

**VEGETATIONSDYNAMIK
AM
SESVENNAGLETSCHER
(ASPEKTE ZUR NEUBESIEDLUNG)**

**DIPLOMARBEIT
VON
THEO HESS**

BETREUT DURCH

Dr. C.Burga
Geographisches Institut
Dr. M. Schütz, Dr. B.O. Krüsi
Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft
Birmensdorf

Geographisches Institut der Universität Zürich

Februar 1994

KURZZUSAMMENFASSUNG

Der Entwicklungsverlauf der hochalpinen Gletschervorfeldvegetation wurde in den Zentralalpen auf 2'700 m ü. M., auf silikatischen Ausgangsgestein in den ersten 70 Jahren der Eisfreiheit am Sesvenna-Gletscher beschrieben.

Die Abhängigkeit der Entwicklung von Blütenpflanzen, Moosen und Flechten von vier genau definierten Hauptsubstratstypen und drei ebensolchen Subsubstraten (Sonderstandorte) konnte nachgewiesen werden.

Es konnten drei zeitliche Entwicklungsstufen deutlich, eine vierte ansatzweise nachgewiesen werden.

Das Besiedlungspotential der im Vorfeld wichtigsten Taxa wurde nach Substratstyp quantifiziert, die Initialphase der Besiedlung und die Flächen mit den höchsten Deckungsgraden beschrieben.

Die Ergebnisse wurden anhand vergleichbarer Literatur diskutiert.

INHALTSVERZEICHNIS

Vorwort

1. EINLEITUNG UND FRAGESTELLUNG	4
2. GRUNDLAGEN	
2.1 Untersuchungsgebiet	6
2.2 Geologie	7
2.3 Boden	9
2.4 Klima	
2.5 Gletschervorfeldvegetation	14
2.6 Neubesiedlung	15
3. METHODIK	
3.1 Versuchsanordnung und Planung	16
3.2 Abgrenzung des Untersuchungsgegenstandes	16
3.3 Stratifizierung	16
3.3.1 Dauer der Eisfreiheit	17
3.3.2 Substrat	18
3.3.3 Sonderstandorte	23
3.3.4 Topographie	26
3.3.5 Nachbarvegetation	26
3.4 Auswahl der Aufnahmeflächen	26
3.4.1 Ruhschutt	27
3.4.2 Lockerschutt	28
3.4.3 Sander	29
3.4.4 Anstehender Fels	30
3.4.5 Bachlauf	31
3.4.6 Temporärer Wasserlauf	33
3.4.7 Schneetälchen	34
3.5 Vegetationsaufnahmen	
3.5.1 Flächengrösse	35
3.5.2 Schätzskala	35
3.5.3 Nomenklatur	36
3.6 Auswertung der Daten	37
3.6.1 Allgemeine Auswertung der Daten	37
3.6.2 Spezielle Auswertung der Daten: Neubesiedlung	40

4. ERGEBNISSE	
4.1 Allgemeine Ergebnisse	
4.1.1 Vegetationsentwicklung mit zunehmender Dauer der Eisfreiheit	45
4.1.1.1 Einfluss der Dauer der Eisfreiheit auf die Vegetationsentwicklung in einzelnen Substraten/Subsubstraten	49
4.1.1.2 Vorfeldvegetation im Vergleich mit der Nachbarvegetation	52
4.1.2 Vegetationsentwicklung in den Substraten/Subsubstraten	53
4.1.2.1 Einfluss der Substrate/Subsubstrate auf die Vegetationsentwicklung in den Zeitabschnitten	59
4.1.3 Einfluss der Bodenfeuchtigkeit auf die Vegetationsentwicklung	62
4.1.3.1 Einfluss der Bodenfeuchtigkeit auf die Vegetationsentwicklung in den Zeitabschnitten	64
4.1.3.2 Vergleich wassernah/wasserfern innerhalb von Substraten/Subsubstraten	65
4.2 Spezielle Ergebnisse: Neubesiedlung	
4.2.1 Besiedlungspotential einzelner Arten	68
4.2.2 Besiedlung in Abhängigkeit vom Standort	83
4.2.3 Auswertung der Initialphase	88
5. DISKUSSION	
5.1 Diskussion allgemein	94
5.2 Diskussion Neubesiedlung	96
6. ZUSAMMENFASSUNG	99
7. LITERATUR	100
8. ANHANG	

VORWORT

Diese Arbeit entstand in Zusammenarbeit mit Rita Gafner in den Jahren 1992-93 am Geographischen Institut der Universität Zürich.

In erster Linie sind wir den Herren Dr. B.O. Krüsi und Dr. M. Schütz von der Eidgenössischen Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL) in Birmensdorf zu grossem Dank verpflichtet. Ohne deren Unterstützung und kritische Begleitung sowohl in der Initialphase und Konzeption, als auch im Feld und bei der Auswertung der Daten wäre diese Arbeit nicht denkbar gewesen.

Der Familie Walter und Martha Sagmeister und ihren Mitarbeitern, die mit Ihrer Gastfreundschaft in der AVS-Schutzhütte Sesvenna zu einer angenehmen Atmosphäre bei der Feldarbeit beigetragen und diese erst ermöglicht haben, gebührt besonderer Dank.

Organisatorische und technische Probleme am Institut konnten durch die Herren Dr. C. Burga, Prof. Dr. G. Furrer und Prof. Dr. H. Haefner meist gelöst werden. Herr M. Steinmann und Frau Dr. M. Meister von der Abt. für Geodäsie der ETH halfen bei der Visualisierung des Untersuchungsgebiets. Herr Dr. M. Aellen von der Abt. für Glaziologie der Versuchsanstalt für Wasserbau der ETH stellte hilfsbereit Luftbildnegative, Gletscherrückzugspläne und viele Detailinformationen zum Untersuchungsgebiet zur Verfügung. Frau Dr. C. Schubiger-Bossart versorgte uns mit Anfangsinformationen. Bei der Verifikation der Moosproben am Botanischen Institut der Universität Zürich unterstützte uns Herr Dr. E. Urmj, bei den Flechtenproben Herr Dr. C. Vonarburg am Geographischen Institut. Für Ihre bereitwillige Unterstützung sei Ihnen allen an dieser Stelle herzlich gedankt.

Februar 1994, Theo Hess

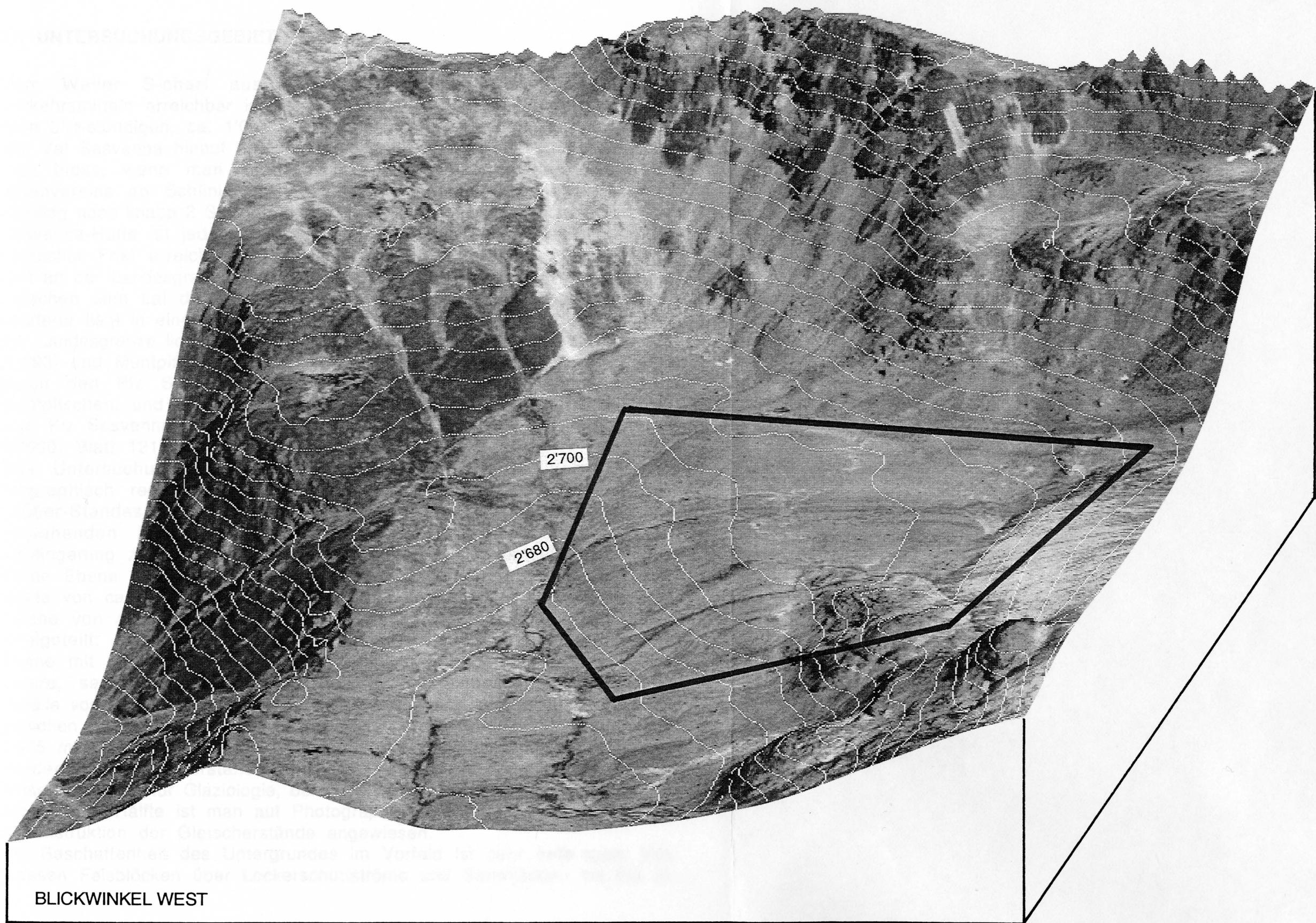
1. EINLEITUNG UND FRAGESTELLUNG

Diese Arbeit wurde in Zusammenarbeit mit Rita Gafner erstellt. Es wurden sowohl überschneidende als auch spezifische Ergebnisse erarbeitet. Um einen vollständigen Ueberblick über die Vegetationsdynamik am Sesvennagletscher zu erhalten empfiehlt es sich deshalb, auch die Arbeit von R. Gafner zu studieren. Ausgangslage zu dieser Arbeit sind die durch die globale Erwärmung (Treibhauseffekt) bedingten Veränderungen unserer Um- oder Mitwelt. Am augenfälligsten treten diese Veränderungen im Gebirge an den Gletschern auf, bei denen seit 1850 ein markantes Abschmelzen der Eiszungen zu beobachten ist. Diese Tatsache bewirkt im Sommer eine in grössere Höhenlagen verschobene Schneegrenze. Dadurch entstehen im Hochgebirge ausgedehnte der vor Erosion schützenden Eis- oder Schneedecke beraubte Flächen. Als Folge werden diese "neuen" Flächen durch Pflanzen besiedelt. Dieser Prozess geht im Hochgebirge, bedingt durch die tiefen Temperaturen und die kurze Vegetationsperiode, sehr langsam vor sich. Dadurch sind die Gebiete über eine längere Zeitspanne der Erosion mehr oder weniger schutzlos ausgeliefert. Die Ueberschwemmung von Poschiavo, welche im Sommer 1987 durch einen Murgang im Hochgebirge ausgelöst wurde zeigt, dass die oben erwähnten Faktoren nicht nur auf diesen Raum beschränkt sind, sondern auch besiedelte Gebiete gefährden können. Daher drängt sich eine genauere Untersuchung der Besiedlung von schnee- bzw. eisfrei gewordenen Flächen durch Vegetation im Hochgebirge auf.

Auf Grund dieser Tatsachen ergaben sich die folgende Fragestellungen:

1. Wie entwickelt sich die Vegetation auf rezent eis- bzw. schneefrei gewordenen Flächen? Konkret wurde untersucht, wie die Vegetationsentwicklung durch die zunehmende Dauer der Eisfreiheit, verschiedene Substrattypen und durch Sonderstandorte beeinflusst wird.
2. Sind in der Besiedlung rezent eis- bzw. schneefrei gewordener Flächen Muster zu erkennen, die gegebenenfalls für eine Neubesiedlung anthropogen vegetationsfrei gewordener Flächen von Bedeutung sein könnten?

Um auf diese Fragestellungen eingehen zu können wurde beschlossen, die Vegetation im Vorfeld des Sesvennagletschers zu untersuchen. Dieses Gebiet wurde gewählt, weil sich der Gletscher erstens in hochalpinen Lage befindet und zweitens seine Rückzugsstadien seit 1956 von der Abteilung für Glaziologie der Versuchsanstalt für Wasserbau der ETH Zürich genau vermessen wurden.



BLICKWINKEL WEST

Abb. 1: Digitales Geländemodell des Gletschervorfeldes mit Eingrenzung des Untersuchungsgebiets. (Zur Verfügung gestellt durch Frau Dr. M. Meister, Abt. f. Geodäsie, ETH Zürich.)

2. GRUNDLAGEN

2.1 UNTERSUCHUNGSGEBIET

Vom Weiler S-charl aus, welcher über Scuol mit öffentlichen Verkehrsmitteln erreichbar ist, ist das Sesvenna Gletschervorfeld in einer etwa 2¹/₂-stündigen, ca. 1'000 Höhenmeter überwindenden Bergwanderung das Val Sesvenna hinauf erreichbar (vgl. Abb. 2-5). Näher zum Gebiet ist man bloss, wenn man in der Sesvenna-Schutzhütte des Süd-tiroler Alpenvereins ob Schlinig im Vintschgau übernachtet, dann dauert der Aufstieg noch knapp 2 Std. bei einem Höhenunterschied von etwa 600m. Die Sesvenna-Hütte ist jedoch nur automobil von der Südtiroler Seite her in nützlicher Frist erreichbar. Das Untersuchungsgebiet (vgl. Abb. 1) liegt, hart an der Landesgrenze zu Italien, am obersten Ende des Val Sesvenna, zwischen dem Lai da Sesvenna und dem Eis des Sesvenna-Gletschers. Letzterer liegt in einem nicht allzu steilen Kar, das im Osten durch die auf der Landesgrenze liegenden Fernerspitz (2'954m ü.M.), Punta della Vedretta (2'893) und Muntpitschen (3'162) sowie deren Verbindungsgrat, im Süden durch den Piz Sesvenna (3'204) und dessen Verbindungsgrat zum Muntpitschen, und im Westen durch einen namenlosen Felsgrat der sich vom Piz Sesvenna nach Norden erstreckt, gebildet wird (Landeskarte 1: 25'000, Blatt 1217, S-charl).

