des Standortes sowie Dichte und Zusammensetzung der Vegetation innerhalb kleinster Flächen, wie dies für Initialstadien, also nicht entwickelte Lebensgemeinschaften typisch ist (vgl. LUEDI 1958 und JOCHIMSEN 1963).

Die Pflanzendecke auf den Planierungen liess sich deshalb mit den üblichen Methoden nicht differenziert aufnehmen und beschreiben. Darum wurde ein anderes geeigneteres Vorgehen gewählt:

Die Vegetation und der Standort der ausgebauten Skiabfahrten wurden auf vielen 0.5 Quadratmeter grossen Aufnahmeflächen erfasst. Die grosse Anzahl der Aufnahmeflächen ermöglichte, die Vielfalt der sich auf kleinem Raum ändernden Pflanzendecke festzuhalten. Die geringe Ausdehnung der Aufnahmeflächen erlaubte es, Zusammensetzung und Dichte der Vegetation genau zu beschreiben (vgl. LUEDI 1940 und JOCHIMSEN 1963). Deshalb konnten auch schon geringe Vegetationsdichten und innerhalb von z.B. zwei Jahren stattfindende Veränderungen registriert werden.

3.1.2. Das Stichprobenkonzept

Bei der Festlegung der Aufnahmeflächen auf der Untersuchungsfläche wurde darauf geachtet, die ganze Bandbreite der Vegetation zu erfassen und die Aufnahmen möglichst gleichmässig zu verteilen.

3.1.2.1. Festlegung der Aufnahmeflächen auf den Skipistenplanierungen im Untersuchungsgebiet

Als Ausgangspunkt (Nullpunkt) für die Einmessung der Aufnahmeflächen diente der Mittelpunkt der halbkreisförmigen Untersuchungsfläche, deren Radius je nach Breite der Skipistenplanierung 35 oder 70 Meter betrug. Den Ort des rechten vorderen Eckpunktes der viereckigen, 0.5 Quadratmeter grossen Aufnahmefläche bestimmten zwei Zufallszahlen, eine für den Winkel zur Basislinie der halbkreisförmigen Untersuchungsfläche und die andere für die Entfernung vom Ausgangspunkt (Polarkoordinaten). Die Aufnahmefläche kam so zu liegen, dass die Verlängerung ihrer Diagonale durch den Ausgangspunkt führte. Je nach der Vielfalt der Vegetation und der Standorte wurden auf jeder Untersuchungsfläche 30-50 potentielle Aufnahmeflächen eingemessen und in verschiedene Standortstypen eingeteilt. Die Kriterien dazu lieferten die Beschaffenheit der Bodenoberfläche (Reste der alten Humusdecke sind vorhanden oder fehlen, skelettreiche oder feinerdereiche Bodenoberfläche) und die Zusammensetzung sowie Dichte der Pflanzendecke (standortsfremde Arten sind vorhanden oder fehlen; die autochthonen Arten kommen kümmerlich oder üppig auf). Die Auswahl der definitiven Aufnahmeflächen aus den potentiellen erfolgte so, dass jeder in der entsprechenden Untersuchungsfläche vorkommende Standortstyp zwei- oder dreifach vertreten war.

Nach der Untersuchung der Vegetation auf den insgesamt 241 Aufnahmeflächen wurden 92 Dauerbeobachtungsflächen ausgeschieden. Die Vegetation der letzteren sollte für die bei der Auswertung gebildeten Vegetationseinheiten charakteristisch sein. Im weiteren wurde darauf geachtet, dass die Dauerflächen möglichst gleichmässig auf alle Vegetationseinheiten verteilt und alle Untersuchungsflächen etwa gleich stark vertreten waren.

3.1.2.2. Festlegung der Aufnahmeflächen ausserhalb des Untersuchungsgebietes

Die Bestimmung der Aufnahmeflächen auf den alpinen Rasen und den Schuttfeldern neben den Skipistenplanierungen, den Gletschervorfeldern und den Planierungen im Oberengadin verlief ohne den Umweg über potentielle Aufnahmeflächen und deren Zuordnung zu Standortstypen. Auch wurden die Aufnahmeflächen weder eingemessen noch markiert, da sie nur zur einmaligen

Untersuchung bestimmt waren. Sie kamen entlang mehrerer Transekte zu liegen, deren Lage eine vollständige Erfassung der unterschiedlichen Standorte und Pflanzenbestände ermöglichen sollte.

3.1.2.3. Festlegung der Aufnahmeflächen auf Transekten zwischen begrünten und unbegrünten Skipistenplanierungen

Zur Untersuchung der Einwanderung autochthoner Arten in begrünte Flächen wurden auf saurem Silikat und Dolomit rechtwinklig zur Grenze zwischen begrünter und unbegrünter Planierung an unterschiedlichen Standorten je sechs Transekte angelegt. Auf die Transekte kamen jeweils in Abständen von vier Metern acht Aufnahmeflächen, wobei die erste Fläche einen Meter von der Grenze entfernt war.

3.1.3. Vegetationsaufnahme

3.1.3.1. Vorgehen bei der Aufnahme der Vegetation

Auf den 241 Aufnahmeflächen der Planierungen wurden von jeder Art die Einzelpflanzen und die Horste bzw. Polster gezählt. Dazu kam der geschätzte Deckungsgrad jeder Art. Um die Genauigkeit dieser Aufnahmemethode zu überprüfen, nahmen mehrere Personen am gleichen Tag unabhängig voneinander die Vegetation derselben Aufnahmefläche auf. Es zeigte sich, dass die auftretenden Differenzen je nach Dichte und Zusammensetzung der Pflanzendecke variierten. Sie hielten sich jedoch in einem Rahmen, der für die Beibehaltung der Methode sprach.

Auf den 92 Dauerflächen wurden von 1978 bis 1980 einmal jährlich die Zusammensetzung und Dichte der Pflanzendecke aufgenommen. Auf einigen erfolgte zusätzlich im Spätherbst eine Vegetationsaufnahme, um Schwankungen in der Pflanzendecke während einer Vegetationsperiode vergleichend festhalten zu können.

Auf den ausserhalb des Untersuchungsgebietes gelegenen Flächen wurden die Individuen nicht ausgezählt, sondern nur der Deckungsgrad jeder Art geschätzt. Innerhalb der Aufnahmeflächen auf den Transekten zwischen begrünten und unbegrünten Planierungen wurden die Pflanzenarten nicht einzeln erfasst, sondern nur der Gesamtdeckungsgrad der angesäten und autochthonen Arten sowie der Moose.

Die Aufnahme der Bodenmoose beschränkte sich auf ihren Gesamtdeckungsgrad. Die auf Steinen wachsenden Moose und Flechten wurden nicht erfasst. Auch die übrigen Flechten blieben unberücksichtigt, da sie in die Planierungsflächen eingeweht wurden und nicht mit dem Boden verwurzelt sind. Für deren langsames Wachstum war die Entwicklungszeit auf den Planierungen zu kurz, sodass sich noch keine mit dem Boden verwachsene, in Alpenrasen vorkommende Krustenflechten entwickeln konnten. Aufnahmen, welche neben Flechten und Steinmoosen von keinen anderen Pflanzen bewachsen waren, wurden wie vegetationslose behandelt.

Die Nomenklatur der aufgenommenen Gefässpflanzen erfolgte nach HESS et al. (1976-1980).

3.1.3.2. Die Aussagekraft unterschiedlicher Formen der Artmächtigkeit

Das in Abb. 4 dargestellte Ordinationsmodell, welches die unterschiedlichen Formen der Artmächtigkeitsangaben enthält, ist das Ergebnis der Hauptkomponentenanalyse unter der Verwendung des Skalarproduktes der zentrierten Daten als Ähnlichkeitsmass (vgl. WILDI und ORLOCI 1983). Die drei Artmächtigkeitsangaben (gezählte Einzelindividuen bzw. Horste oder Polster und geschätzte Deckungsgrade) jeder Aufnahme bilden bei ihrer Verbindung untereinander ein Dreieck. Die Artmächtigkeitsangabe aufgrund der Zählung von Einzelindividuen (Symbol 3 in Abb. 4) ergibt auf dem dargestellten Ordinationsmodell im allgemeinen die grösste Streuung um den Nullpunkt, also die eindeutigste Auftrennung der Aufnahmeflächen, diejenige der Horste oder Polster die kleinste Streuung und dementsprechend die geringste Auftrennung der Aufnahmeflächen. In den weiteren Auswertungen wurden trotz der eindeutigsten Auftrennung der Aufnahmeflächen durch die Einzelindividuen nicht diese, sondern die geschätzten Deckungsgrade verwendet, welche die Aufnahmeflächen etwas weniger gut auftrennen. Denn mit dem Zählen der Einzelindividuen wird oft nur ein kleiner Teil, hingegen mit dem Ermitteln des Deckungsgrades das gesamte Vorkommen einer Art erfasst.

3.1.4. Aufnahme des Standortes

Die Vegetationsaufnahmen wurden mit den üblichen Standortsangaben über Höhenlage, Neigung, Exposition und mit den Altersangaben der entspre-

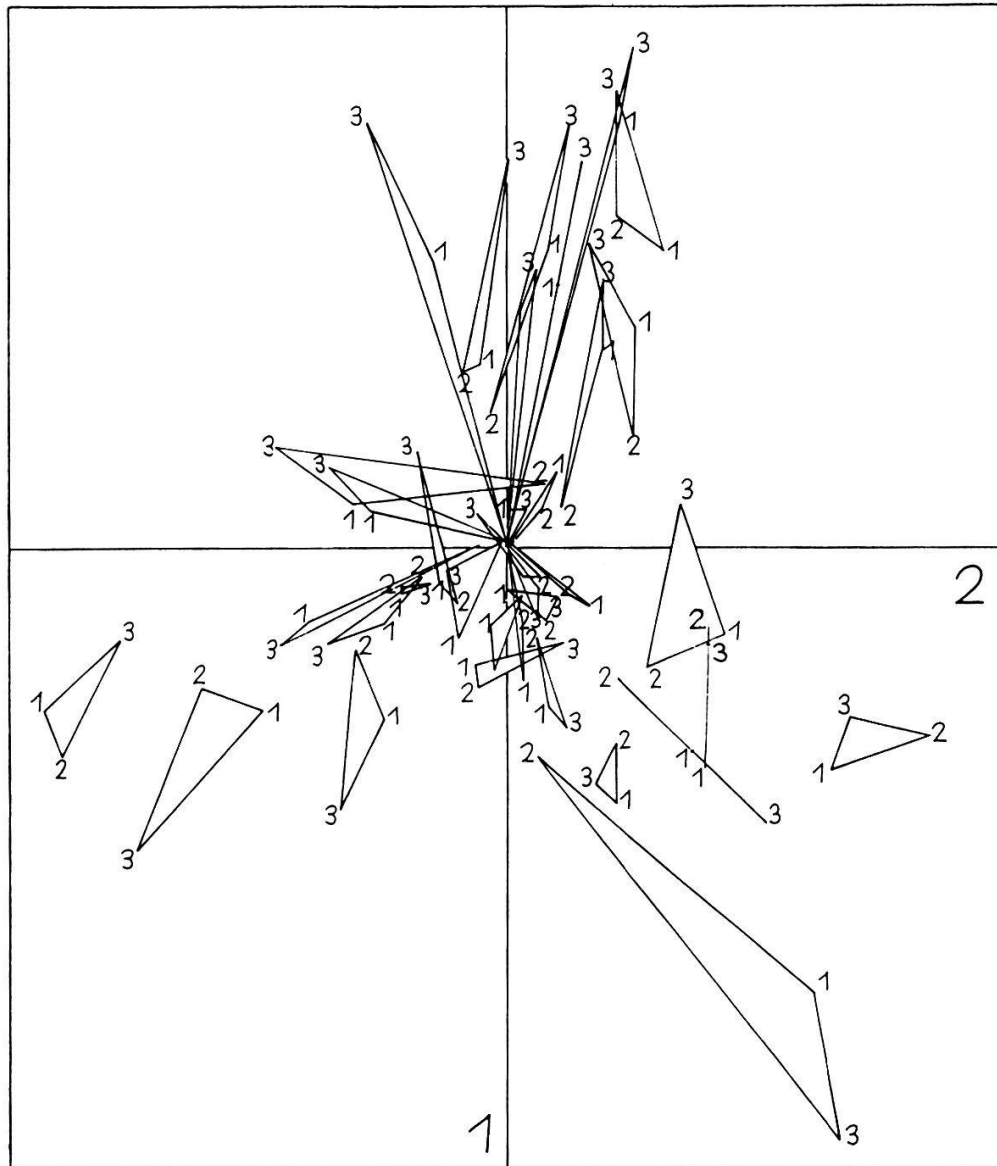


Abb. 4. Ordinationsmodell der unterschiedlichen Formen der Artmächtigkeitsangaben, d.h. der gezählten Einzelindividuen (3), der gezählten Horste oder Polster (2) und der geschätzten Deckungsgrade (1) auf den ersten zwei Komponenten (Achsen) der Hauptkomponentenanalyse.

Die drei Artmächtigkeitsangaben einer Aufnahme umfassen jeweils dieselben Arten und sind miteinander verbunden.

Fig. 4. Ordination of the different types of species values, i.e. the number of individuals (3), the number of tussocks and of cushions (2) and the plant cover (1) by principal component analysis; the first and second axis are represented.

The three species values of each relevé always comprise the same species and are joined together.

chenden Planierung und eventuellen Begrünung ergänzt. Im weiteren wurde die Flächenbedeckung der Gesamtvegetation, der Feinerde und der Steine (Körnung >2 mm) durch Schätzung festgehalten.

3.1.5. Bodenkundliche Methoden

Die Beschaffenheit der Bodenoberfläche inbezug auf die Körnung wurde auf den Dauerflächen während der Untersuchungsperiode jährlich aufgenommen. Denn die Zusammensetzung der Bodenoberfläche, insbesondere die Menge des vorhandenen Feinmaterials und des Humus, beeinflussen nach MOSIMANN (1983) die Vegetationsentwicklung oft entscheidend.

Neben jeder Dauerfläche wurde eine Bodenprobe bis zur Tiefe von 21 cm entnommen. Die Entnahme erfolgte in drei 7 cm dicken Schichten mit je einem Inhalt von 1000 cm³. Bei der Probeentnahme wurden die grösseren Steine auf der Bodenoberfläche und diejenigen innerhalb der Proben entfernt und an Ort und Stelle gewogen.

Von den luftgetrockneten Proben wurde die Feinerde (Körnung <2 mm) trocken ausgesiebt. Ein kleiner, mittels eines Probenteilers abgetrennter Teil der Feinerde bildete den Ausgangspunkt für die Bestimmung des Gehaltes an organischem Kohlenstoff. Nach der modifizierten Methode von WALKLEY und BLACK (STICHER 1978) wurde der organisch gebundene Kohlenstoff mittels Kaliumbichromat und konzentrierter Schwefelsäure oxidiert. Das durch diese Oxidation entstandene, dem Gehalt des organischen Kohlenstoffes entsprechende Cr³⁺ liess sich im Filtrat bei 578 nm Wellenlänge photometrisch bestimmen. Das Resultat dieser Analyse erlaubte es, den Gesamtgehalt der organischen Substanz zu ermitteln.

Zum besseren Verständnis der Bodenstruktur auf Skipistenplanierungen wurden auf planierten und standörtlich ähnlichen, ungestörten Flächen insgesamt zehn Bodenprofile gegraben, von denen zwei in Abb. 33 (Kap. 4.8.2.1.) dargestellt sind.

3.2. DATENAUSWERTUNG

3.2.1. Verwendung der Vegetationsdaten als numerische Werte, Artmächtigkeiten und Signaturen

Aufgrund der differenzierten Aufnahmemethode auf den 241 Flächen, nämlich dem Zählen der Einzelpflanzen, Horste oder Polster sowie dem Ermitteln des Deckungsgrades jeder Art, entstand eine unübersichtliche Datenmenge mit sehr unterschiedlichen Werten.

Kommen in einer Datenreihe sehr unterschiedliche Werte vor, kann man diese in Klassen einteilen. Allerdings ist es nicht einfach, die geeignete Klassengrösse und Klassenzahl festzulegen. Nach HENGST (1967) lassen zu kleine Klassen Zufallsschwankungen zu stark hervortreten. Zu grosse und dementsprechend wenige Klassen lassen zwar Zufallsschwankungen verschwinden, verwischen aber unter Umständen auch kennzeichnende Schwankungen. Als Richtlinie für die Anzahl der zu bildenden Klassen erwähnen BAHRENBURG und GIESE (1975) eine Faustregel von STURGES, nach welcher etwa $k=1+3.32 \times \log n$ Klassen zu bilden sind, wobei mit n die Anzahl der Werte und mit k die Anzahl der zu bildenden Klassen bezeichnet wurde. Nach HENGST (1967) ist im weiteren darauf zu achten, dass diejenige Klasse mit dem grössten Anteil an den Werten höchstens 20-25% aller Befunde enthält.

Aufgrund dieser Regeln waren für die gezählten und geschätzten Artmächtigkeitsangaben etwa 11 Klassen nötig. Die Einteilung der Artmächtigkeiten in Klassen ist in Tab. 2 dargestellt. Den Klassen wurden entsprechende Kennzahlen zugeordnet. Zur Bestimmung der Klassen wurde gemäss den Angaben von BAHRENBURG und GIESE (1975) von einem Intervall ausgegangen, das alle Werte von den entsprechenden Artmächtigkeiten, nämlich der gezählten Pflanzen (1 bis >100) sowie des ermittelten Deckungsgrades (<0.1%-100%), enthält. Es wurde aber nicht wie bei den beiden erwähnten Autoren das entsprechende Intervall direkt, sondern dessen Logarithmus zur Basis 10 in gleich lange Klassenintervalle unterteilt. Dies ermöglichte, der erwähnten Bedingung von HENGST (1967) einigermaßen zu genügen.

Tab. 2. Klassifikation der Artmächtigkeiten und Transformationen für die numerische Auswertung
Table 2. Classification of species values and transformations used for numerical analysis

Artmächtigkeit				Bei der numerischen Auswertung verwendete Werte		Signatur in den Vegetations-tabellen
Deckungsgrad (%) innerhalb der 2 ² Fläche von 0.5 m ²	Anzahl Pflanzen (Gruppen/Horste/ Einzelindividuen oder Keimlinge) pro 0.5 m ²	Kennzahl	Frequenz (%) der betreffenden Artmächtigkeitskennzahlen innerhalb der 241 Aufnahmen	Präsenz-Absenz-Skala	Berücksichtigung der Artmächtigkeit	
0	0			0	schwach	
<0.1	1	1	36.1	1	1.0	0
0.1	2	2	13.9	1	1.4	1
	3	3	9.0	1	1.7	2
0.2 - 0.3	4 - 6	4	13.0	1	2.0	3
0.4 - 0.7	7 - 10	5	8.0	1	2.2	4
0.8 - 1.5	11 - 15	6	6.1	1	2.5	5
1.6 - 3.1	16 - 25	7	5.3	1	2.7	6
3.2 - 6.3	26 - 39	8	3.4	1	2.8	7
6.4 - 12.5	40 - 63	9	2.9	1	3.0	8
12.6 - 25.1	64 - 100	Z(ehn)	1.0	1	3.2	9
25.2 - 50.1	>100	E(lf)	1.3	1	3.3	10
50.1 - 100.0				1		11

3.2.2. Numerische Auswertung der Vegetationsdaten

3.2.2.1. Beschreibung der numerischen Auswertverfahren

In der Pflanzensoziologie sind Klassifikation und Ordination zur Auswertung von Vegetationsdaten häufig angewendete Methoden (z.B. GAMS 1967 und WHITTAKER 1973).

Die Ordination ist eine Anordnung der Aufnahmen oder Arten entlang eines oder mehrerer Standortsgradienten. Sie erfolgt entweder direkt längs dieser Gradienten, die als gegeben vorausgesetzt werden, oder indirekt aus dem Vergleich der Aufnahmen bzw. der Arten untereinander (WHITTAKER 1973).

Die Klassifikation ist eine Zusammenfassung ähnlicher Bestände zu Gruppen, z.B. Vegetationseinheiten (WILDI 1986).

Zur Auswertung der zahlreichen Vegetationsaufnahmen auf den Skipistenplanierungen wurde eine multivariate, formal numerische Methode angewandt, welche nur mit Hilfe der EDV bewältigt werden konnte. Die zur Ordination und Klassifikation benötigten mathematischen Verfahren wurden mit Hilfe der in WILDI und ORLOCI (1980 und 1983) beschriebenen, umfangreichen Computer-Programmpaketen durchgeführt. Zur Berechnung stand die CDC-Computeranlage des Rechenzentrums der ETH Zürich zur Verfügung. Aus den erwähnten Programmpaketen kamen folgende, kurz umrissene mathematische Verfahren zur Anwendung:

- Mittels der Hauptkomponentenanalyse (PCA) werden die Vegetationsaufnahmen, oft auch die Arten, ordiniert. Dabei wird die Lage der Vegetationsaufnahmen bzw. der Arten aufgrund ihrer Ähnlichkeit untereinander in einem mehrdimensionalen, durch senkrecht aufeinander stehenden Achsen umschriebenen Raum berechnet. Die auf diese Weise ordinierten Vegetationsaufnahmen bzw. Arten werden in der Regel in eine Ebene projiziert dargestellt.
- Neben der Ordination lässt sich die Struktur der Aufnahmen oder Arten auch mit einer Clusteranalyse (complete linkage clustering) erfassen und in einem Ähnlichkeitsbaum (Dendrogramm) darstellen. Die gleiche Analyse liefert neben der erwähnten hierarchischen Ordnung eine Gruppierung (Klassifikation) der Vegetationsaufnahmen bzw. der Arten.
- Die GRID-Analyse (space density analysis, vgl. auch WILDI 1979) berechnet aus den durch die Hauptkomponentenanalyse gewonnenen Koordinaten eine Klassifikation der Vegetationsaufnahmen bzw. Arten.

Die erwähnten Analysen beruhen auf einer vorgängig berechneten Ähnlichkeitsmatrix, wozu das Skalarprodukt der zentrierten Daten als Ähnlichkeitsmass diente (WILDI und ORLOCI 1983).

3.2.2.2. Anwendung der numerischen Auswertverfahren

Alle 1978 erfassten Aufnahmeflächen wurden einer Hauptkomponentenanalyse, einer Clusteranalyse sowie einer GRID-Analyse unterzogen. Die aufgrund der Klassifikation hergestellte Vegetationstabelle ermöglichte eine Aufteilung der Vegetationsdaten. Mit Ausnahme des teilweise durch feine Unterschiede differenzierten Teildatensatzes der unbegrünten Planierungen auf saurem Silikat (vgl. Kap. 4.2.1.) liess sich die Struktur der Vegetationsaufnahmen und der Arten innerhalb der übrigen Datensätze aus der Ordination und Klassifikation der gesamten Datenmenge ableiten. Mit einer speziellen Auswertung wurden die feineren Strukturen und Unterschiede innerhalb des Teildatensatzes der unbegrünten Planierungen auf saurem Silikat erfasst. Für die Vegetationsaufnahmen und die Arten wurde eine Hauptkomponentenanalyse (Ordination) und anschliessend eine GRID-Analyse durchgeführt.

Bei den jährlich hintereinander von 1978 bis 1980, zum Teil 1981, aufgenommenen Dauerflächen fassen Vegetationstabellen oder Ordinationsmodelle Ähnlichkeiten in den Vegetationsveränderungen zusammen. Zur Beurteilung der Vegetationsveränderungen wurden auch im Herbst durchgeführte Vegetationsaufnahmen in das Ordinationsmodell einbezogen.

3.2.3. Tabellarische Auswertung der Vegetations- und Standortdaten

Bei den tabellarischen Auswertungen der 1978 erfassten Aufnahmeflächen und der Dauerflächen wurde die Aufteilung des gesamten Datenmaterials in drei Datensätze, nämlich der unbegrünten Flächen auf saurem Silikat und auf Dolomit sowie der begrünten Flächen, vorgenommen. Die hergestellten Ordinationsmodelle sowie die durchgeführten Gruppierungsanalysen lieferten die Grundlage für die Klassifikation und die von Hand durchgeführte Tabellenordnung. Ähnlich wie bei ZUMBUEHL (1983) erschwerten fließende und undeutliche Uebergänge die Gruppierung der Vegetationsaufnahmen und Arten.

Im Gegensatz zur üblichen Methode der Pflanzensoziologie (vgl. ELLENBERG

1956, MUELLER-DOMBOIS und ELLENBERG 1974) wurden die standörtlichen Eigenschaften der Aufnahmeflächen sowie die Zeigereigenschaften der Arten während der Tabellenarbeit nicht berücksichtigt. Dieses Vorgehen gewährleistete, dass für die Ordnung der Tabellen auch die feinen Unterschiede in der differenziert aufgenommenen Vegetation soweit wie möglich berücksichtigt wurden. Die standörtlichen Eigenschaften wurden erst nach der abgeschlossenen Klassifikation in die Tabellen aufgenommen. Auf diese Weise liess sich überprüfen, wieweit die ausgeschiedenen Vegetationseinheiten und Artkombinationen mit den Standortverhältnissen zusammenhängen.

3.2.4. Oekologische Zeigerwerte

Die Berechnung der mittleren Zeigerwerte erfolgte nach dem in LANDOLT (1977) beschriebenen Verfahren. Die Gewichtung der Artmächtigkeiten entsprach den bei der Klassifikation zugeordneten Kennwerten (vgl. Tab. 2). Es wurden nur diejenigen Zeigerwerte erfasst (Nährstoff-, Humus-, Diversitäts- und Temperaturzahl), welche auf Skipistenplanierungen erwartungsgemäss je nach Standort variieren oder diesen treffend charakterisieren. Die Bedeutung der einzelnen Zeigerwerte ist in LANDOLT (1977) erklärt. Auf den vegetationsarmen Flächen charakterisieren die ökologischen Zeigerwerte nur einen kleinen Teil des Bodens, da sie natürlich nur den durchwurzelten, oft etwas günstigeren Bereich erfassen. Auf den begrünten Flächen wurden die Zeigerwerte nicht ermittelt, da die angesäten, oft standortsfremden Arten eine Interpretation verunmöglichen.

3.3. DISKUSSION METHODISCHER PROBLEME

Die angewandte Aufnahmemethode erlaubt, die Vielfalt in der Zusammensetzung und Dichte der Vegetation auf Planierungen zu erfassen (z.B. Abb. 7 in Kap. 4.2.1.). Schwieriger ist es, Veränderungen der Vegetation bzw. des Standortes von 1978 bis 1980 (z.T. 1981) eindeutig festzustellen. Im folgenden wird nun diskutiert, wie zuverlässig die angewandte Aufnahmemethode Vegetationsveränderungen erfasst und wie sie in dieser Hinsicht verbessert oder ergänzt werden könnte:

- Eine wichtige Voraussetzung für die Erfassung der Vegetationsveränderungen war erfüllt, da sich während der Untersuchungsperiode dank der Markierung durch farbige Steine, Holzpföstchen oder Stahlstifte alle Dauerflächen eindeutig bestimmen liessen. Allerdings ist anzunehmen, dass sich die Markierungen einiger Dauerflächen im Zentimeterbereich verschoben haben. Bei der stark variierenden Pflanzendecke verfälschen schon solche kleinen Unstimmigkeiten die Vergleiche der jährlich erfassten Vegetation zum Teil beachtlich. Eine zusätzlich zur Markierung der Dauerflächen von Fixpunkten ausgehende Einmessung würde eine von Bodenbewegungen und Verschiebungen durch Tritt unabhängige Festlegung der Flächen ermöglichen. Eine Einmessung der Dauerflächen erleichtert zudem das Auffinden der Markierungen, welche wegen des Skibetriebes im Winter nicht über die Bodenoberfläche herausragen dürfen.

- Bei kleinen aufgenommenen Veränderungen liess sich oft nicht beurteilen, ob diese tatsächlich stattgefunden hatten oder durch Aufnahmefehler verursacht worden waren (vgl. Kap. 3.1.3.). Dem trägt die spätere Interpretation der Ergebnisse Rechnung.

Eine photographische Erfassung der Vegetation und der Bodenoberfläche wäre für das Festhalten von Veränderungen sehr nützlich, aber die Standardisierung der Aufnahmedistanz, des Aufnahmewinkels usw. wäre auf den vom Standort her sehr unterschiedlichen Flächen schwierig und würde einen beträchtlichen Aufwand erfordern.

- Auf einzelne Standorte fielen zu wenig Aufnahmeflächen oder Dauerflächen, um diese anhand der erfassten Vegetation eindeutig zu charakterisieren (vgl. Kap. 4.5.2.). Es wäre zu prüfen, ob eine grössere Anzahl, dafür nach einer einfacheren Aufnahmemethode erfasster Flächen zu eindeutigeren Aussagen führen würde als eine kleinere Anzahl, differenziert aufgenommener Flächen.

4. ERGEBNISSE

4.1. UEBERSICHT UND GLIEDERUNG DER VEGETATIONS-AUFNAHMEN

Das in Abb. 5 dargestellte Ordinationsmodell enthält alle 1978 erfassten Aufnahmen, die in den Gesamtvegetationstabellen (Beilagen 7-9) aufgeführt sind. Daraus geht hervor, dass sich die Aufnahmen auf vier Gruppen verteilen. Diese grobe floristische Einteilung hat ihre Ursache in Standortunterschieden:

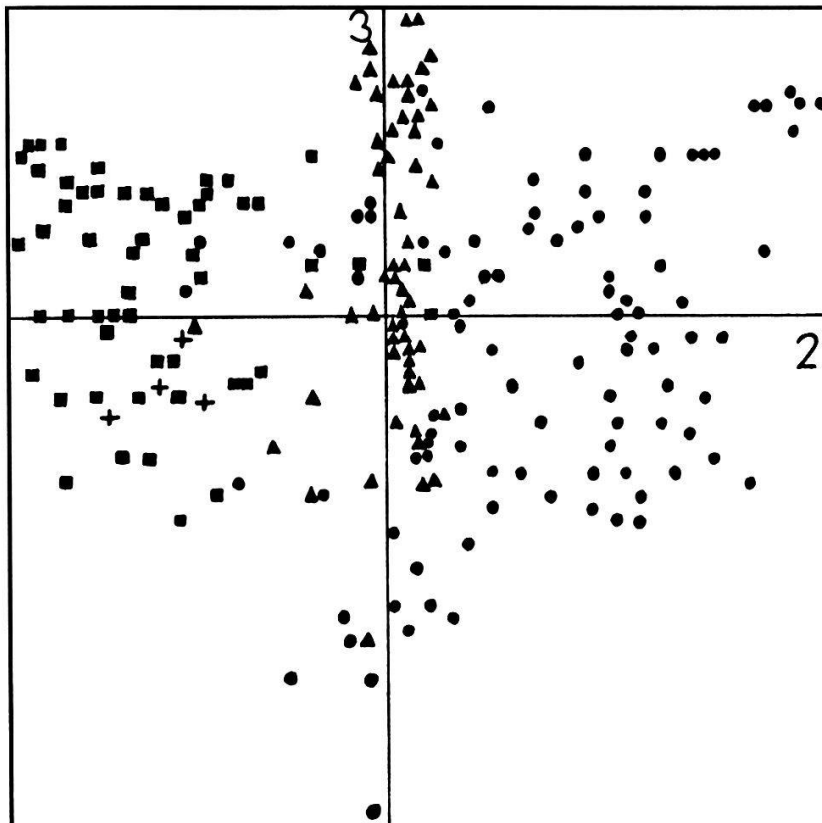
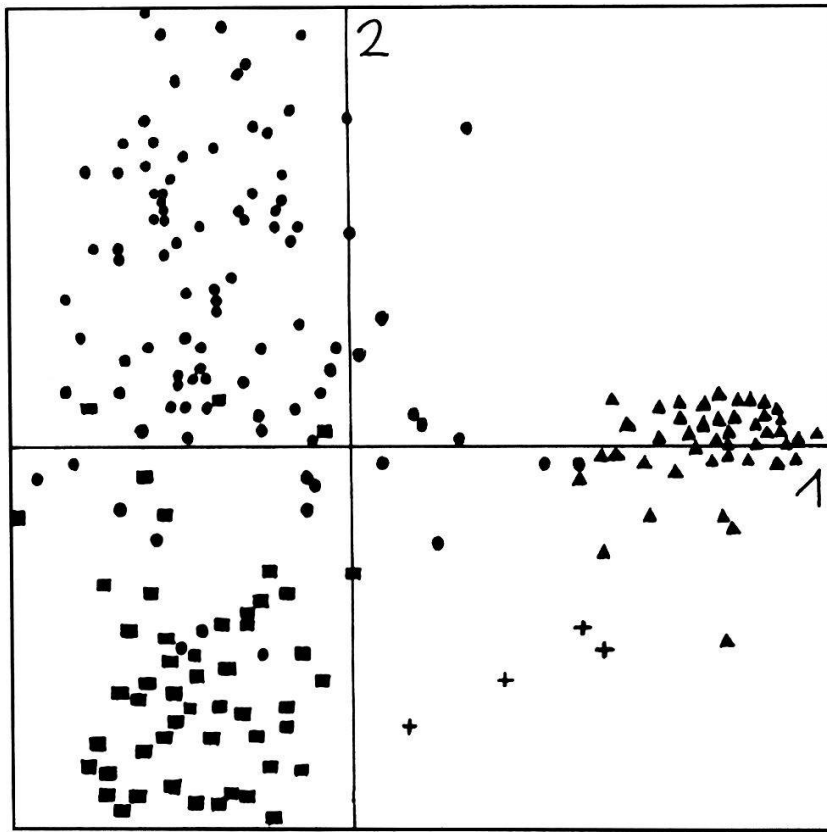
- 116 Aufnahmen entstammen unbegrünten Skipistenplanierungen mit saurem Silikat als Untergrund (Gesamtvegetationstabelle vgl. Beilage 7)
- 63 Aufnahmen entstammen unbegrünten Skipistenplanierungen mit Dolomit als Untergrund (Gesamtvegetationstabelle vgl. Beilage 9)
- 58 Aufnahmen wurden auf begrünten Skipistenplanierungen des sauren Silikates erhoben (Gesamtvegetationstabelle vgl. Beilage 8)
- 4 Aufnahmen wurden auf begrünten Skipistenplanierungen des Dolomites erhoben (Gesamtvegetationstabelle vgl. Beilage 9).

Der Uebergang zwischen den zum grössten Teil deutlich voneinander getrennten Aufnahmen der begrünten und unbegrünten Planierungen ist nicht sprunghaft, sondern fliessend (vgl. Abb. 5). Für die weitere Auswertung ist aber eine klare Trennung zwischen Aufnahmen begrünter und unbegrünter Planierungen zweckmässig. Deshalb werden nur Aufnahmeflächen, welche

Abb. 5 (S. 33). Ordination der 1978 erfassten 241 Vegetationsaufnahmen (Hauptkomponentenanalyse); die ersten drei Achsen sind dargestellt.

Fig. 5 (p. 33). Ordination by principal component analysis of the 241 relevés recorded in 1978; the first three axes are represented.

- ◼ Aufnahme unbegrünter Planierungen auf saurem Silikat
relevé of unsown levelled ski runs on acidic silicate
- ▲ Aufnahme unbegrünter Planierungen auf Dolomit
relevé of unsown levelled ski runs on dolomite
- ◼ Aufnahme begrünter Planierungen auf saurem Silikat
relevé of sown levelled ski runs on acidic silicate
- ⊕ Aufnahme begrünter Planierungen auf Dolomit
relevé of sown levelled ski runs on dolomite



die folgenden zwei Bedingungen erfüllen, zu den begrünten Planierungen gezählt:

- Der Deckungsgrad der angesäten Pflanzen ist mindestens halb so gross wie derjenige der natürlich aufgekommenen Pflanzen.
- Der Deckungsgrad der angesäten Arten beträgt mindestens 0.2%.

Für sichere Aussagen reichen die vier Aufnahmen des begrünten Teilstückes der Planierung 2 und 3 auf Dolomit (vgl. Beilage 1) nicht aus. Sie werden deshalb mit den Aufnahmen der unbegrünten Flächen des Dolomites zu einer Gruppe zusammengefasst (vgl. Kap. 4.3.1.).

Eine Struktur innerhalb der grossen, oben erwähnten Gruppen ist schwer erkennbar. Eine Aufteilung der Vegetationsaufnahmen entsprechend den Ergebnissen des Ordinationsmodelles (Abb. 5) in drei Teildatensätze lässt eine differenziertere Untersuchung und Beschreibung einzelner Gruppen zu. Wie aus Kap. 3.1.3. hervorgeht, werden Aufnahmeflächen, die nur von Flechten oder Steinmoosen bewachsen sind, wie vegetationslose behandelt.

4.2. UNBEGRUENTE SKIPISTENPLANIERUNGEN AUF SAUREM SILIKAT

4.2.1. Vegetation und Standort

Auf den Skipistenplanierungen ist im allgemeinen nur ein kleiner Teil des Bodens mit Vegetation bedeckt, währenddem der Deckungsgrad der Vegetation auf ungestörten Vergleichsflächen über 70%, oft sogar über 80% beträgt (vgl. Abb. 6). Zum Beispiel wurden auf den beiden in Abb. 6 dargestellten, aus der Luft aufgenommenen, sieben Jahre alten Planierungsabschnitten 2 und 3 am Rinerhorn (vgl. Beilage 4) folgende mittlere Werte festgestellt:

- auf 55% der Fläche bedeckt die Vegetation weniger als 0.1% des Bodens
- auf 15% der Fläche beträgt die Vegetationsbedeckung 0.1-1%
- auf 30% der Fläche beträgt die Vegetationsbedeckung 1-10%.

Die zur Beschreibung der Vegetation dienende Tabelle (Abb. 7) bestätigt die geringe Vegetationsdichte, die auf den 116 Flächen der unbegrünten Planierungen des sauren Silikates im Mittel nur 3.6% beträgt. Die vereinfachte Tabelle enthält in der Regel nur Arten, die in mehr als 10% der Aufnahmen vorkommen oder in einer Fläche einen grösseren Deckungsgrad als 6.3% aufweisen. Arten, welche diese Bedingungen nicht erfüllen, ergänzen die Tabelle nur, falls sie zur Beurteilung der Datenstruktur wichtig sind.

Die floristische Aufteilung der Vegetation auf den unbegrünten Planierungen des sauren Silikates ergibt 8 Gruppen von Vegetationsaufnahmen. Zwischen den Gruppen bestehen oft fließende Uebergänge. Die Vegetationstabelle (Abb. 7) und die hier nicht abgebildete Ordination des Teildatensatzes der unbegrünten Aufnahmen auf saurem Silikat zeigen diesen Sachverhalt deutlich.

4.2.1.1. Beschreibung der Artengruppen

Neben der Ordination dient die Beschreibung der Artengruppen (Abb. 7) als Grundlage für die Klassifikation der Vegetationsaufnahmen. Deshalb werden die einzelnen Artengruppen nachfolgend kurz erläutert.

Artengruppen As 1 und As 2

Die Arten dieser Gruppen weisen auf eine lange Schneebedeckung und auf eine kurze Vegetationsperiode hin. Sie ertragen keine Austrocknung. Die

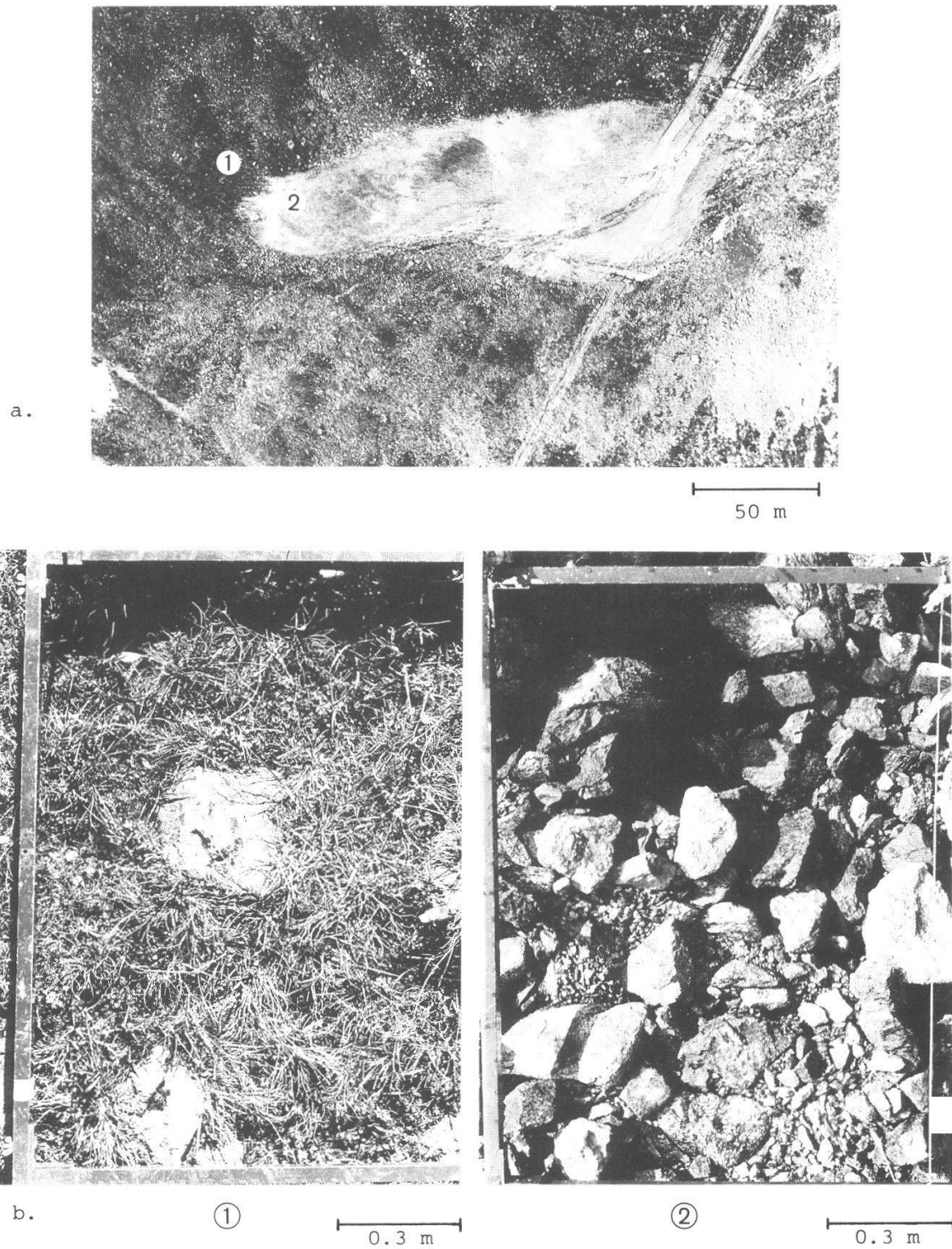


Abb. 6. Vergleich einer ungestörten mit einer planierten Fläche.
Fig. 6. Comparison between an undisturbed plot and a levelled plot.

- a. Luftaufnahme der Planierung - aerial photograph of the levelled ski run
- b. Nahaufnahmen der ungestörten Fläche neben der Planierung (1) und der planierten Fläche (2) - close-up of the undisturbed surface outside the levelled ski run (1) and of the levelled ski run (2)

Arten der Gruppe As 1 sind etwas stickstoffzeigend. Cardamine alpina (As 2) fehlt in der typischen Schneetälchenvegetation.

Artengruppen As 3 und As 4

Die Arten dieser Gruppen sind Alpenrasenpflanzen, welche bei nicht allzu ungünstigen Standortbedingungen auch ohne intakten, durchwurzelten Oberboden aufkommen und sich im allgemeinen schneller auszubreiten vermögen als Alpenrasenpflanzen der Gruppen As 5 und As 6. Arten der Gruppe As 3 sind auf Flächen mit ansatzweise geschlossener Pflanzendecke etwas weniger häufig anzutreffen als diejenigen aus As 4.

Artengruppen As 5 und As 6

Beide Artengruppen sind hauptsächlich auf Flächen vertreten, welche stellenweise Ansätze zu einer geschlossenen Vegetation aufweisen. Die Arten sind Alpenrasenpflanzen, welche nur auf Flächen mit einem wenigstens teilweise intakten, durchwurzelten Oberboden wachsen.

Artengruppe As 7

Die einzige Art dieser Gruppe, Poa alpina, wächst auf vielen Aufnahme-
flächen. Ihr Vorkommen ist vor allem mit Arten aus den Gruppen As 1, As 2, As 3 oder As 4 kombiniert.

Artengruppe As 8

Diese Artengruppe besteht nur aus Chrysanthemum alpinum. Sie fehlt auf Flächen mit Schneetälchencharakter, zeigt im übrigen eine relativ gleichmässige Verteilung über alle Vegetationseinheiten.

Artengruppe As 9

Die einzige Art dieser Gruppe, Cardamine resedifolia, ist eine Schutt- und Felspflanze, die im allgemeinen vegetationsarme Flächen bevorzugt.

Artengruppe As 10

Moose kommen in fast allen Aufnahmen vor; in einigen wenigen dominieren sie.

Artengruppe As 11

Diese Gruppe besteht aus Arten, welche in mehreren Flächen vorkommen und keine typische Verteilung aufweisen.

Artengruppe As 12

Die zu dieser Gruppe gehörenden Arten mit langen unterirdischen Ausläufern vermögen vereinzelt vegetationslose oder -arme Stellen auf eher tiefer gelegenen Planierungen zu besiedeln.

Artengruppe As 13

Die Pflanzen dieser Artengruppe stammen aus angesätem Saatgut.

Abb. 7 (S. 38-41). Vegetationstabelle der 1978 erfassten Aufnahme-
flächen der unbegrünteten Skipistenplanierungen auf saurem Silikat.

Fig. 7 (p. 38-41). Vegetation table of the relevés of unsown levelled
ski runs on acidic silicate, recorded in 1978.

Artmächtigkeit und Deckungsgrad der Arten in Prozenten
species value and plant cover (%):



4.2.1.2. Beschreibung der Vegetationseinheiten

Im folgenden werden die durch die Ordination gewonnene Klassifikation der Vegetationsaufnahmen und die Zeigerwert-Analyse (Tab. 3) diskutiert.

Vegetationseinheit S 1

Flächen, welche mit einer kurzen schneefreien Zeit, also einer kurzen Vegetationsperiode, vorlieb nehmen müssen, sind im allgemeinen von Schneetälchenarten besiedelt. Zur verzögerten Schneeschmelze tragen Eigenschaften des Standortes wie geringe Neigung, Muldenlage oder windgeschützte Lage bei. Je höher die Flächen gelegen sind, um so weniger ausgeprägt brauchen die oben umschriebenen Eigenschaften zu sein (z.B. die Flächen 1207 und 1209). Allerdings gibt es Flächen (1075, 1076, 1084), welche bezüglich des Standortes und der Dauer der Schneebedeckung eindeutig dieser Einheit zugeordnet werden müssten, aber aufgrund der aus unerklärlichen Gründen fehlenden Schneetälchenarten anderen Einheiten angehören.

Neben den eigentlichen Schneetälchenarten treten auf den Flächen dieser Vegetationseinheit auch oft Arten aus den Artengruppen As 2 und As 3 auf. Zudem beträgt der Deckungsgrad der Gesamtvegetation auf allen Flächen über 0.5%. Die Zeigerwerte der meisten Schneetälchenarten sowie von *Poa alpina* weisen darauf hin, dass der Standort dieser Vegetationseinheit im allgemeinen etwas reicher mit Nährstoffen versorgt ist als der Boden einer durchschnittlichen Planierung.

Tab. 3. Mittlere Zeigerwerte (nach LANDOLT 1977) von den Vegetationseinheiten der unbegrüntten Skipistenplanierungen auf saurem Silikat.

Table 3. Mean indicator values (after LANDOLT 1977) of the vegetation units on unsown levelled ski runs on acidic silicate.

* Bodenmoose nicht berücksichtigt - mosses not taken into consideration

Vegetations- einheit (vgl. Abb. 7)	Mittlere Zeigerwerte			
	Nährstoff- zahl	Humuszahl	Dispersitäts- zahl	Kontinenta- litätszahl
S 1	2.7	3.2	3.7	2.5
S 2	2.6	3.2	3.6	2.9
S 3	2.3	3.4	3.6	2.8
S 4	2.1	3.3	3.4	3.0
S 5*	2.2	3.5	3.7	2.9
S 6	2.8	3.0	3.5	3.0
S 7	2.5	3.2	3.5	2.9
Gesamte Vegetation	2.5	3.3	3.6	2.9

Vegetationseinheit S 2

Zu dieser Einheit gehören Flächen, deren Deckungsgrad der Gesamtvegetation mindestens 0.5% beträgt und deren oberste Bodenschichten inbezug auf den Feinerde- oder Humusgehalt oder andere günstige Bedingungen einigen ausgewählten Rasenpflanzen (Artengruppen As 2, As 3 und As 4) ein Aufkommen erlauben. Flächen, welche in der obersten Bodenschicht nur einen kleinen Feinerdegehalt aufweisen (1148, 1151 und 1176), sind unterhalb 2350 m gelegen und apert später aus als aufgrund ihrer Höhenlage zu erwarten wäre. Trotz des geringen Feinerdegehaltes trocknen sie deshalb im Sommer nicht aus.

Der Standort dieser Vegetationseinheit entspricht aufgrund der mittleren Zeigerwerte ungefähr dem Durchschnitt einer Planierung.

Vegetationseinheit S 3

Die Aufnahmen dieser Einheit weisen stellenweise Ansätze zu einer geschlossenen Pflanzendecke auf. Die humusreichen, durchwurzelten obersten Bodenschichten dieser Flächen wurden nur teilweise oder schwach abgetragen bzw. überschüttet, was sich bei einigen Flächen (1089, 1163) eindeutig im Humusgehalt der obersten Bodenschicht und dem oberflächlichen, gegenüber dem Durchschnitt (16.5%) erhöhten Feinerdeanteil von 65% bzw. 40% ausdrückt. Die Wurzeln und Sprosse in der nicht völlig abgetragenen oder zugeschütteten oberen Bodenschicht bilden den Ausgangspunkt für eine wieder aufkommende Pflanzendecke. Deshalb wachsen auf diesen Flächen Alpenrasenpflanzen, welche wegen ihrer langsamen Ausbreitung auf unzerstörte, wieder ausschlagende Sprosse angewiesen sind, wie z.B. die von GRABHERR (1978 und 1983) als typische Rasenbildnerin beschriebene Carex curvula. Neben diesen Arten aus den Gruppen As 5 und As 6 sind auch Rasenpflanzen aus As 3, vor allem aber aus As 4 gut vertreten.

Wie aus den mittleren Zeigerwerten hervorgeht, verdanken die Arten alpiner Rasen (Gruppen As 5 und As 6) ihr Aufkommen einem für Planierungen leicht überdurchschnittlichen Humusgehalt. Der vergleichsweise eher niedrige Nährstoffgehalt hemmt das Aufkommen dieser Arten offenbar nicht.

Vegetationseinheit S 4

In dieser Einheit besteht die Vegetation fast nur aus Chrysanthemum alpinum (Gruppe As 7) und/oder aus Cardamine resedifolia (Gruppe As 8). Der Deckungsgrad der Gesamtvegetation beträgt auf allen Flächen über 0.5%. Auf den Flächen dieser Einheit wurden die obersten Bodenschichten im allgemeinen ganz abgetragen oder völlig zugeschüttet. Offenbar erlaubten zum Teil feinerdereichere oder sonst günstig beschaffene Stellen in der oberen Bodenschicht ein Aufkommen der erwähnten Arten, die auf eine Ausbreitung durch Samen spezialisiert sind. Flächen oberhalb ca. 2450 m (1090, 1073, 1210) werden von den beiden Arten eher nur bei einem genügend grossen oberflächlichen Feinerdeanteil von über 10% besiedelt, hingegen Flächen aus tieferen Lagen (1143, 1152) zum Teil auch bei einem solchen unter 0.1%. Zwei der 17 Aufnahmen dieser Einheit (1090, 1210) weisen eine Neigung von über 70% auf.

Aus den vor allem durch Chrysanthemum alpinum und Cardamine resedifolia beeinflussten mittleren Zeigerwerten geht hervor, dass die Böden dieser Einheit im allgemeinen etwas schlechter mit Nährstoffen versorgt sind als diejenigen der anderen Einheiten.

Vegetationseinheit S 5

In den Aufnahmen dieser Einheit herrschen Bodenmoose vor. Entweder haben die Flächen eine feinerdereiche, feuchte Oberfläche (1080, 1082, 1083) oder diese ist durch eine lockere Schicht mehr oder weniger grosser Steine vor Austrocknung geschützt (1157).

Wegen der fehlenden Zeigerwerte für die Bodenmoose ist eine Charakterisierung durch mittlere Zeigerwerte nicht möglich.

Vegetationseinheit S 6

Dies ist eine Sammeleinheit anderweitig nicht klassifizierter Aufnahmen. Entweder herrschen Arten vor, welche in den anderen Einheiten nicht hervortreten, z.B. Arten aus den Gruppen As 10 und As 12, oder es treten in den übrigen Einheiten nicht vorkommende Artkombinationen auf. Die Dichte der Gesamtvegetation beträgt mindestens 0.5%.

Die Zeigerwerte weisen auf eine für Planierungen leicht überdurchschnittliche Versorgung mit Nährstoffen hin.

Vegetationseinheit S 7 und S 8

In der Einheit S 7 beträgt der Deckungsgrad der Vegetation auf allen Flächen weniger als 0.5%. Die Einheit S 8 vereint alle vegetationslosen Flächen.

Aufgrund der mittleren Zeigerwerte entsprechen die Aufnahmen der Einheit S 7 ungefähr dem durchschnittlichen Standort der unbegrünten Planierungen.

Bei einigen Flächen der Einheit S 7 bzw. S 8 lässt sich das Ausbleiben der Vegetation mehr oder weniger vom Standort her begründen:

Auf Flächen (1088, 1130) mit einer Neigung über 50% ist das Aufkommen der Vegetation erschwert.

Auf einigen Flächen (1153, 1136, 1166, 1158, 1081) hemmt ein geringer oberflächlicher Feinerdeanteil (<1%) die Entwicklung der Vegetation. Neben dem kleinen Feinerdeanteil müssen jedoch noch weitere ungünstige Standortbedingungen hinzukommen. Dies zeigt sich daran, dass auf einigen Flächen mit einem solchen geringen oberflächlichen Feinerdeanteil (1143, 1176) die Dichte der Vegetation über 2% beträgt.

Auf einigen Aufnahmen (241, 243, 244 usw.) war die Zeit für die Wiederbesiedlung offenbar zu kurz. Auf der frisch planierten, unbegrünten Skipiste (240-247) ist der Anteil der vegetationslosen oder -armen Flächen dementsprechend höher als auf älteren Planierungen.

Mit zunehmender Höhe steigen die Ansprüche, welche aufkommende Pflanzen an den Standort stellen. So sind zwei über 2450 m gelegene Flächen (1072, 1077) trotz ihres relativ hohen Feinerdegehaltes in der oberen Bodenschicht von 20% bzw. 60% vegetationslos.

Die mittleren Zeigerwerte (vgl. Tab. 3) der auf den unbegrünten Planierungen aufkommenden Vegetation charakterisieren die Böden im allgemeinen als mässig nährstoffarm (Nährstoffzahl von 2.5) und gut durchlüftet bzw. eher skelettreich (Dispersitätszahl von 3.6.). Der mittlere Anteil des oberflächlichen groben Skelettmaterials beträgt auf den 116 im Jahr 1978 erfassten Flächen dementsprechend 79.1%, derjenige der Feinerde 16.5%. Die Humuszahl (3.5) weist auf einen mittleren Humusgehalt und die Kontinentalitätszahl (2.8) wie in einigen von VETTERLI (1982) beschriebenen alpinen Rasengesellschaften auf eine verhältnismässig lange Schneebedeckung hin.

Wie in Kap. 3.2.4. erläutert, charakterisieren die Zeigerwerte nur die bewachsenen Stellen der Planierungen, bei geringer Deckung also keineswegs die ganze Bodenfläche.

4.2.1.3. Einfluss der Standortsfaktoren auf die Vegetation

Wie erwartet haben der Zerstörungsgrad der oberen Bodenschicht bzw. der Feinerde- und Humusgehalt sowie das Vorhandensein lebender Sprosse oder Wurzeln gewisser Alpenrasenpflanzen auf das Aufkommen der Vegetation einen grossen Einfluss. Die differenzierende Wirkung des Zerstörungsgrades der oberen Bodenschicht auf die Vegetation zeigt sich vor allem bei den Flächen der Vegetationseinheit S 3.

Aus der Beschreibung der Vegetationseinheiten geht hervor, dass die übrigen Standortsfaktoren (Neigung, Exposition und Höhenlage) ausser bei den Flächen der Einheit S 1 die Vegetation weniger eindeutig beeinflussen als der Zerstörungsgrad der oberen Bodenschicht. Auf den Zusammenhang der Vegetation mit der für die Wiederbesiedlung zur Verfügung stehenden Zeit wird in Kap. 4.2.3. eingegangen.

4.2.2. Zeitliche Veränderungen von Vegetation und Standort

4.2.2.1. Vergleich der jährlich erfassten Vegetation

Veränderungen in der Deckung und Zusammensetzung der Vegetation auf den unbegrünten Dauerflächen des sauren Silikates lassen sich aus Abb. 8, welche die Vegetationsaufnahmen der drei Untersuchungsjahre 1978, 1979 und 1980 vereint, herauslesen. Die Vegetationseinheiten, welche aufgrund

Abb. 8 (S. 46 und 47). Vegetationsveränderungen auf den unbegrünten Dauerflächen des sauren Silikates.

Fig. 8 (p. 46 and 47). Changes in vegetation of unsown permanent plots on acidic silicate.

Zeitpunkt der Aufnahme - time of recording: A = 1978, B = 1979, C = 1980

Artmächtigkeit - species value:



Kennzahl (Transformation in die Deckungsgrade vgl. Tab. 2)
characteristic (transformation into the plant cover comp. table 2)

Entwicklungstendenzen der Artmächtigkeiten von 1978 - 1980

tendencies of development of species values between 1978 and 1980



stetige Abnahme
continuous decrease



stetige Zunahme
continuous increase



1979 grösster Deckungsgrad
greatest plant cover in 1979



keine Veränderungen
no changes

der 1978 erfassten Flächen gebildet worden sind, dienen zur Beschreibung der Veränderungen als Ausgangspunkt.

Vegetationseinheit S 1

Die Dauerflächen dieser Einheit weisen im letzten Untersuchungsjahr die geringste Deckung auf. Bei den über 2450 m gelegenen Flächen (205, 207) nimmt sie von 1978 bis 1980 stetig ab. Auf den unter 2350 m gelegenen Flächen (176, 122) hingegen ist der Deckungsgrad der Vegetation im mittleren Untersuchungsjahr am grössten.

Vegetationseinheit S 2

Vom ersten zum zweiten Untersuchungsjahr dominieren eindeutig zunehmende Artmächtigkeiten. Dementsprechend ist auch der Deckungsgrad der Gesamtvegetation auf allen Aufnahmen dieser Einheit 1979 grösser als 1978, hingegen 1980 auf den meisten Flächen etwas geringer als 1979.

Vegetationseinheit S 3

Während der dreijährigen Untersuchungsperiode ist in dieser Vegetationseinheit ein Rückgang der Vegetation zu verzeichnen. Dazu tragen hauptsächlich die Arten der alpinen Rasen aus den Artengruppen As 4, As 5 und As 6 bei. Auf den Dauerflächen, welche 1978 die dichteste Pflanzendecke aufwiesen (117, 163, 220), ist die Abnahme der Vegetation besonders ausgeprägt. Diese verläuft entweder stetig (117, 163) oder dann über einen Höchststand der Vegetation im mittleren Untersuchungsjahr.

Vegetationseinheit S 4

Die vorherrschenden Arten Chrysanthemum alpinum und Cardamine resedifolia zeigen positive Entwicklungstendenzen. Zudem ist der Deckungsgrad der Gesamtvegetation 1980 im allgemeinen grösser als 1978.

Vegetationseinheit S 5

Die Deckung der vorherrschenden Bodenmoose nimmt zu. Die übrigen Arten hingegen weisen abnehmende Tendenzen auf.

Vegetationseinheit S 7

In dieser Einheit, welche Flächen mit einem Deckungsgrad der Gesamtvegetation unter 0.5% vereint, gibt es Dauerflächen mit zunehmenden Tendenzen (179), solche mit abnehmenden Tendenzen (226) und Dauerflächen, deren Pflanzendecke sich von 1978 bis 1980 nicht verändert (132, 136).

Während der drei Untersuchungsjahre verhält sich die Vegetation auf den 39 Dauerflächen zum Teil sehr unterschiedlich. Das bei einigen Flächen hinzugefügte vierte Untersuchungsjahr bestätigt die teilweise gegensätzlichen Veränderungen (vgl. Abb. 9).

Von 1978 bis 1980 lassen sich andeutungsweise einander zum Teil überschneidende Tendenzen der Vegetationsveränderungen erkennen, was auch aus Abb. 10 hervorgeht.

- Diejenige Tendenz, welche im mittleren Untersuchungsjahr einen Höhepunkt in der Artmächtigkeit aufweist, herrscht vor, was Abb. 9 und Abb. 10 deutlich zeigen.
- Eine oft ausgeprägte abnehmende Tendenz weisen manche, hauptsächlich in der Vegetationseinheit S 3 mit grosser Artmächtigkeit vorkommende Arten alpiner Rasen auf.

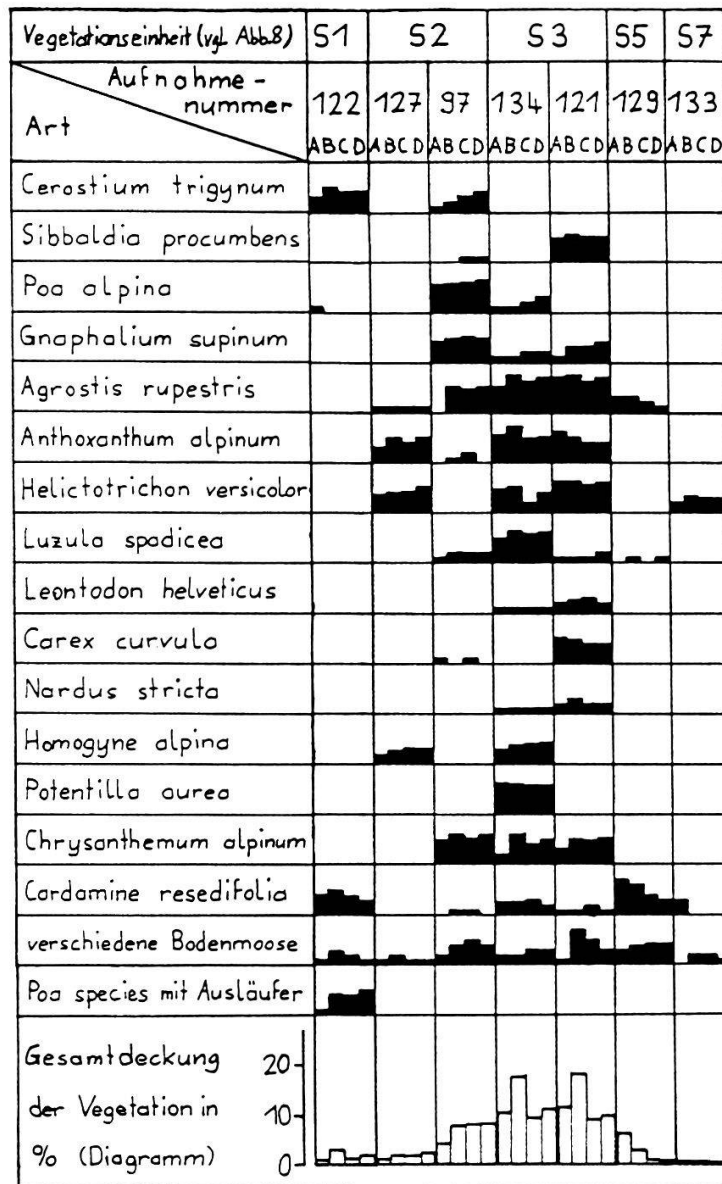


Abb. 9. Vegetationsveränderungen von 1978 bis 1981 auf einigen unbegrün-
ten Dauerflächen des sauren Silikates.

Fig. 9. Changes in vegetation between 1978 and 1981 on some unsown
permanent plots on acidic silicate.

Zeitpunkt der Aufnahme - time of recording:

A = 1978, B = 1979, C = 1980, D = 1981

Artemächtigkeit und Deckungsgrad der Arten in Prozenten

species value and plant cover (%):



- Eine schwach zunehmende Tendenz einzelner Arten ist auf den Dauerflächen der Vegetationseinheiten S 2 und S 4, insbesondere bei den Artengruppen As 8, As 9 und As 10 zu verzeichnen. Die zunehmende Tendenz ist im allgemeinen durch etwas kleinere Artmächtigkeiten vertreten als die beiden oben erwähnten Tendenzen. Deshalb wirken sich die Zunahmen im Vergleich zu den Abnahmen auf das Verhalten der Gesamtvegetation etwas schwächer aus.

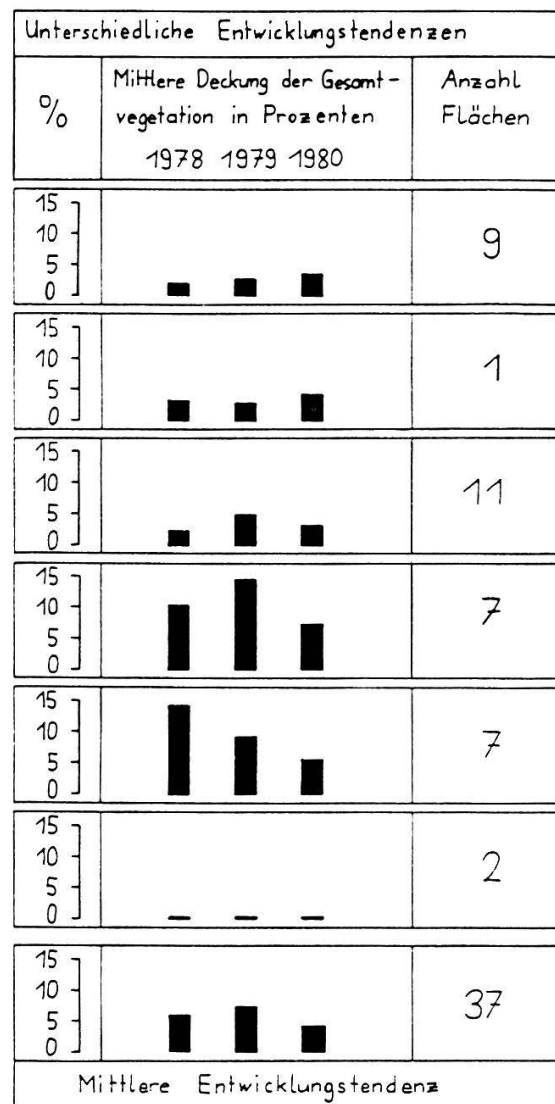


Abb. 10. Charakterisierung der Vegetationsveränderungen auf den unbesäten Flächen des sauren Silikates.

Fig. 10. Characterization of the changes in vegetation of unsown plots on acidic silicate.

- Keine Veränderungen der Artmächtigkeiten während der drei Untersuchungsjahre weisen die Dauerflächen nur selten auf.

Auf knapp der Hälfte der Dauerflächen ist die Vegetationsbedeckung im mittleren Untersuchungsjahr (1979) am grössten. Eine schwache Mehrheit, nämlich 54% der Dauerflächen, weisen 1978 eine geringere Vegetationsdichte auf als 1980; auf 37% der Flächen verhält es sich umgekehrt (vgl. auch Abb. 10). Auf letzteren ist die Deckung 1980 ausgeprägt geringer als 1978. Dementsprechend ist die mittlere Deckung der Gesamtvegetation aller 37 unbegrünten Dauerflächen im letzten Untersuchungsjahr (1980) signifikant (t-Test, 5%) am tiefsten und im mittleren Untersuchungsjahr, allerdings nicht signifikant, am grössten (5.9%, 7.1%, 4.3%).

Vor allem bei der Beurteilung kleinerer Unterschiede ist zu beachten, dass sich die Vegetation nicht nur von Jahr zu Jahr, sondern auch innerhalb einer Vegetationsperiode, z.B. vom Hochsommer bis zum Herbst, verändert, was Abb. 11 deutlich zeigt. Die Deckung nimmt 1979 vom Hochsommer bis zum Herbst eher zu, 1980 hingegen eher ab. Vegetationsveränderungen zwischen Hochsommer und Herbst sind im allgemeinen nicht grösser als jene von Jahr zu Jahr.

4.2.2.2. Vergleich der jährlich erfassten Bodenoberfläche

Der mittlere Feinerdeanteil der Bodenoberfläche nimmt auf den 37 vor 1978 planierten Dauerflächen von 1978 bis 1980 ab (16.9%, 7.0% 7.4%), der Anteil der Steine (Körnung >2mm) entsprechend zu (77.5%, 85.7%, 87.7%), wie auch aus Abb. 12 hervorgeht. Beim Vergleich der Bodenoberflächen der verschiedenen Untersuchungsjahre ist allerdings zu beachten, dass die Angaben über den Anteil der Feinerde bzw. der Steine auf Schätzungen beruhen (vgl. Kap. 3.1.4.). Der Feinerdeanteil auf der Bodenoberfläche der frisch planierten Skipiste Nr. 4 im Parsenngbiet (Aufnahmen 241, 242, 243, 245 und 246) nimmt von 1978 bis 1980 stärker ab als auf den übrigen seit einiger Zeit planierten Flächen.

Da keine bedeutende oberflächliche Abschwemmung von Feinmaterial zu beobachten ist, müssen die Feinerde und der Humus in tiefere Bodenschichten verlagert werden. Die Beobachtung, dass die dunkelbraune, vom aufliegenden Humus verursachte Farbe frischer Planierungen im Laufe der Zeit verschwindet, bestätigt die Verlagerung des Feinmaterials. Es ist klar, dass diese Abnahme des Feinerdegehaltes an der Oberfläche die ohnehin schon ungünstigen Bedingungen für eine Wiederbesiedlung durch Pflanzen weiter verschlechtert.

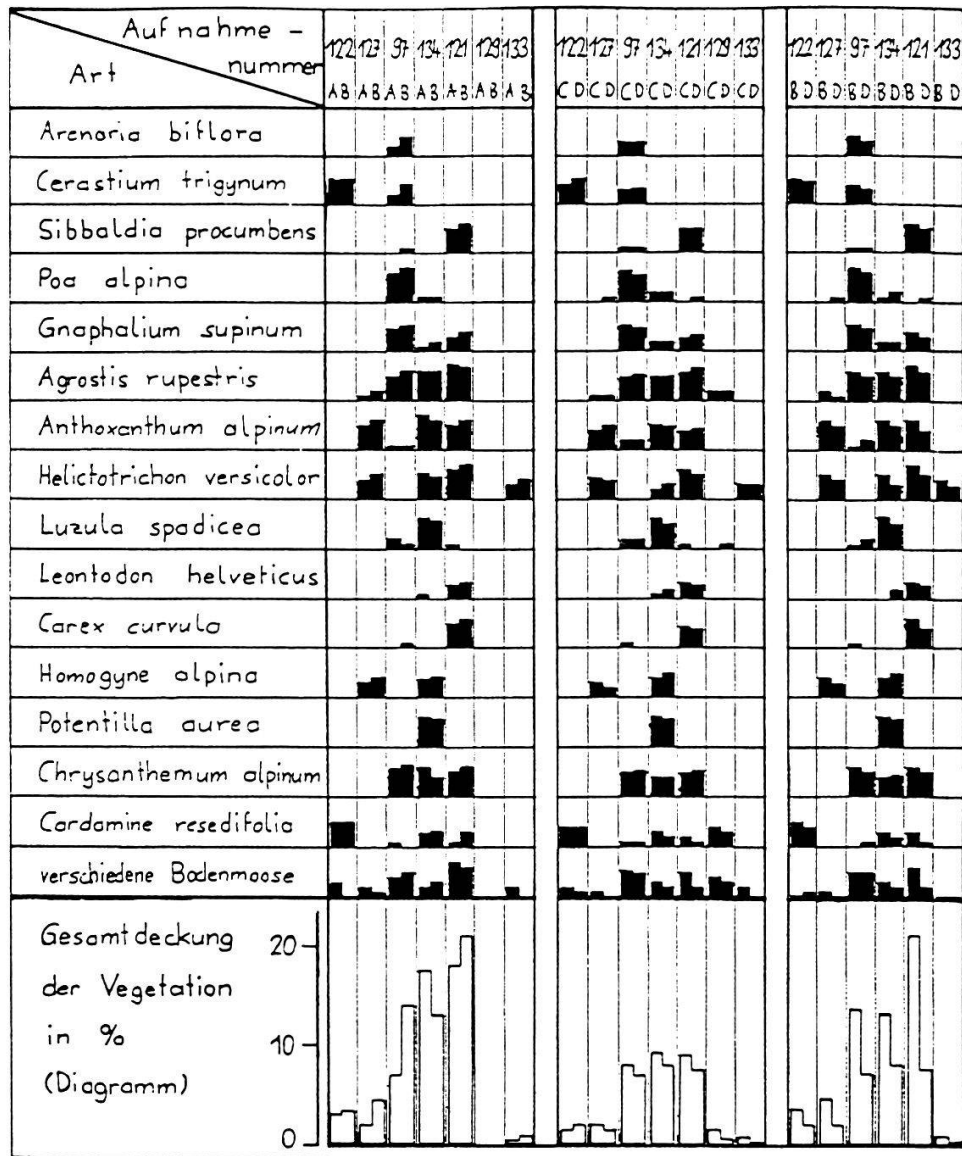


Abb. 11. Vergleich einiger im Hochsommer und Herbst aufgenommener, unbe-
grünter Dauerflächen des sauren Silikates.

Fig. 11. Comparison of some unsown permanent plots on acidic silicate,
recorded in midsummer and in autumn.

Zeitpunkt der Aufnahme - time of recording:

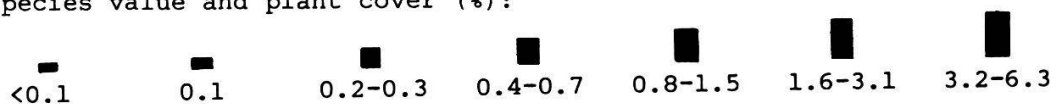
A = Sommer 1979 - summer 1979

B = Herbst 1979 - autumn 1979

C = Sommer 1980 - summer 1980

D = Herbst 1980 - autumn 1980

Artmächtigkeit und Deckungsgrad der Arten in Prozenten
species value and plant cover (%):



4.2.2.3. Einfluss der Bodenoberfläche auf die Vegetationsveränderungen

Dem im allgemeinen abnehmenden oberflächlichen Feinerdeanteil stehen eher uneinheitliche Vegetationsveränderungen gegenüber. Deshalb nimmt die Vegetation auf den Dauerflächen, deren Feinerdeanteil von 1978 bis 1980 zurückgeht, während der drei Untersuchungsjahre teils zu (Vegetationseinheit S 4) und teils ab (Einheit S 1 und S 3). Im durchwurzelten Boden wird die Feinerde weniger stark verlagert als im unbewachsenen (vgl. Kap. 4.2.2.), sodass die bereits aufgekommene Vegetation nur wenig beeinträchtigt, hingegen die Neubesiedlung "nackter" Stellen erschwert wird. Dementsprechend ist eine mit dem Rückgang des Feinerdeanteils zusammenhängende Abnahme der Deckung nicht sofort zu erwarten.

Erstaunlicherweise nimmt die verhältnismässig dichte Vegetationsbedeckung auf den Flächen der Einheit S 3 trotz eines mehr oder weniger intakten Oberbodens in der Regel ab.

4.2.2.4. Einfluss der Standortsfaktoren auf die Veränderungen der Vegetation und des Bodens

Zwischen dem Alter der Planierung und den Veränderungen des Bodens während der drei Untersuchungsjahre besteht ein Zusammenhang, wie die oben erwähnte Abnahme des oberflächlichen Feinerdeanteils auf frisch planierten Flächen deutlich zeigt (vgl. auch Abb. 12).

Die Zu- und Abnahmen der Vegetationsbedeckung sind unregelmässig auf Dauerflächen unterschiedlicher Höhenlagen und mit unterschiedlich langer Schneebedeckung sowie starken und schwachen Neigungen verteilt. Dementsprechend weist die Deckung der Vegetation auf Dauerflächen mit einheitlichem Standort, wie den Aufnahmen aus der Einheit S 1 mit langer Schneebedeckung oder denjenigen mit einer Neigung über 60% (90, 129), von 1978 bis 1980 zu- oder abnehmende Tendenzen auf. Zwischen den genannten Standortsfaktoren und den Veränderungen der Vegetation besteht also kein ersichtlicher Zusammenhang. Auf die Frage, ob mit einer grösseren Anzahl Dauerflächen doch noch Beziehungen zwischen den Veränderungen der Vegetation und den einzelnen Standortsfaktoren hätten erkannt werden können, wurde in Kap. 3.3. eingegangen.

Die Auswirkungen der Witterung auf die Vegetationsveränderungen werden in Kap. 5.1.1. diskutiert.

4.2.3. Vergleich von Skipistenplanierungen unterschiedlichen Alters

4.2.3.1. Vegetation

Unterschiedlich alte Planierungen werden mit Hilfe von Abb. 13 inbezug auf die Zusammensetzung und Dichte der Vegetation verglichen.

Auf den frisch planierten Flächen (240-247) ist der durchschnittliche Deckungsgrad der Vegetation (0.3%) über 10 mal kleiner als auf den älteren Planierungen (109 Flächen, 3.8%), wobei sich dieser deutliche Unterschied wegen der grossen Differenz der Flächenzahl statistisch nicht absichern lässt.

Die meist spärliche Vegetation der kurz nach der Planierung aufgenommenen Flächen besteht hauptsächlich aus Arten, welche aus in der Bodenoberfläche enthaltenen, intakten Rhizomen oder Sprossen der ursprünglichen Alpenrasenvegetation ausgetrieben sind.

In der weniger als ein Jahr betragenden Zeitspanne konnten andere Arten noch nicht einwandern. Deshalb fehlen auf den acht frisch planierten Flächen Arten wie Chrysanthemum alpinum oder Cardamine resedifolia, welche auf älteren Planierungen relativ häufig sind. In der Zusammensetzung und Dichte der Vegetation bestehen zwischen den sechs- und achtjährigen Planierungen keine wesentlichen vom Alter herkommenden Unterschiede, wie aus Abb. 13 hervorgeht. Dementsprechend klein ist die Differenz der mittleren Vegetationsbedeckung von den sechs- und achtjährigen Planierungen (2.3% bzw. 2.8%). Hingegen fällt auf, dass die Vegetationsdichten von den Aufnahmen der jüngeren Planierungen stärker gestreut sind als diejenigen der älteren. Dementsprechend ist die mittlere prozentuale Abweichung vom Mittelwert auf den sechsjährigen Planierungen beinahe doppelt so gross wie auf den achtjährigen (205% bzw. 106%).

4.2.3.2. Boden

Der durchschnittliche oberflächliche Feinerdeanteil ist auf den frisch planierten Flächen wesentlich grösser als auf im Standort ähnlichen sechsjährigen Planierungen (47% bzw. 21%). Dieser Unterschied bestätigt das bei der Beobachtung der Dauerflächen erhaltene Ergebnis (Kap. 4.2.2.2.), dass in den ersten Jahren nach der Planierung das oberflächliche Feinmaterial in tiefere Bodenschichten verlagert wird. Sobald Planierungen älter als ca. drei bis sieben Jahre sind, verlangsamt sich

diese Verlagerung. So ist der mittlere oberflächliche Feinerdeanteil auf den 33 Flächen der achtjährigen Planierungen mit 19% nur unwesentlich kleiner als derjenige auf den 15 Flächen der sechsjährigen Planierungen mit 21%.