Das Untersuchungsgebiet wird wie folgt eingegrenzt: Vom Eisrand orographisch rechts durch die deutlich erkennbare Seitenmoräne des 1850er-Standes, orographisch links durch den ersten Einschnitt im anstehenden Fels jenseits des zweiten Wasserlaufs und dessen Verlängerung zum Lai da Sesvenna hinunter, sowie stirnseitig durch die kleine Ebene in welcher der Sesvennasee liegt (vgl. Abb. 6). Bei einer Breite von ca. 250m und einer Länge von knapp 350m bedeckt es eine Fläche von grob 80-100'000 m². Das Gebiet ist topographisch deutlich zweigeteilt: die oberen, gletschernahen ²/₃ bilden eine sanft geneigte Ebene mit einem durchschnittlichen Gefälle von ca. 3-5%, während das untere, seeseitige Drittel steiler abfällt, mit einem durchschnittlichen Gefälle von ca. 15- 25%. Höhenmässig bewegt man sich in einem Rahmen zwischen 2'740-2'750 m ü.M. wo der Gletscher im Sommer 1993 stirnt und 2'655 m ü.M. beim Lai da Sesvenna. In der oberen Hälfte des Vorfeldes wurden die Gletscherstände seit 1956 durch die Versuchsanstalt für Wasserbau, Abt. für Glaziologie, der ETH Zürich vermessen (vgl. Abb. 6), in der unteren Hälfte ist man auf Photographien sowie auf Extrapolation zur Rekonstruktion der Gletscherstände angewiesen.

Die Beschaffenheit des Untergrundes im Vorfeld ist sehr heterogen. Von grossen Felsblöcken über Lockerschuttströme und Sandflächen bis hin zu

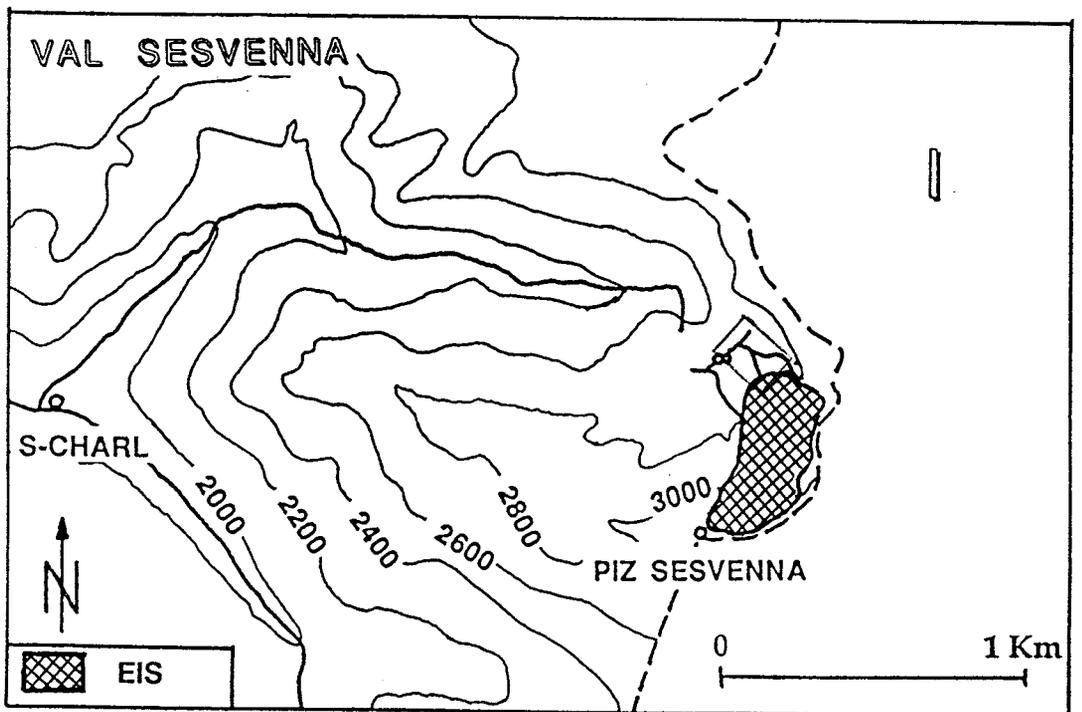
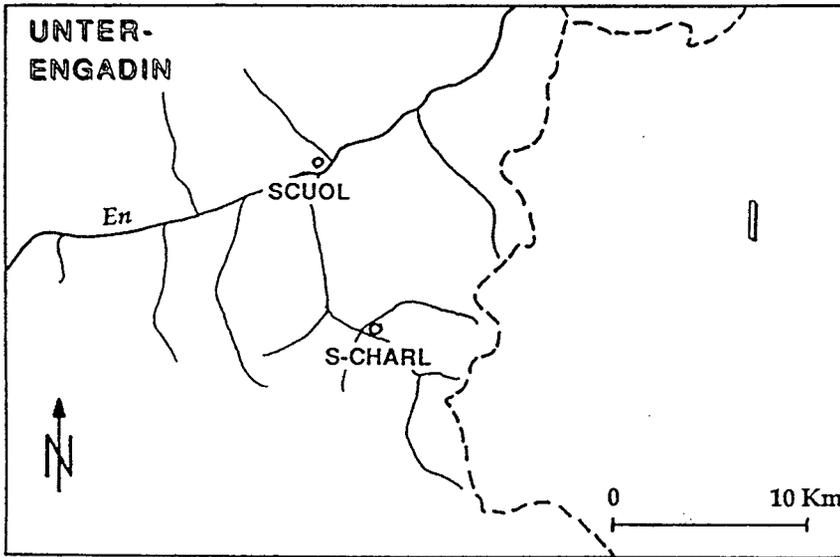
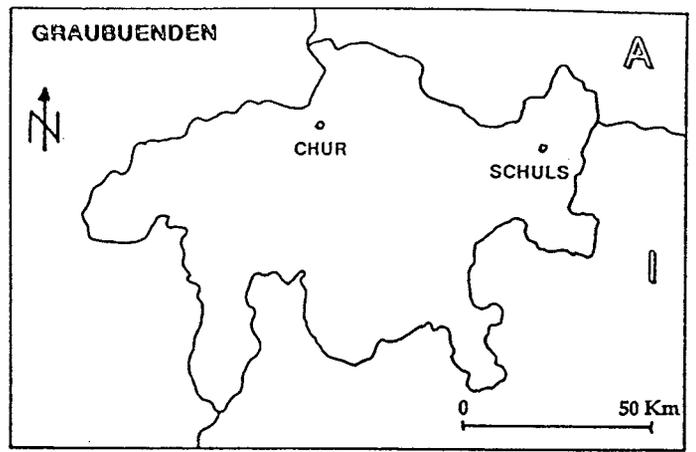
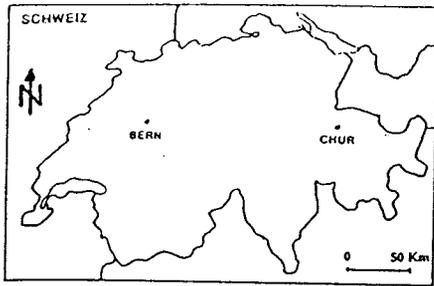


Abb. 2-5: Geographische Eingrenzung des Untersuchungsgebietes

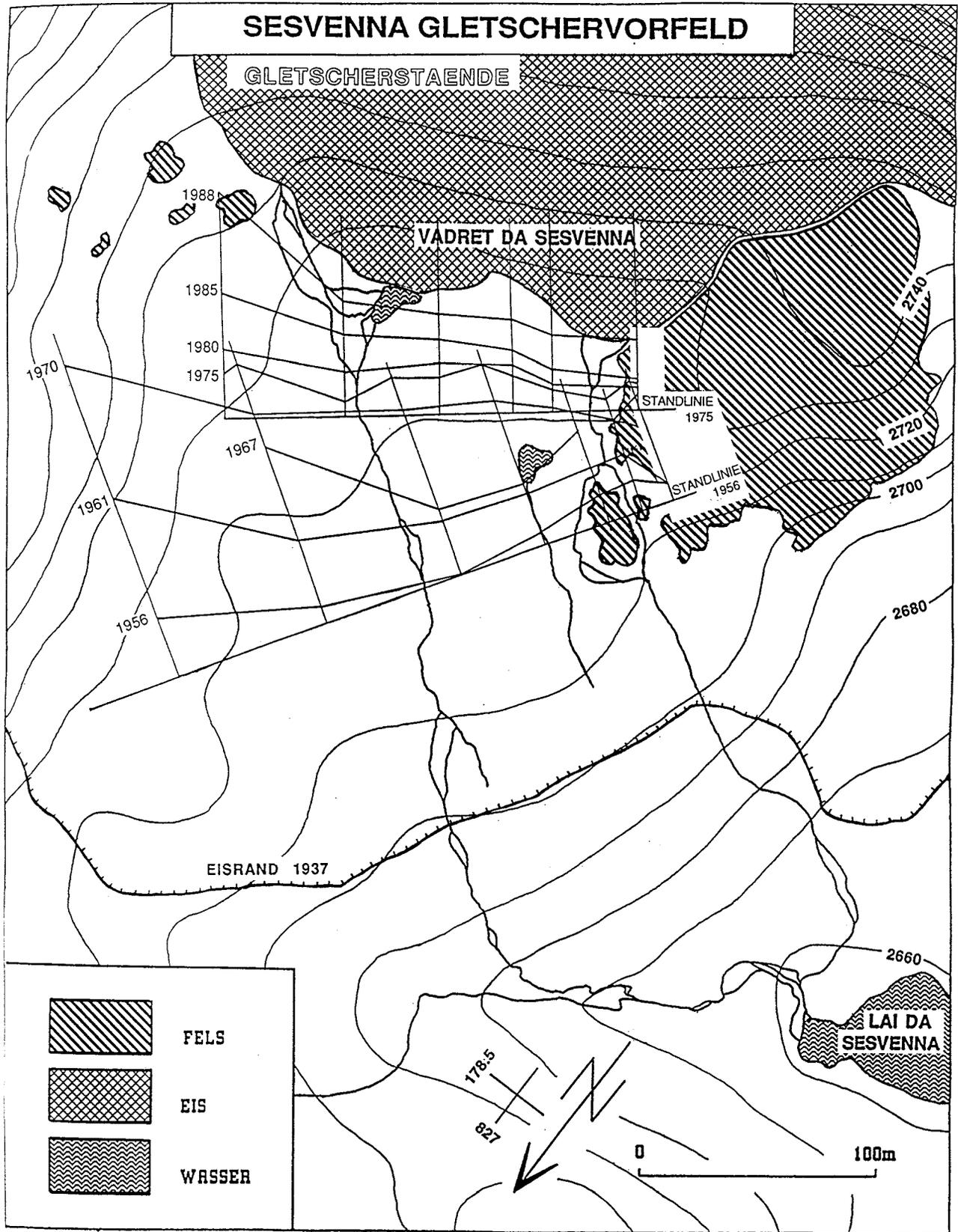


Abb. 6: Gletscherstand 1937 und vermessene Gletscherstände ab 1956. (Zur Verfügung gestellt durch Dr. M. Aellen, Abt. für Glaziologie der VAW der ETH Zürich)

kleinen Seen und grossen Ruhschuttflächen mit verschiedenem Blockwerk ist eine breite Palette verschiedener Abstufungen des Substrats zu beobachten.

Das Untersuchungsgebiet wurde von Rauch (1991) charakterisiert, was unserer Arbeit als Einstieg diente. Das erweiterte Gebiet um den Piz Sesvenna südlich des Nationalparks wurde erstmals von Braun-Blanquet 1913 floristisch beschrieben. Neuere Arbeiten über die Vegetation von Gletschervorfeldern liegen von Bäumler (1988) am Morteratschgletscher, von Amman (1979) am Oberaargletscher und von Schubiger-Bossard (1988) am Rhone-Gletscher vor. Diese liegen jedoch alle in tieferen Höhenlagen. Auf 2'700m ü. M. lagen in der Schweiz bisher noch keine uns bekannten Arbeiten zur Gletschervorfeldvegetation vor.

2.2 GEOLOGIE

Die Beschaffenheit des Untergrundes ist für die Vegetation von entscheidender Bedeutung. Im Untersuchungsgebiet wurzeln praktisch alle Blütenpflanzen sowie die meisten Moose und etliche Flechten direkt in siltig-sandigem Untergrund. Dieses siltige Feinmaterial wird durch die Fließbewegung des Gletschers über den anstehenden Fels abgerieben und durch die sommerlichen Schmelzwasser abtransportiert, wobei ein grosser Teil davon bereits im unmittelbaren Gletschervorfeld abgelagert wird. Demzufolge steht dessen chemische Zusammensetzung, eine homogene Grossstruktur des Gesteins vorausgesetzt, in direktem Zusammenhang zum Chemismus des anstehenden Felsen unter dem Eis bzw. zur Geologie des Kars in welchem der Gletscher gelegen ist.

Diese Verhältnisse werden ergänzt durch Importe von luftverfrachteten Stoffen (Löss), sowie durch erosionsbedingte Verluste. Der Anteil der aeolischen Importe an der Beschaffenheit des gesamten Feinmaterials ist wegen der geographischen Nähe zum karbonatischen Material der Engadiner Dolomiten nicht zu unterschätzen.

2.2.1 Tektonik

Die oberostalpinen Gesteine des Untersuchungsgebiets gehören tektonisch zum polymorphen Kristallin der Scarl-Decke, wobei sich der Uebergang zu der Engadiner Dolomiten in kaum einem Kilometer Entfernung befindet. (Geologischer Atlas der Schweiz, Blatt 424) Die Basis der Scarl-Decke besteht aus praepermischen Gneisen, die von Verrucano überlagert sind. Bei der alpinen Gebirgsbildung wurde die Scarl-Decke mit ihrer Sedimentbedeckung verfrachtet und leicht metamorph überprägt. (van Loon 1960). Das saure Gestein des Untersuchungsgebiets (hoher SiO_2 -Anteil) zeigt Merkmale der Grünschieferfazies, was sich durch die Neubildungen

von Epidot und Chlorit bestätigt. Es besteht zur Hauptsache aus Orthogneisen (Quarzitgneise, Augengneise, Hornblendegneise, Amphibolite) und Quarziten. Paragneise sind in reiner Form nicht vorhanden, sondern treten bestenfalls als von Paramaterial beeinflusste Orthogneise mit Chlorit und Erz als Nebengemengteile auf (Biotitschiefer-gneise, Chloritglimmerschiefer, erzführende Augengneise).