4.3. UNBEGRUENTE SKIPISTENPLANIERUNGEN AUF DOLOMIT

4.3.1. Vegetation und Standort

Aufgrund der durchgeführten Klassifikation ergeben sich acht Vegetationseinheiten und sechs Artengruppen, wie auch aus Abb. 14 hervorgeht. Diese Abbildung enthält auch die vier Aufnahmen des begrünten Teils der Planierungen 2 und 3 am Strela (vgl. Beilage 1). Wegen ihrer geringen Anzahl werden sie zusammen mit den unbegrünten Flächen beschrieben (vgl. Kap. 4.5.1.).

Die mittlere Deckung der Gesamtvegetation beträgt auf den 63 unbegrünten Flächen 6.5% und auf den 4 begrünten 35.3%.

4.3.1.1. Beschreibung der Artengruppen

Artengruppe Ad 1

Zu dieser Artengruppe gehören Alpenrasenpflanzen, welche im allgemeinen nur auf einem wenigstens teilweise intakten, für Planierungen humusreichen, durchwurzelten Oberboden wachsen.

Artengruppe Ad 2

Die Arten dieser Gruppe, meist Alpenrasenpflanzen, kommen, sofern der Humus- oder Feinerdeanteil nicht allzu ungünstig ist, auch ohne intakten, durchwurzelten Oberboden auf.

Artengruppe Ad 3

Die Arten dieser Gruppe bevorzugen wie Plantago atrata eine lange Schneebedeckung oder dann wie Poa alpina und Ranunculus montanus feinerdereiche Böden, also solche, die bei Trockenperioden relativ lange feucht bleiben.

Artengruppe Ad 4

Bodenmoose kommen in fast allen Aufnahmen vor, erreichen aber, von einer Ausnahme abgesehen (Fläche 1044), nur einen geringen Deckungsgrad.

Artengruppe Ad 5

Die Arten dieser Gruppe vermögen auch noch bei eher ungünstigen Standortbedingungen, z.B. einer humusarmen Bodenoberfläche, aufzukommen.

Artengruppe Ad 6

Die einzige Art dieser Einheit, nämlich Arabis pumila, ist wie die Pflanzen der Gruppe Ad 5 inbezug auf den Humusgehalt im allgemeinen anspruchslos. Ihre Stetigkeit ist aber eindeutig geringer als diejenige bei den Arten der Gruppe Ad 5.

Artengruppe Ad 7

Diese Artengruppe vereint alle angesäten Arten.

Die auf verschiedenen Aufnahmen vertretenen Arten wie Plantago atrata, Potentilla dubia und Achillea atrata weisen nach VETTERLI (1981) auf eine Aperaturzeit von nur 2-3.5 Monaten hin. Sie sind nicht zu einer Arten-

gruppe zusammengefasst, da sich ihr Vorkommen nicht auf bestimmte Standorte, z.B. Mulden, beschränkt.

4.3.1.2. Beschreibung der Vegetationseinheiten

Es ergeben sich folgende Vegetationseinheiten, welche durch die in Tab. 4 dargestellten mittleren Zeigerwerte noch zusätzlich charakterisiert werden.

Tab. 4. Mittlere Zeigerwerte (nach LANDOLT 1977) von den Vegetationseinheiten der unbegrünten Skipistenplanierungen auf Dolomit.
Table 4. Mean indicator values (after LANDOLT 1977) of the vegetation units on unsown levelled ski runs on dolomite.

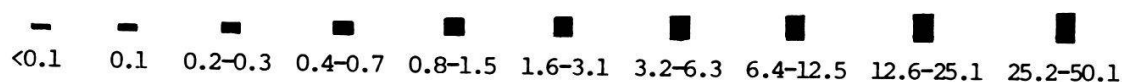
- * Vegetationseinheit besteht nur aus zwei Aufnahmen
vegetation unit from only two relevés
- ** ohne die Zeigerwerte der Vegetationseinheit D 4
without the indicator values of vegetation unit D 4

Vegetationseinheit (vgl. Abb. 14)	Mittlere Zeigerwerte			
	Nährstoffzahl	Humuszahl	Dispersitätszahl	Kontinentalitätszahl
D 1	2.3	3.0	2.9	3.1
D 2	2.5	2.7	3.0	3.1
D 3	3.1	3.1	3.6	3.0
D 4*	3.2	3.2	3.6	2.9
D 5	1.9	2.5	2.3	2.9
D 6	2.5	2.8	2.8	3.0
D 7	2.3	2.8	2.7	2.9
Gesamte Vegetation**	2.5	2.8	2.9	3.0

Abb. 14 (S. 60 und 61). Vegetationstabelle der 1978 erfassten Aufnahme-
flächen der Skipistenplanierungen auf Dolomit.

Fig. 14 (p. 60 and 61). Vegetation table of relevés of levelled ski runs
on dolomite recorded in 1978.

Artmächtigkeit und Deckungsgrad in Prozenten
species value and plant cover (%):



Artengruppe bzw. Art		Vegetationseinheit							
		D 1	D 2	D 3	D 4	D 5	D 6	D 7	D 8
Ad 1	Carex firma								
	Helianthemum alpestre								
	Carex sempervirens								
	Festuca pumila								
	Salix serpyllifolia								
	Hieracium bifidum								
	Sesleria coerules								
	Soldanella alpina								
	Anthyllis alpestris								
	Campanula scheuchzeri								
Ad 2	Ligusticum mutellina								
	Veronica alpina								
	Leontodon hispidus								
	Ranunculus alpestris								
	Achillea atrata								
	Viola calcarata								
	Crepis aurea								
	Moehringia ciliata								
	Potentilla dubia								
	Poa alpina								
Ad 3	Polygonum viviparum								
	Ranunculus montanus								
	Plantago atrata								
	Bodenmoose								
Ad 4	Hutchinsia alpina								
	Sedum atratum								
	Minuartia verna								
	Draba aizoides								
Ad 5	Arabidopsis								
	Festuca rubra								
Ad 6	Festuca pratensis								
	Trifolium pratense s.l. oder T. hybridum								
	Alpecurus pratensis								
	Aufnahmenummer								
Ad 7	Vegetationseinheit								

Vegetationseinheit D 1

Die Aufnahmen dieser Einheit weisen stellenweise Ansätze zu einer kleinflächig geschlossenen, artenreichen Pflanzendecke auf. Die humusreichen, durchwurzelterten obersten Bodenschichten wurden an diesen Stellen nur teilweise abgetragen oder überschüttet, was sich z.B. bei den Flächen 1044, 1045 und 1050 im gegenüber dem Durchschnitt von 13.3% grossen oberflächlichen Feinerdeanteil (53.0%, 23.9%, 25.0%) oder bei der Fläche 1052 im vergleichsweise hohen Humusgehalt der obersten Bodenschicht ausdrückt.

Dementsprechend weisen die mittleren Zeigerwerte auch auf einen für Planierungen leicht überdurchschnittlichen Humusgehalt. Erstaunlicherweise ist der Nährstoffgehalt eher gering, was das Aufkommen der Vegetation offenbar nicht hemmt.

Vegetationseinheit D 2

Dank dem vergleichbar günstigen Feinerde- oder Humusgehalt in der oberen Bodenschicht kommen in dieser Einheit mit Ausnahme der Arten aus der Gruppe Ad 1 die meisten in der Einheit D 1 vertretenen Alpenrasenpflanzen vor. Andere ungünstige, die Artenzahl nur wenig einschränkende Bedingungen, wie eine Höhenlage über 2400 m oder eine Neigung über 50%, lassen keine so dichte Vegetation aufkommen wie in der Einheit D 3. Die mittleren Zeigerwerte dieser Einheit entsprechen etwa dem Durchschnitt der unbegrünten Planierungen.

Vegetationseinheit D 3

Mit einer Ausnahme (1030) befinden sich die Flächen dieser Einheit in mehr oder weniger ebener Lage, in einer leichten Mulde oder am Hangfusse. Der für Planierungen gegenüber dem Durchschnitt (13.3%) grosse mittlere Anteil der oberflächlichen, teilweise eingeschwemmten Feinerde von 21.5% ist dafür verantwortlich, dass der Boden im allgemeinen auch in Trockenperioden feucht bleibt und genügend Nährstoffe zu speichern vermag. Dementsprechend kommt stellenweise eine im Vergleich zu anderen Einheiten dichte Pflanzendecke auf, vor allem mit Poa alpina, Plantago atrata und Ranunculus montanus aus der Artengruppe Ad 3.

Die durch die soeben erwähnten Arten stark beeinflussten mittleren Zeigerwerte bestätigen, dass die Flächen dieser Einheit für Planierungen verhältnismässig nährstoff-, humus- sowie feinerdereich und wohl schlechter durchlüftet sind.

Vegetationseinheit D 4

In der Artengarnitur entspricht die Vegetation dieser Einheit derjenigen der Vegetationseinheit D 3. Dagegen ist die Dichte der Vegetation geringer, und die Arten der Gruppe Ad 3 dominieren nicht mehr so stark. Die Aufnahmen dieser Einheit weisen eine eindeutig grössere Neigung und einen teilweise geringeren Feinerdeanteil (1049) auf als bei der oben genannten Vegetationseinheit.

Vegetationseinheit D 5

Auf den Flächen dieser Einheit besteht die Vegetation hauptsächlich aus Hutchinsia alpina, Sedum atratum sowie Minuartia verna aus der Artengruppe Ad 5. Diese Arten verlangen einen dem Durchschnitt der Planierungen auf Dolomit ungefähr entsprechenden oberflächlichen Feinerdeanteil (13.3%) sowie eine gute Durchlüftung des Bodens, was auch aus den mittleren Zeigerwerten hervorgeht. Sie sind dafür inbezug auf den Nährstoff- und mit Ausnahme von Hutchinsia alpina auf den Humusgehalt anspruchslos.

Aufgrund der mittleren Zeigerwerte gehören die nährstoff- und humusärmsten Aufnahmen der Planierungen auf Dolomit zu dieser Einheit.

Vegetationseinheit D 6

Dies ist eine Sammeleinheit anderweitig nicht klassifizierter Aufnahmen,

deren Vegetation einen Deckungsgrad von mindestens 0.5% erreicht. Es treten in den übrigen Einheiten nicht vorkommende Artkombinationen auf. Die mittleren Zeigerwerte dieser Einheit entsprechen etwa dem Durchschnitt der Planierungen auf Dolomit.

Vegetationseinheit D 7

Diese Einheit erfasst alle Flächen, auf welchen der Deckungsgrad der gesamten Vegetation weniger als 0.5% beträgt. Auf den meisten Flächen lässt sich das Ausbleiben der Vegetation wie bei der Vegetationseinheit S 7 und S 8 auf saurem Silikat (vgl. Kap. 4.2.1.) mehr oder weniger vom ungünstigen Standort her begründen. Die einen (1017, 1035, 1051, 1057) sind von einer sehr feinerdearmen Geröllschicht bedeckt, sodass der oberflächliche Feinerdeanteil unter 0.6% liegt. Die anderen (1007, 1034, 1046, 1062 usw.) weisen bis zum anstehenden Muttergestein nur eine dünne, meist humusarme Bodenschicht auf. In Kombination mit einer grossen Neigung (62%) verhindern die oben erwähnten Eigenschaften des Standortes schon bei geringer Ausprägung, also z.B. auch einer keineswegs feinerdearmen oberflächlichen Geröllschicht wie bei Fläche 1023, das Aufkommen einer Vegetation.

Aufgrund der mittleren Zeigerwerte sind die Böden eher nährstoff- und humusarm. Auf den vegetationsarmen Flächen erfassen die Zeigerwerte natürlich nur einen sehr kleinen Teil, nämlich den durchwurzelten oft etwas günstigeren Bereich des Bodens (vgl. Kap. 3.2.4.).

Vegetationseinheit D 8

Diese Einheit sammelt die vier Aufnahmen des begrünten Teiles der Untersuchungsflächen 2 und 3 am Strela (vgl. Beilage 1). Es herrschen vor allem die angesäten Arten Festuca rubra, Festuca pratensis und Trifolium pratense s.l. oder T. hybridum vor. Das Aufkommen der autochthonen Arten schwankt stark. Auf einer Fläche (1027) fehlen diese fast ganz, auf einer anderen (1011) wachsen sie dichter als die angesäten.

Auf den Flächen dieser Einheit wurden die Zeigerwerte nicht berechnet, da die angesäten, standortsfremden Arten eine Interpretation erschweren.

Die mittleren Zeigerwerte (vgl. Tab. 4) der auf den unbegrünten Planierungen aufkommenden Vegetation charakterisieren die Böden im allgemeinen als mässig nährstoffarm (Nährstoffzahl von 2.5) und als durchlässig sowie skelettreich (Dispersitätszahl von 2.9). Der mittlere Anteil des oberflächlichen groben Skelettmaterials beträgt auf den 63 im Jahr 1978 erfassten Flächen 79.5%, derjenige der Feinerde nur 13.3%. Die Humuszahl (2.8) weist auf einen mittleren Humusgehalt und die Kontinentalitätszahl (3.0) auf eine verhältnismässig lange Schneebedeckung.

4.3.1.3. Einfluss der Standortsfaktoren auf die Vegetation

Der Zerstörungsgrad der oberen Bodenschicht sowie das Vorhandensein lebender Sprosse oder Wurzeln prägen das Aufkommen der Vegetation stark. Die Flächen der oben beschriebenen Einheit D 1 zeigen dies deutlich. Gewisse Eigenschaften des Bodens oder Kombinationen von Standortsfaktoren erleichtern oder erschweren das Aufkommen der Vegetation, wie aus der

Beschreibung der Einheiten D 3 und D 7 hervorgeht.

Im allgemeinen ist das Aufkommen der Vegetation von der Neigung mehr oder weniger unabhängig. Einerseits beträgt die Deckung der Gesamtvegetation auf Flächen mit einer Neigung über 60% zum Teil über 3% (1022, 1059), auf andern (1023, 1055) aber auch unter 0.5%. Andererseits ist das Aufkommen der Vegetation auf Flächen mit einer Neigung unter 25% wiederum so unterschiedlich, dass die Deckung auf den einen (1034, 1041) unter 0.5%, auf den anderen über 5% beträgt (1037, 1053).

Auf den Planierungen auf Dolomit fehlen Flächen mit Exposition in westliche Richtungen. Die übrigen vorkommenden Expositionen verteilen sich im allgemeinen auf mehrere Einheiten sowie grosse und kleine Deckungsgrade der Gesamtvegetation. So beträgt z.B. die Deckung auf einer gegen Südosten exponierten Fläche (1009) über 5%, auf einer anderen, gleich exponierten Fläche mit ähnlicher Höhenlage (1014) nicht einmal 0.5%.

Die Höhenlage beeinflusst die Vegetation nicht ersichtlich. Einerseits weisen z.B. zwei gleich hoch gelegene und auch sonst standörtlich ähnliche Flächen (1002, 1003) eine unterschiedliche Vegetationsdichte auf (1.2%, 13.2%). Andererseits stimmen zwei Flächen (1045, 1032) mit unterschiedlicher Höhenlage (2220 m, 2370 m) und sonst ähnlichem Standort in der Vegetationsdichte überein (28.9%, 30.6%).

Auf Dolomit wurden alle grösseren Geländeanpassungen ungefähr im selben Zeitraum, nämlich von 1963 bis 1967, durchgeführt. Deshalb können keine unterschiedlich alten Planierungen miteinander verglichen werden. Im kleineren Rahmen wurden die Planierungen nach 1967 stellenweise noch vervollständigt. Natürlich wurde dabei die Vegetation und der Boden kleinflächig erneut beeinträchtigt.

4.3.2. Zeitliche Veränderungen von Vegetation und Standort

4.3.2.1. Vergleich der jährlich erfassten Vegetation

Veränderungen in der Deckung und Zusammensetzung der Vegetation auf den Dauerflächen des Dolomites gehen aus Abb. 15 hervor, welche die Vegetationsaufnahmen der drei Untersuchungsjahre 1978, 1979 und 1980 zusammenfasst. Die Vegetationseinheiten, welche aufgrund der 1978 erfassten Aufnahmen gebildet worden waren, wurden soweit wie möglich beibehalten. Vorerst werden die Veränderungen der Vegetation innerhalb der Einheiten beschrieben.

Vegetationseinheit D 1

Auf sieben der neun Flächen dieser Einheit ist die Deckung der Gesamtvegetation 1980 kleiner als 1978 und auf acht Flächen kleiner als 1979. Nur auf drei unter 2250 m gelegenen Flächen (52, 53, 59) verhält es sich umgekehrt.

Arten, welche eine Deckung über 1.5% aufweisen, nehmen bis zum darauffolgenden Jahr oft ab, insbesondere von 1979 bis 1980. Die übrigen weisen zu- oder abnehmende Tendenzen auf. Mit Ausnahme der oben erwähnten Höhenlage beeinflussen andere Standortsfaktoren oder die Bodenbedingungen die Vegetationsveränderungen nicht oder zumindest nicht ersichtlich.

Vegetationseinheit D 2

Die Deckung der gesamten Vegetation ist auf den fünf Flächen im letzten Untersuchungsjahr kleiner als in den beiden vorhergehenden. Auf drei Flächen verläuft die Abnahme stetig und auf zwei ist die Pflanzendecke im mittleren Untersuchungsjahr am üppigsten. Arten mit einem Deckungsgrad über 1% weisen mit Ausnahme von Campanula scheuchzeri jeweils im folgenden Jahr eine geringere Deckung auf.

Vegetationseinheit D 3

In dieser Einheit sind nur zwei Dauerflächen vereint. Die Deckung der Gesamtvegetation ist 1979 und 1980 kleiner als 1978. Vom mittleren bis zum letzten Untersuchungsjahr nimmt die Deckung der Gesamtvegetation auf einer Fläche zu, auf der anderen bleibt sie gleich.

Vegetationseinheit D 4

Die Deckung der Gesamtvegetation ist 1979 und 1980 höher als 1978. Auf zwei unter 2250 m gelegenen Flächen ist die Zunahme stetig, auf den höher gelegenen weist die Pflanzendecke im mittleren Untersuchungsjahr die grösste Dichte auf.

Vegetationseinheit D 5


Wie bei der Einheit D 4 ist die Dichte der Gesamtvegetation 1979 und 1980 wieder höher als 1978. Auf der unter 2400 m gelegenen Fläche ist die Zunahme stetig, auf den beiden oberhalb dieser Höhe gelegenen Flächen weist die Pflanzendecke im mittleren Untersuchungsjahr die grösste Dichte auf.

Abb. 15 (S. 66 und 67). Vegetationsveränderungen auf den Dauerflächen des Dolomites

Fig. 15 (p. 66 and 67). Changes in vegetation on permanent plots on dolomite


Zeitpunkt der Aufnahme - time of recording: A = 1978, B = 1979, C = 1980


Artmächtigkeit - species value:


 Kennzahl (Transformation in die Deckungsgrade vgl. Tab. 2)
characteristic (transformation into the plant cover comp. table 2)


Entwicklungstendenzen der Artmächtigkeiten von 1978 - 1980


tendencies of development of species values between 1978 and 1980:

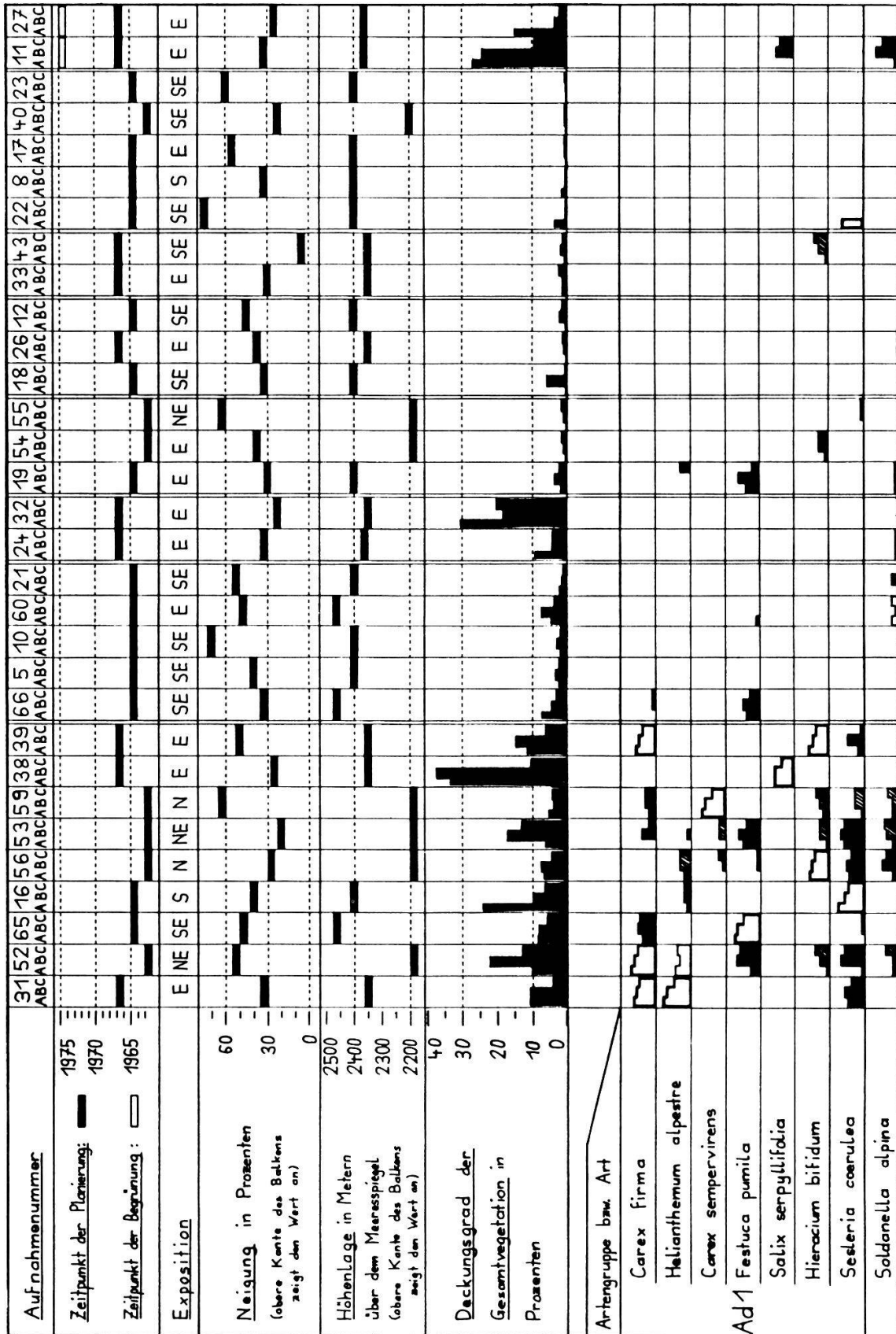
 1978 grösster Deckungsgrad
1978 greatest plant cover

 1980 grösster Deckungsgrad
1980 greatest plant cover

 1979 grösster Deckungsgrad
1979 greatest plant cover

 1979 kleinster Deckungsgrad
oder keine Veränderungen

 1979 smallest plant cover
or no changes



Vegetationseinheit D 6

Auf beiden Flächen dieser Einheit ist die Deckung der Gesamtvegetation 1980 grösser als 1978. Arten mit einem Deckungsgrad über 0.5% weisen im folgenden Jahr eine kleinere Dichte auf.

Vegetationseinheit D 7

Wenn die Gesamtvegetation einen Deckungsgrad über 1% aufweist, nimmt sie von einem Jahr zum andern ab und sonst zu. Dementsprechend nimmt die Vegetation auf zwei Flächen (8,22) von 1978 bis 1979 eindeutig ab, auf den anderen drei Flächen von 1978 bis 1980 meist stetig zu.

Die einzelnen Arten nehmen in ihrer Deckung von einem Jahr zum andern zu, solange sie nicht mehr als 0.3% der Fläche bedecken. Sobald ihr Deckungsgrad darüber liegt, stellt sich eine Abnahme ein.

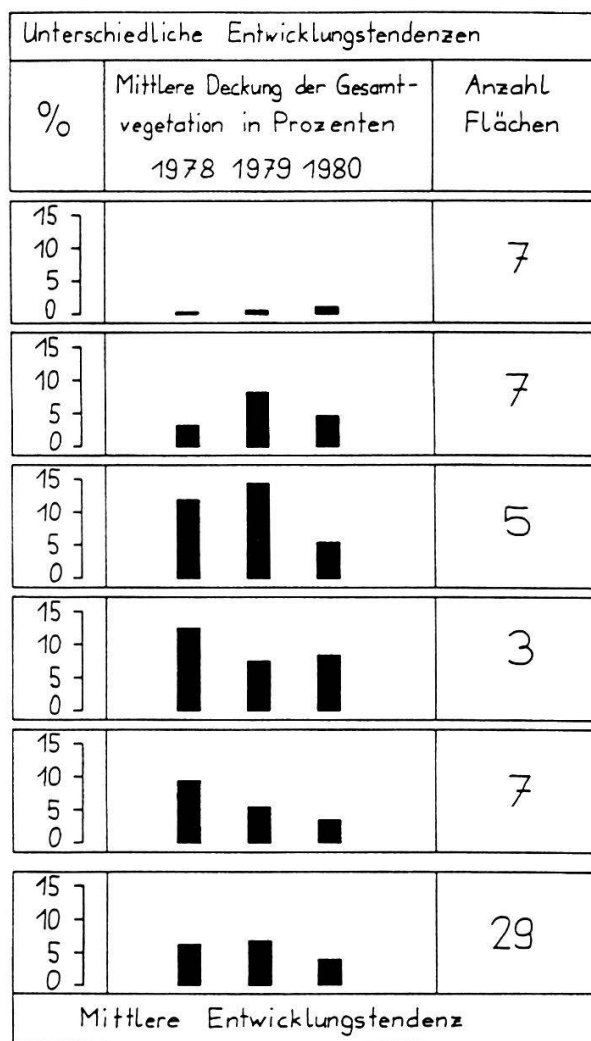


Abb. 16. Charakterisierung der Vegetationsveränderungen auf den unbegrünten Flächen des Dolomites.

Fig. 16. Characterization of changes in vegetation on unsown plots on dolomite.

Vegetationseinheit D 8

Die Deckung der Gesamtvegetation nimmt von 1978 bis 1980 auf beiden Flächen dieser Einheit stetig ab. Diesen Rückgang verursachen die angesäten und teilweise auch die autochthonen Arten mit einem Deckungsgrad über 0.3%. Die anderen Arten mit kleinerer Deckung weisen zunehmende Tendenzen auf.

Die beschriebenen Vegetationsveränderungen innerhalb der Einheiten zeigen, dass die Dichte einer Art auf ihre Zu- oder Abnahme meistens einen deutlichen Einfluss hat. Im allgemeinen nimmt der Deckungsgrad von Arten im folgenden Jahr ab, wenn er über 1.5% beträgt. Die nur spärlich aufkommenen Arten dagegen weisen zu- und abnehmende Tendenzen auf. Im weiteren zeigen die Arten auf den Dauerflächen ein eher uneinheitliches Verhalten.

Die Deckung der Gesamtvegetation verhält sich auf den Dauerflächen von 1978 bis 1980 recht unterschiedlich, wie aus Abb. 15 und Abb. 16 hervorgeht. Auf den Flächen, welche den Einheiten D 1, D 2 und D 3 zugeteilt sind, nimmt die Pflanzendecke in der Regel ab, wenn die Deckung der Gesamtvegetation 1978 jeweils über 3% beträgt. Andererseits weisen die zu den Einheiten D 4, D 5, D 6 und D 7 gehörenden Flächen, deren Vegetationsdichte 1978, im ersten Untersuchungsjahr, 1.5% und im darauffolgenden 2% nicht überschreitet, meistens eine von 1978 bis 1980 zunehmende Pflanzendecke auf.

Der mittlere Deckungsgrad der Gesamtvegetation ist auf den 29 unbegründeten Dauerflächen des Dolomites im letzten Untersuchungsjahr eindeutig am tiefsten und im mittleren (1979) am höchsten, wobei der Zuwachs von 1978 bis 1979 nur gering ist (6.5%, 6.7%, 4.2%). Zwischen 1979 und 1980 ist der Unterschied in der Dichte der Gesamtvegetation statistisch gesichert, zwischen 1978 und 1980 hingegen gerade knapp nicht (t-Test, 5%). Die in Abb. 17 dargestellte Deckung der Gesamtvegetation von den fünf 1981 zusätzlich erfassten Dauerflächen zeigt, dass diese von 1980 bis 1981 zu-, aber auch abnimmt.

Die Vegetation ändert sich nicht nur von Jahr zu Jahr, sondern schwankt auch innerhalb einer Vegetationsperiode. Von den zusätzlich im Herbst erfassten fünf Flächen ist die Deckung der Gesamtvegetation 1979 im Herbst auf vier Flächen, 1980 hingegen nur auf zwei grösser als im Hochsommer, wie aus Abb. 18 hervorgeht.

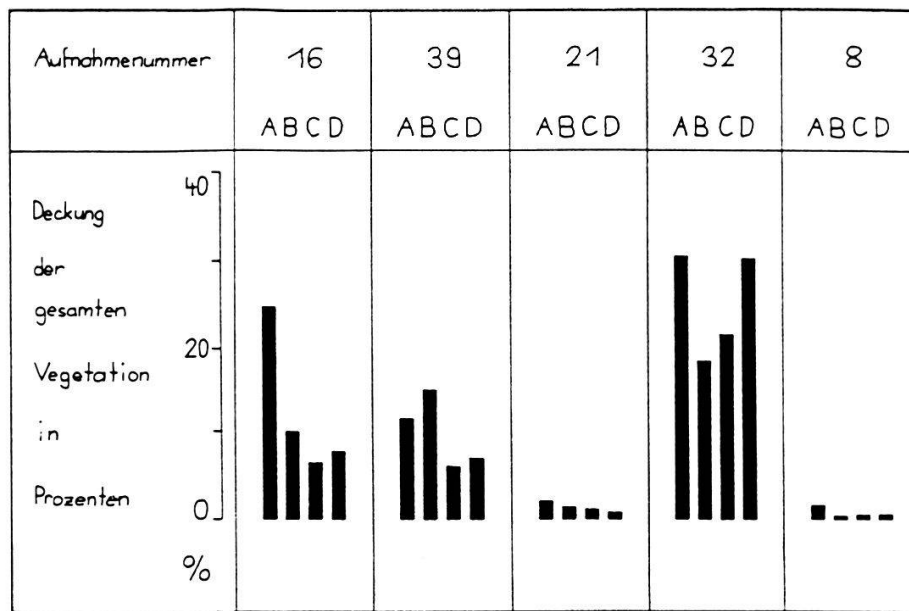


Abb. 17. Veränderung der Gesamtvegetation von 1978 bis 1981 auf Dolomit.
Fig. 17. Changes in the total plant cover between 1978 and 1981 on dolomite.

A = 1978, B = 1979, C = 1980, D = 1981

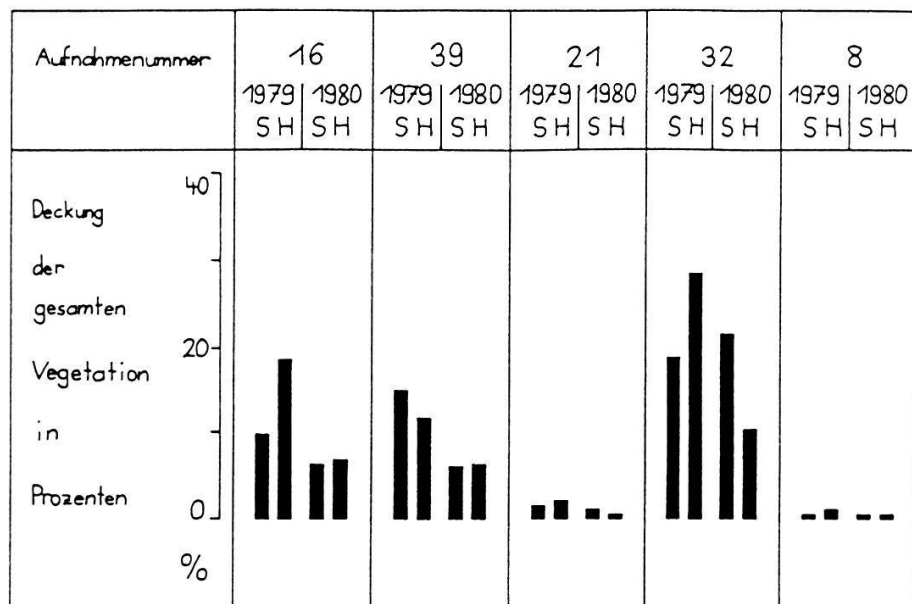


Abb. 18. Gesamtvegetation auf Dolomit im Hochsommer und im Herbst.
Fig. 18. Total plant cover on dolomite in midsummer and in autumn.

S = Sommer - summer, H = Herbst - autumn

4.3.2.2. Vergleich der jährlich erfassten Bodenoberfläche

Der mittlere oberflächliche Anteil des groben Skelettmaterials mit einer Körnung >2 mm nimmt auf den 28 unbegrünten Dauerflächen des Dolomites von 1978 bis 1980 zu (82.6%, 84.8%, 91.7%), der Feinerdeanteil entsprechend ab (11.0%, 8.2%, 3.7%). Auf den einen Flächen, z.B. 12, 16, 32, 59, verläuft diese Abnahme stetig, auf den anderen, z.B. 21, 43, 52, 65, weist die Bodenoberfläche 1979, im mittleren Untersuchungsjahr, am meisten Feinerde auf (vgl. Abb. 19). Dieser unterschiedliche Verlauf hängt wohl mit der Ungenauigkeit der Erhebungsmethode zusammen.

4.3.2.3. Einfluss der Bodenoberfläche auf die Vegetationsveränderungen

Auf Flächen, deren Gesamtvegetation von 1978 bis 1980 zunehmende Tendenzen aufweist, geht der Feinerdeanteil der Bodenoberfläche teilweise et-

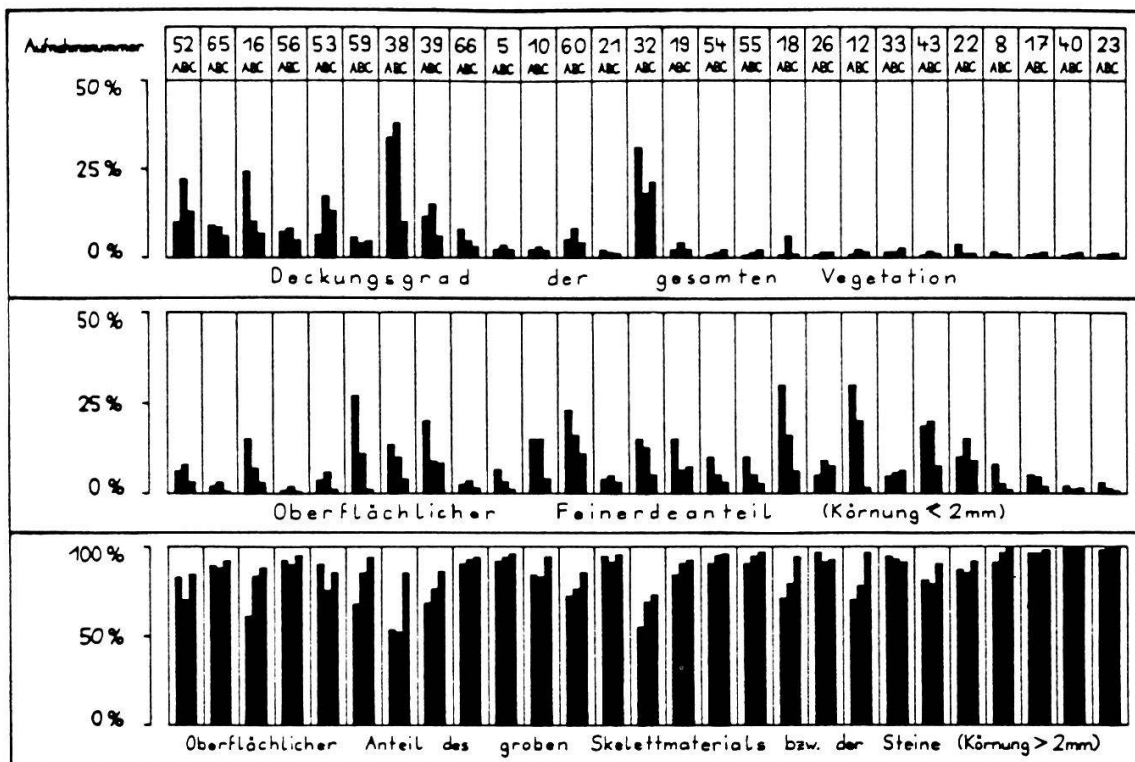


Abb. 19. Bodenoberfläche der unbegrünten Dauerflächen des Dolomites.
Fig. 19. Soil surface of unsown permanent plots on dolomite.

Zeitpunkt der Aufnahme - time of recording: A = 1978, B = 1979, C = 1980

was weniger stark zurück als auf solchen, deren Vegetationsdichte in der erwähnten Zeitspanne kleiner wird. Zwischen den Veränderungen der Bodenoberfläche und denjenigen der Vegetation besteht jedoch kein direkter Zusammenhang.

4.3.2.4. Einfluss der Standortsfaktoren auf die Vegetationsveränderungen

Die Höhenlage hat auf die Veränderungen der Vegetation einen Einfluss. In den Einheiten D 1, D 4 und D 5 nimmt die Pflanzendecke während der drei Untersuchungsjahre in unteren Lagen eher zu als in oberen (vgl. Kap. 4.3.2.1.). Die Vegetationsbedeckung kann aber auch in höheren Lagen zunehmen, wie auf den über 2400 m gelegenen Flächen 17 und 23 der Einheit D 7.

Der Einfluss der Neigung und Exposition auf die Vegetationsveränderungen ist im Vergleich zu demjenigen der Höhenlage so gering, dass er nicht zur Geltung kommt.

So weisen von den Flächen mit einer Neigung über 60% die einen (23, 55) bei einer Deckung unter 1.5% zunehmende, die andern (22, 59) bei einer Deckung über 3% hingegen abnehmende Tendenzen auf. Auch auf den Flächen mit einer Neigung unter 35% nimmt die Vegetation auf den kümmerlich bewachsenen (33, 40, 43) zu, auf den andern (24, 53) ab.

Je nach der Vegetationsbedeckung verteilen sich zu- und abnehmende Deckungsgrade auf alle vorkommenden Expositionen. Von den nach Südosten exponierten Flächen nimmt die Pflanzendecke auf den kümmerlich bewachsenen (23, 40) wiederum zu, auf den andern (65, 66) ab.

Das Alter der zwischen 1963 und 1967 planierten Flächen variiert im Vergleich zum langsamen Aufkommen der Pflanzendecke so wenig, dass sich sein Einfluss auf das Verhalten der Vegetation während der drei Untersuchungsjahre nicht überprüfen lässt.

4.4. VERGLEICH DER UNBEGRUENTEN SKIPISTENPLANIERUNGEN AUF SAUREM SILIKAT UND DOLOMIT

4.4.1. Vegetation und Standort

4.4.1.1. Vegetation

Die Frequenztafel (Abb. 20) dient dazu, das unterschiedliche Artengefüge der Planierungen auf saurem Silikat und Dolomit zu charakterisieren. Sie erfasst 42 Arten, welche auf mindestens einem Substrat eine Frequenz >10% aufweisen.