Die Quarzkörner im Gestein sind durch die tektonischen Vorgänge oft mehrfach zerbrochen und bieten daher der mechanischen Verwitterung gute Angriffsfläche. An Handstücken im Feld lassen sich folgende Mineralien erkennen: Quarz, Hornblende, Feldspäte (Plagioklas, Kalifeldspat), Epidot, Glimmer (Biotit, Muskovit, Chlorit), verwitterte Erze.

2.2.2 Chemismus

Für eine genaue Beschreibung der im Substrat vorhandenen Nährstoffe sind Analysen am Gestein bzw. Silt des Untersuchungsgebiets unumgänglich. Im Sinne einer allgemeinen Charakterisierung der Hauptbestandteile und Spurenelemente im Gestein werden die Resultate der Spektralanalyse von Gesteinen der Scarl-Decke einer anderen Lokalität herangezogen (vgl. Tab.1). Dies scheint darum zulässig zu sein, weil der oberostalpine Sockel als recht homogener Gesteinskörper, mit ähnlichen petrographischen und tektonischen Eigenschaften betrachtet wird. Da davon ausgegangen wird, dass im Silt des Gletschervorfeldes, welcher von den Pionierpflanzen als Wurzelstandort bevorzugt wird, eine Durchmischung der Gemengteile aller vorhandenen Gesteine vorliegt, wurde aus den den verfügbaren Daten folgender Mittelwert der Anteile an Gewichtsprozenten errechnet.

Tab. 1: Resultate der Spektralanalyse von Gesteinen der Scarl-Decke am Engadiner Fenster bei Nauders (nach van Loon 1960)

	Total	Nr.185	Nr.188	Nr.22	Nr.23	Nr.24	Nr.79	Nr.83
SiO ₂	64.9	69.8	61.7	74.8	66.2	74.4	59.1	48.9
Al ₂ O ₃	15.3	15.8	17.4	13.4	15.7	12.4	19.6	13.2
FeO	4.3	3.9	4.6	1.15	3.7	1.05	4.9	10.9
MgO	2.6	2.4	2.8	0,2	2.1	0.3	4.0	6.8
CaO	3.35	1.9	2.6	1.0	1.2	0.4	7.6	8.8
Na ₂ O	2.7	2.4	2.6	3.0	2.0	3.1	2.9	3.1
K ₂ O	2.8	2.6	4.5	3.1	3.2	4.6	0.3	1.5
H ₂ O	0.38	0.6	0.53	0.51	0.44	0.14	0.29	0.17
TiO ₂	0.76	0.4	0.5	0.08	0.7	0.7	0.4	3.2

Die Proben wurden am Engadiner Fenster bei Nauders in ca. 20 km Entfernung vom Untersuchungsgebiet genommen, und von van Loon 1960 beschrieben. Probe Nr. 22: Orthogneis mit Parallelstruktur, mit Plagioklas (Oligoklas), Quarz und Kalifeldspat als Hauptgemengteile. Probe Nr. 23: Mischgneis, intensiv gefältelt, mit Plagioklas, Quarz, Kalifeldspat, Biotit, Muskovit. Probe Nr. 24: Orthogneis, mit Quarz, Plagioklas und Kalifeldspat. Proben Nr. 79, 83, 185, 188: Amphibolite und Hornblende-Epidot-Chloritschiefer mit stark wechselndem Mineralienbestand, mit Hornblende, Plagioklas, Chlorit, Quarz, und Epidot-Zoisit als Hauptgemengteile.

In sehr geringer Konzentration (zwischen 0.017 Gewichtsprozent bei Mn und 0.0006 bei Be) finden sich ausserdem folgende Spurenelemente: Zn 0.012, Sr 0.010, Cr und V 0.005, sowie Pb <0.005.

Die feine Körnung des siltigen Materials mit der sehr grossen inneren Oberfläche wirkt sich beschleunigend auf die mineralogischen Umwandlungsprozesse beim Kontakt mit der Bodenlösung bzw. mit dem vorhandenen Wasser aus. Daraus lässt sich auf eine, trotz der Höhenlage, relativ gute Verfügbarkeit der Nährstoffe im Silt des Untersuchungsgebiets schliessen.

2.3 BODEN

Die Prozesse der Bodenbildung sind im untersuchten Teil des Vorfeldes kaum von Bedeutung. Die durch die klimatischen Bedingungen äusserst kurzen Zeitabschnitte, in welchen die Bodenbildungsprozesse ablaufen können, machen dies plausibel. Es wurden einzig im untersten Abschnitt, welcher zwischen 55 und ca. 70 Jahre eisfrei ist, vereinzelte Flecken gefunden, die eine äusserst dünne Streuschicht aufwiesen. Diese sind wohl in den meisten Fällen auf abgestorbene Moospolster zurückzuführen und dienen in vielen Fällen als Keimbett für Blütenpflanzen. In den übrigen, gletschernäheren Abschnitten des Vorfeldes sind ausschliesslich Rohböden vorhanden, wo die Pflanzen direkt im siltig-sandigen Feinmaterial wurzeln. Dies ist auch der Grund, warum im weiteren Verlauf dieser Arbeit nur von Substrat und nicht von Boden die Rede sein wird.

2.4 KLIMA

Für eine Studie der Gletschervorfeldvegetation ist die Kenntnis der klimatischen Bedingungen im Untersuchungsgebiet von besonderer Bedeutung. Diese beeinflussen sowohl die Artenzusammensetzung im allgemeinen als auch die Verteilung der Vegetation in Gletschnähe. Es wird dabei zwischen gross- und kleinklimatischen Faktoren unterschieden. Das Makroklima, welches bedingt ist durch die geographische Lage und die orographischen Verhältnisse, hat einen Einfluss auf das Vorhandensein bzw. Nichtvorhandensein der verschiedenen Arten, während das Mikroklima, welches durch die unmittelbare Nähe zum Gletscher bedingt ist (Gletscherwind), die räumliche Verteilung der vorhandenen Arten in Gletschnähe beeinflusst.

2.4.1 Makroklima

Wünschenswert wären dazu Daten von Messstationen mit sinngemässen Verhältnissen wie im Untersuchungsgebiet oder von solchen, die in nächster Nähe des Untersuchungsgebiets gelegen sind. Da solche Daten nicht existieren und weil ausserdem die dem Gebiet am nächsten liegenden Messstationen in anderen Höhenlagen sowie in anderen orographischen Verhältnissen gelegen sind, konnten Aussagen zur grossklimatischen Lage im Gebiet nur durch Extrapolation der erhältlichen Daten gemacht werden. Die dadurch bedingte Verminderung der Aussagekraft solcher Werte wird in Kauf genommen, da in erster Linie eine allgemeine Aussage über die Verhältnisse im Untersuchungsgebiet angestrebt wird.

Es werden dazu drei Gruppen von Daten herangezogen: Die ersten beiden Datengruppen stammen aus der Literatur, sind nicht besonders aktuell, geben jedoch sowohl zur schweizerischen als auch zur italienischen Seite des an der Landesgrenze liegenden Untersuchungsgebiets vergleichbare Angaben. Man kann davon ausgehen dass, obwohl die Daten eher alt sind, die Abweichungen zum heutigen Zustand als nur geringfügig grösser betrachtet werden müssen als die Abweichungen durch Instrumenten- und Ablesefehler der heutigen Daten (Desio 1967).

Der Vollständigkeit halber werden auch noch die aktuellen Daten der SMA der achziger Jahre aufgelistet.

Die verfügbaren Daten stammen von Stationen aus der näheren und weiteren Umgebung des Untersuchungsgebiets (vgl. Abb. 7) mit den damit verbundenen Unterschieden in Höhenlage und Orographie, stammen jedoch alle aus der klimatischen Grossregion der östlichen Zentralalpen, die

charakterisiert wird durch höhere Temperaturen, höhere Einstrahlung sowie geringere Niederschläge als die übrigen alpinen Gebiete.

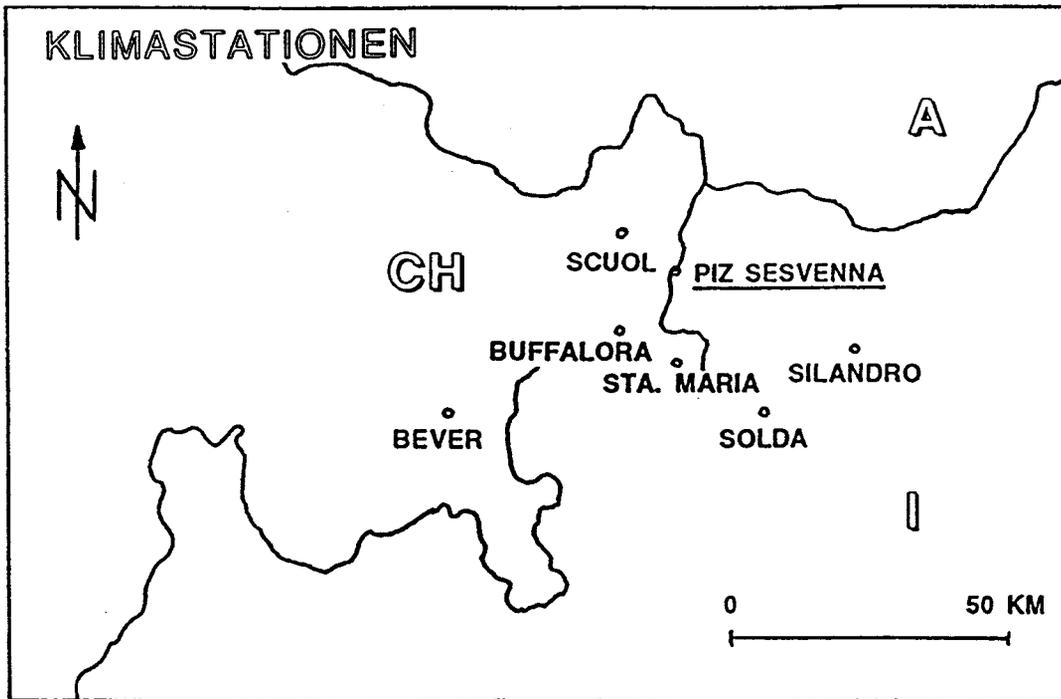


Abb.7: Geographische Verteilung der Klimastationen

2.4.1.1 Temperatur

Die Temperatur ist ein entscheidender Faktor bei der Ausbildung der Vegetation, da die Lebensvorgänge der Pflanzen im wesentlichen davon abhängig sind. Die Verlangsamung dieser Vorgänge durch tiefe Temperaturen in hohen Lagen hat zur Folge, dass das Wachstum der Pflanzen eingeschränkt wird. Da auch das Ausmass der Schneeschmelze von der Temperatur abhängt, beeinflusst diese also sowohl die Dauer der Schneefreiheit als auch innerhalb der Vegetationszeit die Dauer der Phasen mit optimalen Wachstumsverhältnissen für die Pflanzen.

Aus den Daten lassen sich, basierend auf einer Abnahme der Temperatur nach oben im Jahresmittel um $0,55^{\circ}\text{C}$ pro 100m (Landolt 1984), Durchschnittswerte errechnen (vgl. Tab. 2), die gemittelt eine Jahrestemperatur von $-2,75^{\circ}\text{C}$ für eine Höhe von 2'700m ü.M., in welcher sich das Untersuchungsgebiet befindet, ergeben.

Tab. 2: *Durchschnittliche Jahrestemperaturen der dem Untersuchungsgebiet am nächsten liegenden Messstationen*

Station	m ü.M.	Beobachtung	Jahresmittel
Solda di dentro	1'840	1851-80	1.5°
Tubre	1'270	1924-63	6.1°
Silandro	706	1926-63	9.6°
Bever	1'702	1931-60	1.1°
Scuol	1'253	1931-60	5.1°
Sta. Maria	1'388	1980-88	5.3°
Buffalora	1'968	1980-88	2.5°
Scuol	1'253	1980-88	4.9°

Zusätzlich zu diesen Daten gibt auch der Mittelwert der Nullgradgrenze (vgl. Tab. 3) ein annäherndes Bild von der potentiellen Länge der Vegetationszeit. Dabei ist jedoch zu beachten, dass die Radiosondenmessung in Payerne vorgenommen wurde, also die orographische Beeinflussung der Werte nicht berücksichtigt ist.

Tab. 3: *Durchschnittliche Höhenlage der Nullgradgrenze von April bis November bei Payerne*

April	Mai	Juni	Juli	August	Sept.	Okt.	Nov.
1'866	2'399	2'904	3'273	3'282	3'095	2'646	1'864

Anzumerken bleibt, dass in den Zentralalpen, in denen das Untersuchungsgebiet liegt, die Sonneneinstrahlung wegen der geringeren Niederschläge und Bewölkung im Vergleich zu den Aussenketten stärker ist. Das heisst, dass sich in diesem Gebiet bei ähnlichen Mitteltemperaturen viele Pflanzen, im Gegensatz zu den Aussenketten der Apen, in höheren Lagen ansiedeln können.

2.4.1.2 Niederschlag

Da die Zentralalpen im Windschatten der Aussenketten liegen, haben die Luftmassen, wenn sie das Gebiet erreichen, bereits einen grossen Teil ihrer Feuchtigkeit verloren. Dies zeigt sich in den Daten der Tab.4 an den geringen Niederschlagsmengen deutlich.

Tab. 4: *Durchschnittlicher Jahresniederschlag in verschiedenen Messstationen um das Untersuchungsgebiet*

	m ü. M	Beobachtung	Jahresmittel
Solda	1'900	1950-63	607mm
Silandro	706	1944-63	467mm
Bever	1'712	1931-60	818mm
Scuol	1'253	1931-60	695mm
Sta. Maria	1'388	1980-88	829mm
Buffalora	1'968	1980-88	953mm
Scuol	1'253	1980-88	708mm

Daraus lassen sich, der Faustregel folgend, die besagt, dass eine durchschnittliche Niederschlagszunahme von 100mm pro 100m Höhenunterschied zu beachten ist (Landolt 1984), von den vorhandenen Stationen Durchschnittswerte errechnen, die gemittelt eine Niederschlagsmenge von der Grössenordnung von 1'950mm für das Untersuchungsgebiet ergeben dürften.

Nach Landolt (1984) gleichen sich die Niederschlagsmengen in den Zentral-Nord- und Südalpen mit zunehmender Höhe an, so dass für die Pflanzen der alpinen und subnivalen Stufe die Niederschlagsunterschiede kaum mehr ins Gewicht fallen. Von weit grösserer Bedeutung ist in diesem Zusammenhang die Dauer der Schneefreiheit (Aperzeit), da für Blütenpflanzen unter einer isolierenden Schneedecke die Licht- und Temperaturverhältnisse für ein dauerndes Wachstum nicht ausreichend sind. Wiederum bedingt durch die höheren Sommertemperaturen und die geringeren Niederschläge liegt die Schneegrenze in den Zentralalpen höher als in den Aussenketten. Für das Ausaperungsmuster vgl. Abb. 16.