Ähnlich wie beim in GIGON (1971) beschriebenen Vergleich der alpinen Rasen beider Muttergesteine wächst ein Anteil von 19 Arten ausschliesslich auf Dolomit, ein anderer von 15 Arten nur auf saurem Silikat und ein dritter Anteil von 8 Arten auf beiden Unterlagen. Von den nicht an ein Substrat gebundenen Arten kommen nur drei, nämlich Poa alpina, Ligusticum mutellina und Polygonum viviparum auf allen 1978 erfassten Flächen mit einer Frequenz über 10% vor. Bei Poa alpina dürften nach GIGON (1971) allerdings zwei edaphische Oekotypen vorliegen.

Der mittlere Deckungsgrad der Gesamtvegetation ist 1978 auf 92 Flächen der Planierungen auf saurem Silikat mit 4.2% etwas kleiner als auf den 41 standörtlich ähnlichen Flächen des Dolomites mit 5.3%, wobei dieser Unterschied statistisch nicht gesichert ist (t-Test, 5%). Es ist möglich, dass die Arten der alpinen Rasen (Seslerion coeruleae) und diejenigen der Schuttfelder des Dolomites auf den extremen Böden der Planierungen besser aufzukommen vermögen als diejenigen des sauren Silikates, z.B. des Nardions und des Caricionis curvulae. Die Arten des Dolomites haben nämlich den Vorteil, dass ihr natürlicher Standort sich von den in bezug auf Boden, Wasserhaushalt und Mikroklima extrem ungünstigen planierten Flächen etwas weniger stark unterscheidet als es bei den Arten des sauren Silikates der Fall ist (vgl. Kap. 5.1.2.).

Trotz der Unterschiede im Artengefüge und im mittleren Deckungsgrad der Gesamtvegetation weist die Pflanzendecke der Planierungen beider Muttergesteine neben den schon erwähnten gemeinsamen Arten einige weitere in Tab. 5 zusammengestellte Ähnlichkeiten auf (vgl. Kap. 4.2.1. mit Kap. 4.3.1.).

Auf schwach ausgeebneten Stellen beider Gesteinstypen ermöglichen aus-

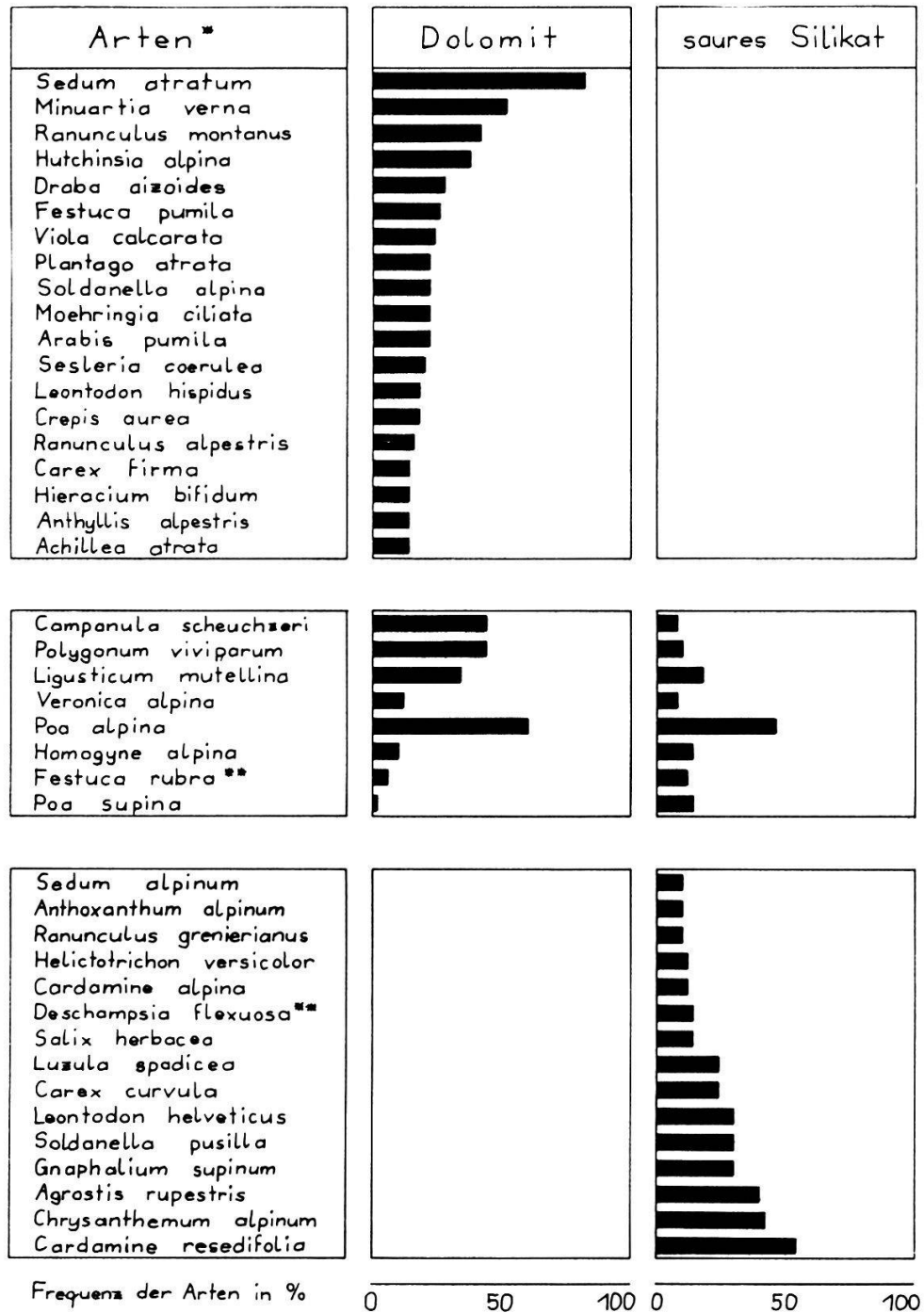


Abb. 20. Vegetation von unbegrüntten Flächen des Dolomites und sauren Silikates.

Fig. 20. Vegetation of unsown plots on dolomite and acidic silicate.

* mit Frequenz >10% - with frequency >10%

** angesäte oder autochthone Art - sown or indigenous species

Tab. 5. Artengruppen des Dolomites und des sauren Silikates mit ähnlichen Standortsverhältnissen.

Table 5. Species groups of dolomite and acidic silicate with similar site factors.

* weisen auf eine Aperiende von nur 2-3.5 Monaten (nach VETTERLI 1981)
refer to a snow-free period of only 2 to 3.5 months (after VETTERLI 1981)

Dolomit		saures Silikat	
Arten- gruppe	Art	Art	Arten- gruppe
Ad 1	Carex firma	Leontodon helveticus	As 6
	Helianthemum alpestre	Ligusticum mutellina	
	Carex sempervirens	Salix herbacea	
	Festuca pumila	Soldanella pusilla	
	Salix serpyllifolia	Carex curvula	
	Hieracium bifidum	Senecio carniolicus	
	Sesleria coerulea	Nardus stricta	
	Phyteuma hemisphaericum		
	Homogyne alpina		
	Potentilla aurea		
Ad 2	Soldanella alpina	Luzula spadicea	As 5
	Anthyllis alpestris	-----	-----
	Campanula scheuchzeri	Agrostis rupestris	As 4
	Ligusticum mutellina	Anthoxanthum alpinum	
	Veronica alpina	Helictotrichon versicolor	
	Leontodon hispidus	Veronica alpina	
	Ranunculus alpestris	Campanula scheuchzeri	
	Achillea atrata	Doronicum clusii	
	Viola calcarata	-----	-----
	Crepis aurea	Plantago alpina	As 3
	Moehringia ciliata	Gnaphalium supinum	
	Potentilla dubia	Ranunculus greenerianus	
Ad 3	Poa alpina	Poa alpina	As 7
	Polygonum viviparum	-----	-----
	Ranunculus montanus	Polygonum viviparum	As 5
	Plantago atrata		
Ad 5	Hutchinsia alpina		
	Sedum atratum	Cardamine resedifolia	As 9
	Minuartia verna	-----	-----
	Draba aizoides		
Ad 6	Arabis pumila	Chrysanthemum alpinum	As 8
z.T. Arten aus Ad1-Ad6	Plantago atrata*	Sagina linnaei	As 1
	Potentilla dubia*	Arenaria biflora	
	Achillea atrata*	Cerastium trigynum	
		Sibbaldia procumbens	

schlagende intakte Sprosse und Wurzeln von Alpenrasenpflanzen aus den Gruppen Ad 1 bzw. As 6 das Aufkommen einer für Planierungen verhältnismässig dichten Vegetation. Die eher feinerde- oder humusarmen Stellen werden von anspruchslosen Arten der Gruppen Ad 5 oder Ad 6 auf Dolomit und der Gruppen As 7 oder As 8 auf saurem Silikat besiedelt. Dabei fällt auf, dass die zwei je auf Dolomit bzw. saurem Silikat häufig vorkommenden Arten Hutchinsia alpina und Cardamine resedifolia ein sehr ähnliches Aussehen haben. Dementsprechend dürften beide Arten auf den unterschiedlichen Unterlagen ähnliche ökologische Nischen besiedeln. Dank der grossen Samenproduktion vermögen sie sich schnell auszubreiten. Schneetälchenarten sind auf Flächen beider Muttergesteine vertreten. Auf dem sauren Silikat ist ihr Vorkommen ausgeprägter auf gewisse Standorte beschränkt als auf Dolomit. Die Bodenmoose weisen auf beiden Gesteinstypen eine hohe Stetigkeit auf. Auf mehreren Flächen des sauren Silikates steigt ihr Deckungsgrad zum Teil weit über 0.3%, auf Dolomit beträgt er abgesehen von einer Fläche höchstens 0.3%.

In der Nährstoffversorgung und der Dauer der Schneebedeckung besteht zwischen den Planierungen beider Gesteinstypen kein Unterschied, wie aus dem Vergleich der mittleren Nährstoff- bzw. Kontinentalitätszahlen hervorgeht (vgl. Tab. 6). Hingegen weisen die Humus- und Dispersitätszahlen darauf hin, dass die planierten Böden auf saurem Silikat im allgemeinen etwas mehr Humus enthalten als jene auf Dolomit. Weiter charakterisieren die aufkommenden Pflanzen die Böden auf den Flächen des Dolomites als durchlässiger und skelettreicher.

Tab. 6. Mittlere Zeigerwerte (nach LANDOLT 1977) von unbegrüntem Skipistenplanierungen auf Dolomit und saurem Silikat.

Table 6. Mean indicator values (after LANDOLT 1977) of unsown levelled ski runs on dolomite and on acidic silicate.

	Mittlere Zeigerwerte			
	Nährstoffzahl	Humuszahl	Dispersitätszahl	Kontinentalitätszahl
Dolomit	2.5	2.8	2.9	3.0
Saures Silikat	2.5	3.3	3.6	2.9

4.4.1.2. Standort

In der Zusammensetzung der Bodenoberfläche weisen die Aufnahmen des sauren Silikates und des Dolomites nur unbedeutende, nicht signifikante Unterschiede auf, wie aus dem mittleren Anteil der Feinerde (16.5% bzw. 13.5%) und der Steine (79.1% bzw. 79.4%) hervorgeht.

Inbezug auf die Exposition und die Neigung stimmen die Aufnahmen beider Gesteinstypen nicht ganz überein.

4.4.2. Zeitliche Veränderungen von Vegetation und Standort

Die Vegetationsveränderungen auf den Dauerflächen des Dolomites und des sauren Silikates werden in Abb. 21 miteinander verglichen.

Der mittlere Deckungsgrad der Gesamtvegetation ist auf den Dauerflächen beider Gesteinsunterlagen 1980 eindeutig am kleinsten und 1979, im mittleren Untersuchungsjahr, am grössten. Der Anteil der Dauerflächen, die 1980 eine dichtere Pflanzendecke aufwiesen als 1978, ist auf dem sauren Silikat grösser als auf dem Dolomit (57% bzw. 45%). Dementsprechend sind die von 1978 bis 1980 abnehmenden Tendenzen auf Dolomit mit 34% häufiger als auf saurem Silikat mit nur 19%. Dafür ist die Abnahme auf den entsprechenden Flächen des sauren Silikates etwas ausgeprägter als auf Dolomit.

Gesamthaft zeigt sich also auf den Flächen des Dolomites eine etwas schwächere Vegetationsentwicklung als auf saurem Silikat.

Während der drei Untersuchungsjahre nimmt der oberflächliche Feinerdeanteil vor allem auf Flächen, welche 1978 einen solchen über 25% aufwiesen, im allgemeinen auf beiden Gesteinstypen ab. Auf dem sauren Silikat ist der Anteil derjenigen Flächen, welche entgegen der allgemeinen Abnahme 1980 eine feinerdereichere Bodenoberfläche aufwiesen als 1978, etwas grösser.

Bei den Dauerflächen des Dolomites ist ein gewisser Einfluss der Höhenlage auf die Veränderungen der Vegetation ersichtlich, wie aus Kap. 4.3.2.3. hervorgeht, beim sauren Silikat, abgesehen von der Vegetationseinheit S 1, hingegen nicht.

Auf beiden Gesteinsunterlagen beeinflussen sowohl die Neigung als auch die Exposition die Vegetationsveränderungen von 1978 bis 1980 nicht ersichtlich oder werden von anderen Einflüssen, z.B. der Vegetationsbedeckung auf Dolomit, überlagert.

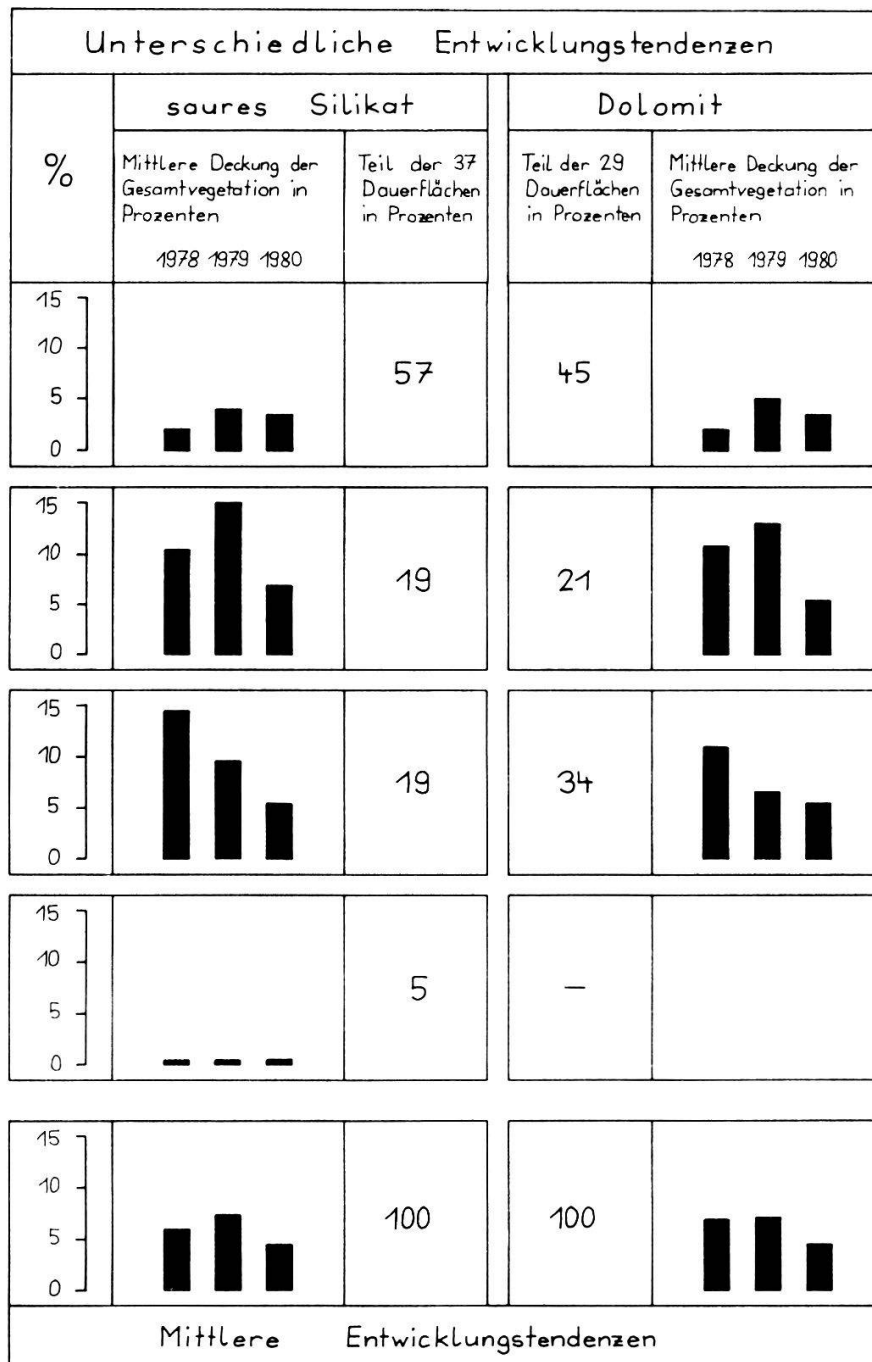


Abb. 21. Vegetationsveränderungen auf unbegrüntem Flächen des sauren Silikates und des Dolomites.

Fig. 21. Changes in vegetation on unsown plots on acidic silicate and dolomite.

4.5. BEGRÜENTE SKIPISTENPLANIERUNGEN

4.5.1. Vegetation und Standort

Die floristische Aufteilung der Vegetation auf den begrüntem Planierungen des sauren Silikates ergibt 12 Vegetationseinheiten und 5 Gruppen angesäter Arten, wie aus Abb. 22 hervorgeht. Der auf Dolomit einzige begrünte Teil der Untersuchungsflächen 2 und 3 am Strela (vgl. Beilage 1) wird seiner geringen Ausdehnung entsprechend nur durch vier Aufnahmen beschrieben. Wegen dieser geringen Anzahl wurden die begrünten Flächen des Dolomites zusammen mit den unbegrüntem in Kap. 4.3.1. beschrieben. Die mittlere Deckung der Gesamtvegetation beträgt auf den 58 begrünten, 1978 erfassten Flächen auf saurem Silikat 29.7%.

4.5.1.1. Beschreibung der Artengruppen

Die Gliederung der autochthonen Arten auf den begrünten Flächen entspricht den bei den unbegrüntem Planierungen gebildeten Artengruppen. Die angesäten, meist standortsfremden Arten (vgl. Kap. 2.3.2.) verteilen sich auf die nachfolgend kurz erläuterten Artengruppen.

Artengruppe Ab 1

Mindestens eine Art dieser Gruppe ist in jeder Aufnahme der begrünten Planierungen vertreten. Von wenigen Ausnahmen wie den Flächen der Vegetationseinheit B 4 abgesehen, bilden die Gräser dieser Artengruppe den Hauptbestand der aufkommenden angesäten Gräser.

Artengruppe Ab 2

Die Bodenmoose kommen in den meisten Aufnahmen vor, wie auch aus ihrer hohen Frequenz von 91% hervorgeht. Ihr Deckungsgrad ist zum Teil nicht viel kleiner als derjenige der angesäten Gräser aus der vorher beschriebenen Artengruppe.

Artengruppe Ab 3

Die Gräser dieser Gruppe wachsen vor allem auf Flächen der Skigebiete Parsenn und Rinerhorn, auf welchen die Dichte der angesäten Arten 10% übersteigt. In den höheren Lagen des Skigebietes Jakobshorn fehlen die Arten dieser Gruppe weitgehend. Die Art Agrostis sp. mit unterirdischen Ausläufern könnte A. gigantea oder A. schraderiana und Poa sp. mit unterirdischen Ausläufern Poa trivialis sein.

Artengruppe Ab 4

Das Vorkommen von Cynosurus cristatus, einer Art dieser Gruppe, beschränkt sich auf eine einzige begrünte Planierung am Rinerhorn. Im Gegensatz zu Cynosurus cristatus sind Trifolium pratense s.l. oder T. hybridum und Festuca pratensis, letztere Art allerdings in geringerem Ausmass, auch auf einigen anderen Planierungen vertreten.

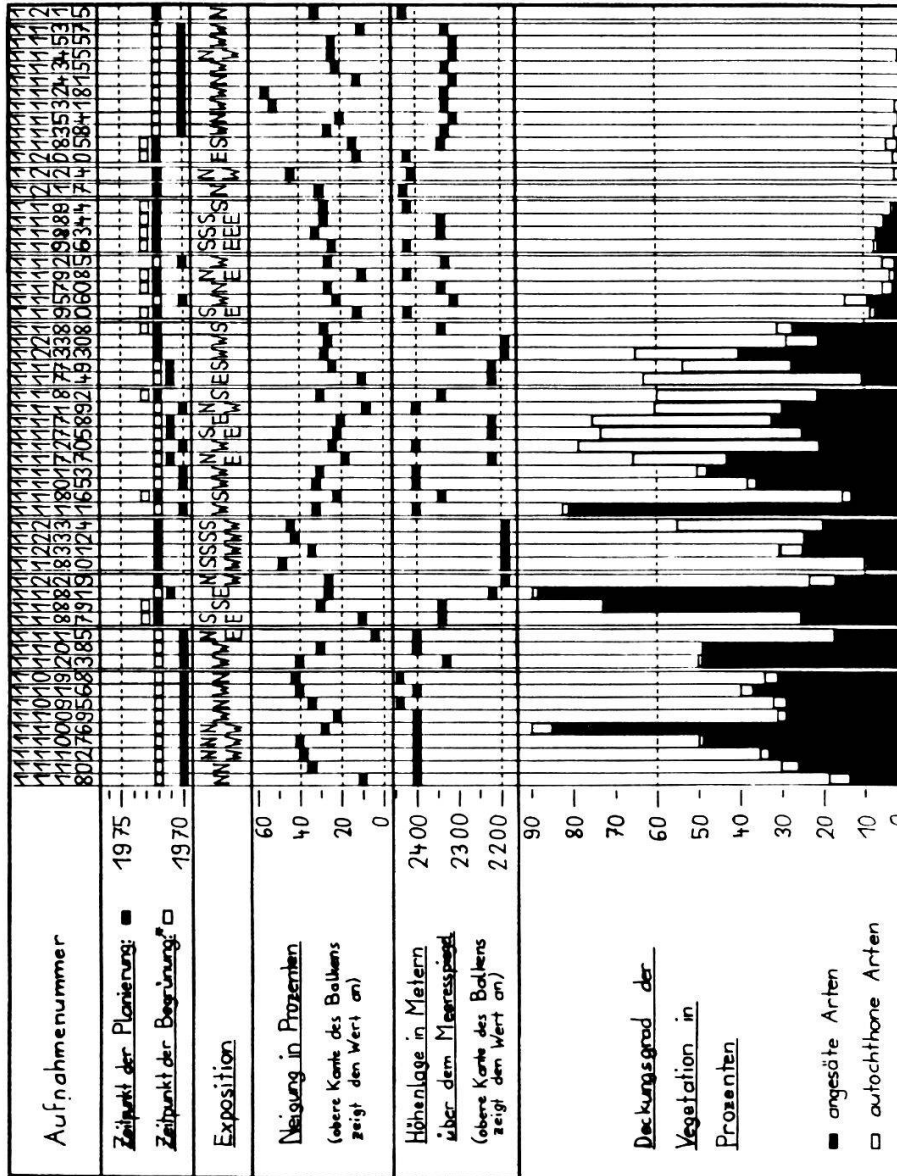


Abb. 22. Vegetationstabelle der 1978 erfassten Aufnahme­flächen der be­grün­ten Skipistenplanierungen.

Fig. 22. Vegetation table of relevés on sown levelled ski runs recorded in 1978.

* Bei widersprüchlichen Angaben ohne Bezeichnung des Zeitpunktes der Begrünung - contradictory indications without specification of the time of the restoration of the vegetation

Artengruppe Ab 5

Bei den beiden Arten dieser Gruppe lässt sich auf den einzelnen Flächen nicht mit Bestimmtheit sagen, ob sie angesät wurden oder natürlich aufgekomen sind. Denn Poa supina (natürlich vorkommende Art) und Poa annua (angesäte Art) können im sterilen Zustand kaum voneinander unterschieden werden.

4.5.1.2. Beschreibung der Vegetationseinheiten

Als Grundlage zur Beschreibung der nachfolgenden Einheiten dienen die in Abb. 22 zusammengestellten, 1978 erfassten Flächen der begrünten Planierungen. Die starken Schwankungen innerhalb der Dichte der angesäten Arten (0.2%-90%) prägen die Klassifikation der Aufnahmen eindeutig. Die Aufnahmen lassen sich in zwei grosse Gruppen aufteilen. Die eine enthält alle Flächen der Einheiten B 1 bis B 6, auf welchen der Deckungsgrad der angesäten Arten mit Ausnahme je einer Fläche in B 4 und B 6 10% oder mehr beträgt. Die andere Gruppe vereint diejenigen Flächen mit kleinerem Deckungsgrad (Einheit B 7 bis B 12).

Der von 10% bis 90% schwankende Gesamtdeckungsgrad der Vegetation zeigt, dass auf den Flächen der Einheiten B 1 bis B 6 zum Teil Ansätze zu einer geschlossenen Pflanzendecke vorhanden sind.

Vegetationseinheit B 1

Die Vegetation der Flächen dieser Einheit besteht aus Deschampsia flexuosa, Festuca rubra und aus Bodenmoosen, letztere kommen allerdings in geringerem Ausmass vor als die erwähnten Grasarten. Phleum pratense aus der gleichen Artengruppe wie die beiden erwähnten Grasarten fehlt. Der mittlere oberflächliche Feinerdeanteil von 1.5% ist im Vergleich zur zwischen 20% und 90% schwankenden Gesamtvegetationsdichte klein. Alle Flächen dieser Einheit befinden sich in den Untersuchungsflächen 1 und 2 am Jakobshorn (Beilage 2) und sind über 2400 m gelegen.

Vegetationseinheit B 2

In der durch Deschampsia flexuosa und Festuca rubra geprägten Vegetation dieser Einheit sind die Bodenmoose schwächer vertreten als in der Einheit B 1 oder fehlen sogar ganz. Wie bei der Einheit B 1 ist der oberflächliche Feinerdeanteil (im Mittel 0.7%) im Vergleich zur Dichte der Gesamtvegetation gering. Die Aufnahmen befinden sich alle am Jakobshorn.

Vegetationseinheit B 3

Die Vegetation dieser Einheit besteht hauptsächlich aus Festuca rubra und Phleum pratense. Dazu kommen die in ihrem Deckungsgrad schwankenden Bodenmoose und angesäte Gräser aus der Artengruppe Ab 3 (unbestimmbare Gräser, Agrostis sp. mit unterirdischen Ausläufern, Alopecurus pratensis usw.). Die angesäte Art Deschampsia flexuosa fehlt in dieser Einheit oder ist nur schwach vertreten. Der mittlere oberflächliche Feinerdeanteil der Aufnahmen dieser Einheit (4.0%) ist etwas grösser als in den Einheiten B 1 und B 2 (1.3%). Die Flächen stammen aus den Skigebieten Parsenn und Rinerhorn.

Vegetationseinheit B 4

Zum Vegetationsbestand der Flächen dieser Einheit tragen neben Phleum pratense und den Bodenmoosen die angesäten Arten der Artengruppe Ab 4 bei (Festuca pratensis, Trifolium pratense s.l. oder T. hybridum und Cynosurus cristatus). Alle Aufnahmen dieser Einheit befinden sich auf der an der Grenze zur subalpinen Stufe gelegenen Untersuchungsfläche 1 am Rinerhorn (Beilage 4). Der mittlere oberflächliche Feinerdeanteil dieser Einheit (14%) ist bedeutend grösser als auf den Flächen der anderen Einheiten (6%).

Vegetationseinheit B 5

Zu den angesäten Arten Deschampsia flexuosa, Festuca rubra und Phleum pratense und den in ihrem Vorkommen stark schwankenden Bodenmoosen kommen auf den Flächen dieser Einheit autochthone Arten hinzu. Diese machen mehr als 1/20 des Deckungsgrades der Gesamtvegetation aus, und ihre Deckung beträgt mindestens 1%. Flächen, deren natürlich aufgekommene Vegetation eine Dichte von 15% überschreitet (1120, 1175, 1178), haben in der Regel einen höheren oberflächlichen Feinerdeanteil aufzuweisen als diejenigen mit einem geringeren Aufkommen der autochthonen Pflanzen (1111, 1186, 1113).

Nardus stricta, Luzula spadicea und andere entsprechende Arten alpiner Rasen weisen wie bei den unbegrüntten Flächen darauf hin, dass die obersten, humusreichen und durchwurzelterten Schichten des ursprünglichen Bodens nicht stark überschüttet oder abgetragen worden sind.

Vegetationseinheit B 6

Wie bei der Einheit B 5 besteht hier die Pflanzendecke aus angesäten und autochthonen Arten, wobei die Dichte der letzteren mindestens 0.8% beträgt und über 1/20 der Gesamtvegetation ausmacht. Im Gegensatz zur Einheit B 5 bilden nicht nur Deschampsia flexuosa, Festuca rubra sowie Phleum pratense den Hauptbestand der angesäten Gräser, sondern auch diejenigen der Artengruppe Ab 3, nämlich Agrostis sp. mit unterirdischen Ausläufern, Poa sp. mit unterirdischen Ausläufern, Alopecurus pratensis und Dactylis glomerata. Die Aufnahmen der Untersuchungsfläche 1 am Rinerhorn weisen gegenüber den übrigen Flächen dieser Einheit einen erhöhten oberflächlichen Feinerdeanteil auf.

Die 21 Aufnahmen der übrigen Einheiten (B 7 bis B 12) weisen einen zum Teil weit unter 10% liegenden Deckungsgrad der angesäten Pflanzen auf. Bei den Einheiten B 7 und B 8 liegt der Deckungsgrad der angesäten Pflanzen auf allen Flächen immerhin noch über 1.6%. Auf den Aufnahmen der Einheiten B 9, B 10 und B 11 sinkt die Dichte der gesamten Vegetation nicht unter 0.5%. Die Einheit B 12 sammelt alle begrüntten Flächen mit einem Deckungsgrad der Gesamtvegetation unter 0.5%.

Vegetationseinheit B 7

In dieser Einheit beträgt der Deckungsgrad der angesäten Arten mindestens 1.6% und derjenige der autochthonen mindestens 0.5%. In ihrer Dichte erreichen die autochthonen Arten mindestens 1/10 der Gesamtvegetation. In der Zusammensetzung der angesäten Pflanzen sind alle entsprechenden Artengruppen etwa gleich berücksichtigt. Die Aufnahmen dieser Einheit sind auf unterschiedliche Skigebiete und Höhenlagen verstreut.

Vegetationseinheit B 8

Die Vegetation besteht vor allem aus den beiden Arten Festuca rubra und Phleum pratense. Ihr Deckungsgrad beträgt mindestens 2%. Die übrigen angesäten Pflanzen, die Bodenmoose und die autochthonen Arten sind nur schwach vertreten. Die Aufnahmen dieser Einheit stammen aus den Untersuchungsgebieten 2 und 3 im Dorftälli (Beilage 3).

Vegetationseinheit B 9

Die angesäten Pflanzen bedecken hier mehr als 0.4% der Bodenoberfläche. Die Bodenmoose sind nur schwach vertreten und die autochthonen Arten fehlen ganz. Nur eine Aufnahme der 1978 erfassten Flächen gehört zu dieser Einheit.

Vegetationseinheit B 10

Auf den Aufnahmen dieser Einheit herrschen die Bodenmoose vor. Ihr Gesamtdeckungsgrad beträgt mindestens 1.5%, und derjenige der autochthonen Samenpflanzen überschreitet 1.5% nicht. Der oberflächliche Feinerdeanteil der einzigen Aufnahme dieser Einheit ist mit 20% relativ gross und dürfte dafür sorgen, dass auch bei langen Trockenperioden genügend Feuchtigkeit vorhanden ist.

Vegetationseinheit B 11

Sowohl die angesäten als auch die autochthonen Arten erreichen mindestens einen Deckungsgrad von 0.2%. Von den angesäten Arten kommen vor allem Deschampsia flexuosa und Festuca rubra, von den natürlich aufgewachsenen Pflanzen "Schneetälchenarten" wie Sagina linnaei, Arenaria biflora und die Ubiquisten Chrysanthemum alpinum sowie Cardamine resedifolia vor. Das Vorkommen dieser Einheit beschränkt sich auf die im unteren alpinen Bereich gelegenen Untersuchungsflächen 3 und 4 am Jakobshorn (Beilage 2). Entweder sind diese Untersuchungsflächen unsorgfältig begrünt worden, oder dann sind die Bedingungen für die angesäten Pflanzen besonders ungünstig. Auf einigen Flächen (1131, 1145) ist der oberflächliche Feinerdeanteil mit 10% erstaunlich hoch.

Vegetationseinheit B 12

Von den 1978 erfassten Aufnahmen gehört nur eine zu dieser Einheit; der Gesamtdeckungsgrad beträgt weniger als 0.5%.

4.5.1.3. Einfluss des Saatgutes und der Standortsfaktoren auf die Vegetation

Aus der Gliederung und Beschreibung der Vegetationseinheiten geht hervor, dass zur Begrünung in den einzelnen Skigebieten zum Teil unterschiedliches Saatgut verwendet worden ist. Deshalb bilden aus dem gleichen Untersuchungsgebiet oder Skigebiet stammende Aufnahmen, deren Vegetation hauptsächlich aus relativ dicht aufgewachsenen angesäten Arten besteht, für sich allein oder zusammen mit anderen Flächen eine entsprechende Einheit. Vom Standort her lassen sich solche Begrenzungen einzelner Einheiten (B 1, B 2, B 4) auf gewisse Skigebiete jedenfalls nicht erklären. Der Zusammenhang zwischen dem verwendeten Saatgut und den einzelnen Einheiten lässt sich nicht genauer dokumentieren, da die Zusammensetzung des Saatgutes teilweise nur unzureichend bekannt ist oder aufgrund der Erhebungen nicht mit den von den Bergbahnen oder Begrünungsfirmen erhaltenen Angaben übereinstimmt.

Neben der Zusammensetzung des Saatgutes beeinflussen weitere Faktoren das unterschiedliche Aufkommen der Vegetation. Ein Beispiel zeigt dies deutlich:

Die Vegetation der begrünter Planierung 1 am Rinerhorn lässt sich hauptsächlich den zwei Einheiten B 3 und B 4 zuordnen. Auf den der Einheit B 4 zugeteilten Flächen (1231, 1232, 1234) dominieren angesäte Pflanzen, welche auf den Flächen der Einheit B 3 (1229) nur schwach vertreten sind oder fehlen.

Da auf der ganzen Planierung das gleiche Saatgut ausgebracht wurde, verursachen andere Faktoren als das Saatgut diesen bedeutenden Unterschied innerhalb der Begrünungsvegetation.

Der Humus- und der Feinerdeanteil, die Höhenlage, die Lage im Gelände und die Neigung könnten das Aufkommen der angesäten Pflanzen beeinflussen:

Zwischen dem oberflächlichen Feinerdeanteil und dem Gedeihen der angesäten Pflanzen besteht kein ersichtlicher Zusammenhang. Aufnahmen mit einem Deckungsgrad der Gesamtvegetation über 30% (113, 181) weisen einen geringen Feinerdeanteil von weniger als 2% auf (vgl. Abb. 25). Daneben gibt es Aufnahmen (170, 224), deren Vegetationsbedeckung trotz eines relativ hohen mittleren Feinerdeanteiles von >10% weniger als 7% beträgt.

Auf die Dichte der durchwegs mit Düngerzugaben und organischem Bodenfester oder Saatbinder angesäten Arten scheint der Humusgehalt der oberen Schichten keinen grossen Einfluss zu haben. Im Gegensatz zu den autochthonen Arten gedeihen die angesäten Pflanzen auf denjenigen Flächen, welche dank ihrer nur leicht gestörten, oberflächlichen Bodenschicht einen gegenüber anderen Aufnahmen erhöhten Humusanteil aufweisen, nicht wesentlich üppiger. Es ist möglich, dass die auf humusreichen Flächen vermehrt aufkommenden autochthonen Arten das Wachstum und die Ausbreitung der angesäten Pflanzen einschränken (Konkurrenz). Bis zu einem gewissen Grade dürfte das Aufkommen der angesäten Arten also trotz des gegenteiligen Ergebnisses von der Höhe des Humusgehaltes beeinflusst werden, wie auch Beobachtungen ausserhalb der Untersuchungsflächen bestätigen.

Die angesäten Gräser gedeihen in allen erfassten Höhenlagen. Allerdings fällt auf, dass sie mit zunehmender Höhe kümmerlichere Formen annehmen und es in ihrer Entwicklung immer weniger bis zum Blühen und zur Samenproduktion kommt.

Die Neigung und die Lage im Gelände beeinflussen das Aufkommen der angesäten Arten nicht wesentlich. Die angesäten Arten bevorzugen weder eine bestimmte Lage im Gelände noch eine bestimmte Neigung.

Sicher ist das Wetter nach der Ansaat, während der Keimung oder des "Jungpflanzenstadiums" oder dann die Art der Begrünung für das Aufkommen der angesäten Pflanzen entscheidend. Allerdings konnten die Art der Begrünung manchmal und die Aussaattermine öfters nicht mehr genau festgelegt werden, sodass sich der Einfluss dieser beiden Faktoren auf das Aufkommen der angesäten Arten nicht untersuchen liess.

4.5.2. Zeitliche Veränderungen von Vegetation und Standort

4.5.2.1. Vergleich der jährlich erfassten Vegetation

Veränderungen innerhalb der Vegetation auf den begrünten Dauerflächen lassen sich aus Abb. 23 und Abb. 24 herauslesen.

Zunächst werden die Vegetationsveränderungen in den einzelnen Vegetationseinheiten beschrieben.

Vegetationseinheiten B 1 und B 3

Die den Pflanzenbestand bildenden angesäten Gräser nehmen von 1978 bis 1980 stark ab. Die neben den Begrünungsgräsern noch vorkommenden Bodenmoose zeigen kein einheitliches Verhalten.

Vegetationseinheit B 4

Diese Einheit ist nur durch eine Aufnahme vertreten. Der Gesamtdeckungsgrad der Vegetation ist im mittleren Untersuchungsjahr (1979) am grössten, im letzten am kleinsten; dafür sind vor allem die angesäten Pflanzen der Artengruppe Ab 4 verantwortlich (Cynosurus cristatus, Trifolium pratense s.l. oder T. hybridum, Festuca pratensis). Die übrigen angesäten Pflanzen und die Bodenmoose weisen dagegen im ersten Untersuchungsjahr die kleinste Dichte auf.

Vegetationseinheit B 5

Von 1978 bis 1980 nimmt die Deckung der angesäten Arten stark ab. Die Bodenmoose verhalten sich hingegen uneinheitlich. Die autochthonen Arten, welche neben den angesäten Pflanzen einen beachtlichen Teil der Gesamtvegetation ausmachen, sind im letzten Untersuchungsjahr am schwächsten vertreten. Zu dieser Entwicklung tragen hauptsächlich Arten bei, welche in ihrem Vorkommen grosse Artmächtigkeiten aufweisen wie Sagina linnaei, Poa alpina, Luzula spadicæ usw.

Vegetationseinheiten B 6 und B 8

Der Deckungsgrad der angesäten Arten ist auf allen Aufnahmen im letzten Untersuchungsjahr am geringsten. Allerdings ist die Abnahme der angesäten Pflanzen weniger ausgeprägt als bei den vorherigen Einheiten. Dagegen ist die Deckung der autochthonen Arten entweder im mittleren Untersuchungsjahr am grössten oder nimmt von 1978 bis 1980 stetig zu.

Vegetationseinheit B 10

Fast alle Arten, auch die vorherrschenden Bodenmoose, weisen im mittleren Untersuchungsjahr den grössten Deckungsgrad auf.

Vegetationseinheit B 11

Die angesäten Pflanzen kommen im mittleren Untersuchungsjahr am dichtesten auf, oder ihre Deckung nimmt von 1978 bis 1980 stetig zu. Bei den autochthonen Arten sind neben stetigen Zunahmen auch Abnahmen zu verzeichnen.