2.4.2 Mikroklima

Der Gletscher beeinflusst, unabhängig von den grossklimatischen Verhältnissen, das Klima in unmittelbarer Nähe der Stirnseite des Eises. Laut Matthews (1992) liegt der durchschnittliche Einflussbereich des Gletscherwindes, der für diese Klimaänderung verantwortlich ist, für Gletscher mittlerer Grösse bei etwa 200m. Da der Sesvennagletscher als eher kleiner Gletscher betrachtet werden muss, liegt in unserem Untersuchungsgebiet dieser Wert tiefer. Dennoch ist dieser Klimaeinfluss im Felde deutlich wahrnehmbar. Dies hat zur Folge, dass bei einem sich zurückziehenden Gletscher, wie das bei uns der Fall ist, jeder Standort nach der Eisfreiwerdung eine markante Klimaverbesserung mit zunehmender Entfernung vom Eis erfährt. So steigt sowohl die Boden- als

auch die Lufttemperatur innerhalb der ersten 50m zum Eisrand markant an (Matthews 1992). Diese deutliche Klimaverbesserung hat auch auf die Besiedlungsmuster der Vegetation einen Einfluss, denn je weiter ein Standort vom Gletscher entfernt liegt, desto stärker ist die Neigung zu einer Anpassung an die grossklimatischen Bedingungen sowie zu geringeren Temperaturschwankungen. Diese Schwankungen erklären sich aus dem Zusammenspiel von mikro- und mesoklimatischen Faktoren: So wird tagsüber der Einflussbereich des Gletscherwindes durch den durch die Erwärmung der Bergflanken bedingten Hangaufwind (Talwind) verkleinert und sinngemäss des nachts umgekehrt durch den Hangabwind (Bergwind) vergrössert. Das heisst, dass erst in grösserer Entfernung vom Eis eine mikroklimatische Beeinflussung der Vegetationsstandorte ausgeschlossen werden kann.

2.5 GLETSCHERVORFELDVEGETATION

Neben den in den Kapiteln 2.1 - 2.4 erwähnten Bedingungen haben noch weitere Faktoren einen Einfluss auf die Inbesitznahme des Raumes durch die Vegetation. So sind vor allem die topographischen Verhältnisse im Vorfeld von grosser Bedeutung. Dies darum, weil durch die grosse Höhenlage daraus extreme standörtliche Unterschiede entstehen können. Dazu zählen die durch die unterschiedliche Sonneneinstrahlung hervorgerufenen extremen Temperaturunterschiede, die unterschiedliche Dauer der Schneebedeckung im Sommer (Länge der Vegetationszeit und Vernässung durch Schmelzwasser), die Schneebedeckung im Winter (Kälteschutz), sowie die unterschiedlichen allgemeinen Feuchtigkeitsverhältnisse.

Im Vorfeld sind folgende topographische Eigenschaften augenfällig: Schneetälchen (vgl. Abb. 16), Kuppenlagen (auf den Schuttströmen und am Uebergang zwischen den Zeitabschnitten 2 und 3), befestigter und NW-exponierter Hang (Zeitabschnitt 4), schwach geneigte Ebene (v.a. in den Zeitabschnitten 2 und 3) sowie etliche verschiedene Kleinexpositionen. Als Beispiel für die Bedeutung der Kleinexpositionen sei hier erwähnt, dass in den relativ flachen oberen 2/3 des Feldes um herumliegende Steine deren Südseite, wegen des erhöhten Wärmegenusses, als Standort von der Vegetation deutlich bevorzugt wird.

Zusammengefasst lässt sich sagen, dass im Untersuchungsgebiet die meisten wichtigen, das Pflanzenwachstum in der Alpen begrenzenden Faktoren partiell oder gesamthaft von Bedeutung sind. Es sind dies für das gesamte Gebiet die tiefen Temperaturen und die kurze Vegetationszeit, in den randständigen Schutthalden und in den Alluvionen die Bewegung des Bodens, an Kuppenlagen die extremen Temperaturen sowie die Auswirkungen von Wind und Lufttrockenheit, die extrem kurze

Vegetationszeit, speziell der Schneetälchen, sowie gesamthaft der Wasser- und Nährstoffstress wegen der praktisch noch nicht vorhandenen Bodenbildung.

2.6 NEUBESIEDLUNG

Unter Neu- oder Wiederbesiedlung (auch Renaturierung genannt) im Hochgebirge ist die Wiederansiedlung der Vegetation auf Flächen, die ihrer ursprünglichen, zusammenhängenden Pflanzendecke beraubt wurden, zu verstehen. Hauptuntersuchungsgegenstand sind dabei die durch Skipistenplanierungen geschaffenen, vegetationslosen und erosionsgefährdeten Flächen in den Alpen. Diese sind in der Literatur ausgiebig beschrieben.

Begrünungen von Erosionsflächen oberhalb der Waldgrenze gestalten sich darum so schwierig, weil nur eine kleine Auswahl von Handelssaatgutsorten für Hochlagen geeignet ist und standortgemässes Saatgut kaum zur Verfügung steht. Zudem reifen nur bei wenigen autochthonen Arten die Samen aus, von denen nicht alle für eine grössere Saatgutproduktion geeignet sind. Auch die Einwanderung einheimischer Pflanzen in die begrüneten Flächen geht auf Grund der erwähnten schlechten Keimfähigkeit der Samen und des geringen Ausdehnungswachstums alpiner Arten nur sehr langsam vor sich (Florineth 1992). Für eine erfolgreiche und dauerhafte Begrünung ist eine möglichst standortgerechte Vegetation erforderlich.

Zweck von Renaturierungen oder Wiederbegrünungen ist es, die restlichen Humus- oder Feinerdeanteile der obersten Substratschicht vor Abtrag und Auswaschungen zu schützen, die Anreicherung von Humus durch Eigenproduktion von angesäten, (meist Tiefland-) Arten zu fördern, die Beschleunigung der in dieser Höhenlagen äusserst langsamen Bodenbildungsprozesse, sowie die Erleichterung der Wiederbesiedlung durch standortgemässe Arten. Oft sind diese Gründe jedoch bloss zweitrangig, und der Hauptzweck der Renaturierungsmassnahmen beschränkt sich auf das Kaschieren von ökologischen Sünden, die bei genauerer Kenntnis der hochalpinen Oekosysteme, klar als unverzeihlich zu betrachten sind. Dies darum, weil in der hochalpinen Stufe die Entstehungszeiten von Klimax- oder Dauergesellschaften das menschliche Zeitverständnis, bei einer Entstehungszeit von gegen tausend Jahren für einen Krummseggenrasen als Beispiel, klar sprengen (Grabherr 1987).

3. METHODIK

3.1 VERSUCHSANORDNUNG UND PLANUNG

Das Ziel der Untersuchung ist eine möglichst genaue, aussagekräftige und reproduzierbare Beschreibung der Vegetation im Vorfeld des bereits seit 1937 genau beobachteten und vermessenen Sesvenna-Gletschers (vgl. Abb. 6), um Aussagen über die dort stattfindende Vegetationsentwicklung machen zu können. Da die Untersuchung im Sinne einer Ueberwachung (Monitoring) wiederholbar sein soll, wurde eine Stratifizierung des Geländes vorgenommen. Die kurze Vegetationsperiode war der massgebendste Faktor für die zeitliche Detailplanung, da für die Aufnahmen nur 6 bis 8 Wochen (Mitte Juli bis Ende August 1993) zur Verfügung standen. Um trotz der kurzen Zeit für Feldarbeit und des unberechenbaren Wetterfaktors mit möglichst grosser Sicherheit aussagekräftige Daten zu erhalten, wurde nach einem Prioritätenplan gearbeitet.

3.2 ABGRENZUNG DES UNTERSUCHUNGSGEGENSTANDES

Beim Untersuchungsgegenstand handelt es sich um das auf ca. 2700m ü.M liegende Gletschervorfeld des Sesvenna-Gletschers. (vgl. Kap. 2.1 Untersuchungsgebiet). Abgegrenzt wird der untersuchte Teil des Vorfeldes orographisch rechts durch die Seitenmoräne und orographisch links durch den Einschnitt bzw. dessen Verlängerung hinter der grossen Felslinse, die im Abschnitt Kap. 3.4. "Anstehender Fels" eingehender beschrieben ist. Die untere Grenze des Untersuchungsgegenstandes bildet der Lai da Sesvenna mit seinem Schwemmland, die obere Grenze wird durch den sichtbaren Gletscherrand gebildet (vgl. Abb. 1).

3.3 STRATIFIZIERUNG

Die Stratifizierung erfolgte aufgrund folgender Kriterien:

- Zeit: Dauer der Eisfreiheit
- Substrat: Anteil sichtbarer Korngrössen
- Standortbedingungen: Bachläufe, Temporäre Gewässer
- Topographie: flach, Kuppe, Schneetal

Aus der Kombination von "Zeit" und "Substrat" ergaben sich 24 Straten (vgl. Tab. 5). Für alle wurde jeweils eine Gesamtartenliste erstellt und in der Regel fünf Aufnahmen zufällig angelegt.

Tab. 5: Auflistung der 24 untersuchten Hauptstraten im Sesvenna Gletschervorfeld

	Ruh-schutt	Locker-schutt	Sander	Anst. Fels	Bach-lauf	Temp. Gewäs.	Schnee-tal
Zeit 1	A1	B1	C1	D1	R1	T1	S1
Zeit 2	A2	B2	C2	D2	R2	T2	S2
Zeit 3	A3	B3	C3	D3	R3	T3	S3
Zeit 4	A4	--	--	--	R4	T4	--

3.3.1 Dauer der Eisfreiheit (Zeit)

Um etwas über die Entwicklung der Vegetation im Vorfeld des Sesvennagletschers aussagen zu können, ist der Faktor "Dauer der Eisfreiheit" einer der wichtigsten. Die Eisfreiheit im Gletschervorfeld des Untersuchungsgebietes beträgt maximal ca. 70 Jahre. Bereits 1937 wurde der Stand des Gletschers erstmals photographisch festgehalten. Seit 1956 wurde er regelmässig durch die Abteilung für Glaziologie der Versuchsanstalt für Wasserbau der ETH Zürich vermessen, und zwar im Rahmen der gesamtschweizerischen Ueberwachung/Beobachtung der Gletscherbewegungen. Die Vermessungspläne stehen offiziell zur Verfügung und konnten so als Basis für das Stratifizierungskriterium "Zeit" benützt werden. Bei der Vorabklärung im Sommer 1992 wurde festgestellt, dass es sinnvoll ist, vier Zeitabschnitte (vgl. Abb 8) zu wählen.

- a) Zeit 1: 0 - 18 Jahre eisfrei
- b) Zeit 2: 19 - 37 Jahre eisfrei
- c) Zeit 3: 38 - 56 Jahre eisfrei
- d) Zeit 4: 57 - ca. 70 Jahre eisfrei

Die Einteilung der Zeitabschnitte wurde in erster Linie aus praktischen Gründen so gewählt. Die Vermessungsbasislinie von 1975 ist im Vorfeld durch grosse Felsblöcke eindeutig markiert und konnte so für ein effizientes Anlegen von Aufnahmeflächen und zur raschen Orientierung im Vorfeld genutzt werden. Sie wurde deshalb für die Begrenzung des Zeitabschnittes 1 verwendet. Dasselbe gilt für die Vermessungsbasislinie von 1956, welche als Grenzlinie für den zweiten Zeitabschnitt herangezogen wurde. Die Begehung des Vorfeldes im Sommer 1992 zeigte, dass diese Einteilung für zur Erreichung des Untersuchungszieles

SESVENNA GLETSCHERVORFELD

TEMPORALE GLIEDERUNG

VADRET DA SESVENNA

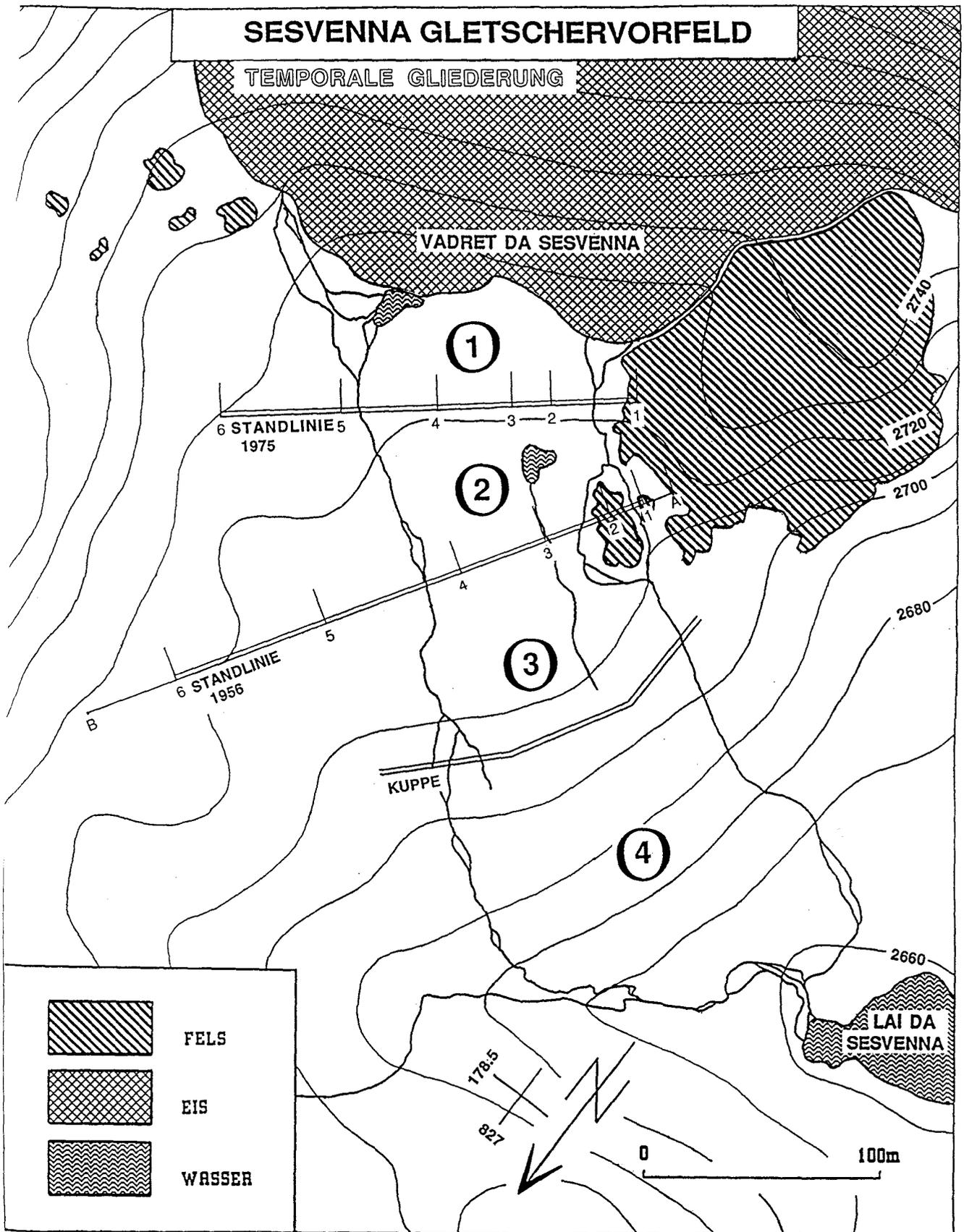


Abb. 8: Begrenzung der vier untersuchten Zeitabschnitte und Bezeichnung der im Gelände markierten Punkte. (Punkt 1 der Standlinie 1956 ist im Fels mit einem Messingbolzen mit der Bezeichnung "GL 10" markiert, die übrigen sind mit Farbe an Felsblöcken markiert).

angepasst ist. Der Gletscherstand von 1937 wurde als Grenze für die Zeit 3 ausgewählt, weil er praktisch identisch ist mit dem Uebergang vom flachen Teil des Gletschervorfeldes in einen stark geneigten, NNW exponierten Abhang. So konnte der sich vom übrigen Vorfeld stark abhebende Abhang als eigenständiges Stratum im Zeitabschnitt 4 untersucht werden.

3.3.2 Substrat

Die erste Feldbegehung im Sommer 1992 wurde unter anderem mit der Absicht unternommen, verschiedene Substrattypen zu definieren. Die verschiedenen Typen sollten eindeutig definiert und beschrieben werden, um die Reproduzierbarkeit der Aufnahmen zu gewährleisten. Die Korngrösse und die Verteilung derselben sowie der sichtbare Anteil an Feinmaterial waren die Definitionskriterien. So wurden insgesamt vier Hauptsubstrattypen (vgl. Abb. 9.) unterschieden:

Ruhschutt (Substrat A)

Definition: Der Ruhschutt wurde als Substrat A bezeichnet. Er weist teilweise leicht gerundetes Gestein auf, welches in der Grösse von Kieselstein bis maximalem Durchmesser von 50cm variiert und fest in (sichtbares) Feinmaterial (Korngrösse Silt bis Sand) eingebettet ist. Der an der Oberfläche sichtbare Anteil an Feinmaterial darf pro m² nicht >25% bzw. <10% sein.

Dieses Substrat (vgl. Abb. 10) wurde in allen vier Zeitabschnitten kartiert, verifiziert und untersucht.

Ausschlusskriterien:

- Abstand zu Wasserläufen <4m
- Anteil an sichtbarem Feinmaterial >25% bzw. <10%
- Felsblöcke mit Durchmesser >50cm

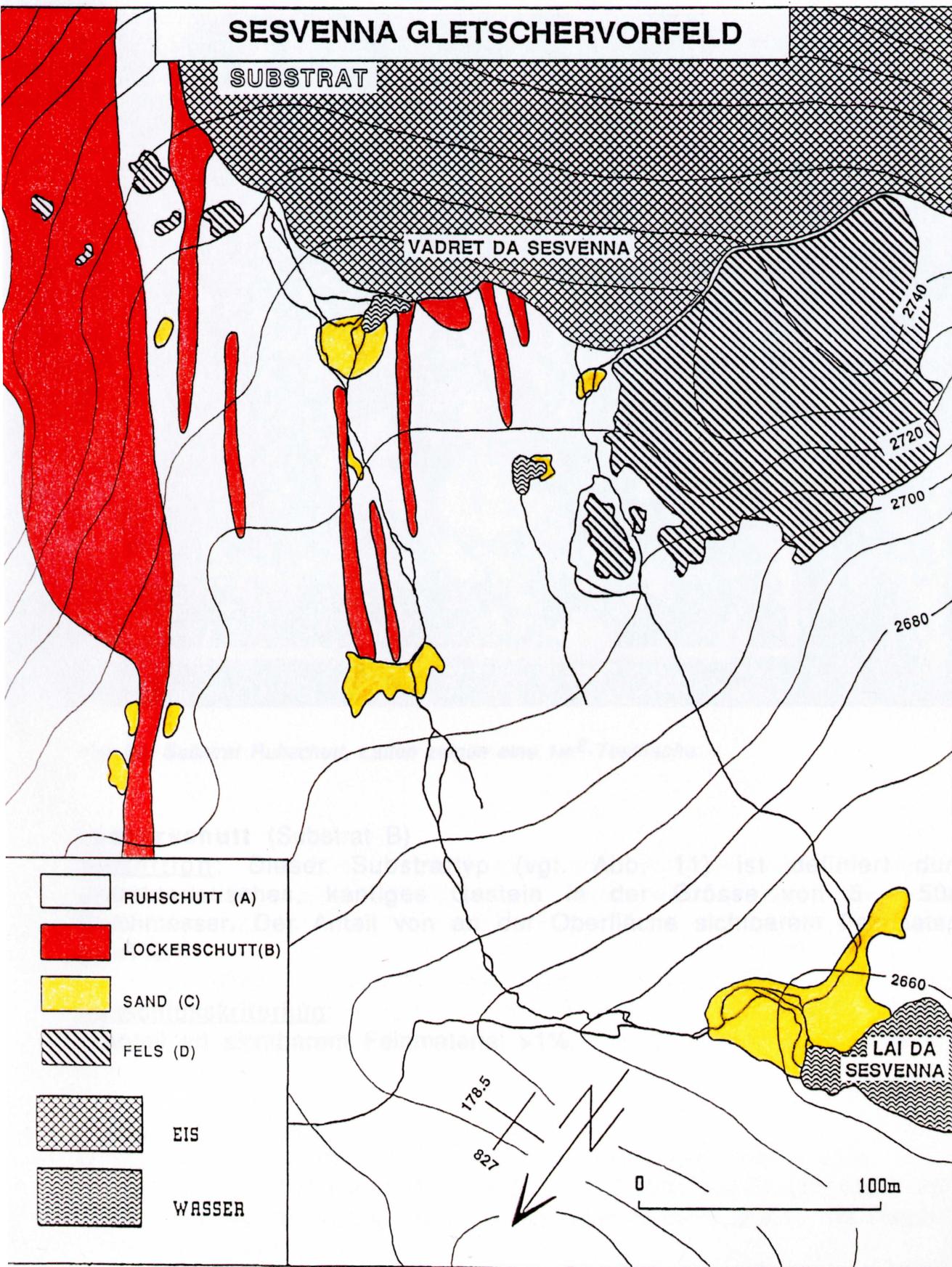


Abb. 9: Geographische Lage der vier Hauptsubstrate im Gletschervorfeld (Kartiert nach Luftbild 41/7998 vom 20. August 1991)



Abb.10: *Substrat Ruhschutt, Latten zeigen eine 1m²-Testfläche*

Lockerschutt (Substrat B)

Definition: Dieser Substrattyp (vgl. Abb. 11) ist definiert durch charakteristisches, kantiges Gestein in der Grösse von 5 - 50cm Durchmesser. Der Anteil von an der Oberfläche sichtbarem Feinmaterial ist <1%.

Ausschlusskriterium:

- Anteil an sichtbarem Feinmaterial >1%



Abb.11: Substrat Lockerschutt, Latten zeigen eine 1m²-Testfläche

Sander (Substrat C)

Bei Flächen, welche von diesem Substrattyp dominiert werden handelt es sich in der Regel um ehemaliges bzw. immer noch aktives Schwemmland, das meist flach ist.

Definition: Dieser Substrattyp (vgl. Abb. 12) umfasst Flächen mit Gestein von Korngrösse Silt/Schluff bis 1cm. Der an der Oberfläche sichtbare Anteil vom Gestein mit Durchmesser bis zu 2cm darf dabei 30% nicht übersteigen.

Ausschlusskriterien:

- Distanz zu benachbartem Substrat bzw. Uebergangsbereich <1m
- ausgewählte Fläche enthält mehr als einen Stein mit Durchmesser >5cm
- die ausgewählte Fläche enthält einen oder mehrere Steine mit Durchmesser >10cm

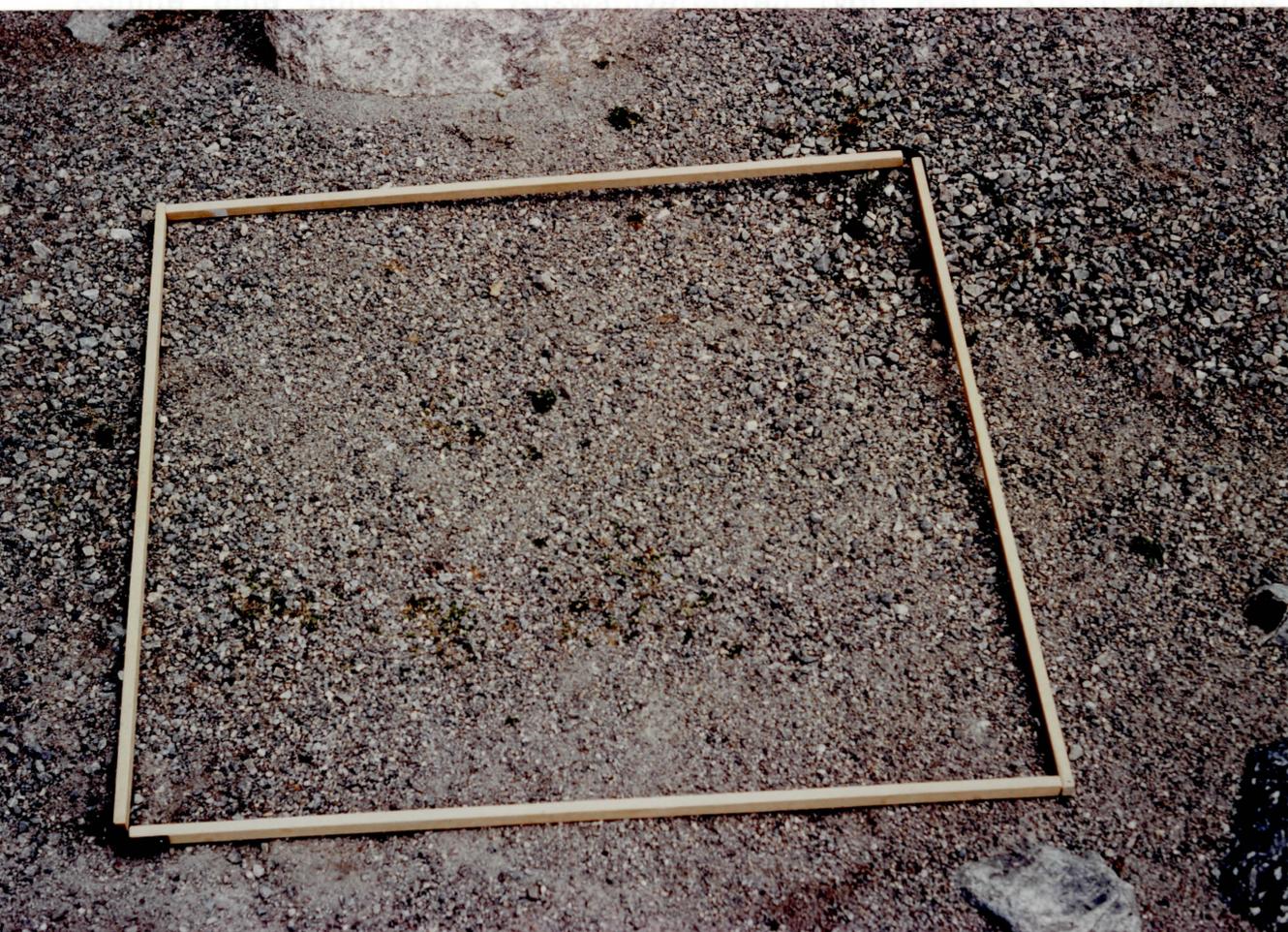


Abb.12: Substrat Sander, Latten zeigen eine 1m²-Testfläche

Anstehender Fels (Substrat D)

Definition: Die Aufnahmeflächen müssen so auf der beschriebenen Messlinie angelegt werden, dass eine 1-Meter-Lattenseite des Aufnahmerasters vollständig auf dem eindeutig erkennbaren anstehenden Felsen zu liegen kommt. Die Beschaffenheit des restlichen Untergrundes ist in diesem Substrattyp (vgl. Abb. 13) nicht relevant. Es wird in der Aufnahme jeweils angegeben, wie gross der prozentuale Anteil des anstehenden Felsen in einer Aufnahmefläche ist.

Ausschlusskriterien:

- anstehender Fels nicht genügend gross, um eine 1-Meter-Lattenseite abdecken zu können.

Konnte eine durch das Auswahlverfahren (vgl. Kap. 3.5.3) gewählte Aufnahme­fläche nicht untersucht werden, weil sie der Substratdefinition nicht entsprach, so wurde immer die radial nächstliegende, der Definition entsprechende Fläche untersucht.



Abb.13: *Substrat Anstehender Fels, Latten zeigen eine 1m²-Testfläche*

3.3.3 Sonderstandorte

Bei der Verifizierung der kartierten Straten im Sommer 1993 wurde klar, dass zwei Sonderstandorte bei den Aufnahmen berücksichtigt werden mussten. Sie wurden gewählt, weil sie für das Vorfeld charakteristisch sind und für die Fragestellung nach der Entwicklung der Vegetation im hochalpinen Raum wichtige Informationen beinhalten.

Bachlauf (Subsubstrat R)

Im Gletschervorfeld befinden sich zwei deutlich erkennbare, vom Gletscher gespiesene Bachläufe. Kartiert wurden die Wasserläufe und Seen im Untersuchungsgebiet mit Hilfe von Luftbildern aus dem Jahr 1991. Die Karte wurde durch Feldbegehung im Sommer 1993 verifiziert. Es wird angenommen, dass sich der orographisch rechts liegende Wasserlauf während des Gletscherrückzuges immer wieder verändert hat. Diese Annahme wird gestützt durch das Auftreten von ebenen Sandflächen (Sandern), die in allen Zeitabschnitten auftauchen und als ehemalige Schwemmflächen interpretiert wurden. Untersucht wurde der orographisch links liegende Bachlauf, weil er ein auffälligeres Vegetationsmuster zeigte und mit dem Ruhschutt (Substrat A) als Trockenstandort am besten vergleichbar ist. In diesem Substrattyp (vgl. Abb. 14) wurde ein etwas anderes Aufnahmeverfahren gewählt. Es wurden in einem Abstand von 25m paarweise Testflächen angelegt, und zwar stets eine wassernahe und eine wasserferne Fläche, rechts und links des Bachlaufes alternierend.