Trotz einer gewissen Uneinheitlichkeit zeichnen sich auf den begrünten Dauerflächen folgende Tendenzen ab:

Angesäte Arten


Bei Dauerflächen, auf welchen die angesäten Arten 1978 eine Dichte über 10% aufweisen (Einheit B 1 bis B 6), überwiegen abnehmende Tendenzen. So ist auf diesen Flächen die Deckung 1980 durchwegs kleiner als 1978, wie aus Abb. 24 hervorgeht. Auf den Flächen 233, 175 und 116 ist die Abnahme so stark, dass die angesäten Arten im letzten Untersuchungsjahr (1980) oft nur noch einen kleinen Teil des 1978 festgestellten Deckungsgrades erreichen. Auf den übrigen Dauerflächen sind sowohl abnehmende als auch zunehmende Tendenzen zu verzeichnen, wobei letztere etwas überwiegen.

Abb. 23 (S. 88 und 89). Vegetationsveränderungen auf den begrünten Dauerflächen.

Fig. 23 (p. 88 and 89). Changes in vegetation on sown permanent plots.

Zeitpunkt der Aufnahme - time of recording: A = 1978, B = 1979, C = 1980

Artmächtigkeit - species value:

 Kennzahl (Transformation in die Deckungsgrade vgl. Tab. 2)
characteristic (transformation into the plant cover comp. table 2)

Entwicklungstendenzen der Artmächtigkeiten von 1978-1980

tendencies of development of species values between 1978 and 1980:

	1978 grösster Deckungsgrad		1979 grösster Deckungsgrad
	1978 greatest plant cover		1979 greatest plant cover
	1980 grösster Deckungsgrad		1978 und 1980 gleicher
	1980 greatest plant cover		Deckungsgrad - 1978 and
			1980 same plant cover

* bei widersprüchlichen Angaben ohne Bezeichnung des Zeitpunktes der Begrünung

Contradictory indications without specification of the time of the restoration of the vegetation

** Aufnahmen der 1978 planierten und ein Jahr darauf begrünter Untersuchungsfläche 4 im Dorftälli (Skigebiet Parsenn)

Relevés of the investigated area 4 in Dorftälli (skiing region Parsenn) levelled in 1978 and sown one year later

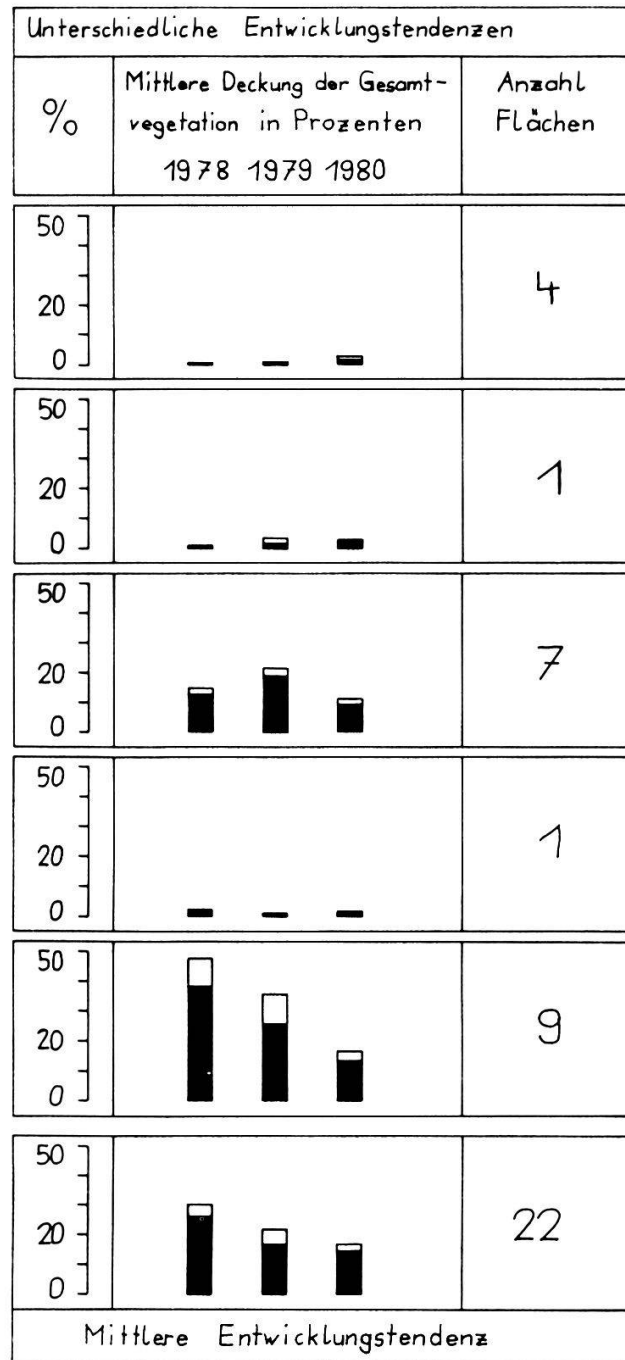


Abb. 24. Charakterisierung der Vegetationsveränderungen auf den begrün-
ten Flächen des sauren Silikates.

Fig. 24. Characterization of changes in vegetation on sown relevés on
acidic silicate.

angesäte Arten autochthone Arten
sown species indigenous species

Bodenmoose

Der Deckungsgrad der Bodenmoose ist im mittleren Untersuchungsjahr am grössten oder nimmt von 1978 bis 1980 stetig zu.

Autochthone Samenpflanzen

Bei bedeutendem Vorkommen, also Artmächtigkeiten über ungefähr 1%, herrschen von 1978 bis 1980 abnehmende Tendenzen vor. Bei geringeren Artmächtigkeiten dagegen prägen zunehmende Tendenzen die Vegetationsveränderungen.

Die mittlere Vegetationsbedeckung der 22 begrünten Dauerflächen geht während der drei Untersuchungsjahre kontinuierlich von 24% auf 14% zurück. Für diese Abnahme der Vegetation sind im allgemeinen angesäte und nur auf wenigen Flächen (119, 175) auch autochthone Arten verantwortlich.

Die Dauerflächen 240, 244 und 246 der 1978 planierten und ein Jahr darauf begrünten Untersuchungsfläche 4 im Dorftälli erlaubten, die Entwicklung der angesäten Arten in den ersten Jahren zu verfolgen (vgl. Abb. 23). Die im Frühsommer angesäten Pflanzen wachsen im selben Jahr nur kümmerlich. Im darauffolgenden Jahr (1980) ist der Deckungsgrad der angesäten Arten schon grösser, liegt aber noch deutlich unter demjenigen auf den Flächen der Einheiten B 1, B 3, B 6 oder B 8. Die Bodenmoose sind nur schwach vertreten und weisen keine bestimmten Entwicklungstendenzen auf. Die eher schwach vertretenen autochthonen Arten nehmen mit Ausnahme derjenigen auf der Fläche 246 von 1978 bis 1980 im allgemeinen stetig zu.

4.5.2.2. Vergleich der jährlich erfassten Bodenoberfläche

Die Veränderungen der Bodenoberfläche während der dreijährigen Untersuchungsperiode sind in Abb. 25 dargestellt. Der mittlere Anteil des groben Skelettmaterials (Körnung >2 mm) nimmt auf den 17 vor der Untersuchungszeit begrünten Dauerflächen von 1978 bis 1980 zu (48.7%, 61.7%). Die Abnahme des mittleren Feinerdeanteils (12.5%, 10.3%) ist während dieser Zeitspanne zum Teil weniger ausgeprägt, als von der Zunahme des groben Skelettmaterials zu erwarten wäre.

Die starke Zunahme des Feinerdeanteils der Fläche 98 von 2% auf 57% lässt sich nicht eindeutig erklären. Als Ursache kommen ein Rückgang der Vegetation (vgl. Kap. 4.6.2.), eine kleinflächige Ueberschüttung oder ein Abrutschen eines grösseren Steines in Frage.

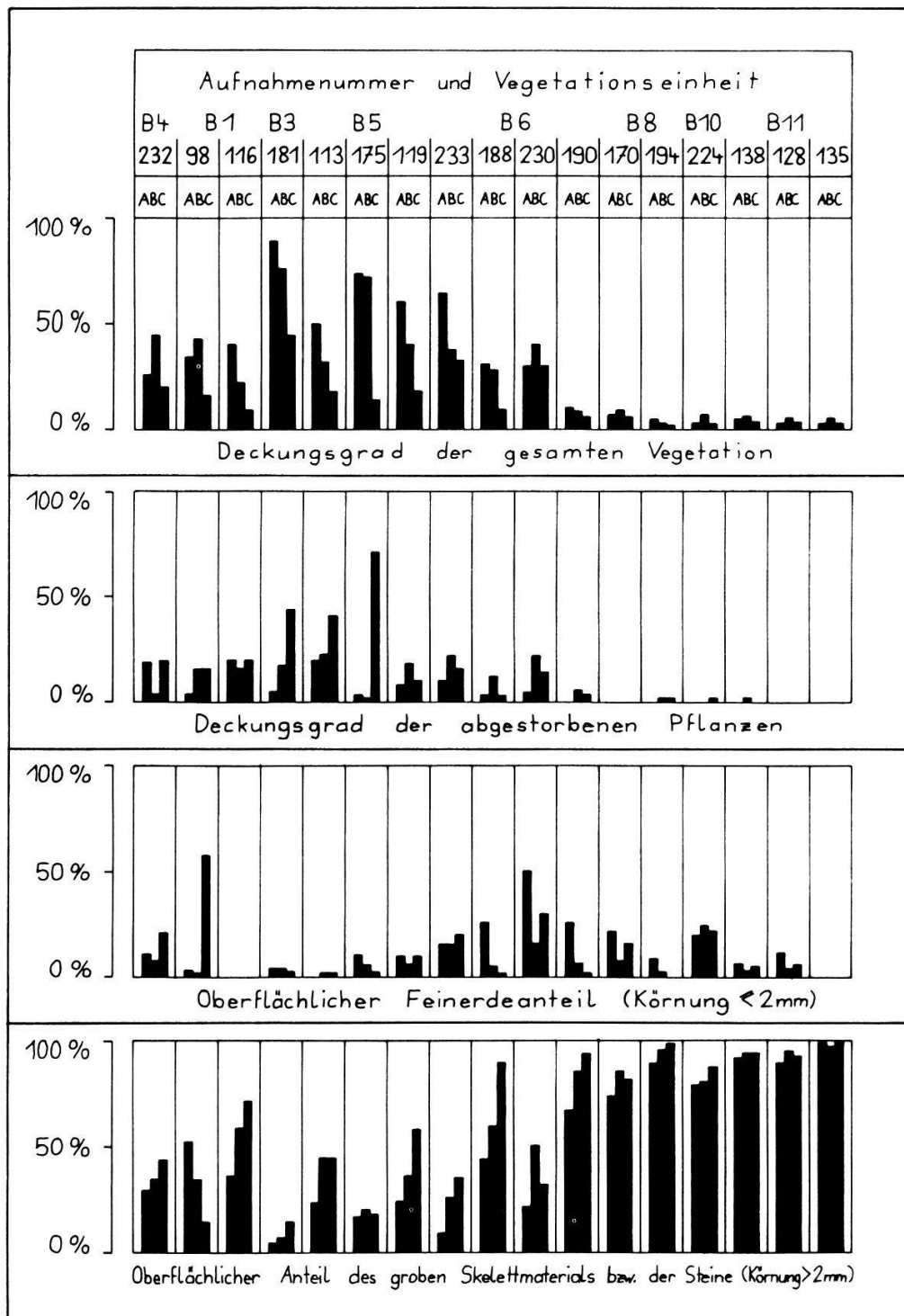


Abb. 25. Beschaffenheit der Bodenoberfläche der vor 1978 begrüneten Dauerflächen.

Fig. 25. Nature of the soil surface of permanent plots on ski runs sown before 1978.

Zeitpunkt der Aufnahme - time of recording: A = 1978, B = 1979, C = 1980

4.5.2.3. Einfluss der Bodenoberfläche auf die Vegetationsveränderungen

Zwischen dem oberflächlichen Feinerdeanteil und den Vegetationsveränderungen besteht kein ersichtlicher Zusammenhang. Dementsprechend nimmt die Vegetationsbedeckung sowohl auf den Flächen 113, 116 und 181 mit einem vergleichsweise geringen oberflächlichen Feinerdeanteil (<2.5%) als auch auf den Flächen 188, 190 und 230 mit einem grossen Feinerdeanteil (>25%) ab.

Der von 1978 bis 1980 oft festgestellte Rückgang der Vegetation hinterlässt vorerst eine Schicht abgestorbener, unverrotteter Pflanzen (vgl. Abb. 25). Die durch den Rückgang der Vegetation verursachten Schichten von abgestorbenem Pflanzenmaterial werden langsam geringer. Entsprechend dem Abbau der abgestorbenen Pflanzen vergrössert sich auf den betroffenen Dauerflächen der Anteil der unbewachsenen Bodenoberfläche, also der Feinerde und des groben Skelettmaterials. Bei Dauerflächen, deren Vegetationsveränderungen durch keine starken Abnahmen geprägt sind, nimmt der oberflächliche Feinerdeanteil eher ab bzw. der Anteil des groben Skelettmaterials im allgemeinen zu (vgl. Abb. 25).

4.5.2.4. Einfluss der Standortsfaktoren auf die Vegetationsveränderungen

Wie die Vegetationsveränderungen auf den 1979 begrünten Dauerflächen (240 bis 246) während der ersten anderthalb Jahren zeigen, sprossen frisch angesäte Gräser und nehmen vorerst je nach Qualität des Bodens mehr oder weniger stark zu.

Dieser sich auf begrünten Flächen einstellende Zuwachs der Vegetation klingt im allgemeinen nach drei bis fünf Jahren ab. Ja die Vegetationsveränderungen der 1972 und 1973 begrünten Dauerflächen sind wie oben schon erwähnt oft von einem deutlichen Rückgang der Pflanzendecke geprägt.

Zwischen den Vegetationsveränderungen von 1978 bis 1980 und der Exposition, Neigung und Höhenlage wird kein deutlicher Zusammenhang ersichtlich, wie aus Abb. 23 hervorgeht.

4.6. VERGLEICH DER UNBEGRÜENTEN UND BEGRÜENTEN SKIPISTENPLANIERUNGEN

4.6.1. Unterschiede in Artengarnitur, Artendominanz und Standort

Der durchschnittliche Deckungsgrad der Gesamtvegetation ist auf den 58 begrünten Aufnahmen mit 29.7% wesentlich grösser als auf den 116 unbegrünten Flächen mit nur 3.6%.

Dieser grosse Unterschied in der durchschnittlichen Vegetationsdichte kann nicht nur auf die Begrünung und die entsprechenden Massnahmen wie Düngergaben sowie das Ausbringen eines Bodenfestigers oder eines Wetter-schutzes zurückgeführt werden. Er kommt zum Teil auch daher, dass auf unbegrünten Planierungen der Anteil derjenigen Flächen, welche für aufkommende Pflanzen ungünstig sind, höher ist als auf begrünten. Im allgemeinen werden bevorzugt Flächen begrünt, welche eher ein Aufkommen der Pflanzen erwarten lassen. Hoch gelegene Planierungen, auf welchen von der Lage her mit einer kurzen schneefreien Zeit zu rechnen ist, also die Untersuchungsfläche 5 am Jakobshorn, 4 im Dorftälli, 1 und 2 am Rinerhorn, aber auch windexponierte Planierungen mit einer feinerdearmen oberen Bodenschicht wie die Untersuchungsfläche 6 am Jakobshorn sowie Flächen mit einer Neigung über 60% sind bis 1981 im allgemeinen nicht oder zu unsorgfältig begrünt worden.

Aus dem Vergleich der in Abb. 7 und Abb. 22 geordneten Aufnahmen unbegrünter und begrünter Planierungen geht eindeutig hervor, dass auf den meisten begrünten Flächen einige wenige angesäte Arten wie Festuca rubra, Phleum pratense, Deschampsia flexuosa stark vorherrschen, also die Artenvielfalt entsprechend kleiner ist als auf den unbegrünten Flächen.

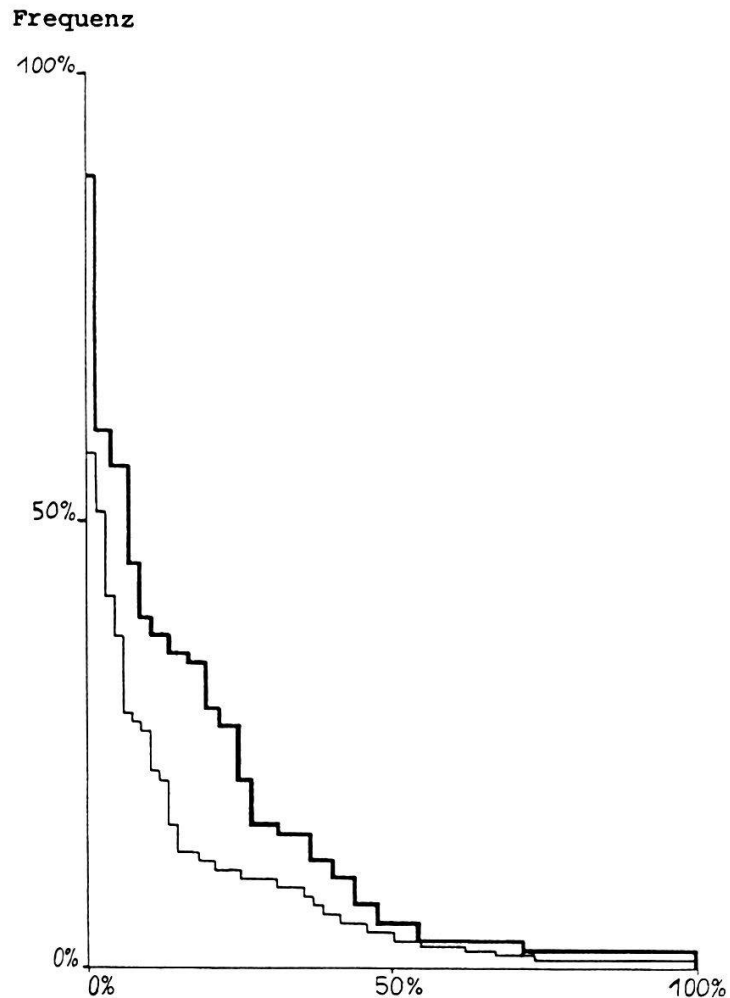
Diesen Unterschied in der Artendominanz begrünter und unbegrünter Flächen bestätigen folgende Beispiele:

- Bei den begrünten Planierungen ist der Anteil der Flächen, auf welchen die drei Arten mit den grössten Frequenzen mindestens 90% der Vegetationsbedeckung ausmachen, fast doppelt so gross wie bei den unbegrünten. Dementsprechend erreichen Festuca rubra, Phleum pratense und Deschampsia flexuosa auf 29% der begrünten Flächen, hingegen Chrysanthemum alpinum, Cardamine resedifolia und Poa alpina nur auf 15% der unbegrünten Flächen den oben genannten Grenzwert.
- Arten mit grossen Frequenzen sind auf begrünten Flächen stärker ver-

treten als auf unbegrüntem, was auch aus dem Diagramm in Abb. 26 hervorgeht.

In der Artengarnitur begrünter und unbegrünter Flächen bestehen neben der differenzierenden Artendominanz weitere Unterschiede:

- Wie schon in Kap. 4.5.1.3. erwähnt, kommen die angesäten Pflanzen im



nach Stetigkeit geordnete Artreihenfolge
(100% = Gesamtartenzahl auf 116 unbegrüntem
bzw. 58 begrünten Aufnahmen)

Abb. 26. Verteilung der Frequenzen auf begrünten sowie unbegrüntem Aufnahmeflächen.

Fig. 26. Distribution of frequencies on sown and unsown relevés.

— unbegrünte Flächen
unsown plots

— begrünte Flächen
sown plots

Gegensatz zu den autochthonen Arten vor allem in höheren Lagen nicht zum Blühen; sie produzieren also keine Früchte und Samen. Die manchmal kaum voneinander unterscheidbaren, vorherrschenden sterilen Gräser verstärken zudem die Eintönigkeit der Vegetation auf den begrüntten Flächen.

- Im allgemeinen sind die Bodenmoose auf den begrüntten Dauerflächen stärker vertreten als auf den unbegrüntten. Zwischen dem "Begrüntten" und dem hohen Aufkommen der Bodenmoose besteht also ein Zusammenhang. Die ausgebrachten, in Kap. 2.3.2. beschriebenen Bodenverbesserungsmittel (Dünger, Klebstoffe, Bodenfestiger und andere Hilfsmittel) und die durch Begrüntungsarbeiten verursachte Verdichtung der Bodenoberfläche dürften hier eine wichtige Rolle spielen.

Abgesehen davon, dass allzu ungünstige Standorte, wie schon oben erwähnt, nicht begrünt wurden, zeigen sich zwischen begrüntten und unbegrüntten Flächen inbezug auf den Standort keine grossen Unterschiede.

Die Beschaffenheit der Bodenoberfläche sowie andere Eigenschaften des Standortes beeinflussen auf unbegrüntten Flächen das Aufkommen der Vegetation etwas deutlicher als auf den begrüntten. Auf letzteren dürften andere Faktoren, z.B. die Zusammensetzung des Saatgutes und das Wetter nach der Ansaat, die Vegetation zum Teil nachhaltiger beeinflussen als die oben erwähnten Standortsfaktoren (vgl. Kap. 4.5.1.3.).

Das Vorkommen der autochthonen Arten wird auf begrüntten Planierungen in gleicher Weise durch einzelne Standortdaten geprägt wie auf unbegrüntten. So hat der Zerstörungsgrad der oberen Bodenschichten auf das Aufkommen der autochthonen Arten, vor allem der Alpenrasenarten Nardus stricta, Luzula spadicea und Carex curvula, auch auf begrüntten Flächen einen grossen Einfluss. Flächen, die aufgrund ihrer Lage mit einer kurzen schneefreien Zeit vorlieb nehmen müssen (1200, 1185), werden bei den begrüntten Planierungen wie bei den unbegrüntten von sogenannten Schneetälchenarten, z.B. Sagina linnaei oder Arenaria biflora, bevorzugt.

4.6.2. Unterschiede in der Veränderung der Vegetation und des Standortes

Zwischen der mittleren Vegetationsdichte begrüntter und unbegrüntter Dauerflächen besteht im ersten Untersuchungsjahr (1978) der grösste prozentuale Unterschied (6% bzw. 24%). Im mittleren Untersuchungsjahr (7% bzw. 21%) und 1980 (4% bzw. 14%) ist er kleiner. Gesamthaft nimmt die Vegeta-

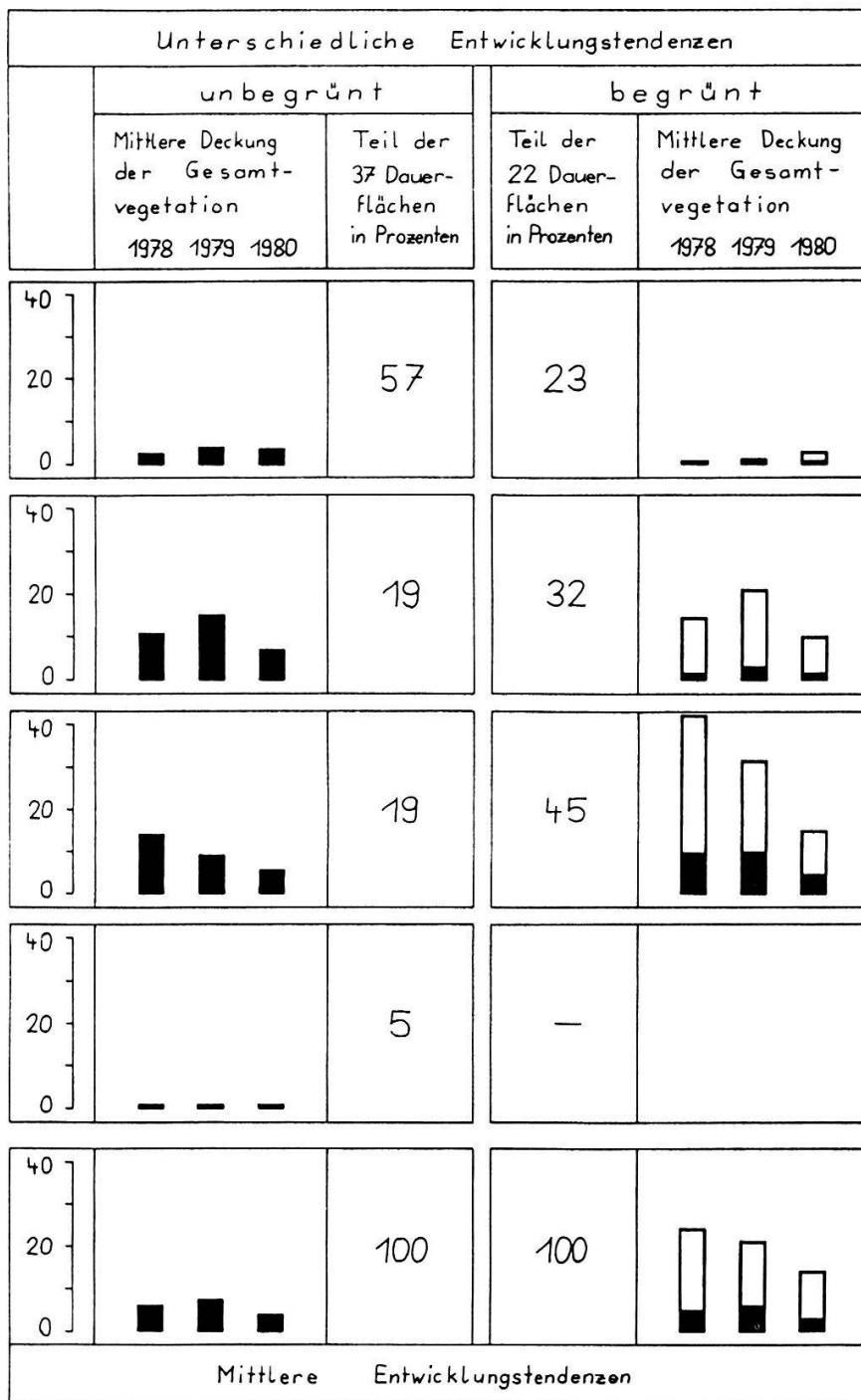


Abb. 27. Vegetationsveränderungen auf unbegrüntem und begrüntem Skipistenplanierungen des sauren Silikates.

Fig. 27. Changes in vegetation on unsown and sown levelled ski runs on acidic silicate.

■ autochthone Arten
indigenous species

□ angesäte Arten
sown species

tion auf den begrünten Dauerflächen während der drei Untersuchungsjahre also stetig ab; auf den unbegrünten hingegen nimmt sie vorerst zu und von 1979 bis 1980 ab (vgl. Abb. 27). Aus dieser Abbildung geht auch hervor, dass auf den begrünten sowie den unbegrünten Dauerflächen der mittlere Deckungsgrad der Gesamtvegetation 1980, im letzten Untersuchungsjahr, eindeutig am niedrigsten ist. Die erwähnte Abbildung sowie ein Vergleich von Abb. 8 mit Abb. 23 zeigen, dass mit grosser Mächtigkeit vorkommende Arten sowohl auf begrünten als auch unbegrünten Dauerflächen bevorzugt abnehmen. Arten mit grosser Mächtigkeit kommen auf begrünten Dauerflächen etwas häufiger vor als auf unbegrünten. Dementsprechend weisen 45% der begrünten Dauerflächen, bei den unbegrünten nur 19%, einen Rückgang der Vegetationsbedeckung auf. Umgekehrt ist die Deckung der Vegetation 1980 nur auf 23% der begrünten Flächen, dagegen auf 57% der unbegrünten grösser als 1978 (vgl. Abb. 27).

Die Veränderungen der Bodenoberfläche von 1978 bis 1980 sind auf den begrünten und unbegrünten Dauerflächen etwa gleich (vgl. Abb. 12 mit Abb. 25). Der Anteil des groben Skelettmaterials nimmt auf der Mehrzahl der Dauerflächen zu, derjenige der Feinerde eher ab. Einzig bei den begrünten Flächen 232, 98 usw., deren Vegetation stark abnimmt, vergrössert sich, wie zu erwarten, der sichtbare Feinerdeanteil.

Zwischen den Vegetationsveränderungen und der Neigung, Lage im Gelände, Höhenlage sowie der Beschaffenheit der Bodenoberfläche wird während der drei Untersuchungsjahre weder auf begrünten noch auf unbegrünten Dauerflächen ein eindeutiger Zusammenhang ersichtlich (vgl. Abb. 8 und Abb. 23).

4.6.3. Einwanderung der autochthonen Arten in begrünte Flächen

Die natürliche Wiederbesiedlung wird durch künstliche Begrünung eher verlangsamt. Ein Vergleich der Deckung der autochthonen Arten auf benachbarten, gleiche Standortsbedingungen aufweisenden, begrünten und unbegrünten Flächen zeigt dies deutlich (vgl. Abb. 28). Auf den begrünten Flächen des Dolomites kommen die autochthonen Arten signifikant weniger dicht auf (t-Test, 5%) als auf den unbegrünten. Hingegen lässt sich der in Abb. 28 sichtbare Unterschied zwischen den verglichenen begrünten und unbegrünten Flächen des sauren Silikates statistisch nicht sichern. Im Gegensatz zur Deckung ist die Zusammensetzung der autochthonen Arten auf den begrünten und unbegrünten Flächen etwa gleich.

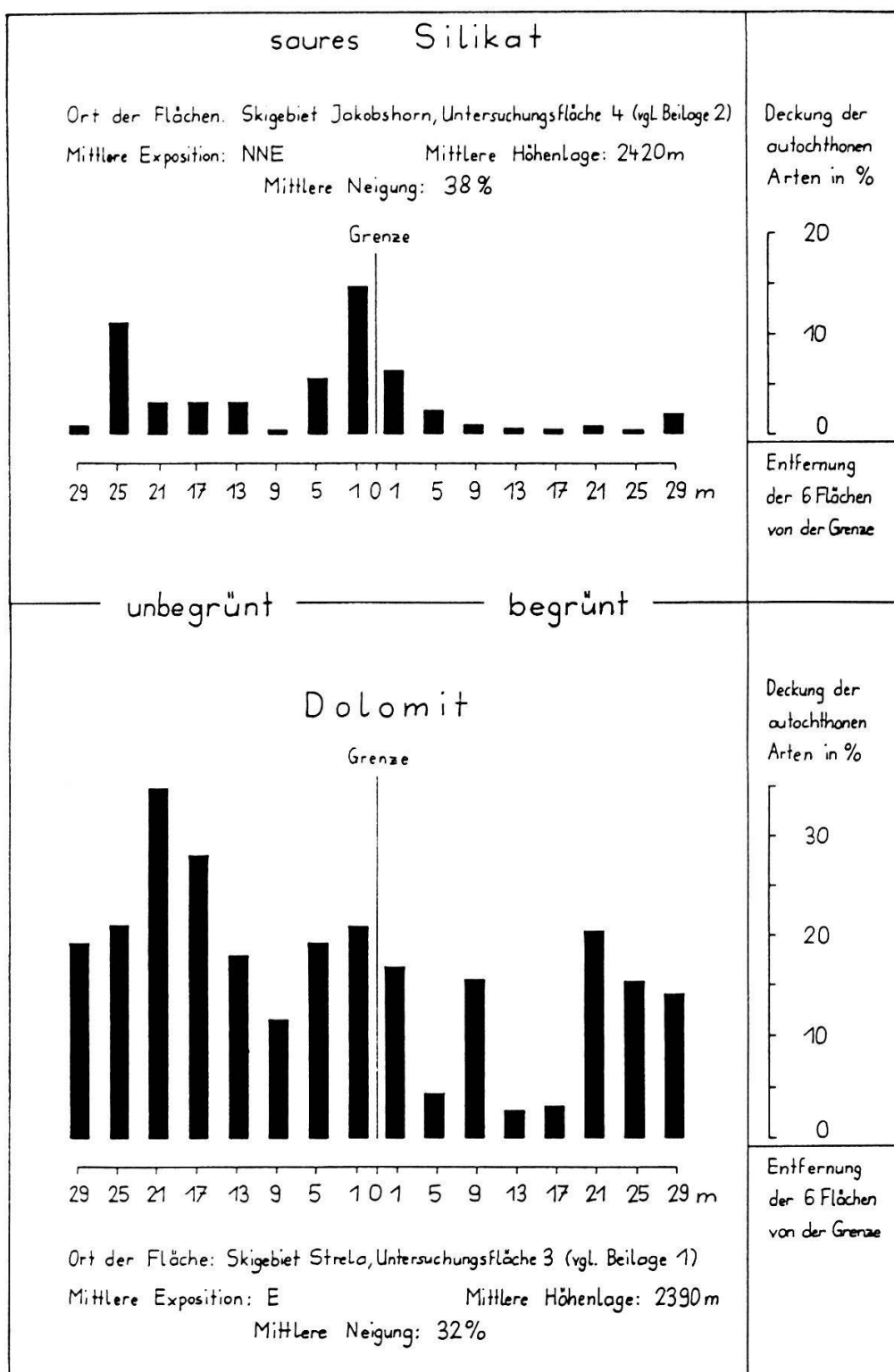


Abb. 28. Durchschnittlicher Deckungsgrad sämtlicher nicht angesäter Pflanzen auf jeweils 6 unbegrüntem und begrüntem, von der Begrünungsgrenze gleich weit entfernten Flächen.

Fig. 28. Mean plant cover of all indigenous plants on each of 6 sown and unsown plots at the same distance from the border of the sown area.

4.7. VERGLEICH DER SKIPISTENPLANIERUNGEN IM OBERENGADIN MIT JENEN BEI DAVOS

4.7.1. Klassifikation der Vegetationsaufnahmen und Gliederung der Arten

Der mittlere Deckungsgrad der begrünten Aufnahmen der untersuchten Planierungen im Oberengadin beträgt 16%, derjenige der unbegrünten 3.5%. Die Pflanzendecke auf den Planierungen um Davos und auf denen im Oberengadin besteht ungefähr aus den gleichen Arten. Die wenigen Arten, welche auf den Planierungen um Davos nicht vertreten sind, erreichen auf den Flächen im Oberengadin im allgemeinen weniger als 1/5 des Deckungsgrades der gesamten Vegetation. Die Einteilung der Aufnahmen und die Ordnung der Arten innerhalb Abb. 29, die alle Aufnahmen der Planierungen im Oberengadin zusammenfasst, entsprechen Abb 7, also den unbegrünten Flächen auf saurem Silikat bei Davos.

4.7.2. Vergleich der Standorte

Im allgemeinen sind die Aufnahmen im Oberengadin höher gelegen als diejenigen auf den Planierungen um Davos. Hier ist keine Aufnahme über 2500 m; hingegen im Oberengadin am Piz Corvatsch sind 70% darüber, und zwar bis 2690 m.

Der Boden der Planierungen im Oberengadin ist aufgrund von Beobachtungen zum Teil etwas feinerdereicher, tonreicher oder etwas weniger stark verdichtet als derjenige der Untersuchungsflächen um Davos. Die beobachteten Böden im Skigebiet um den Piz Corvatsch entsprechen am ehesten denjenigen der Untersuchungsflächen 1, 2 und 3 am Rinerhorn.

Verlagerungen von Feinerde und Erosionserscheinungen wie Rinnen, Gräben und oberflächliche Abschwemmungen sind auf den untersuchten Planierungen im Oberengadin im allgemeinen etwas häufiger als auf denjenigen um Davos. Die Ursachen dafür wurden in dieser Arbeit nicht untersucht. Zur stärkeren Erosion auf den Flächen im Oberengadin dürften die oben erwähnten Unterschiede in der Beschaffenheit des Bodens und die in der oberen alpinen Stufe aufgrund des Einflusses der südalpinen Steigregen stärkeren Niederschläge als in der Umgebung von Davos beitragen (vgl. Kap. 2.1. und 5.1.3.).

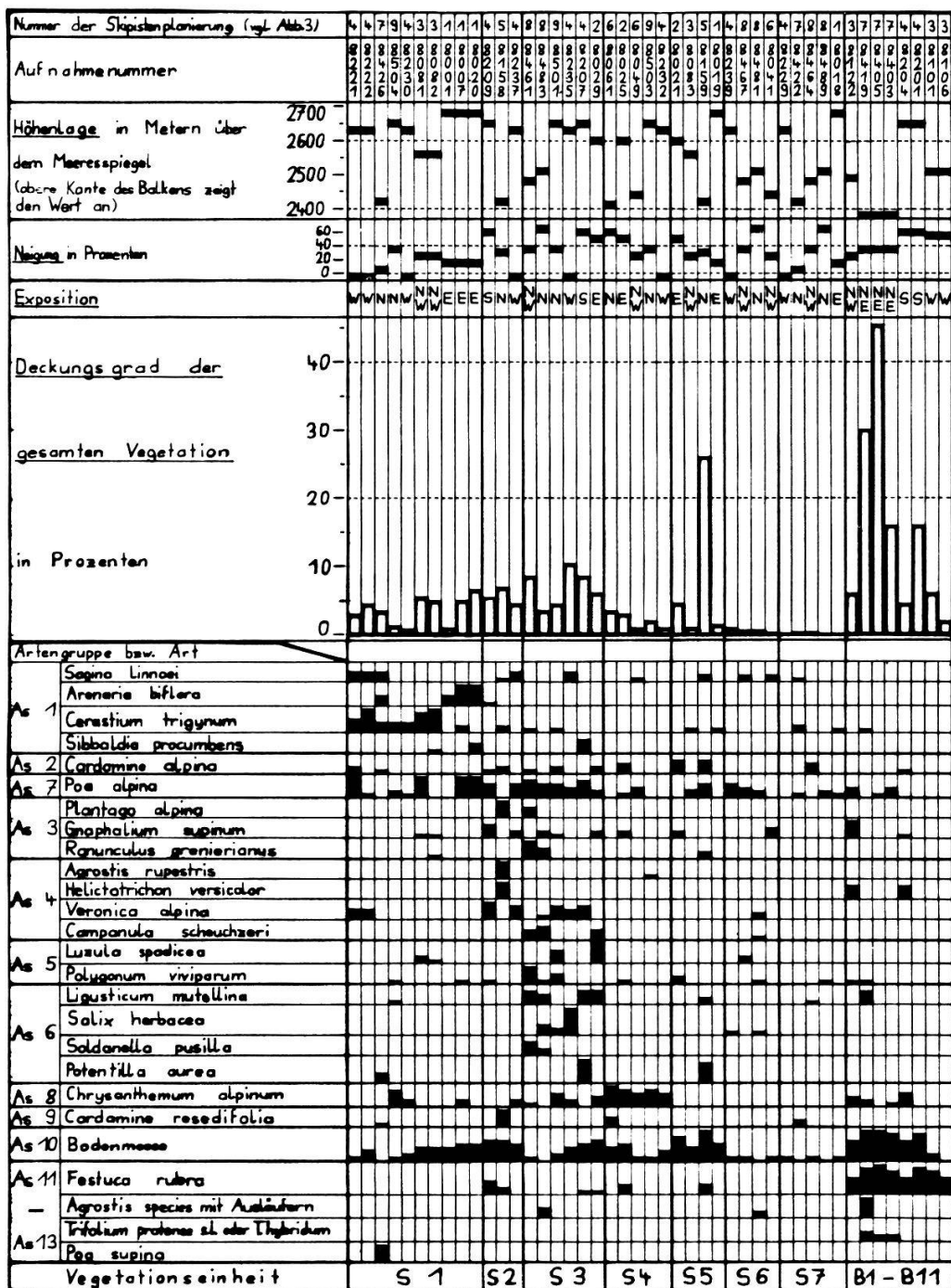


Abb. 29. Vegetation der Skipistenplanierungen im Skigebiet Corvatsch.
Fig. 29. Vegetation of levelled ski runs in the skiing region Corvatsch.