Definition: Wassernah wurde so definiert, dass eine 1-Meter-Lattenseite des Rasters vollständig im Wasser des eindeutig erkennbaren Bachlaufes liegen musste, wobei der prozentuale Wasseranteil der Aufnahmefläche jeweils im Aufnahmebogen angegeben wurde. Wasserferne Aufnahmen wurden in 1,5m Abstand vom eindeutig erkennbaren Bachlauf angelegt.

Ausschlusskriterien: nicht eindeutig erkennbarer, einarmiger Bachlauf



Abb.14: *Subsubstrat Bachlauf, Latten zeigen eine 1m²-Testfläche*

Temporärer Wasserlauf (Subsubstrat T)

Als Temporärer Wasserlauf wurde ein Bachlauf bezeichnet, der ebenfalls durch den Gletscher gespiesen ist, jedoch erst ab Mittag Wasser führt. Er geht vom Gletscher weg durch den Zeitabschnitt 1 hindurch und speist im Zeitabschnitt 2 einen kleinen See. Dieser wird jeweils zuerst aufgefüllt worauf das Ueberlaufwasser mit geringer Fliessgeschwindigkeit durch die Ebene in Zeitabschnitt 3 in den Abhang von Zeitabschnitt 4, wo es (eine Quellflur speisend) langsam versickert. Die Untergrundbeschaffenheit (vgl. Abb. 15) war bei diesen Aufnahmen kein Definitionskriterium, es handelte sich jedoch in der Regel um Ruhschutt.

Definition: Deutlich erkennbarer, temporär fließender Bachlauf, der durch Gletscherwasser gespiesen wird und in Zeitabschnitt 4 zu einer Quellflurbildung führt.

Ausschlusskriterien: nicht eindeutig erkennbarer, oben beschriebener Temporärer Wasserlauf.

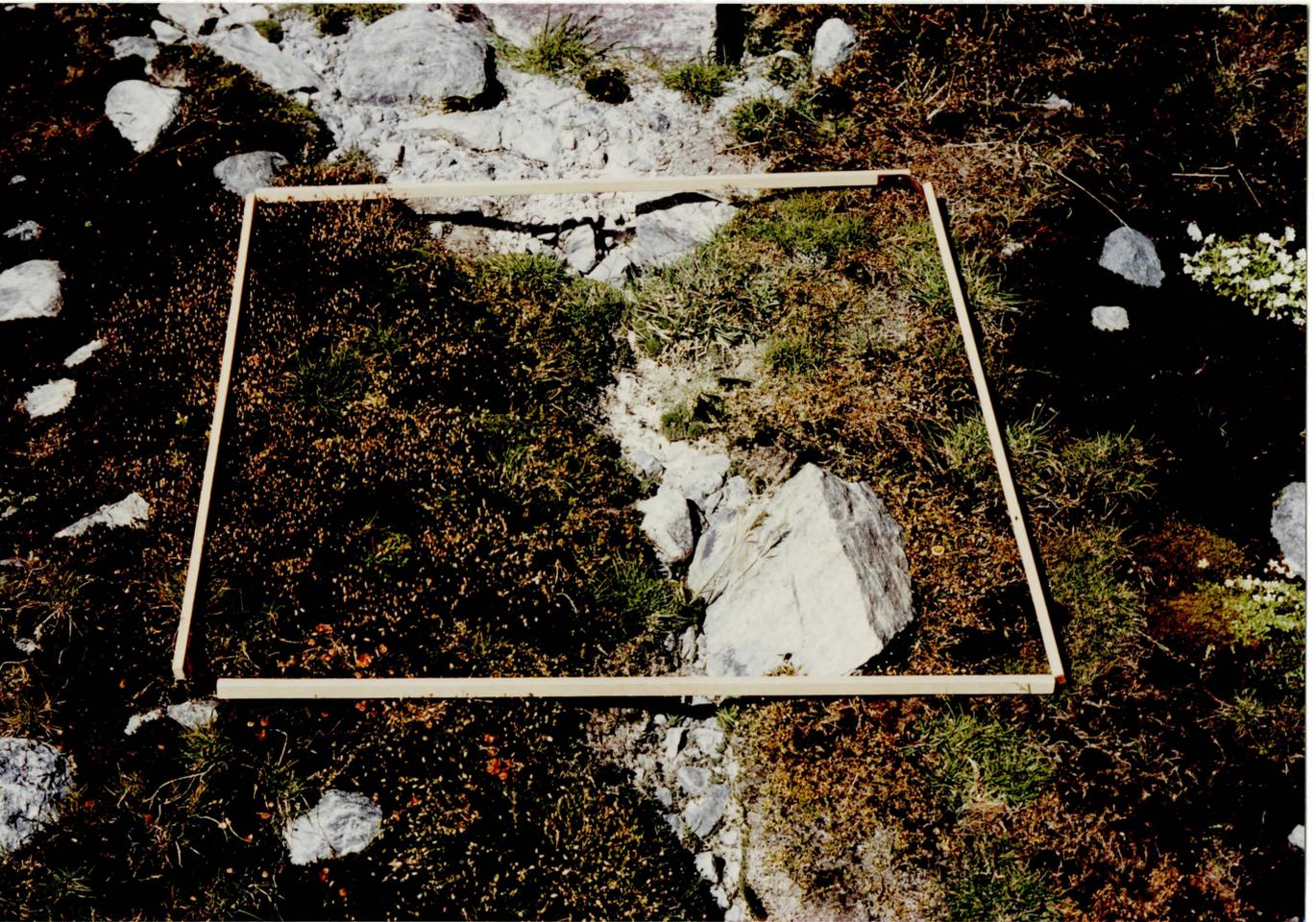


Abb.15: *Subsubstrat Temporärer Wasserlauf, Latten zeigen eine 1m²-Testfläche*

3.3.4 Topographie

Ebenfalls während der Feldarbeit im Sommer 1993 wurde klar, dass es interessant wäre, die Schneetälchen als ein Subsubstrat des Ruhschutts zu untersuchen, um einen eventuellen Einfluss des lange liegenbleibenden Schnees auf die Vegetationsentwicklung im Gletschervorfeld nachweisen zu können. Die Schneetälchen wurden vom Beginn der Feldarbeit an wöchentlich kartiert. (Vgl. Abb. 16). Beim Untergrundmaterial handelte es sich in der Regel um Ruhschutt.

Definition: Aufnahme muss im Bereich des noch zu Beginn der Feldarbeit liegenden Schnees angelegt werden.

Ausschlusskriterien: Zu Beginn der Feldarbeit bereits schneefreier Untergrund.

3.3.5 Nachbarvegetation

Um eine Vergleichsmöglichkeit der Pioniervegetation mit bereits länger bestehender Vegetation am gleichen Ort (Höhe/Klima) zu haben, wurden in der Nachbarvegetation (vgl. Abb. 17) ebenfalls Aufnahmen gemacht. Es wurden dabei zwei Arten auftretender Vegetation unterschieden:

- Nachbarvegetation im stabilisierten Schutt
- Nachbarvegetation mit geschlossener Rasendecke

In beiden Gruppen wurden je drei Aufnahmeflächen von 16 m² untersucht.

3.4 AUSWAHL DER AUFNAHMEFLÄCHEN

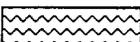
Ausgehend von Beobachtungen in der ersten Begehung im Sommer 1992 und von Erfahrungswerten (M. Schütz / B. Krüsi), wurde es für sinnvoll gehalten, prinzipiell fünf Aufnahmeflächen pro Stratum zu untersuchen. Die Aufnahmeflächen sollten zufällig angelegt werden. Es wurden deshalb verschiedene Varianten der "Zufälligen Wahl" geprüft. Diskutiert wurde unter anderem die "Zufällige Wahl" mittels Punkten im Koordinatensystem oder diejenige mit Hilfe einer Zufallsmatrix. Diese Methoden schienen aber in Anbetracht des Geländes, der Lage des Untersuchungsgebietes und der kurzen Arbeitszeit ungeeignet, da sie eine jeweilige Einmessung der nach diesem Zufallsprinzip gewählten Aufnahmeflächen erfordert hätten. Man einigte sich schliesslich auf folgendes Verfahren für die zufällige Wahl

SESVENNA GLETSCHERVORFELD

SCHNEEVERHAELTNISSE
SOMMER 1993

VADRET DA SESVENNA

LAI DA
SESVENNA

-  30.6.1993
-  22.7.1993
-  29.7.1993
-  5.8.1993
-  12.8.1993
-  FELS
-  EIS
-  WASSER

178.5
827

0 100m

Abb. 16: Ausaperungsmuster Juni-August 1993

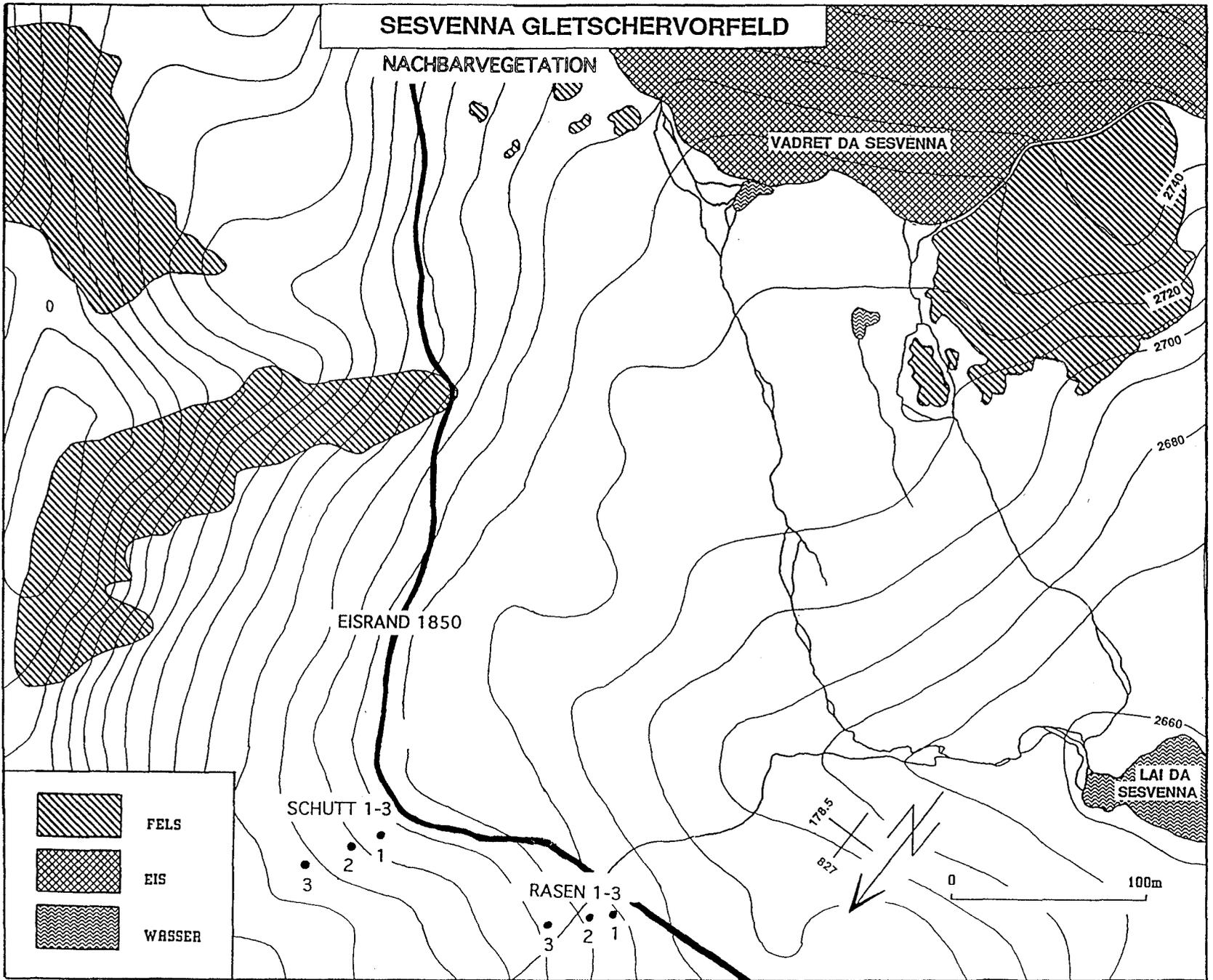


Abb. 17: Geographische Lage der 16m²-Testflächen der Nachbarvegetation auf rezent glazial unbeeinflussten Standorten in befestigter Schutthalde und alpinem Rasen

der Aufnahmeflächen: Um die Reproduzierbarkeit zu gewährleisten (Monitoring) wurde für jedes zu untersuchende Stratum eine Messlinie gewählt. Das Azimut dieser Linie wurde mit dem Kompass vom Gletscher her Richtung Vorfeld eingemessen, und der Anfangspunkt der Linie wurde genau beschrieben. Auf dieser Messlinie wurden die Aufnahmen gleichmässig angeordnet. (Anordnung aller Aufnahmen im Gletschervorfeld vgl. Abb. 18). Entsprach eine so angeordnete Stichprobenfläche nicht der jeweiligen Substratdefinition, so wurde immer die radial nächstliegende, der Definition entsprechende Aufnahmefläche untersucht. Vor Beginn mit den Aufnahmen wurde jedes Stratum abgeschritten und genau beobachtet. In einem Kurzbeschrieb wurde seine Charakteristik festgehalten, und zwar ebenfalls um die Reproduzierbarkeit zu gewährleisten.

3.4.1 Ruhschutt

In den folgenden Unterkapiteln werden nun die genauen Daten für die Messlinien, sowie die gemachten Beobachtungen für jedes Stratum erläutert.

A1: Ruhschutt/Zeit 1: Die Messlinie hat ein Azimut von 309° und endet 6m orographisch links von Punkt 3(75)(vgl. Abb. 8). Die fünf Aufnahmen wurden parallel zum Schuttstrom angelegt, ca. 10m von dessen Kuppe entfernt. Sie wurden regelmässig auf der Messlinie verteilt. Von diesem Stratum sind im gesamten Gletschervorfeld drei Flächen vorhanden, wobei die in der Mitte liegende untersucht (vgl. Abb. 9) wurde. Es handelt sich dabei um eine leicht geneigte Ebene. Entlang des Schuttstromes liegt eine Schmelzwasserrinne, die in der Fallinie durch A1 fliesst.