Artmächtigkeit und Deckungsgrad der Arten in Prozenten
species value and plant cover (%) :



4.7.3. Vergleich der Vegetation

4.7.3.1. Vegetationseinheiten

Auf den Planierungen im Oberengadin ist die Vegetationseinheit S 1 deutlicher ausgeprägt als auf denjenigen um Davos. Die zu dieser Einheit gehörenden Flächen sind im Oberengadin entweder über 2550 m gelegen (8001, 8007, 8020), weisen eine sehr geringe Neigung auf (8221, 8222) oder sind mehr oder weniger gegen Norden exponiert (8426, 8504).

Die Arten Sagina linnaei, Arenaria biflora, Cerastium trigynum, Sibbaldia procumbens und Poa alpina der diese Einheit prägenden Gruppen As 1 und As 3 sind auf den Flächen im Oberengadin stärker vertreten als um Davos.

Die übrigen Vegetationseinheiten der Planierungen im Oberengadin entsprechen in ihrer Artengarnitur denjenigen der unbegrünten Flächen des sauren Silikates um Davos. Infolge des im Oberengadin kontinentaleren Klimas und der deshalb um 100 m - 200 m höheren Vegetationsstufen sind am Corvatsch die Flächen in jeder Einheit oft höher gelegen als im Davoser Gebiet.

4.7.3.2. Vorkommen einzelner Arten

Mit Ausnahme der Bodenmoose sind die Arten, welche auf den Planierungen um Davos mit hohen Frequenzen vorkommen, auf den Flächen am Corvatsch weniger stark vertreten. So sind Cardamine resedifolia und Chrysanthemum alpinum auf den Planierungen um Davos eindeutig häufiger als auf denjenigen im Oberengadin (Frequenzen von 53% zu 10%, bzw. 59% zu 33%). Anstelle von Cardamine resedifolia dürfte im Oberengadin teilweise die nah verwandte, längere Schneebedeckung ertragende Cardamine alpina vorkommen, deren Frequenz auf den Flächen im Oberengadin mit 28% höher ist als auf denjenigen um Davos mit nur 12%. Auch Poa alpina ist im Oberengadin mit einer Frequenz von 75% stärker vertreten als auf den Planierungen um Davos mit 44%.

Auf den untersuchten Planierungen am Corvatsch gedeihen einige Arten, welche auf denjenigen um Davos nicht vorkommen. Ihr Aufkommen ist allerdings so gering, dass sie in Abb. 29 nicht aufgeführt sind. Zu diesen Arten gehören als Vertreter der alpinen Rasen Carex parviflora, Sesleria disticha, als Vertreter der Pioniervegetation Oxyria digyna und verein-

zelt auf über 2600 m gelegenen Flächen Ranunculus glacialis.

4.7.3.3. Aufkommen der angesäten Gräser

Zwischen den begrünten Flächen der Planierungen um Davos und denjenigen am Corvatsch bestehen in der Dichte und der Zusammensetzung der Vegetation keine wesentlichen Unterschiede. Die Aufnahmen im Oberengadin zeigen, dass angesäte Pflanzen auf Höhenlagen über 2650 m gedeihen. Allerdings ist die Deckung der angesäten Pflanzen auf dieser Höhe geringer (8201, 8204 mit 9% bzw. 0.9%) als auf tiefer, nämlich 2390 m gelegenen Flächen (8405, 8419 mit 25% bzw. 13%).

4.8. VEGETATION UND STANDORT VON SCHUTTHALDEN, ALPINEN RASEN UND GLETSCHERVORFELDERN

Schutthalden, alpine Rasen und Gletschervorfelder entsprechen in ihrem Standort oder ihrer Vegetation am ehesten den Skipistenplanierungen.

4.8.1. Vergleich der Skipistenplanierungen mit einer Schutthalde

4.8.1.1. Saures Silikat

Die untersuchte Schutthalde ist an der Nordwestflanke des Jakobshorns auf 2420 m gelegen und weist eine mittlere Neigung von 40% auf (vgl. Beilage 2).

Der mittlere Deckungsgrad der Vegetation beträgt ungefähr 12%. Die Zusammensetzung der Pflanzendecke ist aus Abb. 30 ersichtlich, die alle standörtlich teilweise etwas unterschiedlichen Aufnahmen der unbegrünten Planierungen, der untersuchten Schutthalde und der alpinen Rasen umfasst. Auf der Schutthalde bilden Arten wie Poa alpina, Doronicum clusii, Luzula spadicea, Chrysanthemum alpinum oder Oxyria digyna den Hauptbestand der Vegetation. Weiter kommen typische Besiedler von Pionierstandorten wie Arabis alpina und Linaria alpina vor.

Auf der unbegrünten Planierung 2 am Jakobshorn ist die mittlere Deckung der Vegetation mit 5.4% geringer als auf der abgesehen von der Exposition standörtlich mehr oder weniger entsprechenden Schutthalde mit 11.7% (vgl. Tab. 7). Es bestehen aber nicht nur Unterschiede in der Dichte, sondern auch in der Zusammensetzung der Vegetation, wie aus Abb. 30 hervorgeht. Auf den Planierungen öfters vorkommende Arten der Gruppe As 6 (z.B. Leontodon helveticus, Soldanella pusilla) fehlen auf der Schutthalde oder kommen nur selten vor. Dafür sind Arten wie Sedum alpestre, Androsace alpina oder Oxyria digyna auf der Schutthalde weit häufiger als auf den Planierungen. Es gibt aber auch Arten wie Poa alpina, Chrysanthemum alpinum, Cardamine resedifolia und die Bodenmoose, welche für die Vegetation der Schutthalde und der Planierungen typisch sind.

Die Standortseigenschaften der Schutthalde sind in Tab. 7 zusammengestellt. Ein Vergleich der Standortseigenschaften mit der Vegetationsdichte zeigt, dass ein Zusammenhang besteht. Auf Flächen (6003,6004) mit

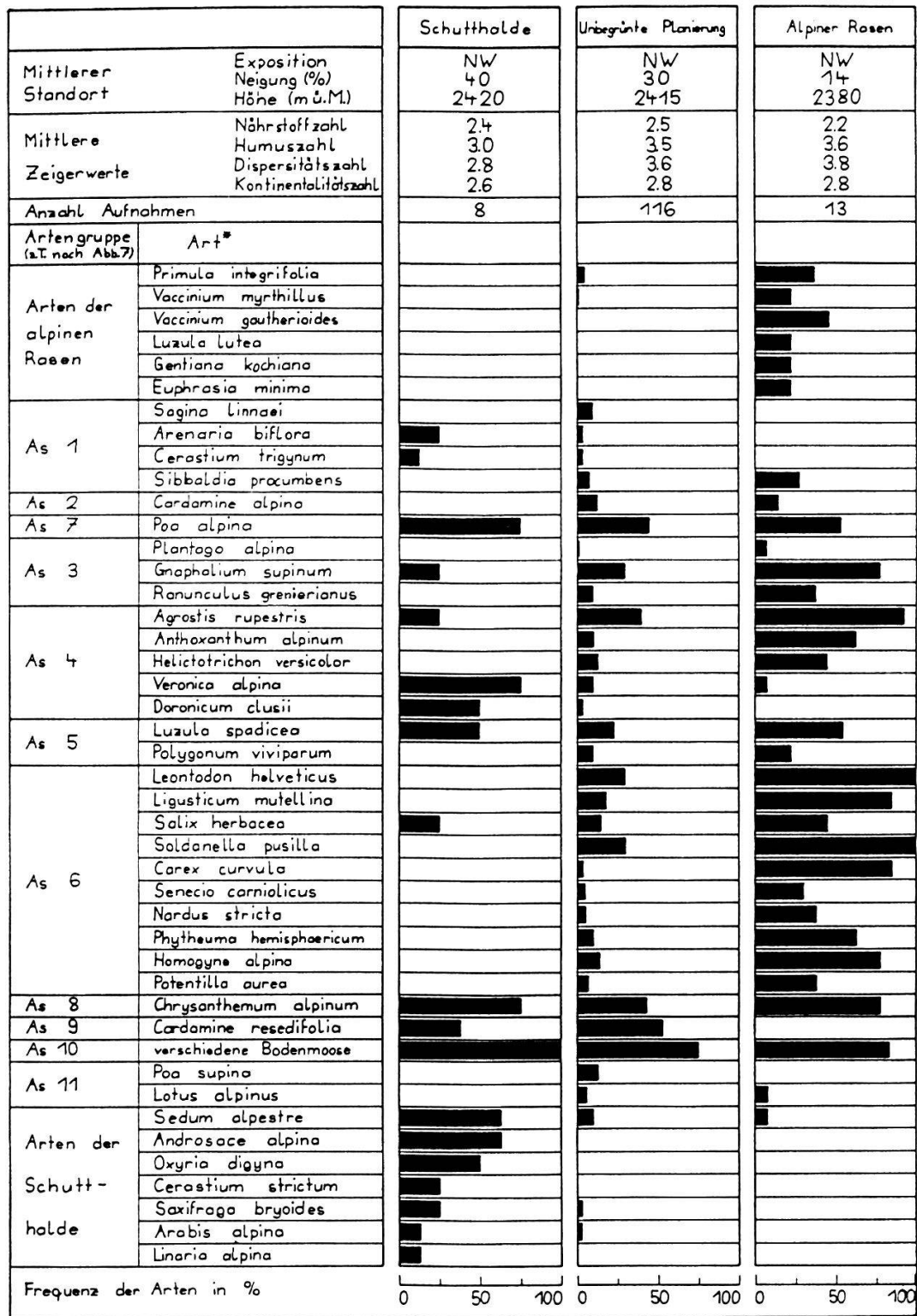


Abb. 30. Vegetation einer Schutthalde, unbegrünter Skipistenplanierungen und alpiner Rasen auf saurem Silikat im Skigebiet Jakobshorn.

Fig. 30. Vegetation of a scree slope, unsown levelled ski runs, and alpine meadows on acidic silicate in the skiing region Jakobshorn.

einem vergleichbar hohen Humusanteil (je 0.4%) ist der Deckungsgrad der Vegetation im allgemeinen grösser (25.3% bzw. 23.2%) als auf solchen (6002, 6006) mit einem geringeren Humusanteil (0.2% bzw. 0.1%); hier beträgt die Vegetationsbedeckung nämlich nur 1.6% bzw. 2.7%.

Auf sechs Aufnahmen der Schutthalde ist der mittlere Humusanteil in der oberen, 21 cm dicken Bodenschicht kleiner, hingegen der Feinerdeanteil etwa gleich gross wie auf den zum Vergleich hinzugezogenen, standörtlich entsprechenden Flächen der benachbarten, unbegrünter Planierung 2 (vgl.

Tab. 7. Vegetationsdichte und Standort der Skipistenplanierung 2 und der Schutthalde am Jakobshorn.

Table 7. Vegetation cover and site of the scree slope and the levelled ski run 2 at Jakobshorn.

* der oberen, 21 cm dicken Bodenschicht - of the topsoil (0-21 cm)

** In keine Einheit passende Artengarnitur. Es dominieren Arten, welche auf Skipistenplanierungen fehlen oder selten vorkommen.
Species composition does not belong to any unit. Species dominate which are absent or rare on levelled ski runs.

Fläche	Exposition	Neigung in %	Feinerde- anteil* in %	Humus- anteil* in %	Deckung der Ge- samtve- getation in %	Vegeta- tions- einheit
S c h u t t h a l d e						
6001	NW	44	27	0.4	8.8	S 1
6004	NW	26	24	0.3	23.2	S 3
6003	N	40	24	0.3	25.3	S 3
6002	NW	42	20	0.2	1.6	**
6005	NW	38	27	0.1	8.3	**
6006	NW	52	21	0.1	2.7	**
Durch- schnitt	NW	40	24	0.2	11.7	
S k i p i s t e n p l a n i e r u n g						
122	S	2	11	0.1	1.3	S 1
121	SW	14	14	0.9	11.4	S 3
134	W	58	21	1.1	10.5	S 3
129	W	68	42	2.4	6.5	S 4
133	W	18	20	0.7	0.4	S 7
131	W	54	13	0.7	2.1	B 11
Durch- schnitt	W	36	20	1.0	5.4	

Tab. 7). Obwohl die Schutthalde inbezug auf den Humusgehalt für die Entwicklung einer Pflanzendecke etwas ungünstiger ist als die erwähnte Planierung, wächst die Vegetation auf der Schutthalde dichter, wie aus Tab. 7 hervorgeht. Für das im Vergleich zur Planierung bessere Aufkommen der Vegetation auf der immer wieder von Steinen überschütteten Schutthalde dürften die oft erstaunlich dicht durchwurzelten, Feinerde und Humus enthaltenden Schichten im unteren Bereich des Bodens verantwortlich sein.

4.8.1.2. Dolomit

Die untersuchte Schutthalde ist an der Südostflanke des Schiahorns auf ca. 2450 m gelegen und weist eine mittlere Neigung von 54° auf (vgl. Beilage 1). Der mittlere Deckungsgrad der Vegetation beträgt ungefähr 10%. Die Zusammensetzung der Pflanzendecke geht aus Abb. 31 hervor, die alle standörtlich teilweise etwas unterschiedlichen Aufnahmen der Schutthalde, der alpinen Rasen und der unbegrünten, oberhalb 2300 m gelegenen Planierungen umfasst.

Auf den 11 Flächen der Schutthalde kommen die Arten Festuca pumila, Ranunculus alpestris und Poa alpina sowie die Bodenmoose am häufigsten vor (Frequenz bei allen >70%). Zudem sind die Bodenmoose auf 5 Flächen und Festuca pumila sowie Ranunculus alpestris auf mindestens 3 Flächen dominant. Als einzige weniger häufig vorkommende Art beherrscht Leontodon montanus auf 4 Flächen die Pflanzendecke.

Auf den 43 unbegrünten, oberhalb 2300 m gelegenen Flächen der Planierungen ist der mittlere Deckungsgrad der Vegetation mit 6.9% geringer als auf der standörtlich mehr oder weniger entsprechenden Schutthalde mit 10%. Es bestehen aber nicht nur Unterschiede in der Dichte der Pflanzendecke, sondern auch im Artengefüge, wie aus Abb. 31 hervorgeht. Auf den Planierungen öfters vorkommende Arten wie Campanula scheuchzeri, Ranunculus montanus und Ligusticum mutellina fehlen auf der Schutthalde oder kommen nur selten vor. Dagegen sind Arten wie Leontodon montanus, Arabis corymbiflora und teilweise Ranunculus alpestris auf der Schutthalde weit häufiger als auf den Planierungen. Es gibt aber auch Arten wie Poa alpina, Polygonum viviparum, Hutchinsia alpina und die Bodenmoose, welche für die Vegetation der Planierungen sowie der Schutthalde typisch sind und dementsprechend jeweils auf mindestens einem Drittel der untersuchten Flächen vorkommen.

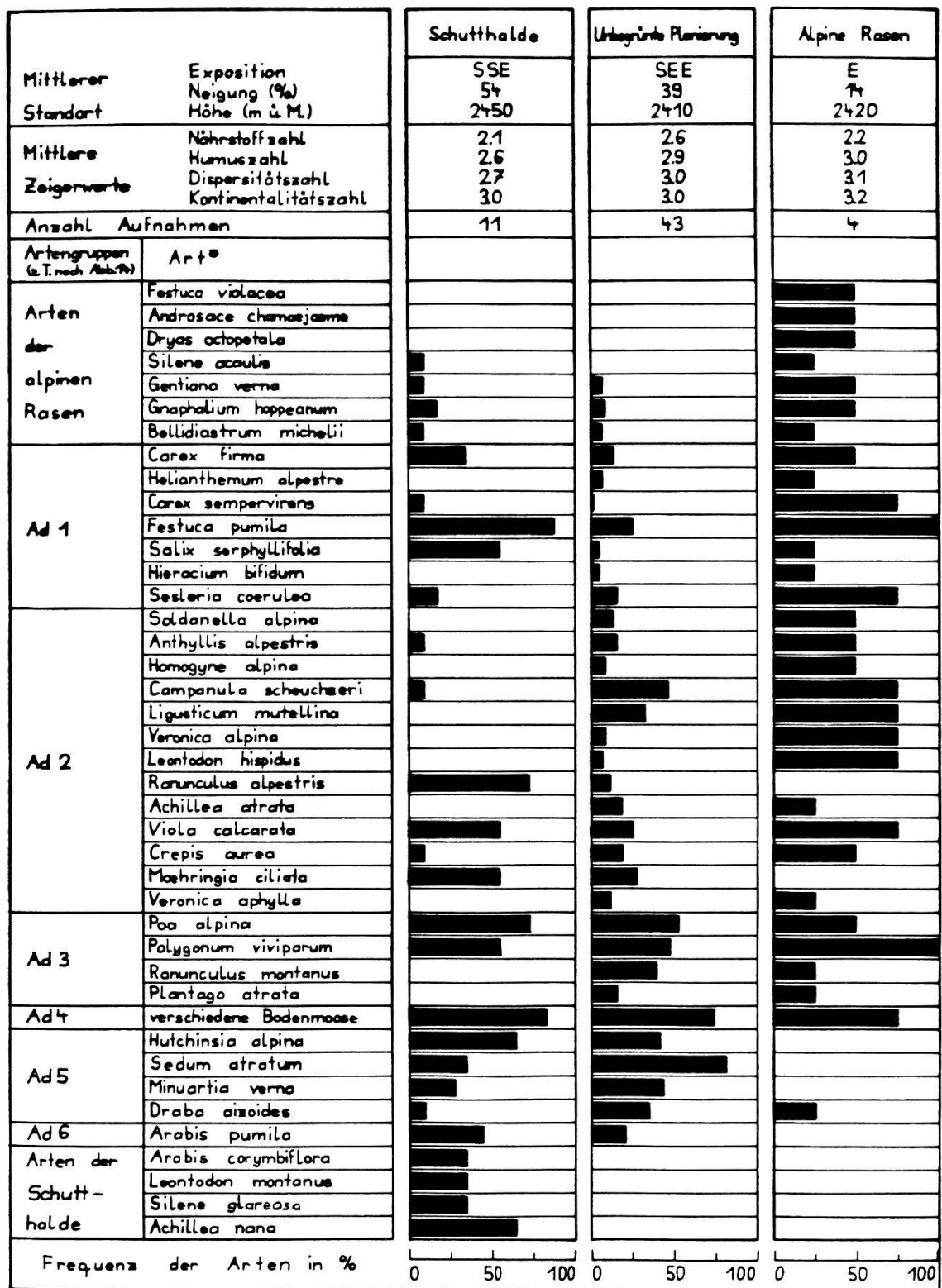


Abb. 31. Vegetation einer Schutthalde, unbegrünter Skipistenplanierungen und alpiner Rasen auf Dolomit im Skigebiet Strela.

Fig. 31. Vegetation of a scree slope, unsown levelled ski runs, and alpine meadows on dolomite in the skiing region Strela.

Die in Tab. 8 dargestellten Daten der untersuchten Schutthalde zeigen Zusammenhänge zwischen der Vegetationsdichte, der Neigung, dem Feinerde- und dem Humusanteil. Die Vegetationsbedeckung ist auf Flächen (z.B. 5001) mit relativ hohem Feinerde- und Humusanteil in den oberen Bodenschichten (72% und 0.8%) über dreimal grösser als auf solchen (5002, 5003) mit geringem (18% und 0.1% bzw. 38% und 0.2%). Auf Fläche 5010 mit

Tab. 8. Vegetationsdichte und Standort der Schutthalde am Schiahorn und vergleichbarer Skipistenplanierungen

Table 8. Vegetation cover and site of the scree slope at Schiahorn and corresponding levelled ski runs

* der oberen, 21 cm dicken Bodenschicht - of the topsoil (0-21 cm)

** In keine Einheit passende Artengarnitur. Es dominieren Arten, welche auf Skipistenplanierungen fehlen oder selten vorkommen.
Species composition does not belong to any unit. Species dominate which are absent or rare on levelled ski runs.

Fläche	Exposition	Neigung in %	Feinerdeanteil* in %	Humusanteil* in %	Deckung der Gesamtvegetation in %	Vegetations-einheit
S c h u t t h a l d e						
5001	S	60	72	0.8	30.0	D 1
5010	S	18	19	0.3	22.0	D 1
5003	S	50	38	0.2	9.0	D 1
5002	S	48	18	0.1	8.0	D 1
5008	SE	44	12	0.1	8.0	D 2
5009	S	48	14	0.1	4.0	D 2
5006	SE	56	5	0.05	4.0	**
5007	SE	72	8	0.05	3.0	**
5005	SE	88	29	0.1	2.0	**
Durchschnitt	SSE	54	24	0.2	10.0	
S k i p i s t e n p l a n i e r u n g						
16	S	42	21	1.0	24.0	D 1
65	SE	50	14	0.4	9.0	D 1
21	SE	56	24	0.6	2.0	D 2
10	SE	72	27	0.6	2.0	D 2
8	S	36	22	1.0	2.0	D 5
23	SE	62	12	0.4	0.1	D 7
Durchschnitt	SSE	53	20	0.7	6.5	

der geringen Neigung von 18% wächst die Vegetation doppelt so dicht wie auf den beiden oben erwähnten Flächen mit höheren Neigungen von 48% und 50%, auch wenn die Bodenbedingungen noch ungünstiger sind. Auf den Flächen 5006 und 5007 mit sehr feinerde- und humusarmen oberen Bodenschichten ist Silene glareosa, eine auf Planierungen fehlende Art, dominant. Der mittlere Humusanteil in der oberen Bodenschicht ist auf der untersuchten Schutthalde kleiner (0.2% bzw. 0.7%) als auf sechs standörtlich entsprechenden, planierten Flächen, hingegen der Feinerdeanteil etwas grösser (24% bzw. 20%), wie aus Tab. 8 hervorgeht. Obwohl sich die Schutthalde für die aufkommenden Pflanzen in bezug auf den Humusgehalt im allgemeinen als ungünstiger erweist, ist der mittlere Deckungsgrad der Vegetation grösser als auf den verglichenen Flächen der Planierungen (10% bzw. 6.5%). Wie bei der Schutthalde auf saurem Silikat dürften oft erstaunlich dicht durchwurzelte, Feinerde und Humus enthaltende Schichten unterhalb des Oberbodens dafür verantwortlich sein.

4.8.2. Vergleich der Skipistenplanierungen mit alpinen Rasen

4.8.2.1. Saures Silikat

Die mittlere Vegetationsdichte der 14 Vergleichsflächen (78%) zeigt, dass die Pflanzendecke der alpinen Rasen mehr oder weniger geschlossen ist. Die Zusammensetzung der Vegetation geht aus Abb. 30 hervor. Mehr als ein Drittel der auf den ungestörten Vergleichsflächen vorkommenden Arten, z.B. Leontodon helveticus, Soldanella pusilla, Ligusticum mutellina, Agrostis rupestris und Carex curvula, weist eine Frequenz von zum Teil weit über 50% auf.

Zwischen der Vegetation von Planierungen und derjenigen alpiner Rasen bestehen grosse Unterschiede. Der mittlere Deckungsgrad der Gesamtvegetation ist auf den Flächen der alpinen Rasen mit 78% sechsmal höher als auf den begrünten und unbegrünten Planierungen mit 13%. Die unterschiedliche Verteilung der Frequenzen auf der Planierung 2 am Jakobshorn und auf einem benachbarten, standörtlich entsprechenden alpinen Rasen ist in Abb. 32 dargestellt. Aus dem Vergleich der Verteilung der Frequenzen geht eindeutig hervor, dass die Homogenität in der Vegetationszusammensetzung auf dem alpinen Rasen grösser ist als auf der verglichenen Planierung. So weisen auf dem alpinen Rasen 40% der Arten eine Frequenz von

>85% auf, hingegen auf der Planierung nur eine Frequenz von >25%. Von wenigen Ausnahmen abgesehen kommen die Arten, welche auf den alpinen Rasen gedeihen, auch auf den Planierungen vor. Zu den Ausnahmen gehören Arten, die nur auf humosen oder ungestörten Böden gedeihen (Vaccinium myrtillus und V. gaultherioides, Gentiana kochiana, Euphrasia minima und Luzula lutea). Es gibt nur wenige Arten wie Cardamine resedifolia, Poa supina und Doronicum clusii, die auf Planierungen aufkommen und auf den ungestörten Flächen fehlen oder höchstens vereinzelt wachsen. Auf den alpinen Rasen fehlen diesen Arten vermutlich die offenen, konkurrenzarmen Stellen. Auf den ungestörten Flächen herrschen hauptsächlich Pflanzen aus der Artengruppe As 6 und zum Teil As 4 (vgl. Abb. 30) vor, z.B. Leontodon helveticus und Soldanella pusilla mit einer Frequenz von je 100%. Auf den unbegrüntten Planierungen dominieren hingegen eher Arten

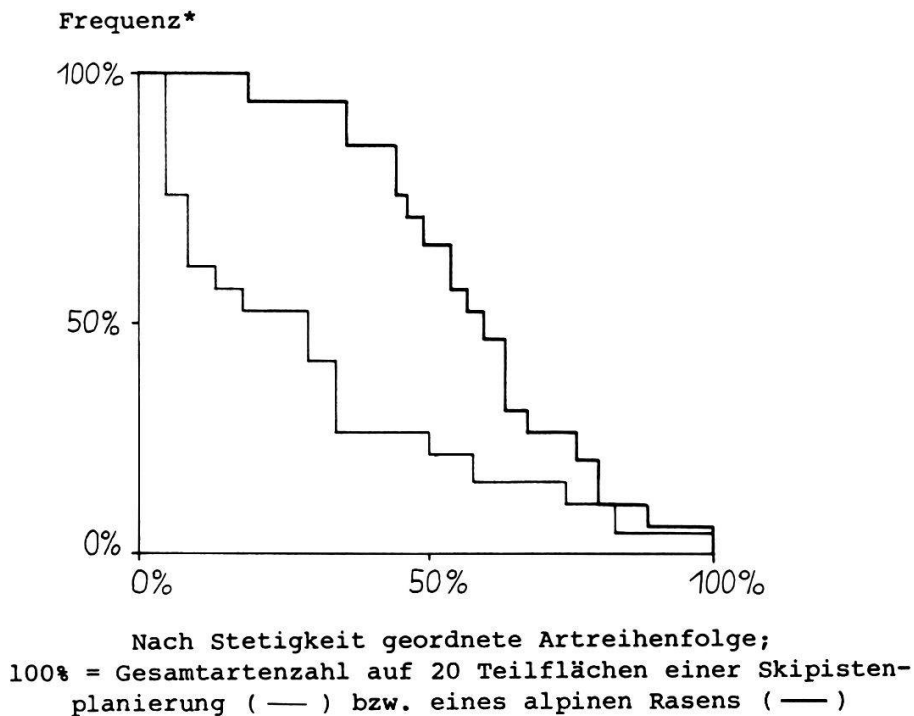


Abb. 32. Verteilung der Artfrequenzen auf einer Skipistenplanierung und einem standörtlich entsprechenden alpinen Rasen.
Fig. 32. Distribution of species frequencies on a levelled ski run and on an alpine meadow with corresponding site.

* innerhalb 20 nebeneinander liegenden 0.5 m² grossen Teilflächen
within 20 0.5 m² parts of plots situated side by side

wie Cardamine resedifolia, Chrysanthemum alpinum, Poa alpina sowie Agrostis rupestris.

Zwischen den alpinen Rasen und den Planierungen auf saurem Silikat einerseits und auf Dolomit andererseits sind die standörtlichen Unterschiede ähnlich. Die folgende Charakterisierung des Standortes gilt deshalb auch für die in Kap. 4.8.2.2. beschriebenen Flächen des Dolomites.

Mehr oder weniger deutlich zu unterscheidende Horizonte prägen die Böden der alpinen Rasen (vgl. Abb. 33). In den oberen stark durchwurzelten Bodenschichten ist der Humus- und Feinerdegehalt wesentlich höher und der Anteil des groben Skelettmaterials kleiner als in den tieferen Schich-

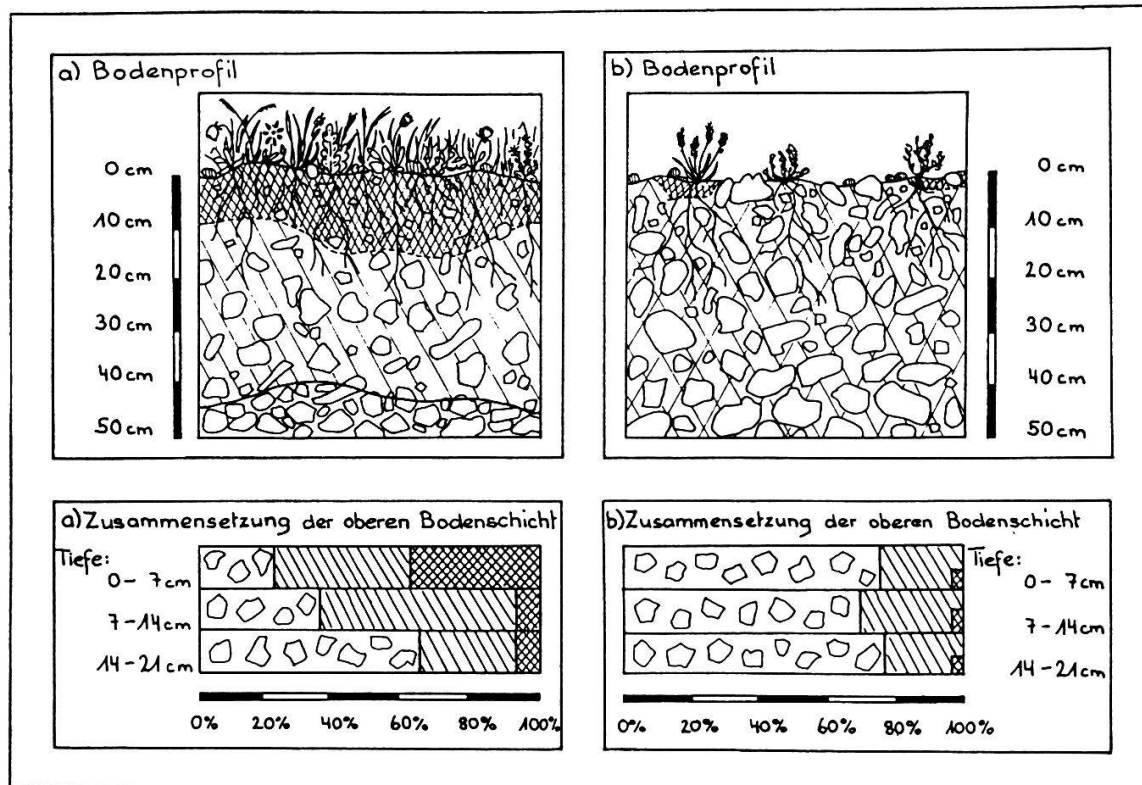








Abb. 33. Der Bodenaufbau einer ungestörten Fläche (a) und einer planierten Fläche (b) auf saurem Silikat (2300 m ü.M.).

Fig. 33. Soil profiles of an undisturbed plot (a) and of a levelled plot (b) on acidic silicate (2300 m a.s.l.).

- | | | | |
|---|-----------------------|---|---|
|  | Steine - stones |  | Steine auf der Oberfläche
stones on the soil surface |
|  | Feinerde - fine earth |  | scharfe Horizontgrenze
distinct limit of horizon |
|  | Humus - humus |  | unklare Horizontgrenze
indistinct limit of horizon |

ten. Diese Konzentration des Humus und der Feinerde in den oberen Bodenschichten ermöglicht die im allgemeinen geschlossene Pflanzendecke.

Die Böden der Planierungen (vgl. Abb. 33) bestehen hingegen aus einem mehr oder weniger gleichmässigen, strukturlosen, lockeren bis verdichteten Gemisch aus Schutt, Feinerde und Humus. Aufgrund dieser Durchmischung fehlen auf den Planierungen im allgemeinen die mit Humus und Feinerde angereicherten, skelettarmen, für die Pflanzen als Wurzelraum geeigneten, nicht flachgründigen, oberen Bodenschichten. Dementsprechend ist der mittlere Feinerdeanteil bis zu einer Tiefe von 21 cm auf sechs Flächen der alpinen Rasen fast doppelt so gross (41% bzw. 22%) wie auf 15 Flächen der Planierungen, der Humusanteil sogar um ein Mehrfaches höher (4% bzw. 0.9%).

Der aufgrund der Zeigerwerte bestimmte mittlere Standort der unbegrünten Planierungen ist scheinbar nährstoffreicher als derjenige des alpinen Rasens, wie aus Abb. 30 und Abb. 31 hervorgeht. Für eine sichere Aussage wären allerdings Bodenanalysen notwendig. Denn innerhalb der alpinen Rasen steht den einzelnen Pflanzen bei der dichten Vegetation im Gegensatz zu den spärlich bewachsenen Planierungen nur ein geringer Teil der vorhandenen Nährstoffe zur Verfügung. So weisen die Zeigerwerte bei den alpinen Rasen auf einen vergleichsweise geringen Nährstoffgehalt hin, obwohl dieser im allgemeinen höher sein dürfte als auf den Planierungen (vgl. Kap. 5.2.3.). Der in den Böden der Planierungen infolge der Durchmischung vermehrt vorhandene Sauerstoff fördert den Abbau der kleinen Reserve des vorhandenen organischen Materials. Deshalb ist es auch möglich, dass die Böden der Planierungen kurzfristig doch etwas nährstoffreicher sind als diejenigen der ungestörten Flächen.

4.8.2.2. Dolomit

Der mittlere Deckungsgrad der Gesamtvegetation ist, wie Abb. 31 zeigt, auf den Flächen der ungestörten alpinen Rasen mit 81% über 10 mal höher als auf den oberhalb 2300 m gelegenen Planierungen mit nur 7%.

Knapp die Hälfte der in den Alpenrasen vorkommenden Arten, z.B. Festuca pumila, Polygonum viviparum und Sesleria coerulea, weist mindestens eine Frequenz von 50% auf. Einige auf den Planierungen teilweise vorherrschende Arten wie Hutchinsia alpina, Sedum atratum, Minuartia verna und Arabis pumila aus den Artengruppen Ad 5 und Ad 6 fehlen auf den alpinen Rasen oder wachsen nur vereinzelt, da sie im allgemeinen offene Stellen

bevorzugen. Andererseits kommen einige auf alpinen Rasen wachsende Arten wie Festuca violacea, Dryas octopetala und Androsace chamaejasme auf den Planierungen nicht vor. Diese Pflanzen vermögen offenbar nur auf ungestörten und humosen Böden zu gedeihen.

Die standörtlichen Unterschiede zwischen den alpinen Rasen und den Planierungen sind zusammen mit denjenigen auf den Flächen des sauren Silikates in Kap. 4.8.2.1. beschrieben.

4.8.3. Vergleich der Skipistenplanierungen mit Gletschervorfeldern im Oberengadin

Die Gletschervorfelder im Val Roseg (vgl. Abb. 3) befinden sich nicht wie die Mehrzahl der erfassten Planierungen in der alpinen Stufe, sondern in der subalpinen. In der Neigung (5% bis 90%) weisen die 24 Aufnahmen der Gletschervorfelder grosse Unterschiede auf. Von den drei bodenkundlich untersuchten Flächen 7001, 7004 und 7005 beträgt der mittlere Feinerde- und Humusanteil in den oberen 7 cm des Bodens 56% bzw. 0.4%. Im Vergleich zu 21 unbegrünten Dauerflächen auf Planierungen des sauren Silikates ist der durchschnittliche Feinerdeanteil auf den drei Flächen der Gletschervorfelder wesentlich grösser (21% bzw. 56%), hingegen der Humusanteil kleiner (1.0% bzw. 0.4%).

Diese Differenzen im Feinerde- und Humusanteil der oberen Bodenschichten und in der Höhenlage zeigen, dass die aufkommenden Pflanzen bezüglich des Standortes auf den Planierungen und den Gletschervorfeldern unterschiedliche Bedingungen antreffen.

Die Dichte und Zusammensetzung der Pflanzendecke auf den Aufnahmen der Gletschervorfelder ist sehr uneinheitlich. Auf einer Fläche (7001) beträgt die Vegetationsdichte 70%, auf einer anderen (7115) nur 0.1%. Die Gegenüberstellung einiger Aufnahmen (7001 bis 7006 gegen 7123, 7124, 7125, 7131, 7140) zeigt, dass auch in den Artgarnituren der erfassten Flächen grosse Unterschiede bestehen (vgl. Abb. 34).

Abb. 34 (S. 115). Vegetationsentwicklung auf zwischen 2180 m und 2260 m hoch gelegenen Gletschervorfeldern im Val Roseg.

Fig. 34 (p. 115). Development of vegetation on glacier forefields in Val Roseg between 2180 m and 2260 m altitude.

Einerseits sind die stark voneinander abweichenden Standorte, andererseits die variierende Zeitspanne seit dem Gletscherrückzug für diese grossen Unterschiede in der Vegetation verantwortlich.

- Der Einfluss des Standortes auf die Vegetation wird beim Vergleich zweier benachbarter Flächen (7001, 7004) deutlich. Die Dichte der Vegetation (61% bzw. 4%) zeigt einen eindeutigen Zusammenhang mit der Neigung (0% bzw. 81%) und dem Feinerdeanteil in der oberen 7 cm tiefen Bodenschicht (94% bzw. 38%).
- Die standörtlich ähnlichen, unterschiedlich weit vom Gletscher entfernten und deshalb nicht zum selben Zeitpunkt eisfrei gewordenen Flächen 7111 bis 7140 erlauben, die nach dem Gletscherrückzug auf den Vorfeldern einsetzende Vegetationsentwicklung darzustellen (vgl. Abb. 34). Zu Beginn der Besiedlung durch Pflanzen kommen Pionierarten auf, z.B. Oxyria digyna, Cerastium uniflorum, Rumex scutatus, Achillea moschata auf den seit etwa 10 Jahren eisfreien Flächen 7111 bis 7125. In späteren Stadien der Vegetationsentwicklung werden diese Arten durch andere verdrängt, z.B. Trifolium badium, Poa alpina, Minuartia verna und Artemisia mutellina, die auf den seit ungefähr 45 Jahren eisfreien Flächen 7131 bis 7140 wachsen.

Die Vegetationsveränderungen auf den Planierungen sind scheinbar kleiner und uneinheitlicher als jene auf den Gletschervorfeldern (vgl. Abb. 8, 9 und 23 mit Abb. 34). Diese Differenz wird zum Teil dadurch hervorgerufen, dass die 10 und 45 Jahre eisfreien Flächen auf den Gletschervorfeldern mit 35 Jahren zeitlich weiter auseinander liegen als die zwei bis drei Jahre auf den Dauerflächen der Planierungen. Bis zu einem gewissen Grade weisen die Vorfelder auch eine deutlichere Vegetationsentwicklung auf, da sie weniger hoch gelegen und im allgemeinen mit einer feinerde-reicheren oberen Bodenschicht versehen sind als die Planierungen.

Die in Kap. 5.1.4. diskutierte Entwicklung der Vegetation auf den von AMMANN (1978) und LUEDI (1945 und 1958) beschriebenen Gletschervorfeldern ergibt weitere Anhaltspunkte für den Vergleich mit den Planierungen.

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. ÖKOLOGISCHE BEURTEILUNG DER ERGEBNISSE

5.1.1. Vegetation der unbegrüntten 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 aufgewachsenen Pflanzenbeständen innerhalb der Planierungen beschrieben auch STOLZ (1984) im Skigebiet um Grindelwald (BE) sowie MARHOLD und CUNDERLIKOVÁ (1984) in der Tatra.