A2: Ruhschutt/Zeit 2: Die Messlinie hat ein Azimut von 309° . Sie beginnt 4m orographisch links des Punktes 3(75). Fünf Aufnahmen wurden regelmässig auf der Messlinie verteilt. Das oberste Drittel dieses Stratums ist leicht nach NNW geneigt, darauf folgt ein mehr oder weniger flaches Mitteldrittel, das einen Kuppencharakter aufweist. Das unterste Drittel ist wiederum leicht geneigt, weist jedoch einen höheren Anteil an Blockmaterial auf. Die bereits in A1 beschriebene Schmelzwasserrinne fliesst auch durch diesen Teil und speist einen kleinen See, der teilweise die orographisch linke Grenze dieses Stratums bildet. Orographisch rechts wird A2 durch einen Bach begrenzt.

A3: Ruhschutt/Zeit 3: Die Messlinie hat ein Azimut von 315° . Der Anfang der Linie liegt in der Mitte der Punkte 3(56) und 4(56), fünf Aufnahmen in regelmässigen Abständen auf der Messlinie verteilt angelegt. Dieses

SESVENNA GLETSCHERVORFELD

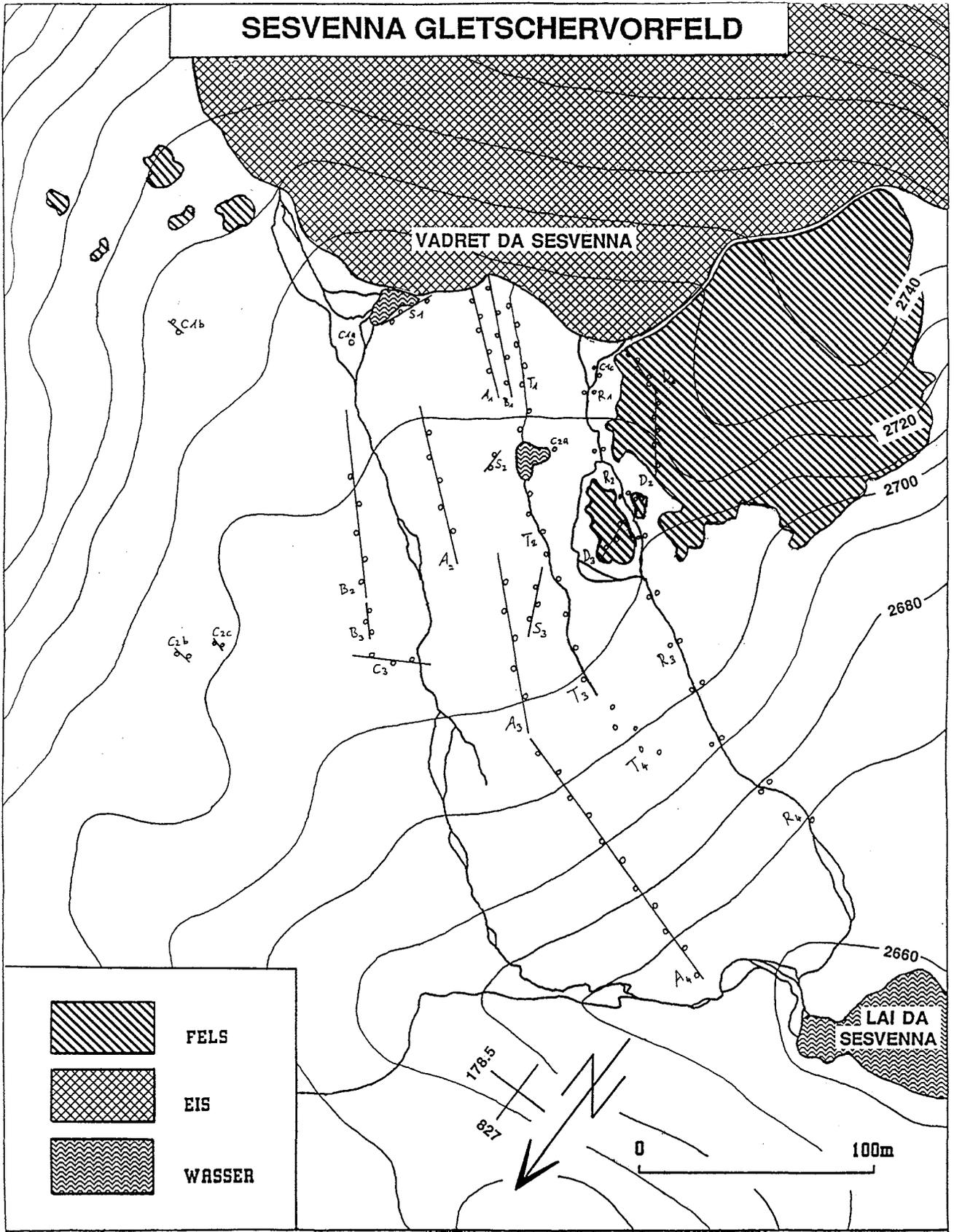


Abb. 18: Anordnung der 1m²-Testflächen im Untersuchungsgebiet

Stratum umfasst eine sehr grosse Fläche, die sowohl rechts als auch links durch einen Wasserlauf begrenzt wird. Sie ist eindeutig inhomogener als A2, jedoch trotzdem genügend repräsentativ um als Untersuchungsfläche des A-Substrates in diesem Zeitabschnitt zu dienen. Optisch ist sie eindeutig zweigeteilt, nämlich in einen gletschernahen, $\frac{3}{4}$ des Stratums ausmachenden flachen Teil und in einem Anteil von $\frac{1}{4}$ des Stratums des gletscherfernen, stark nach NNW geneigten Teils. Eingeschlossen im Stratum sind Schneetälchen und Sander, die jedoch als Spezialstandorte untersucht wurden. Es gibt in dieser Untersuchungsfläche auch grösseres Blockwerk, das aber gemäss den in Kap. 3.3.2 Substrat definierten Ausschlusskriterien nicht berücksichtigt wurde.

A4: Ruhschutt/Zeit 4: Die Messlinie hat ein Azimut von 286° . Sie beginnt beim Endpunkt der Messlinie von A3, Es wurden zehn Aufnahmen in regelmässigem Abstand auf der Messlinie angelegt. Bei dieser Einheit handelt es sich um das grösste und artenreichste der untersuchten Straten. Seine gletschernahen, obere Grenze wurde nicht wie ursprünglich geplant durch den (vermessenen) Gletscherstand von 1937 gegeben, sondern durch den Uebergang vom eher flachen, nur leicht geneigten Gletschervorfeld in den stark nach NW geneigten Hang des Vorfeldes. Die Fläche wird rechts und links von den durch das Vorfeld fliessenden Wasserläufen begrenzt. Der auch auf dem Luftbild deutlich erkennbare, in A4 eingebettete Feuchtstreifen (Quellflur) wurde als Sonderstandort im Subsubstrat Temporärer Wasserlauf untersucht. Das untersuchte Stratum weist im Substrat einen relativ hohen Feinerdeanteil mit Anfängen von Rohbodenbildung auf. Der hohe Anteil an Feinmaterial wird durch fluviales Einschwemmen von Löss erklärt. Die untere Grenze des Stratums wird durch die Schwemmebene um den Lai da Sesvenna gebildet. Im Hang selbst befinden sich auch kleine Schneetälchen (die zur Zeit der Feldarbeit bereits schneefrei waren) und Kuppenlagen, die jedoch nicht als Spezialstandorte betrachtet wurden, weil sie im Gesamtbild der Untersuchungsfläche homogen erscheinen. Sie wurden jedoch in den einzelnen Aufnahmen jeweils bezeichnet.

3.4.2 Lockerschutt

B1: Lockerschutt/Zeit 1: Die Messlinie hat ein Azimut von 312° . Ihr Anfang liegt auf der Kuppe der Moräne, der Endpunkt liegt 3m orographisch rechts von Punkt 3(75). drei Aufnahmen wurden in den obersten $\frac{2}{3}$ der Messlinie, je eine links, rechts bzw. auf der Kuppe der Moräne; zwei im untersten Drittel angelegt. Untersucht wurde der zentral gelegene (orographisch links vom gletschernahen See liegende) Lockerschuttstrom. Es handelt sich

dabei um eine Mittelmoräne von ca. 10m Breite, die aus substrattypischem Lockerschutt besteht. Auffallend ist, dass die oberen zwei Drittel kuppenförmig sind, während das unterste Drittel der Einheit verflacht und Muldencharakter annimmt.

B2: Lockerschutt/Zeit 2: Die Messlinie hat ein Azimut 312° . Sie beginnt in der Mitte der Punkte 5(75) und 6(75). Die erste Aufnahme wurde 20m unterhalb der 75er-Vermessungslinie gemacht, vier weitere wurden in regelmässigen Abständen angelegt. Die in diesem Zeitabschnitt untersuchte Einheit des Lockerschuttes liegt orographisch rechts des rechtsliegenden Vorfeldebaches. Das Stratum besteht aus einem eher flachen 10 - 15m breiten Schuttstrom, der parallel zum Bachlauf liegt. Im obersten Teil, d.h. innerhalb der ersten 20m von der 75er-Vermessungslinie her gesehen ist kein eindeutig definierbares B-Substrat vorhanden, deshalb wurde mit den Aufnahmen erst weiter unten begonnen.

B3: Lockerschutt/Zeit 3: Die Messlinie hat ein Azimut von 312° . Ihr Beginn liegt beim Punkt 5(56). Drei Aufnahmen wurden in einem Abstand von je 6m angelegt. Da das Stratum relativ klein ist, genügt diese Anzahl Aufnahmen um die Untersuchungsflächendichte anderer Einheiten zu erreichen. Dieses Stratum wurde nach dem Luftbild von 1991 ursprünglich als durchgehender Lockerschuttstrom kartiert. Bei der Begehung wurde allerdings festgestellt, dass es sich in diesem Zeitabschnitt nur noch kleinräumig und sporadisch um den der Definition entsprechenden Lockerschutt handelt (Versiltung). Vor allem oberhalb des Sanders sind grosse Teile mit Feinmaterial ausgebettet, die effektiv zu untersuchende Fläche ist deshalb sehr klein. Der Lockerschutt der Seitenmoränen wurde nicht als "Untersuchungersatz" herbeigezogen weil er zu nahe an der Nachbarvegetation liegt und deren Einfluss auf die Entwicklung der Vegetation zu gross sein könnte.

3.4.3 Sander

C1: Sander/Zeit 1: Kein Azimut für C1A (vgl. Abb. 18), eine Aufnahme. Azimut für C1B ist 270° N ab Felsblock beim Ausfluss des Sanders (=längste Diagonale durch den Sander; zwei Aufnahmen, regelmässig verteilt); für den Sander C1C wurde kein Azimut eingemessen, es wurden aber je eine Aufnahme orographisch rechts bzw. links des Wasserlaufes gemacht. C1A und C1C sind zwei vergleichbare Sander in diesem Zeitabschnitt. Sie liegen sehr nahe am Gletscher, sind immer noch aktiv und von wechselnden Wasserläufen durchzogen und deshalb auch stark vernässt und vegetationslos. C1B hingegen ist ein kleiner Sander mit

sandig-kiesiger, sehr homogener Korngrösse. Er liegt in einer kleinen Mulde mit dem entsprechenden Mikroklima (Ansammlung kühler Luft).

C2: Sander/Zeit 2: In C2A wurde 1 Aufnahme in der Mitte des Sanders angelegt. In C2B wurde die Messlinie im nördlichen Viertel des Sanders angelegt, weil das Substrat nur dort der Definition entspricht, zwei Aufnahmen; Azimut der Messlinie 272°; C2C Messlinie mit Azimut 290° am ESE-Rand des Sanders, zwei Aufnahmen. C2A ist ein kleiner Sander, der lange vom Schnee bedeckt ist (vgl. Abb. 16). Das Substrat ist von feiner Korngrösse ohne Kies. Durch das Schmelzwasser ist er stark vernässt, zum Zeitpunkt der Aufnahme war er erst kurze Zeit schneefrei. Bei C2B handelt es sich um einen besonderen Sander, da er gleich am Rande der SW-exponierten, steilen und steinigen Seitenmoräne liegt, was ein besonderes Mikroklima zur Folge hat. (Wärmeabstrahlung durch die Moräne, Windschutz). Nur das nördlichste Viertel des Sanders konnte für die Untersuchung berücksichtigt werden, da der Rest der Fläche nicht der Substratdefinition entsprach (Korngrössendurchmesser zu gross). C2C ist ein mittelgrosser Sander mit ca. einem Drittel der Fläche, das nicht der Substratdefinition entspricht. Der untersuchte Teil des Sanders enthält mehrheitlich ein feines Kies-Sand-Gemisch.

C3: Sander/Zeit 3: Die Messlinie wurde mit einem Azimut von 239° durch das Zentrum des Sanders gelegt. In diesem Zeitabschnitt befindet sich nur ein Sander. Er ist allerdings der grösste zusammenhängende im gesamten Gletschervorfeld. Das Substrat ist nicht homogen, sondern besteht abwechselungsweise aus reinen Siltflächen, kiesigen Flächen und Uebergangsflächen in allen Variationen.

3.4.4 Anstehender Fels

D1: Anstehender Fels/Zeit 1: Die Messlinie wurde durch den höchsten Punkt im Anstehenden Felsen mit dem Azimut 287° eingemessen (vgl. Abb. 18). Um eine umfassende Aufnahmefolge zu erhalten, wurden die Stichprobenflächen vom Beginn des der Substratsdefinition entsprechenden Untergrundes an alternierend rechts oder links immer senkrecht zur Falllinie bzw. auf der Linie selbst angelegt. Der Abstand zwischen den einzelnen Aufnahmen betrug 8,25m. Es wurden fünf Aufnahmen angelegt. Entsprach eine so gewählte Aufnahmefläche nicht den Definitionskriterien, so wurde die senkrecht zur Messlinie, nächstliegende Fläche näher angeschaut (in D2 und D3 dito). Untersucht wurde der Anstehende Fels orographisch links des Vermessungspunktes GL10 (vgl. Abb. 8). Es ist dabei zu bemerken, dass dieser Fels nicht mehr im

vermessenen Gletschervorfeld liegt und daher die Verlängerung der 75er-Vermessungsbasis als untere Grenze des Stratum angenommen wurde. Das Stratum umfasst den Anstehenden Felsen über die Kuppe hinweg bis zum ersten (Tal)Einschnitt. Dieser Einschnitt trennt den Anstehenden Felsen deutlich ab und erstreckt sich bis in die Ebene des Lai da Sesvenna.