Der grösste Teil der aufkommenden Vegetation wächst allerdings nur kümmerlich und besteht aus Arten der alpinen Rasen, aber auch der Schuttfuren (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, andererseits 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 in bezug auf die Sonnenscheindauer und den Frost besonders günstig, was sich im allgemeinen auf die Ausaperung und den Zustand der Vegetation niederschlug. Gleichermassen erklärt der in bezug 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 Standortbedingungen 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 verlorengelht 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 Serizit-schiefer, 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 (Grimselfass), 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 begrünter Planierungen bedeutend kleiner als auf den alpinen Rasen, sogar wenn die oberirdische Biomasse der begrünter 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), HUENERWADDEL 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 dazugehörigen 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 INTERIERN 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	Wohlrriechende 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	Weisse Alpenrose
var. albiflorum	

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 INNEREN 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 Publikumpisten 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 MOSIMANN 1983 und 1985). Aus ökologischer Sicht sind in Übereinstimmung mit LANDOLT (1983) punktuelle Geländeanpassungen zu verantworten, falls gefährliche Stellen auf keine andere Art entschärft werden können. Wichtig ist zudem, dass die punktuellen Geländeingriffe 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 Seilbahnunternehmen (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 wie weit 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 standortsgemäsem 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 Verschlammung, Wind- und Wassererosion sowie Verdunstung geschützt werden.

Tab. 10. Vorschläge auf Skipistenplanierungen bei Davos innerhalb der alpinen Stufe (2300 m - 2600 m) anzusäen-
der, 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 determined

saures Silikat		Dolomit	
Standort	Muldenlage	Standort	Muldenlage
Feinerde und etwas Humus enthaltende Boden- oberfläche	Luzula spadicea	Böden in eher geneigter Lage mit etwas Humus oder Feinerde gegen Ober- fläche	Ligusticum mutellina
	Leontodon helveticus		Campanula scheuchzeri
	Agrostis rupestris		Anthyllis alpestris
	Anthoxanthum alpinum		Ranunculus alpestris
	Helictotrichon versicolor		Achillea atrata
Böden der unteren alpi- nen Stufe mit Feinerde gegen Oberfläche	Chrysanthemum alpinum	Böden in eher ebener Lage mit etwas Hu- mus oder Fein- erde gegen Oberfläche	Moehringia ciliata
	Lotus alpinus		Poa alpina
	Trifolium nivale		Festuca pumila
	Poa alpina		Festuca rubra*
	Festuca rubra*		verschiedene Moose**
Feinerdearme Böden	Deschampsia flexuosa*	Böden in eher ebener Lage mit etwas Hu- mus oder Fein- erde gegen Oberfläche	Ligusticum mutellina
	verschiedene Moose**		Poa alpina
	Agrostis schraderiana		Ranunculus montanus
	Lotus alpinus		Plantago atrata
	Chrysanthemum alpinum		Festuca pumila
Grosse Nei- gung oder feinerde- und humuslose Oberfläche	Poa alpina	Böden	Festuca rubra*
	Deschampsia flexuosa*		Hutchinsia alpina
	Festuca rubra*		Sedum atratum
	Chrysanthemum alpinum		Minuartia verna
	Cardamine resedifolia		Arabis pumila
Deschampsia flexuosa*	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 aufkommen- den Vegetation nur am Anfang einmal gedüngt werden. Falls die angesäten oder angepflanzten Arten nicht aufkommen, ist eine Nachsaat bzw. Neube- pflanzung durchzuführen. Nach GRABHERR (1983) sowie BADANY und SCHOEN- THALER (1983) benötigen begrünte Planierungen der alpinen Stufe jahr- zehntelang eine jährliche Pflege oder Kontrolle, da die schlechten Bo- denbedingungen 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 auf- gekommen sind, kurz geschnitten in den Winter geht. Bei einer Rekulti- vierung mit einheimischen Arten bleibt die Vegetation innerhalb der al- pinen 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 PFLANZENÖKOLOGISCHER 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 dazugehörige 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 UNTERSUCHUNGSMÖGLICHKEITEN

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).

ZUSAMMENFASSUNG

In der Umgebung von Davos (östliche Schweizer Alpen) wurden die Folgen der oberhalb 2200 m gelegenen, zwischen 1963 und 1978 durchgeführten Planierungen von Skipisten aus pflanzenökologischer und standortkundlicher Sicht untersucht.

Auf 241 begrünten und unbegrüntem Flächen des sauren Silikates und des Dolomites wurden 1978 die Vegetation und der Standort aufgenommen. Davon sind 92 Dauerbeobachtungsflächen 1979 und 1980 weiter beobachtet worden. Ein Vergleich der Skipistenflächen mit benachbarten alpinen Rasen und Schutthalden, mit Gletschervorfeldern im Val Roseg (Oberengadin) und Planierungen am Piz Corvatsch (Oberengadin) rundete die Untersuchungen ab.

Ergebnisse

1. Bei der Planierung wird der grösste Teil der ursprünglichen Pflanzendecke zerstört. Dementsprechend beträgt der mittlere Deckungsgrad der Vegetation auf den unbegrüntem Flächen des Silikates nur 4% und auf denjenigen des Dolomites 5%. Bei 33% der Flächen ist die Deckung sogar kleiner als 0.05%. Der bei ungestörten Flächen in den oberen Bodenschichten angereicherte Humus und das Feinmaterial gehen durch tiefe Verbaggerung verloren, und die Bodenschichtung wird zerstört.
2. Die Erstbesiedlung der Planierungen auf Silikat wie auf Dolomit besteht aus einer zufälligen Mischung von Arten der alpinen Rasen, Schneetälchen und Schutthalden aus der Umgebung (vgl. Abb. 7 mit Abb. 30 und Abb. 14 mit Abb. 31). Inbezug auf die mittlere Dichte der Vegetation entsprechen Planierungen (5%) eher den natürlich vorkommenden Schuttflächen (11%) als den alpinen Rasen (80%). Ein Teil der auf Planierungen wachsenden Arten kommt ausschliesslich auf Silikat, ein anderer nur auf Dolomit und ein weiterer auf beiden Substraten vor (Abb. 20). Auf Flächen mit verhältnismässig langer Schneebedeckung kommen unter anderem "Schneetälchenarten" auf. Andere Standortsfaktoren wie die Neigung, Exposition und Höhenlage prägen die Vegetation nicht eindeutig (Abb. 7 und 14).
3. Auf den unbegrüntem Dauerflächen des Silikates und des Dolomites verhält sich die Vegetation während der drei Untersuchungsjahre zum Teil recht unterschiedlich (Abb. 8 und 15). Auf beiden Gesteinstypen ist der mittlere Deckungsgrad der Gesamtvegetation 1979 am grössten und 1980, dem letzten Untersuchungsjahr, eindeutig am kleinsten (Abb. 21). Dieser Vegetationsrückgang hängt zum Teil mit den ungünstigen Witterungsverhältnissen zusammen. Der oberflächliche Feinerdeanteil nimmt auf den unbegrüntem, frisch planierten Dauerflächen von 1978 bis 1980 eindeutig, dagegen auf den seit mehr als fünf Jahren planierten im allgemeinen nur noch schwach ab und der Anteil der Steine (Körnung >2 mm) entsprechend zu. So ist der mittlere oberflächliche Feinerdeanteil auf einer einjährigen Planierung (47%) wesentlich grösser als auf einer standörtlich ähnlichen, sechsjährigen (21%), wo ein Teil des Humus und der Feinerde schon in tiefere Schichten verlagert worden ist. Auf frisch planierten Flächen kommen vorerst nur die Rasenarten auf, welche aus den stellenweise vorhandenen Rhizomen ausgetrieben sind

(Abb. 13). Auf diesen eher seltenen, bevorzugten Stellen mit einer teilweise unzerstörten, oberen Bodenschicht kommt so mit der Zeit oft eine vergleichsweise dichte Pflanzendecke auf. Die durch Diasporen verbreiteten Arten wie Cardamine resedifolia, Chrysanthemum alpinum oder Hutchinsia alpina kommen erst später hinzu.

4. Der mittlere Deckungsgrad der Gesamtvegetation beträgt auf den begrünten Flächen 30%. Starke Schwankungen der Dichte einiger angesäter Arten (0.2%-90%) prägen die Klassifikation (Abb. 22). Mit zunehmender Höhe weisen die angesäten Arten im allgemeinen kümmerlichere Formen auf. Ein eindeutiger Einfluss der anderen Standortsfaktoren auf das zum Teil schlechte Aufkommen der angesäten Arten ist nicht ersichtlich (Abb. 22).
5. Auf den begrünten Dauerflächen geht die mittlere Deckung der Gesamtvegetation - vor allem bei Flächen, auf welchen die angesäten Pflanzen 1978 eine Dichte über 10% aufwiesen - von 1978 bis 1980 eindeutig zurück (Abb. 23 und 24). Der Anteil der Steine an der Bodenoberfläche nimmt von 1978 bis 1980 im allgemeinen zu, derjenige der Feinerde etwas ab (Abb. 25). Zwischen den Vegetationsveränderungen und den Standortsfaktoren lässt sich kein eindeutiger Zusammenhang nachweisen (Abb. 23).
6. Der mittlere Deckungsgrad der Gesamtvegetation ist auf den begrünten Aufnahmen des Silikates wesentlich grösser (30%) als auf den unbegrünten (4%); nicht zuletzt, weil standörtlich sehr ungünstige Planierungen im allgemeinen nicht begrünt wurden. Auf den begrünten Flächen herrschen oft einige wenige Gräser wie Festuca rubra oder Deschampsia flexuosa stark vor, weshalb die Artenvielfalt kleiner ist als auf den unbegrünten. Auf diesen wachsen die autochthonen Arten im allgemeinen etwas dichter, die Bodenmoose dafür weniger dicht als auf standörtlich ähnlichen, begrünten Flächen. Der Anteil der Dauerflächen mit zurückgehender Vegetationsbedeckung ist auf den begrünten Planierungen gut doppelt so gross wie auf den unbegrünten (Abb. 27).
7. Die Planierungen am Piz Corvatsch weisen im allgemeinen etwas feinerde- und tonreichere, deshalb eher erosionsgefährdete Böden auf als diejenigen in der Umgebung von Davos. Aufgrund der allgemein höheren Lage sind "Schneetälchenarten" stärker vertreten als um Davos (Abb. 29).
8. Die geringen Vegetationsveränderungen auf den Versuchsflächen von 1978 bis 1980 und die Entwicklung der Pflanzendecke auf Gletschervorfeldern weisen unter anderem darauf hin, dass auf den Planierungen eine Entwicklung bis zur geschlossenen, vermutlich aus Arten der umliegenden alpinen Rasen und Schuttflächen bestehenden Pflanzendecke mehrere Jahrzehnte bis über ein Jahrhundert dauern wird. Auch auf begrünten Flächen dürfte sich innerhalb einiger Jahrzehnte keine stabile, geschlossene Pflanzendecke einstellen; denn die Deckung nimmt nach anfänglich relativ dicht aufkommender Vegetation oft wieder stark ab.
9. Wegen der langsamen und unsicheren Entwicklung der Vegetation, der flächenmässigen Vernichtung zahlreicher Alpenpflanzen, zum Teil sogar geschützter Arten (Tab. 9) und der Beeinträchtigung des Landschafts-

bildes sollte in der alpinen Stufe, abgesehen von für die Sicherheit der Pistenbenützer notwendigen, inbezug auf die Umweltverträglichkeit überprüfen (Kap. 5.2.2.), punktuellen Geländeanpassungen nicht geplant werden.

Aufgrund der Untersuchungsergebnisse und von Literaturangaben werden in Kap. 5.2.3. Hinweise für die von standortsgemässen Pflanzen ausgehende Rekultivierung abgeleitet und diskutiert.

SUMMARY

In the region of Davos (Eastern Swiss Alps) investigations were made on the phytosociological and ecological effects of machine-levelling of ski runs situated above 2200 m realized between 1963 and 1978. In 1978 the vegetation and sites of 241 sown and unsown plots on acidic silicate and dolomite were described. Of these 92 permanent plots were studied in 1979 and 1980. The investigations were completed by comparisons of ski runs with adjacent alpine meadows and scree slopes as well as with glacier forefields in the Val Roseg (Upper Engadine) and levelled ski runs in the Corvatsch area (Upper Engadine).

Results

1. The machine levelling of ski runs destroys most of the original plant cover. Accordingly the mean vegetation cover of the relevés with natural revegetation on silicate comes only to 4% and on dolomite to 5%. On 33% of the relevés the cover is even less than 0.05%. Deep bulldozing destroys the stratification of the soil and the humus, and fine material found in the topsoil of undisturbed areas is lost.
2. The first colonisation of the levelled ski runs on silicate and dolomite is made by a random mixture of species of surrounding alpine meadows, snowbeds, and scree slopes (compare fig. 7 with fig. 30 and fig. 14 with fig. 31). The mean plant cover of levelled ski runs (5%) corresponds rather to that of the natural scree slopes (11%) than to that of the alpine meadows (80%).
Some of the species that grow on levelled ski runs are found exclusively on silicate, others only on dolomite, and yet others on both substrates (fig. 20).
Species of snow-beds amongst others grow on areas with a relatively long lasting snow cover. Other site factors such as altitude, slope, and exposure do not clearly influence the vegetation (figs. 7 and 14).
3. During the three years of investigation some considerable differences in the changes of vegetation on the plots with natural revegetation of the silicate and the dolomite were found (figs. 8 and 15). The mean total plant cover on both rock types was most dense in 1979, and in 1980 - the last year of investigation - the least dense (fig. 21). This decrease of the vegetation is partly due to the unfavourable weather conditions.
From 1978 to 1980 the proportion of fine earth on the surface decreased noticeably on unsown permanent plots of recently levelled ski

runs, but only slightly on those that were levelled five years before, while the proportion of stones (>2 mm) increased accordingly. Thus the mean proportion of the fine earth on the surface of a one-year-old levelling (47%) was considerably higher than that of a six-year-old one with similar site factors (21%) because some of the humus and fine earth had already shifted deeper.

First only the native plants, which grew from still existing rhizomes on the recently levelled areas appeared (fig. 13). In these rather rare favourable microsites with partly unspoilt top soil a comparatively dense plant cover may develop after some time. The species spread by diaspores such as Cardamine resedifolia, Chrysanthemum alpinum, or Hutchinsia alpina appear only later.

4. The mean total plant cover comes to 30% on plots with artificial revegetation. Great variation in the density of some sown species (0.2%-90%) influences the classification (fig. 22).
With increasing altitude the sown species generally become stunted. The other site factors do not noticeably influence the sometimes poor growth of the sown species (fig. 22).
5. On the permanent plots with artificial revegetation the mean total plant cover decreased clearly from 1978 to 1980 especially on plots with a cover of more than 10% of sown plants in 1978 (figs. 23 and 24).
The proportion of stones on the soil surface generally increased from 1978 to 1980 whereas the fine soil decreased slightly (fig. 25). There is no obvious relationship between the changes of vegetation and the site factors (fig. 23).
6. The mean total plant cover was far greater on plots on siliceous substrate with artificial revegetation (30%) than on unsown ones (4%). The reason for this is also that environmentally disadvantageous levelled ski runs were not sown. On areas with artificial revegetation a few grasses such as Festuca rubra or Deschampsia flexuosa often dominate and therefore the diversity of species is smaller than on areas with revegetation by indigenous plants. Here the indigenous species generally grow slightly more densely, whereas the mosses on the soil appear less dense than on sown areas with similar site factors. Permanent plots were found with vegetation decreasing at least twice as much on levelled ski runs with artificial revegetation as on those with natural revegetation (fig. 27).
7. The levelled ski runs at Piz Corvatsch usually show soils rich in fine earth and clay particles. Therefore these soils are more prone to erosion than those in the region of Davos. Due to the higher average altitude there are more snow-bed species than near Davos (fig. 29).
8. The small changes of vegetation on the plots from 1978 to 1980 and the development of the plant cover on glacier forefields also indicate that it will probably take many decades, if not more than a century, until a closed plant cover - most likely originating from species of adjacent alpine meadows and scree slopes - can develop. Nor will there be a stable closed vegetation on areas with artificial revegetation for several decades, as the cover very often severely decreases again after relatively dense growth.

9. Because of the slow and unstable development of the vegetation, the large scale destruction of many alpine plants, some of which even protected species (table 9), and because of the damage to the scenery there should not be levelling of ski runs in the alpine zone except for small adaptations absolutely necessary for the safety of the skiers and for which an environmental impact assessment with positive result has been made.

Based on the results of the present work and of the literature, suggestions are made and discussed in chap. 5.2.3. concerning the artificial revegetation with native plant species according to the site factors.

LITERATUR

- AICHER J., 1977: Das Recht der Wintersportausübung auf fremdem Grund in Steiermark und Kärnten. In: SPRUNG R. und KOENIG B. (Hrsg.), Das oesterreichische Schirecht. Univ.Verlag Wagner, Innsbruck. 5-60.
- AMMANN K., 1979: Gletschnahe Vegetation in der Oberaar einst und jetzt. In: WILMANN O. und TUEXEN R. (Hrsg.), Ber.Int.Symp. Rinteln 1978, Werden und Vergehen von Pflanzengesellschaften, 227-251.
- ARBENZ P., 1983. Skipisten und Naturschutz. Heimatschutz **78(1)**, 18-19.
- BADANY N. und SCHOENTHAELER K.E., 1983: Untersuchungen über die Wirkung von Produkten zur Erosionshemmung unter besonderer Berücksichtigung der Hochlagenbegrünung. Z.Veget. Technik **6**, 41-45.
- BAHRENBURG G. und GIESE E., 1975: Statistische Methoden und ihre Anwendung in der Geographie. Teubner Studienbücher der Geographie, Stuttgart. 308 S.
- BAYFIELD N.G., 1980: Replacement of vegetation on disturbed ground near skilifts in Cairngorm Mountains, Scotland. J.Biogeograph. **7**, 249-260.
- BRADSHAW A.D. und CHADWICK M.J., 1980: The restoration of land. The ecology and reclamations of derelict and degraded land. Studies in Ecology **6**, Blackwell Sci.Publ., Oxford/London/Boston. 317 S.
- BRAUN-BRANQUET J., 1964: Pflanzensoziologie. (3.Aufl.). Springer, Wien. 865 S.
- BURCKHARDT D., GFELLER W. und MUELLER H.U., 1980: Geschützte Tiere in der Schweiz. SBN, Basel. 224 S.
- CADISCH J., LEUPOLD W., FREI F. und STRECKEISEN A., 1929: Geologische Karte von Mittelbünden 1:25.000, Blatt B, Davos. Beitr.Geol.Karte Schweiz, N.F. **49**.
- CERNUSCA A., 1977a: Oekologische Veränderungen im Bereich von Skipisten. In: SPRUNG R. und KOENIG B. (Hrsg.), Das oesterreichische Schirecht. Univ.Verlag Wagner, Innsbruck. 81-150.
- CERNUSCA A. (Hrsg.), 1977b: Oekologische Veränderungen durch das Anlegen von Skiabfahrten an Waldhängen. In: Alpine Umweltprobleme, Ergebnisse des Forschungsprojektes Achenkirch, Teil 1. Beiträge zur Umweltgestaltung. Schmidt, Berlin. **A 62**, 9-119.
- CERNUSCA A., 1984: Beurteilung der Schipistenplanierungen in Tirol aus ökologischer Sicht. Verh.Gesell.Oekol. Bern **12**, 137-148.
- CERNUSCA A., 1986: Probleme von Wintersportkonzentrationen für den Naturschutz. Jb.Naturschutz und Landschaftspflege, Bonn **38**, 33-48.
- DAVOS-PARSENN-BAHNEN, 1972, 1976, 1982: Geschäftsbericht von 1971, 1975 und 1981.

- DANZ W., 1980: Umweltverträglichkeitsprüfung im bayerischen Alpenraum. Massstäbe und praktische Beispiele. Jb.Ver.Schutz Bergwelt, München **45**, 125-134.
- DIETL W., 1972: Die Vegetationskartierung als Grundlage für die Planung einer umfassenden Alpverbesserung im Raume Glaubenbüelen (Obwalden). In: Kantonales Oberforstamt Obwalden, Sarnen (Hrsg.), Alpwirtschaft und Landschaftspflege im Gebiet Glaubenbüelen, Obwalden. 6-153.
- DIETMANN Th., 1985: Oekologische Schäden durch Massenskisport. Entwicklung und Veränderung des Skigebietes am Fellhorn bei Oberstdorf (Allgäu) von 1953-1982 durch seine Erschliessung für den Massenskisport. Jb.Ver.Schutz Bergwelt, München **50**, 107-160.
- DINGER F., MASSON M. und PHILIPPE M., 1983: Aménagement en altitude. Réhabilitation et entretien des pistes de ski. Ministère de l'Agriculture, CEMAGREF, Groupement de Grenoble, Division Protection contre les Erosions. **189**. 78 S.
- EIDG. DEPARTEMENT DES INNERN, 1979: Richtlinien über Eingriffe in die Landschaft im Interesse des Skisportes. Bundesamt für Forstwesen, Bern. 35 S.
- EIDG. DEPARTEMENT DES INNERN, 1984: Waldsterben und Luftverschmutzung. Eidg. Drucksachen- und Materialzentrale, Bern. 120 S.
- ELLENBERG H., 1956: Aufgaben und Methoden der Vegetationskunde. In: WALTER H. (Hrsg.), Einführung in die Phytologie IV/1. Ulmer, Stuttgart. 136 S.
- ELLENBERG H., 1978: Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen in ökologischer Sicht. (2. Aufl.). Ulmer, Stuttgart. 981 S.
- FLORINETH F., 1984: Erfahrungen in der Hochlagenbegrünung. In: ZAUGG H., Hochlagenbegrünung im Skisportgebiet von Lech am Arlberg (Bericht der 3. Tagung für Hochlagenbegrünung). Der Gartenbau, Stuttgart **27**, 1145-1147.
- FOSSATI A., 1980: Keimverhalten und frühe Entwicklungsphasen einiger Alpenpflanzen. Veröff.Geobot.Inst.ETH,Stiftung Rübel,Zürich **73**. 193 S.
- GALLAND P., 1982: Etude de la végétation des pelouses alpines au Parc National Suisse. Diss.Bot.Inst.Univ.Neuenburg. 177 S.
- GAMS H., 1967: Anordnung (Ordination), Aufschlüsselung (Klavifikation) und Systematik (Klassifikation) von Biozönosen und anderen Naturscheinungen. Aquilo Ser.Bot., Oulu (FI) **6**, 9-17.
- GATTIKER E.H., 1971: Skipistensanierungen und Begrünung. Rasen, Turf und Gazon **2(1)**, 14-17.
- GENSAC P., 1982: Impact du tourisme sur la végétation dans les Alpes du nord. Extrait des Actes du Colloque de Biologie, Chambéry, 1982, 267-292.
- GIGON A., 1971: Vergleich alpiner Rasen auf Silikat- und auf Karbonatboden. Veröff.Geobot.Inst.ETH,Stiftung Rübel,Zürich **48**. 163 S.
- GIGON A., 1987: A hierarchic approach in causal ecosystem analysis; the calcifuge - calcicole problem in alpine grasslands. In: SCHULZE E.D. und ZWOELFER H. (Hrsg.), Potentials and limitations of ecosystem analysis. Ecol.stud. **61**, 228-244.
- GIRARDI W., 1972: Ueber Planung moderner Skipisten. Allg.Forstz., Wien **83(4)**, 74-75.
- GRABHERR G., 1978: Schädigungen der natürlichen Vegetation über der Waldgrenze durch die Anlage von Schipisten und deren Fähigkeit zur Regeneration. Ber.Wiss.Seminar "Begrünungsmassnahmen im Gebirge", ANL, Laufen/Salzach, 45-51.
- GRABHERR G., 1983: Tourismusinduzierte Störungen, Belastbarkeit und Regenerationsfähigkeit der Vegetation in der alpinen Rasenstufe. HABILITATIONSSCHRIFT Univ. Innsbruck. 20 S.

- HEITZ Ch., 1975: Vegetationsentwicklung und Waldgrenzschwankungen des Spät- und Postglazials im Oberhalbstein (GR). Beitr.geob.Landesaufn. Schweiz **55**, 63 S.
- HESS H.E., LANDOLT E. und HIRZEL R., 1976-1980: Flora der Schweiz und angrenzender Gebiete. (2. Aufl.). Birkhäuser, Basel. 3 Bde. 2690 S.
- HENGST M., 1967: Einführung in die mathematische Statistik und ihre Anwendung. Hochschultaschenbücher-Verlag, Mannheim. 259 S.
- HILLER H., 1967: Ueber die Anlage und Pflege von Intensivrasen, sowie die ingenieurb biologischen Bauweisen zur Ansiedlung von Landschaftsrasen. Habilitationsschrift TU Berlin. 195 S.
- HUENERWADEL D., 1982: Beispiele für Geländekorrekturen. In: HUENERWADEL D., RUDIN R., RUESCH W., SCHWARZENBACH F.H., STIFFLER H.K., WALLIMANN B. und WEISS H., Skipistenplanierungen und Geländekorrekturen - Erfahrungen und Empfehlungen. Ber.Eidg.Anst.Forstl.Versuchswes., Birmensdorf **237**, 8-11.
- HUENERWADEL D. und RUESCH W., 1982: Vorbeugende Massnahmen und Wiederherstellung des Geländes. In HUENERWADEL D., RUDIN R., RUESCH W., SCHWARZENBACH F.H., STIFFLER H.K., WALLIMANN B. und WEISS H., Skipistenplanierungen und Geländekorrekturen - Erfahrungen und Empfehlungen. Ber. Eidg.Anst.Forstl.Versuchswes., Birmensdorf **237**, 17-20.
- HUENERWADEL D., RUDIN R., RUESCH W., SCHWARZENBACH F.H., STIFFLER H.K., WALLIMANN B. und WEISS H., 1982: Skipistenplanierungen und Geländekorrekturen - Erfahrungen und Empfehlungen. Ber.Eidg.Anst.Forstl.Versuchswes., Birmensdorf **237**, 51 S.
- IMHOF E., 1965: Schweizerischer Mittelschulatlas. Zürich.
- INSAM H. und HASELWANDTER K., 1985: Die Wirkung verschiedener Begrünungsmassnahmen auf die mikrobielle Biomasse im Boden planierter Skipisten oberhalb der Waldgrenze. Z.Veget.Technik **8**, 23-28.
- JOCHIMSEN M., 1963: Vegetationsentwicklung im hochalpinen Neuland (Beobachtungen an Dauerflächen im Gletschervorfeld 1958-1962). Ber.Naturwiss.Mediz.Ver., Innsbruck **53**, 109-123.
- KANTONALE ZENTRALSTELLE FUER ACKERBAU, 1979-1982: Jahresberichte. Landquart (GR).
- KLOETZLI F., 1974: Zur ökologisch-vegetationskundlichen Situation auf den Pistenplanien im Raume des Piz Corvatsch, Gemeinde Sils i.E. und Silvaplana (GR). Gutachten. Geobot.Inst.ETH,Stiftung Rübel,Zürich, 8 S. (Polykopie).
- KLOETZLI F. und SCHIECHTL H.M., 1979: Skipisten - tote Schneisen durch die Alpen. Kosmos, Stuttgart, **12**, 954-962.
- KOECK L., 1975: Pflanzenbestände von Skipisten in Beziehung zu Einsaat und Kontaktvegetation. Rasen, Turf und Gazon **6(3)**, 102-107.
- KRAL F., 1972: Zur Vegetationsgeschichte der Höhenstufen im Dachsteingebiet. Ber.Deutsch.Bot.Ges. **85**, 137-152.
- LANDOLT E., 1977: Oekologische Zeigerwerte zur Schweizer Flora. Veröff. Geobot.Inst.ETH,Stiftung Rübel,Zürich **64**, 208 S.
- LANDOLT E., 1982: Geschützte Pflanzen in der Schweiz. SBN, Basel. 215 S.
- LANDOLT E., 1983: Leserbrief zu ARBENZ P., Skipisten und Naturschutz, Heimatschutz **78(1)**, 18-19. Heimatschutz **78(2)**, 24.
- LORETAN W., 1986: Skipistenplanierungen. Nationalrat: Einfache Anfrage Loretan vom 19. Juni 1986 und Antwort des Bundesrates vom 29.9.1986. Natur und Landschaft **28(5)**, 238-240.
- LUEDI W., 1940: Die Veränderungen von Dauerflächen in der Vegetation des Alpengartens Schinigenplatte innerhalb des Jahrzehntes 1928/29-1938/39. Ber.Geobot.Forsch.Inst. Rübel, Zürich 1939, 93-148.
- LUEDI W., 1945: Besiedlung und Vegetationsentwicklung auf den jungen Seitenmoränen des grossen Aletschgletschers. Ber.Geobot.Forsch.Inst. Rübel, Zürich 1944, 35-112.

- LUEDI W., 1958: Beobachtungen über die Besiedlung von Gletschervorfeldern in den Schweizeralpen. *Flora* **146**, 387-407.
- LUEFTENEGGER G., FOISSNER W. und ADAM H., 1986: Der Einfluss organischer und mineralischer Dünger auf die Bodenfauna einer planierten, begrün-ten Schipiste oberhalb der Waldgrenze. *Z.Veget.Technik* **9**, 149-153.
- MARHOLD K. und CUNDERLIKOVÁ B., 1984: Zur Problematik der Rasenansaat von Skipisten in hochmontanen Regionen der Slowakei. *Acta Bot.slov. Acad.Sci.Slov., Ser.A, suppl. 1*, 203-207.
- MATT M. und MUHAR A., 1987: Keimung, Aufwuchs und Elementaufnahme von Rasengräsern auf Substraten mit hohem Klärschlammanteil. *Z.Veget. Technik* **10**, 33-38.
- MEHNERT C., VOIGTLÄENDER G. und WEIS G.B., 1985: Eignung verschiedener Grasarten zur Ansaat auf als Skipistenflächen genutzten Kalkböden in den Bayerischen Alpen. *Z.Veget.Technik* **8**, 166-170.
- MEISTERHANS E., 1977: Menschliche Einflüsse in der alpinen Stufe bei Davos. Diplomarbeit Geobot.Inst.ETH,Stiftung Rübel,Zürich. 142 S. (Polykopie).
- MEISTERHANS E., 1982: Entwicklungsmöglichkeiten für Vegetation und Boden auf Skipistenplanierungen. Fachbeitr. zur Schweiz. MaB-Information, Bern **10**, 13-26.
- MEISTERHANS-KRONENBERG J., 1988: Auswirkungen des Skibetriebes auf sub-alpine Heuwiesen bei Davos. Veröff.Geobot.Inst.ETH,Stiftung Rübel,Zürich **96** (im Druck).
- MOLZAHN Th., 1978: Saatgutmischungen für Begrünungsmassnahmen - Artenwahl, Verfügbarkeit, Züchtungen. Ber.Wiss.Seminar "Begrünungsmassnahmen im Gebirge", ANL, Laufen/Salzach, 72-94.
- MOSIMANN Th., 1981: Geoökologische Standortsindikatoren für die Erosionsanfälligkeit alpiner Hänge nach Geländeingriffen für Pistenanlage. *Geomethodica* **6**, 143-174.
- MOSIMANN Th., 1983: Landschaftsökologischer Einfluss von Anlagen für den Massenskisport. II: Bodenzustand und Bodenstörungen auf planierten Skipisten in verschiedenen Lagen am Beispiel Crap Sogn Gion, Laax (GR). *Materialien zur Physiogeographie*, Basel. **3**, 72 S.
- MOSIMANN Th., 1985: Landschaftsökologischer Einfluss von Anlagen für den Massenskisport. III: Ökologische Entwicklung von Pistenflächen, Entwicklungstendenzen im Erosionsgeschehen und beim Wiederbewuchs planierter Pisten im Skigebiet Crap Sogn Gion, Laax (GR). *Materialien zur Physiogeographie*, Basel. **9**, 40 S.
- MOSIMANN Th. und LUDER P., 1980: Landschaftsökologischer Einfluss von Anlagen für den Massenskisport. I: Gesamtaufnahme des Pistenzustandes (Relief, Boden, Vegetation, rezente Morphodynamik) im Skigebiet Crap Sogn Gion, Laax (GR). *Materialien zur Physiogeographie*, Basel. **1**, 57 S.
- MUELLER-DOMBOIS D. und ELLENBERG H., 1974: Aims and methods of vegetation ecology. Wiley, New York/London/Sydney/Toronto. 547 S.
- NASCHBERGER S. und KOECK L., 1983: Erfahrungen über die Wirkung von Biosol bei der Begrünung von Skipisten. *Z.Veget.Technik* **6**, 33-36.
- NEUGIRG B., 1986: Untersuchungen über Auswirkungen des Pistenskilaufs auf die Vegetation der Almen am Jenner-Oberbayern. *Z.Veget.Technik* **9**, 46-54.
- PARTSCH K., 1980: Reform der Rekultivierung im Hochgebirge. *Deutscher Gartenbau*, Stuttgart **18**, 828-830.
- PFIFFNER A., 1978: Skipistenschäden und deren Entschädigung. *Eidg.Hochschulschriften Reihe Sport und Kultur*, Bern **35(1)**, 170 S.
- REHDER H., 1970: Zur Ökologie insbesondere Stickstoffversorgung subalpiner und alpiner Pflanzengesellschaften im Naturschutzgebiet Scha-

- chen (Wettersteingebirge). Diss.Bot. Cramer, Vaduz. 6, 90 S.
- REINDL P., 1977: Das Recht der Wintersportausübung auf fremdem Grund in Oberösterreich, Niederösterreich, Wien und Burgenland. In: SPRUNG R. und KOENIG B. (Hrsg.), Das österreichische Schirecht. Univ.Verlag Wagner, Innsbruck. 317-330.
- REIST K., 1983: Skipistenbegrünungen in Hochlagen, ein neues Verfahren für die Praxis. Plan 6, 18-23.
- REIST K., 1986: Skipistenbegrünungen in Hochlagen. Bündner Wald 39(4), 33-41.
- RUDIN R., 1982: Geländekorrekturen und Skipistensanierungen aus touristischer Sicht. In: HUENERWADEL D., RUDIN R., RUESCH W., SCHWARZENBACH F.H., STIFFLER H.K., WALLIMANN B. und WEISS H., Skipistenplanierungen und Geländekorrekturen - Erfahrungen und Empfehlungen. Ber. Eidg.Anst. Forstl.Versuchswes., Birmensdorf 237, 21-27.
- RUDIN R., 1985: Thesen und Richtlinien für die Planierung und die Begrünung von Skipisten. Veröff.Schweiz.Verb. der Seilbahnunternehmungen (SVS), Bern. 14 S.
- SCHAUER T., 1981: Vegetationsveränderungen und Florenverlust auf Skipisten in den bayerischen Alpen. Jb.Ver.Schutz Bergwelt, München 46, 149-179.
- SCHEMEL H.J. und RUHL G., 1980: Umweltverträgliche Planung im Alpenraum (Arbeitshilfen zur Beachtung ökologischer Gesichtspunkte bei raumrelevanten Planungen im Alpenbereich). Veröff.Deutsch.Alpenvereins, München. 263 S.
- SCHIBLER W., 1937: Flora von Davos. Beil.Jb.Natf.Ges.Graubünden, Chur 74. 216 S.
- SCHIECHTL H.M., 1973: Sicherungsarbeiten im Landschaftsbau. Grundlage, lebende Stoffe, Methoden. Callway, München. 244 S.
- SCHIECHTL H.M., 1976: Zur Begrünbarkeit künstlich geschaffener Schneisen in Hochlagen. Jb.Ver.Schutz Bergwelt, München 41, 53-75.
- SCHIECHTL H.M., 1978: Probleme der ingenieurb biologischen Begrünungsverfahren im Gebirge. Ber.Wiss.Seminar "Begrünungsmassnahmen im Gebirge", ANL, Laufen/Salzach, 8-16.
- SCHMID W., 1986: Pistensanierungen müssen nicht ewig sichtbar bleiben. Bündn.Zeit. 14.10.1986, Chur 7 S.
- SCHOENTHALER K.E., 1978: Biologische und physikalische Wirkungen von einigen Bodenfestigern. Ber.Wiss.Seminar "Begrünungsmassnahmen im Gebirge", ANL, Laufen/Salzach, 52-72.
- SCHOENTHALER K.E., 1980: Probleme der Hochlagenbegrünung unter besonderer Berücksichtigung von Skipisten, einschliesslich vorläufiger Versuchsergebnisse. Z.Veget.Technik 3, 38-42.
- SCHUETZ M., 1988: Genetisch-ökologische Untersuchungen an alpinen Pflanzenarten auf verschiedenen Gesteinsunterlagen; Keimungs- und Aussaatversuche. Veröff.Geobot.Inst.ETH, Stiftung Rübel, Zürich 99. 160 S.
- SCHWARZENBACH F., 1982: Skipistenplanierungen aus der Sicht des Naturschutzes. In: HUENERWADEL D., RUDIN R., RUESCH W., SCHWARZENBACH F.H., STIFFLER H.K., WALLIMANN B. und WEISS H., Skipistenplanierungen und Geländekorrekturen - Erfahrungen und Empfehlungen. Ber.Eidg. Anst.Forstl. Versuchswes., Birmensdorf 237, 34-36.
- SKIRDE W., 1985: Langzeitwirkung von Klärschlamm in Vegetationsschichten (1974-1984). Z.Veget.Technik 8, 45-50.
- SPRUNG R. und KOENIG B., 1977: Das Recht der Wintersportausübung auf fremdem Grund in Voralberg, Tirol und Salzburg. In: SPRUNG R. und KOENIG B. (Hrsg.), Das österreichische Schirecht. Univ.Verlag Wagner, Innsbruck. 359-384.
- STICHER H., 1978: Methoden der Bodenanalyse. Inst.Lebensmittelwissenschaften ETH Zürich. (Polykopie).

- STIFFLER H.K., 1972: Anlage und Bau von Skiabfahrten unter dem Gesichtspunkt der Verkehrssicherungspflicht. In: HUENERWADEL D., RUDIN R., RUESCH W., SCHWARZENBACH F.H., STIFFLER H.K., WALLIMANN B. und WEISS H., Skipistenplanierungen und Geländekorrekturen - Erfahrungen und Empfehlungen. Ber.Eidg.Anst.Forstl.Versuchswes., Birmensdorf **237**, 42-45.
- STOLZ G., 1984: Entwicklung von Begrünungen oberhalb der Waldgrenze aus der Sicht der Botanik. Z.Veget.Technik. **7**, 29-34.
- STOYE D., 1987: Stoffe und Wirkungsmechanismen bei der Bodenfixierung. Z.Veget.Tecnik **10**, 6-11.
- TOLLER-SCHWARZ M., 1982: Die Inanspruchnahme von Grundstücken für die Ausübung des Skisportes. Diss. Univ.Zürich.
- TREPP W., 1964: Geschützte Pflanzen in Graubünden. Chur. 35 S.
- URBANSKA K.M., 1986a: High altitude revegetation research in Switzerland - problems and perspectives. In: URBANSKA K.M. (Hrsg.), Aspekte der Geobotanik, Festschrift Elias Landolt. Veröff.Geobot.Inst.ETH,Stiftung Rübel,Zürich **87**, 155-167.
- URBANSKA K.M., 1986b: Behaviour of alpine plants and high altitude revegetation research. Proc. High Altitude Revegetation (HAR) Workshop, Fort Collins, Colorado **7**, 214-226.
- URBANSKA K.M. und SCHUETZ M., 1986: Reproduction by seed in alpine plants and revegetation research above timberline. Bot.Helv. **96**, 43-60.
- URBANSKA K.M. und SCHWANK O., 1980: Variation within *Lotus corniculatus* L. s.l. from Switzerland. III: Microdifferentiation in *L. alpinus* (DC) Schleicher above the timberline. Ber.Geobot.Inst.ETH,Stiftung Rübel,Zürich **47**, 29-45.
- URBANSKA K.M., HEFTI-HOLENSTEIN B. und ELMER G., 1987: Performance of some alpine grasses in single-tiller cloning experiments and in subsequent revegetation trials above the timberline. Ber.Geobot.Inst.ETH,Stiftung Rübel,Zürich **53**, 64-90.
- VETTERLI L., 1981: Pflanzensoziologische Kartierung in der alpinen Stufe 1:2500. Angew.Pflanzensoziol.Veröff.Forstl.Bundesversuchsanst., Wien **26**, 259-276.
- VETTERLI L., 1982: Alpine Rasengesellschaften auf Silikatgestein bei Davos, mit farbiger Vegetationskarte 1:2500. Veröff.Geobot.Inst.ETH, Stiftung Rübel,Zürich **76**. 93 S.
- VOLZ B., 1986: Ökologische Auswirkungen des Skitourismus. Eine Zusammenfassung der im Rahmen des MAB-Programmes durchgeführten Untersuchungen. MaB-Information Schweiz. Nat.Fonds, Bern **24**. 36 S.
- WALTER H. und LIETH H., 1960-1967: Klimadiagramm-Weltatlas, Jena.
- WEISS H., 1982: Auswirkungen aus der Sicht des Landschaftsschutzes. In: HUENERWADEL D., RUDIN R., RUESCH W., SCHWARZENBACH F.H., STIFFLER H.K., WALLIMANN B. und WEISS H., Skipistenplanierungen und Geländekorrekturen - Erfahrungen und Empfehlungen. Ber.Eidg.Anst.Forstl.Versuchswes., Birmensdorf **237**, 37-41.
- WILDI O., 1979: GRID - A space density analysis for recognition of nodes in vegetation samples. Vegetatio **41**(2), 95-100.
- WILDI O., 1986: Integration von Theorie und Analytik in der Vegetationskunde. In: URBANSKA K.M. (Hrsg.), Aspekte der Geobotanik, Festschrift Elias Landolt. Veröff.Geobot.Inst.ETH,Stiftung Rübel,Zürich **87**, 190-204.
- WILDI O. und ORLOCI L., 1980: Management and multivariate analysis of vegetation data. Ber.Eidg.Anst.Forstl.Versuchswes., Birmensdorf **215**. 68 S.
- WILDI O. und ORLOCI L., 1983: Management and multivariate analysis of

- vegetation data (2. erw.Aufl.). Ber.Eidg.Anst.Forstl.Versuchswes., Birmensdorf **215**. 139 S.
- WHITTAKER R.H. (Hrsg.), 1973: Ordination and classification of communities. Handbook of vegetation science. Junk, The Hague/London/Boston. **5**. 750 S.
- ZAUGG H., 1984: Hochlagenbegrünungsversuche mit standortsgerechten Pflanzen. Der Gartenbau, Stuttgart **43**, 1723-1725.
- ZUMBUEHL G., 1983: Pflanzensoziologisch-ökologische Untersuchungen von gemähten Magerrasen bei Davos. Veröff.Geobot.Inst.ETH,Stiftung Rübel, Zürich **81**. 101 S.

Adresse des Autors: Edwin MEISTERHANS
dipl. Natw. ETH
Geobotanisches Institut ETH
Zürichbergstr. 38
CH-8044 Zürich

Verzeichnis der Abbildungen

Abb. 1.	Lage und Ausdehnung des Untersuchungsgebietes.	12
Abb. 2.	Klimadiagramme von der Schatzalp nach WALTER und LIETH (1960-1967) und vom Weissfluhjoch nach GIGON (1971).	14
Abb. 3.	Lage der untersuchten Flächen im Oberengadin.	15
Abb. 4.	Ordinationsmodell der unterschiedlichen Formen der Artmächtigkeitsangaben.	24
Abb. 5.	Ordination der 1978 erfassten 241 Vegetationsaufnahmen (Hauptkomponentenanalyse); die ersten drei Achsen sind dargestellt.	33
Abb. 6.	Vergleich einer ungestörten mit einer planierten Fläche.	36
Abb. 7.	Vegetationstabelle der 1978 erfassten Aufnahmeflächen der unbegrünten Skipistenplanierungen auf saurem Silikat.	37
Abb. 8.	Vegetationsveränderungen auf den unbegrünten Dauerflächen des sauren Silikates.	45
Abb. 9.	Vegetationsveränderungen von 1978 bis 1981 auf einigen unbegrünten Dauerflächen des sauren Silikates.	49
Abb. 10.	Charakterisierung der Vegetationsveränderungen auf den unbegrünten Flächen des sauren Silikates.	50
Abb. 11.	Vergleich einiger im Hochsommer und Herbst aufgenommener, unbegrünter Dauerflächen des sauren Silikates.	52
Abb. 12.	Beschaffenheit der Bodenoberfläche der Dauerflächen auf bis 1978 unbegrünten Skipistenplanierungen des sauren Silikates.	53
Abb. 13.	Im Jahr 1978 erfasste Aufnahmen von 1970, 1972 und 1978 planierten Skipistenflächen.	56
Abb. 14.	Vegetationstabelle der 1978 erfassten Aufnahmeflächen der Skipistenplanierungen auf Dolomit.	59
Abb. 15.	Vegetationsveränderungen auf den Dauerflächen des Dolomites.	65
Abb. 16.	Charakterisierung der Vegetationsveränderungen auf den unbegrünten Flächen des Dolomites.	68
Abb. 17.	Veränderung der Gesamtvegetation von 1978 bis 1981 auf Dolomit.	70
Abb. 18.	Gesamtvegetation auf Dolomit im Hochsommer und im Herbst.	70
Abb. 19.	Bodenoberfläche der unbegrünten Dauerflächen des Dolomites.	71
Abb. 20.	Vegetation von unbegrünten Flächen des Dolomites und sauren Silikates.	74
Abb. 21.	Vegetationsveränderungen auf unbegrünten Flächen des sauren Silikates und des Dolomites.	78
Abb. 22.	Vegetationstabelle der 1978 erfassten Aufnahmeflächen der begrünten Skipistenplanierungen.	80
Abb. 23.	Vegetationsveränderungen auf den begrünten Dauerflächen.	87
Abb. 24.	Charakterisierung der Vegetationsveränderungen auf den begrünten Flächen des sauren Silikates.	90
Abb. 25.	Beschaffenheit der Bodenoberfläche der vor 1978 begrünten Dauerflächen.	92
Abb. 26.	Verteilung der Artfrequenzen auf begrünten sowie unbegrünten Aufnahmeflächen.	95
Abb. 27.	Vegetationsveränderungen auf unbegrünten und begrünten Skipistenplanierungen des sauren Silikates.	97
Abb. 28.	Durchschnittlicher Deckungsgrad sämtlicher nicht angesäter Pflanzen auf jeweils 6 unbegrünten und begrünten, von der Begrünungsgrenze gleich weit entfernten Flächen.	99

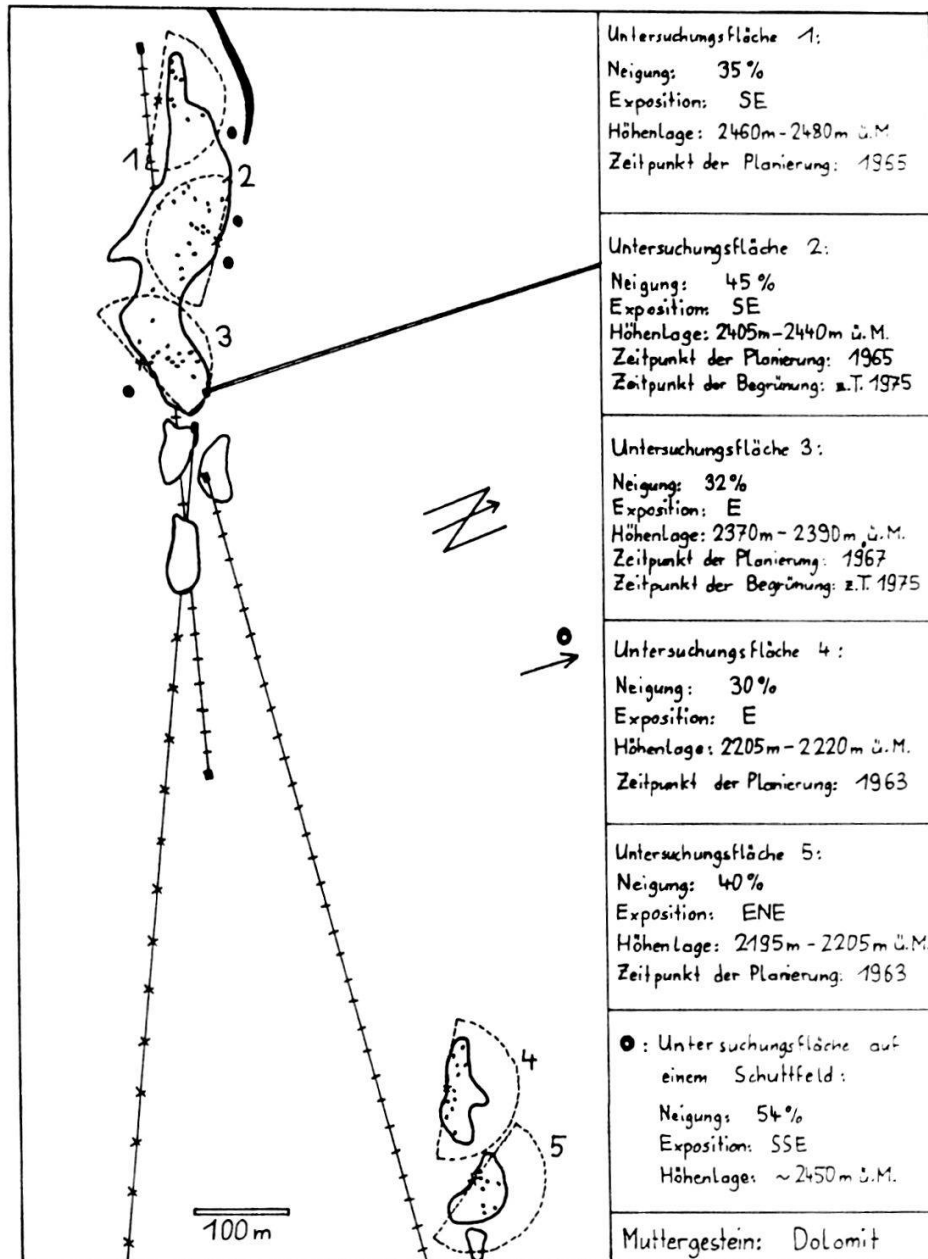
Abb. 29. Vegetation der Skipistenplanierungen im Skigebiet Corvatsch.	101
Abb. 30. Vegetation einer Schutthalde, unbegrünter Skipistenplanierungen und alpiner Rasen auf saurem Silikat im Skigebiet Jakobshorn.	105
Abb. 31. Vegetation einer Schutthalde, unbegrünter Skipistenplanierungen und alpiner Rasen auf Dolomit im Skigebiet Strela.	108
Abb. 32. Verteilung der Artfrequenzen auf einer Skipistenplanierung und einem standörtlich entsprechenden alpinen Rasen.	111
Abb. 33. Der Bodenaufbau einer ungestörten Fläche (a) und einer planierten Fläche (b) auf saurem Silikat (2300 m ü.M.).	112
Abb. 34. Vegetationsentwicklung auf zwischen 2180 m und 2260 m hoch gelegenen Gletschervorfeldern im Val Roseg.	114

Verzeichnis der Tabellen

Tab. 1. Für Begrünungen verwendete Arten und Sorten.	18
Tab. 2. Klassifikation der Artmächtigkeiten und Transformationen für die numerische Auswertung.	27
Tab. 3. Mittlere Zeigerwerte (nach LANDOLT 1977) von den Vegetationseinheiten der unbegrünter Skipistenplanierungen auf saurem Silikat.	42
Tab. 4. Mittlere Zeigerwerte (nach LANDOLT 1977) von den Vegetationseinheiten der unbegrünter Skipistenplanierungen auf Dolomit.	59
Tab. 5. Artengruppen des Dolomites und des sauren Silikates mit ähnlichen Standortverhältnissen.	75
Tab. 6. Mittlere Zeigerwerte (nach LANDOLT 1977) von unbegrünter Skipistenplanierungen auf Dolomit und saurem Silikat.	76
Tab. 7. Vegetationsdichte und Standort der Skipistenplanierung 2 und der Schutthalde am Jakobshorn.	106
Tab. 8. Vegetationsdichte und Standort der Schutthalde am Schiahorn und vergleichbarer Skipistenplanierungen.	109
Tab. 9. Geschützte Pflanzen auf den zwischen 2250 m und 2500 m gelegenen alpinen Rasen in der Umgebung von Davos.	128
Tab. 10. Vorschläge auf Skipistenplanierungen bei Davos innerhalb der alpinen Stufe (2300 m - 2600 m) anzusäender, standortsgemässer Pflanzen.	134

BEILAGEN 1-12

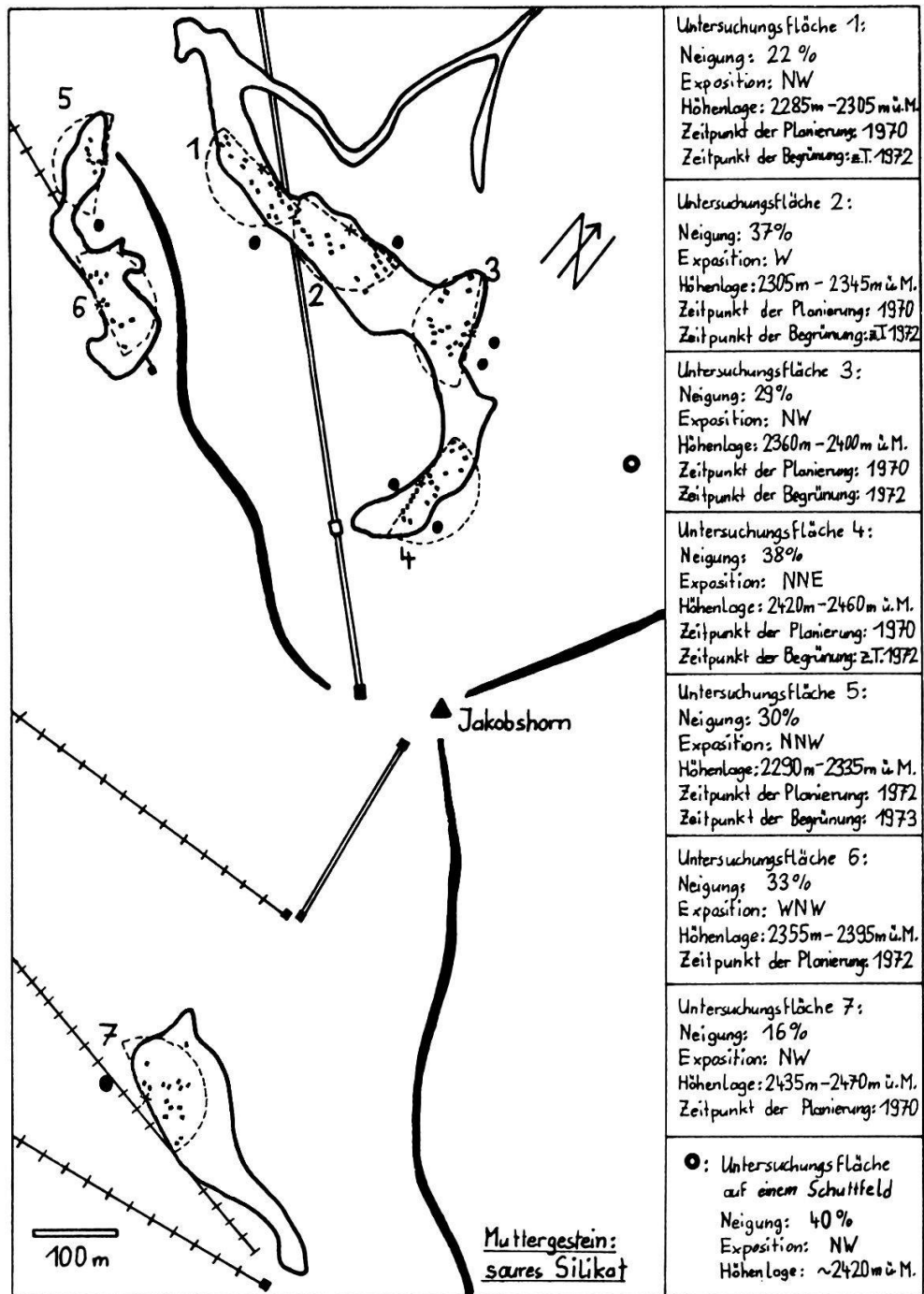
Beilage 1.	Lage der Aufnahme- und Untersuchungsflächen im Skigebiet Strela.	154
Beilage 2.	Lage der Aufnahme- und Untersuchungsflächen im Skigebiet Jakobshorn.	155
Beilage 3.	Lage der Aufnahme- und Untersuchungsflächen im Dorftälli (Skigebiet Parsenn).	156
Beilage 4.	Lage der Aufnahme- und Untersuchungsflächen im Skigebiet Rinerhorn.	157
Beilage 5.	Nummerierung der Aufnahmeflächen.	158
Beilage 6.	Koordinaten der Nullpunkte von den Untersuchungsflächen.	159
Beilage 7.	Gesamtvegetationstabelle der 1978 erfassten Aufnahmeflächen der unbegrünten Skipistenplanierungen auf saurem Silikat.	160
Beilage 8.	Gesamtvegetationstabelle der 1978 erfassten Aufnahmeflächen der begrünten Skipistenplanierungen auf saurem Silikat.	162
Beilage 9.	Gesamtvegetationstabelle der 1978 erfassten Aufnahmeflächen auf Dolomit.	163
Beilage 10.	Gesamtvegetationstabelle der Dauerflächen auf den unbegrünten Skipistenplanierungen des sauren Silikates.	164
Beilage 11.	Gesamtvegetationstabelle der Dauerflächen auf den begrünten Skipistenplanierungen des sauren Silikates.	166
Beilage 12.	Gesamtvegetationstabelle der Dauerflächen auf Dolomit.	168



Beilage 1. Lage der Aufnahme- und Untersuchungsflächen im Skigebiet Strela.

Appendix 1. Location of relevés and the investigated areas in the skiing region Strela.

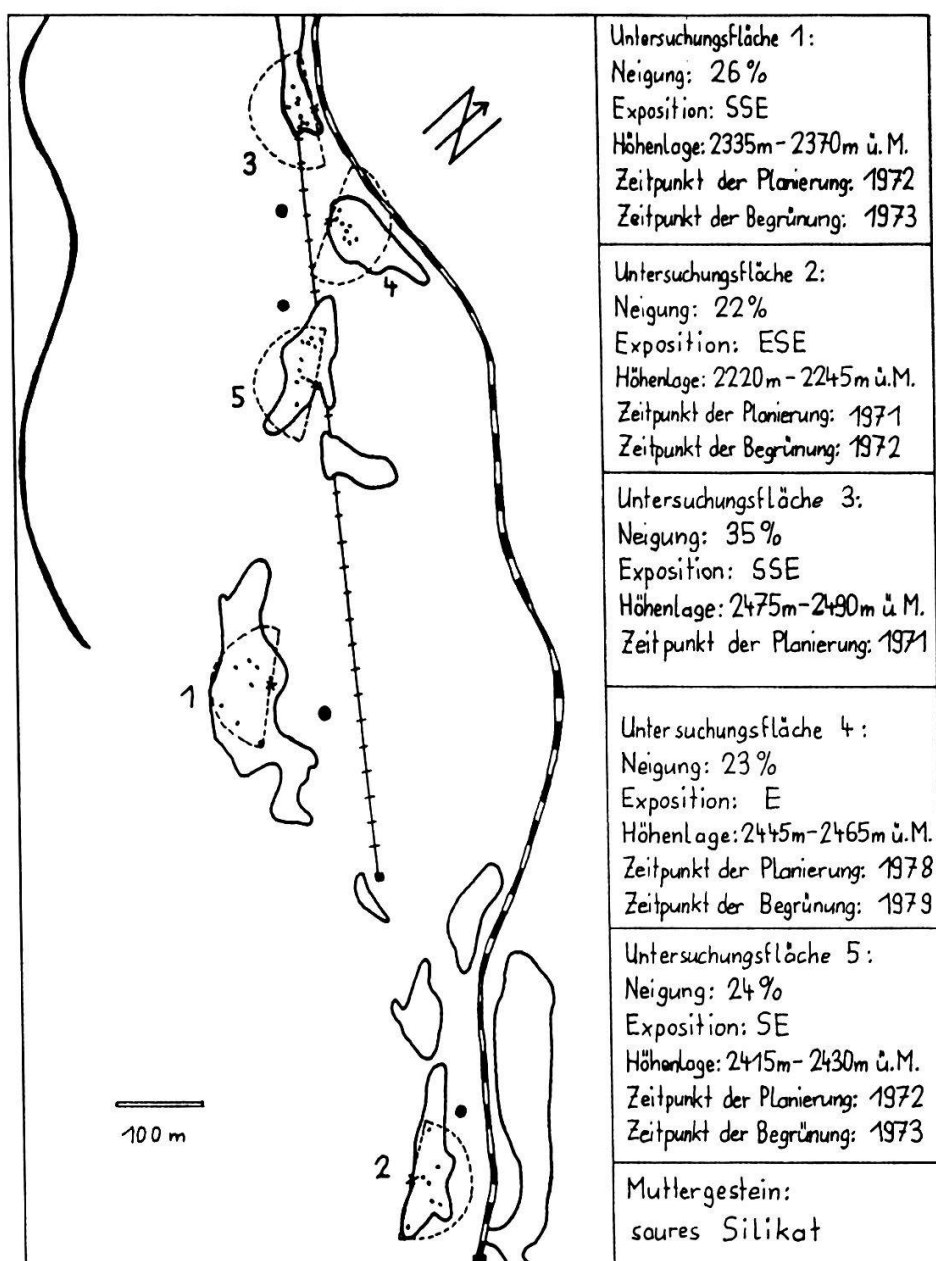
- | | |
|---|---|
| Untersuchungsfläche mit Nullpunkt
* investigated area with zero (for coordinates compare appendix 6) | Luftseilbahn
aerial cableway |
| Aufnahme- fläche - relevé (for numbering compare appendix 5) | Gondelbahn - gondola
aerial cableway |
| Skipistenplanierung
levelled ski run | skilift -skilift |
| Aufnahme auf alpinen Rasen
relevé of alpine meadow | |



Beilage 2. Lage der Aufnahme- und Untersuchungsflächen im Skigebiet Jakobshorn.

Appendix 2. Location of the relevés and the investigated areas in the skiing region Jakobshorn.

- | | |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> ○ Untersuchungsfläche mit Nullpunkt * investigated area with zero (for coordinates compare appendix 6) • Aufnahme- und Untersuchungsfläche - relevé (for numbering compare appendix 5) • Aufnahme auf alpinen Rasen • relevé of alpine meadow | <ul style="list-style-type: none"> == Luftseilbahn == aerial cableway + + + Skilift - skilift ○ Skipistenplanierung ○ levelled ski run |
|---|---|

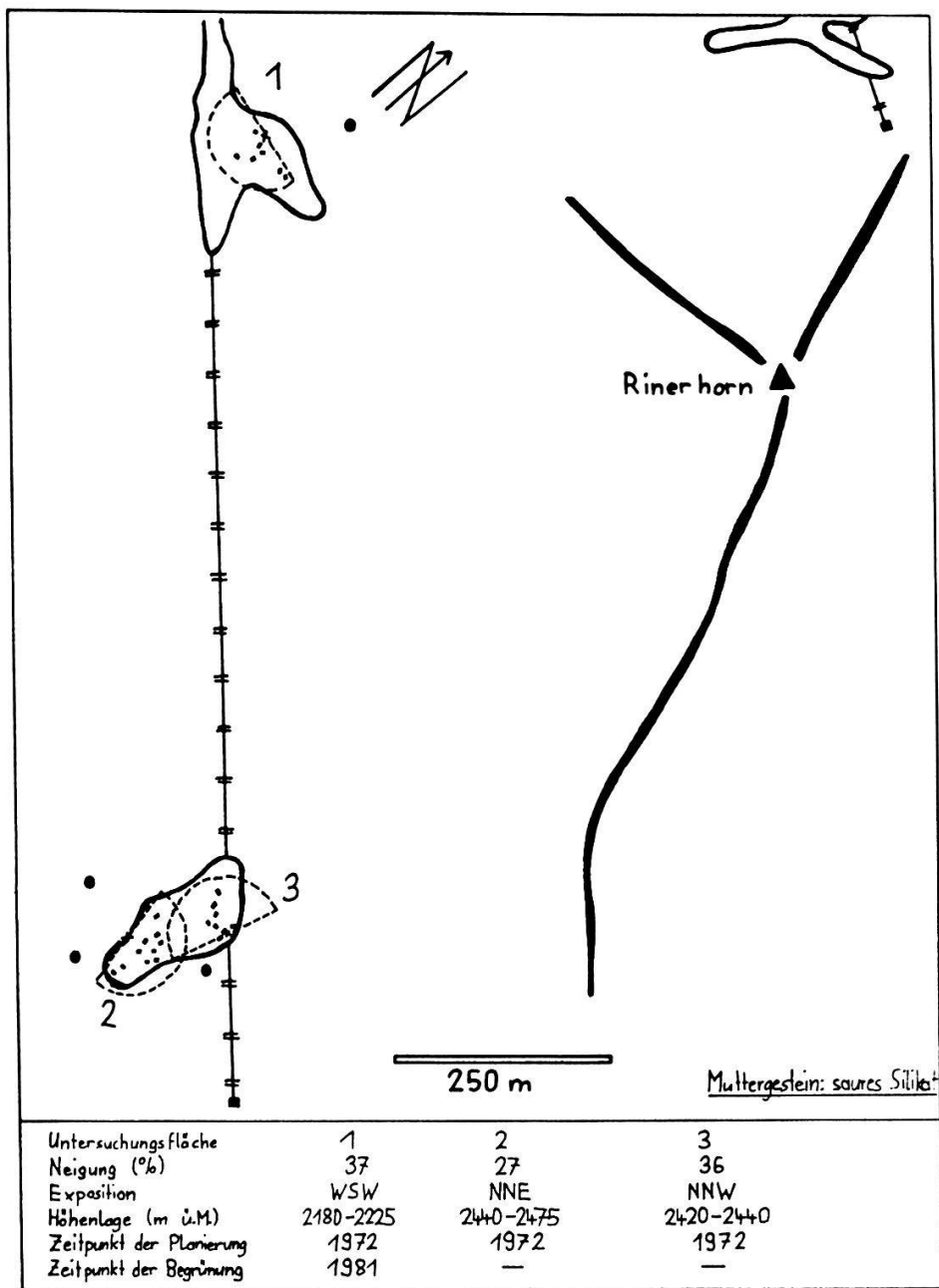


Beilage 3. Lage der Aufnahme- und Untersuchungsflächen im Dorftälli (Skigebiet Parsenn).

Appendix 3. Location of the relevés and the investigated areas in Dorftälli (skiing region Parsenn).

- Untersuchungsfläche mit Nullpunkt
* investigated area with zero (for coordinates compare appendix 6)
- Aufnahme- und Untersuchungsfläche - relevé (for numbering compare appendix 5)
- Aufnahme auf alpinen Rasen
relevé of alpine meadow

- Standseilbahn
funicular railway
- + + + Skilift - skilift
- Skipistenplanierung
levelled ski run

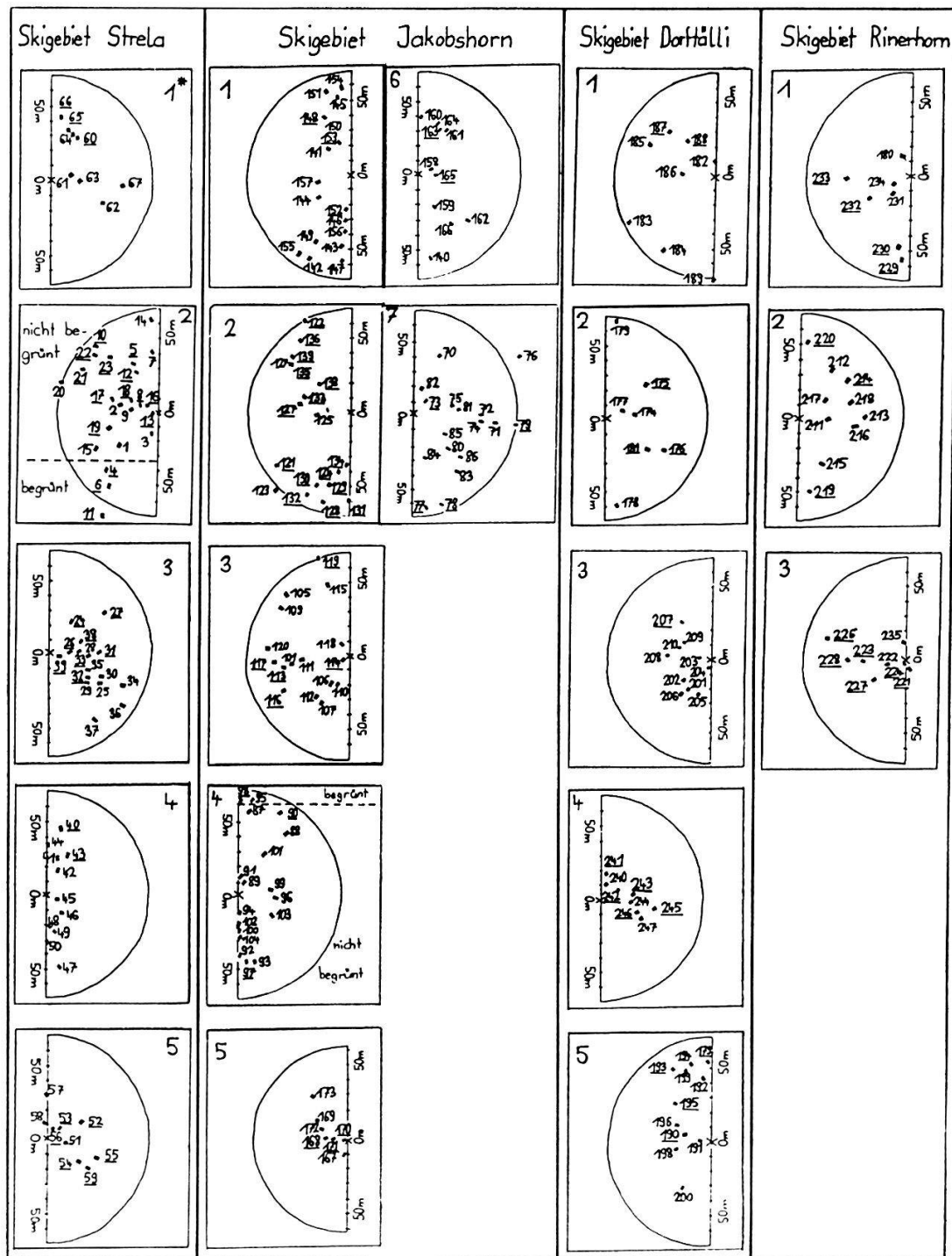


Beilage 4. Lage der Aufnahme- und Untersuchungsflächen im Skigebiet Rinerhorn.

Appendix 4. Location of the relevés and the investigated areas in the skiing region Rinerhorn.

- ⊕ Untersuchungsfläche mit Nullpunkt
- ✱ investigated area with zero (for coordinates compare appendix 6)
- Aufnahmefläche - relevé (for numbering compare appendix 5)
- Aufnahme auf alpinen Rasen
- relevé of alpine meadow

- ⚡ Doppeliskilift
- ⚡ double skilift
- ⬭ Skipistenplanierung
- ⬭ levelled ski run



Beilage 6. Koordinaten der Nullpunkte von den Untersuchungsflächen.
Appendix 6. Coordinates of the zero of the investigated areas.

Skigebiet Strela:

1	779.605/187.150
2	779.755/187.125
3	779.930/186.990
4	780.670/186.920
5	780.763/186.898

Skigebiet Parsenn (Dorftälli):

1	781.350/188.455
2	781.865/188.145
3	780.898/189.000
4	781.010/188.908
5	781.125/188.758

Skigebiet Jakobshorn:

1	783.593/183.413
2	783.713/183.413
3	783.900/183.405
4	783.943/183.213
5	783.425/183.338
6	783.563/183.193
7	784.050/182.418

Skigebiet Rinerhorn:

1	780.855/178.920
2	781.428/178.123
3	781.490/178.205

Artnächtigkeit und Deckungsgrad der Arten in Prozenten
species value and plant cover (%):

1	<0.1	7	3.2-6.3
2	0.1	8	6.4-12.5
3	0.2-0.3	9	12.6-25.1
4	0.4-0.7	Z(ehn)	25.2-50.1
5	0.8-1.5	E(lf)	50.2-100.0
6	1.6-3.1		

[illegible]

Beilage 7. Gesamtvegetationstabelle der 1978 erfassten Aufnahme­flächen der unbegrün­ten Skipistenplanierungen auf saurem Silikat.

Appendix 7. Complete vegetation table of all relevés recorded in 1978 of the unsown levelled ski runs on acidic silicate.

[illegible]

Artmächtigkeit und Deckungsgrad der Arten siehe S. 159
species value and plant cover see p. 159

* Art	* Aufnahmenummer										
Deschampsia flexuosa	9999Z8787Z99	4	12	79	9	76	3	75	5	12233	111
Festuca rubra	2589Z99ZZ9Z67EE9	1	E8ZZZ79Z98765658	56	8766435522	1	35132				
Phleum pratense oder P. alpinum	2	1	19626884626626	61	4156713	1	15514	2			11
Bodenmoose	776576666431	357472Z15132Z696Z79622121111	216232121	121							
unbestimmte angesäte Gräser	1	46162511	6	63	746189162	5	11		111111	221	
Alopecurus pratensis	1112112	1111	3		11	6		1	1		1
Agrostis sp. mit Ausläufern		4	26	4	2	66	679Z66	1		1	41
Poa sp. mit Ausläufern	1	1	4		5	5	1	1	2	1	3
Dactylis glomerata		1	2	2	1		1	52	111	11	111111
Festuca pratensis		26462	2		3	2	1	11	1	11	1
Lolium perenne							2	1	2		
Trifolium pratense s.l. o. T. hybridum		1	15687	1	1	61	5	1	1	1	111
Cynosurus cristatus		1	889								
Poa supina oder P. annua	1		11	9	8	64	14174362133	2	11111	12	
Sagina linnaei		1	3		1	6	121	4	5		
Arenaria biflora							1		4		
Cerastium trigynum											2
Sibbaldia procumbens						1					
Cardamine alpina					1			1			
Poa alpina	1		1111	25	586	164271	2	1		1	1
Plantago alpina					6						
Gnaphalium supinum	11	1		11	1	2	111	221	2112	2	23
Ranunculus grenierianus	1	1		1	2	5311	1	2	4	1	1
Agrostis rupestris		2				98	3	1	5	1	6
Anthoxanthum alpinum		1				6	9	3	5	1	
Helictotrichon versicolor						5	7				
Veronica alpina				1	1	1			2	1	3
Campanula scheuchzeri						2	5	2			
Taraxacum alpinum						2					
Luzula spadicea					4		18	1	14	1	1
Polygonum viviparum						1					
Leontodon helveticus		1		3	1	442432	1	2	1		
Ligusticum mutellina					2	1	1	1	1		
Primula integrifolia							1				
Soldanella pusilla	11			2	1	22				1	1
Carex curvula								12		2	
Senecio carniolicus					2	4					3
Nardus stricta							2		3		
Phyteuma hemisphaericum						1					
Homogyne alpina	1			2		62		3			
Potentilla aurea						2	1	1		1	
Chrysanthemum alpinum			1		6	6	9		1	5	3
Cardamine resedifolia	1	1	1	1	41	1	12	6	31	4	5
Lotus alpinus			1		3	4		1	1		11
Vaccinium myrtillus					1			2			
Carex sempervirens					5						
Luzula spicata										1	
Luzula lutea					5			5			
Sedum alpestre				1		1	1		1		
Campanula barbata					6	1					
Linaria alpina											3
Epilobium sp.			1	1							
Alchemilla sp.					9				1		
Herbacea sp.											1
Cetraria sp.		111			1	1		1	1	1	
Bodenflechten					1						
Leontodon hispidus									1	1	
Veronica tenella						4					
Euphrasia minima						1					
Viola calcarata						3					
Trifolium alpinum						6					
Trifolium badium						51					
Rumex acetosella									1		
Trisetum flavescens											1
Juncus alpinus											1
	</										

Beilage 8. Gesamtvegetationstabelle der 1978 erfassten Aufnahme­flächen der begrün­ten Skipistenplanierungen auf saurem Silikat.

Appendix 8. Complete vegetation table of all relevés recorded in 1978 of the sown levelled ski runs on acidic silicate.

Artmächtigkeit und Deckungsgrad der Arten siehe S. 159
species value and plant cover see p. 159

Art	Aufnahmenummer	
Carex firma	67764321	1
Helianthemum alpestre	84	2 1 1
Carex sempervirens	7876 7	1
Festuca pumila	32 78 186 6 5 44	1 4 3 1 3
Salix serpyllifolia	16	1
Hieracium bifidum	1 6 2 361	1 1 1
Sesleria coerulea	5122 1 756866	1
Soldanella alpina	21 21 2 122	1 2 1 1 1 4
Anthyllis alpestris	1 2 23 1241	1 1
Homogyne alpina	3 11 2	1 1
Bellidiastrum michelii	2 2 2 1	1
Campanula scheuchzeri	32626 1131214	15451121 4 12 1 1 3 1 1
Ligusticum mutellina	2 19 281821	5 6 6773 5 74 5 11
Veronica alpina	2 15	16 1 1
Leontodon hispidus	4 652	2 52 1 1 1 1 2
Ranunculus alpestris	4 3 2722	6 3 1 1 2
Achillea atrata	2742	3 63 4 1 1
Galium anisophyllum	5 1 1	
Androsace chamaejasme	3 1	
Viola calcarata	1 26 2 13 1	11 32 41 3 1 2
Crepis aurea	2 2 3 31	3 3 2 1 1 5 1
Moehringia ciliata	1 2 2	7 32 1 3 4 321 1 81
Gnaphalium hoppeanum	1 16 1	2
Potentilla dubia	2 1 1	1 12 2
Saxifraga caesia		16
Saxifraga aizoides	2 3	4 3
Taraxacum alpinum	21	4 2 1 1
Biscutella levigata		6 1 1
Alchemilla sp.		1 6 1
Silene acaulis	1	6 1
Arabis coerulea		4 1
Poa alpina	52 1713457 364 1	123577766778 1 13311 1 2 1 11 1 13531
Polygonum viviparum	2 41231311	1 121111132 51 111 1 1 1 111
Ranunculus montanus	7 27 73	11 336 8711844 1 1 1 1112 1 1 7
Plantago atrata	8829	56514 26 1 1 1
Poa supina		1
Bodenmoose	231312 1611221122 2 222 1122111 11111 1111211 111 1111 111 1 13	
Hutchinsia alpina	2 131 3 1	1 1 311 133 1 2 1 12111 1 1
Sedum atratum	1 111 111111141 11343 3 11 1141111531311111 1 111111111 1 1	
Minuartia verna	5 2 21 3 294 11 2 1 1 1 164211 1111 1111 11 1	
Draba aizoides	1 122 1 14 2 3	1 1 11 31 1 1
Arabis pumila	2 1 1	1 11 2 1 11 1 1 1
Crepis jacquinii		1 1 1 1 1
Arabis alpina		11 1
Veronica aphylla	1 1	1 1 1
Gentiana verna	1 1 1 2	
Minuartia sedoides	1	
Thymus polytrichus		4
Myosotis alpestris		4
Dryas octopetala		1 1 1
Hieracium alpinum	1	
Luzula spicata	1	
Carduus defloratus		1
Lotus alpinus		1
Herbacea sp.	2	3 1 1
Graminea sp.	3 6 5	1 6 1 1 1 1
Festuca rubra		32 1
Festuca pratensis		
Trifolium pratense s.l. o. T. hybridum		
Poa sp. mit Ausläufern		
Phleum pratense		1 6
Alopecurus pratensis		

Beilage 9. Gesamtvegetationstabelle der 1978 erfassten Aufnahme­flächen auf Dolomit.

Appendix 9. Complete vegetation table of all relevés recorded in 1978 on dolomite.

Artmächtigkeit und Deckungsgrad der Arten siehe S. 159
species value and plant cover see p. 159

[illegible]