D2: Anstehender Fels/Zeit 2: Die Messlinie wurde wiederum vom höchsten Punkt des anstehenden Felsens aus eingemessen, und zwar mit einem Azimut von 321° . Die Aufnahmen wurden in einem regelmässigen Abstand von 8,25m angelegt. Bei D2 handelt es sich um die Verlängerung der in D1 bereits beschriebenen Felmlinse. Diese wird gletscherseits durch die Verlängerung der 75er-Vermessungslinie und talwärts durch die Verlängerung der 56er-Vermessungslinie begrenzt. In diesem Stratum kommen zum Substrat D die orographisch links des Baches gelegene Felmlinse, auf welcher sich der Vermessungspunkt GL10 befindet, sowie die Felmlinse orographisch rechts des Baches, die talwärts ebenfalls durch die 56er-Vermessungslinie begrenzt wird hinzu. Die westliche Grenze des Stratum bleibt der in D1 beschriebene Einschnitt. Optisch fällt auf, dass die Artenvielfalt eher gering ist, dafür der Deckungsgrad relativ hoch zu sein scheint. Das Gelände ist "terrassiert" und hat viele Nischen mit Spezialklima.

D3: Anstehender Fels/Zeit 3: Die Messlinie beginnt auf dem Vermessungspunkt GL10 mit einem Azimut von 354° . Die erste Aufnahme liegt auf der linken Seite der Messlinie, in einem Abstand von 4 m. Die zweite Aufnahme liegt rechts, 5m entfernt zur Messlinie. Die dritte wird an der orographisch rechts des Baches liegenden Felsnase, links der Messlinie am Fuss der Felmlinse, die vierte Aufnahme auf der Messlinie selbst (Felmlinsenkuppe) und die fünfte rechts der Messlinie (nördliches Ende der Felmlinse) angelegt. In diesem Abschnitt konnte die in D1 und D2 beschriebene Felmlinse nicht mehr untersucht werden, da die Arbeit dort wegen der starken Neigung zu gefährlich war. Es wurden daher vom Vermessungspunkt GL10 aus die beiden in Nordrichtung liegenden Felsnasen untersucht.

3.4.5 Bachlauf

Für die Aufnahmeflächen wurde ein anderes Auswahlverfahren ausgewählt als bei den bisherigen Substraten. Es schien sinnvoll, die Aufnahmen entlang des Bachlaufes zu machen, und zwar sowohl an wassernahen als auch an wasserfernen Stellen. Sie wurden immer paarweise, eine wassernah und die andere wasserfern, je eine links und eine rechts vom

Bachlauf angelegt. Die Aufnahmepaare wurden mit einem konsequenten Abstand von 25m angelegt.

R1: Bachlauf/Zeit 1: Die erste Aufnahme fläche wurde am Ende des Sanders angelegt, und zwar auf der orographisch linken Seite des Sanderausflusses, wassernah bei einem markanten Felsblock (vgl. Abb. 18). In diesem Abschnitt konnten nur 2 Aufnahmen am eindeutig erkennbaren Bachlauf angelegt werden. Es fällt in diesem Abschnitt auf, dass sowohl am Bachlauf selbst als auch in etwas grösserer Entfernung keine Vegetation vorkommt, und zwar vermutlich wegen des relativ kleinen Abstandes zum Gletscher.

R2: Bachlauf/Zeit 2: Die erste Aufnahme wurde orographisch links, und zwar in einer Entfernung von 1,5m angelegt. In diesem Zeitabschnitt konnten zwei Aufnahmepaare angelegt werden. Optisch entwickelt sich die Vegetation hier noch wie in den angrenzenden Substraten. Es scheint, dass der Bachlauf keinen grossen Einfluss hat. Der Bach fliesst in diesem Zeitabschnitt durch eine kleine Ebene in eine kleine Mulde, die zwischen zwei Felsnasen eingebettet ist.

R3: Bachlauf/Zeit 3: Die erste Aufnahme wurde orographisch links, und zwar wasserfern angelegt. Es wurden drei Aufnahmepaare untersucht. Etwa 15m unterhalb des Vermessungspunktes GL10 der Vermessungsbasislinie 1956 ist optisch eine deutliche Veränderung der Vegetation erkennbar, und zwar in der kleinen Ebene die dort beginnt. Das Wasser fliesst eindeutig langsamer als in den oberen beiden Zeitabschnitten und an den Bachrändern, speziell auf der orographisch linken Seite, scheint das Moosvorkommen zuzunehmen. Es ist auch eine geringe Anreicherung von Feinmaterial zu erkennen, welche offensichtlich als das Mooswachstum begünstigt.

R4: Bachlauf/Zeit 4: Die erste Aufnahme wurde auf der orographisch linken Seite des Bachlaufes, und zwar wassernah angelegt. In diesem Abschnitt konnten sieben Aufnahmen gemacht werden. Der Bachlauf war ab der siebten Aufnahme nicht mehr eindeutig erkennbar. Er verzweigt sich auf dieser Höhe in mehrere Arme, von denen keiner als Hauptarm bezeichnet werden könnte. 150m nach der Kuppe wurde deshalb die letzte Testfläche angelegt. Beim Uebergang der Ebene in den Abhang sind nach wie vor viele Moospolster erkennbar. Durch das grössere Gefälle nimmt hier allerdings die Fliessgeschwindigkeit des Baches wieder zu, weshalb hier auch kaum mehr Feinmaterial abgelagert wird. Das Gelände wird zunehmend unwirtlicher, das Untergrundmaterial geht langsam in einen Lockerschutt über. In diesem Abschnitt ist denn auch eine deutliche

Abnahme der Vegetation zu erkennen, die wohl einerseits durch den Untergrund und andererseits durch den wilden Bachlauf zu erklären ist.

3.4.6 Temporärer Wasserlauf

In diesem Substrat wurden die Aufnahmen ebenfalls ausgehend von der Wasserlaufmitte, immer alternierend rechts, links oder in der Mitte, angelegt.

T1: Temporärer Wasserlauf/Zeit: Erste Aufnahme 1,5m vom sichtbaren 1993er-Eisrand entfernt, die übrigen Aufnahmen in regelmässigem Abstand wie folgt angelegt: 1. Aufnahme: 1,5m rechts des Wasserlaufes, 2. Aufnahme: in der Mitte des Wasserlaufes, 3. Aufnahme: 1,5m links des Wasserlaufes, 4. Aufnahme: in der Mitte des Wasserlaufes, 5. Aufnahme: 1,5m rechts des Wasserlaufes, genau auf der 75er-Messlinie (vgl. Abb. 18). Dieser nur temporär fließende, vom Gletscher gespiesene Wasserlauf hat sein Bett im 1. Zeitabschnitt meist unter Lockerschutt. Optisch fällt auf, dass hier kaum Vegetation vorhanden ist, was vermutlich mit der Gletschernähe und dem Untergrundmaterial zusammenhängt. Das Gelände ist leicht nach Norden geneigt.

T2: Temporärer Wasserlauf/Zeit 2: Es wurden zwei Aufnahmen oberhalb des durch den Wasserlauf gespiesenen Sees gemacht und drei weitere, in regelmässigen Abständen unterhalb des Sees angelegt. 1. Aufnahme: 5m ab 75er Messlinie in der Mitte des Wasserlaufes, 2. Aufnahme: 1,5m links des Wasserlaufes, 5m oberhalb des Sees, 3. Aufnahme: 5m unterhalb des Sees, 1,5m rechts des Wasserlaufes, 4. Aufnahme: in der Mitte des Wasserlaufes, 5. Aufnahme: 1,5m links des Wasserlaufes, auf der 56er-Messlinie. In diesem Zeitabschnitt wird der temporäre Wasserlauf an der Oberfläche klar erkennbar. Er fliesst durch einen nordexponierten Hang mit einem inhomogenen, aus Ruh- und Lockerschutt bestehenden Untergrund direkt in den See. Als Abfluss tritt er in eine flaches Gelände mit eindeutigem Ruhschutt als Untergrundmaterial aus. In diesem Teil hat der Wasserlauf auch eine deutlich geringere Fließgeschwindigkeit. Optisch fallen grünliche Algenanreicherungen auf, die auch im See beobachtet wurden.

T3: Temporärer Wasserlauf/Zeit 3: Die Aufnahmen wurden folgendermassen angelegt: 1. Aufnahme: 5m unterhalb der 56er-Messlinie, in der Mitte des Wasserlaufes, 2. Aufnahme: 1,5m rechts des Wasserlaufes, 3. Aufnahme: 1,5m links des Wasserlaufes, 4. Aufnahme: in der Mitte des Wasserlaufes, 5. Aufnahme: 1,5m rechts des Wasserlaufes. Der Wasserlauf

fliesst in diesem Zeitabschnitt sehr langsam durch eine grosse Ebene. Das Untergrundmaterial wird hauptsächlich durch Ruhschutt gebildet. Die Wasserrinne ist teilweise nicht offensichtlich erkennbar, sie kann jedoch durch Siltablagerungen nachvollzogen werden.

T4: Temporärer Wasserlauf/Zeit 4: Die Aufnahmen wurden wie folgt angelegt: 1. Aufnahme: Uebergang Ebene/Hang (Kuppe), in der Mitte des Wasserlaufes, 2. Aufnahme: 1,5m rechts des Wasserlaufes, 3. Aufnahme: 1,5m links des Wasserlaufes, 4. Aufnahme: in der Mitte des Wasserlaufes, 5. Aufnahme: 1,5m rechts des Wasserlaufes, letzte Aufnahme beim anstehenden Felsen. Vom Rand der Kuppe an ist hier optisch eine auffällige Veränderung feststellbar. Die Vegetation ist deutlich dichter, es sind vor allem grossflächige Moospolster erkennbar, die den Untergrund für die Pioniervegetation bilden. Das Wasser erreicht diese Stelle erst am Nachmittag und verhält sich nahezu wie ein stehendes Gewässer. Der Verlauf der Wasserrinne ist hier nicht mehr eindeutig erkennbar, deshalb werden die Aufnahmen von der Mitte eines 8m breiten Streifens der Quellflur her angelegt.

3.4.7 Schneetälchen

S1: Schneetälchen/Zeit 1: Die Messlinie beginnt orographisch links des Ausflusses vom See, beim ersten grossen Felsblock mit Dreiecksform. Sie hat ein Azimut von 194°. Es wurden drei Aufnahmen gemacht (vgl. Abb. 18), die folgendermassen angelegt wurden: Erste 10m oberhalb des Sees, die zweite 5m vom See entfernt und die dritte auf der unteren Seite des Sees zwischen dem Felsblock und dem See. Dieses Schneetälchen weist hauptsächlich Ruhschutt als Untergrundmaterial auf. Es erstreckt sich von einem nordexponierten Gegenhang zu einem kleinen Seelein bis in einen leicht geneigten südexponierten Teil (vgl. Abb. 16).

S2: Schneetälchen/Zeit 2: Die beiden in diesem Abschnitt gemachten Aufnahmen wurden je 3m nördlich bzw. südlich des Felsblockes angelegt. Im Zentrum dieses Schneetälchens liegt ein riesiger Felsblock, der als Wärmespender betrachtet werden kann, wodurch der Schmelzprozess des sehr lange liegenden Schnees nicht nur von aussen her vor sich geht, sondern auch durch die Abwärme des Felsens ausgelöst wird. Das Untergrundmaterial besteht aus typischem Ruhschutt.

S3: Schneetälchen/Zeit 3: Beginn der Messlinie ist bei dem auffallenden, aufrechten dunklen Felsblock (südlich davon liegt ein kleiner, heller Augengneisblock mit Durchmesser 50cm) im oberen Drittel des

Schneetälchens. Sie hat ein Azimut von 337°. Es wurden drei Aufnahmen gemacht, die erste 10m, die beiden anderen 20m bzw. 30m vom Block entfernt. Dieses Schneetälchen liegt in einer in der Gletscherflussrichtung liegenden Mulde. Das Untergrundmaterial besteht auch hier aus Ruhschutt. Durch die Muldenlage wurden hier nord- bis südexponierte Stichprobenflächen untersucht.

3.5 VEGETATIONSAUFNAHMEN

Ausgangspunkt für die Aufnahmearbeiten bildeten die in Kapitel 3.3 beschriebenen Straten. Traten im gesamten Gletschervorfeld mehrere dem Stratum entsprechende Flächen auf, so wurde immer diejenige gewählt, die repräsentativer d.h. homogener und ohne offensichtlichen Einfluss durch die Nachbarvegetation war. Grundsätzlich wurde jedes Stratum vor Beginn der Aufnahmearbeiten abgesprochen. Dabei wurde einerseits eine Gesamtartenliste für das Stratum erstellt und andererseits wurde es bezüglich seines Charakters und den in ihm vorkommenden Wasserläufen genau beobachtet. Die Beobachtungen wurden jeweils in einem kurzen Beschrieb festgehalten.

3.5.1 Flächengrösse

Pioniergesellschaften auf alpiner bis subnivaler Höhenstufe der Alpen haben die Eigenschaft, dünn besiedelt und artenarm zu sein. Aus diesem Grund wurde die Grösse der Testflächen im Gletschervorfeld für Phanerogamen und Kryptogamen auf 1m² festgelegt.

Die Nachbarvegetation hingegen kann als Dauer- oder Klimaxgesellschaft betrachtet werden. Die Dichte ihrer Besiedlung ist hoch, und ihre Artenvielfalt ist um einiges reicher als diejenige des Gletschervorfeldes. Die Testflächengrösse wurde hier deshalb 16m² (4 x 4m) gewählt.

3.5.2 Schätzskala

Der Deckungsgrad wurde nicht mit der gebräuchlichen Skala nach Braun-Blanquet, sondern mit der feiner differenzierenden Londo-Skala erhoben. Das erlaubt trotz der sehr kleinen Deckungsgrade eine vernünftige Quantifizierung der von der einzelnen Pflanze abgedeckten Fläche.

Die 15-teilige Skala (vgl. Tab. 6) wurde während der Feldarbeit um eine sechzehnte Kategorie erweitert. Diese Massnahme drängte sich darum auf,

weil viele Pflanzen mit sehr geringem Deckungsgrad sonst nicht genügend differenziert erfasst werden konnten. Die neu eingeführte Kategorie wird in der Tabelle, in welcher die Londo-Werte dargestellt werden, versetzt eingetragen, um deutlich von den anderen unterscheidbar zu sein.

Tab. 6: Tabellenwerte der Deckungsgrade basierend auf einer abgeänderten Londo-Skala

LONDO-WERT	WERT IN TABELLEN	DECKUNGSGRAD
r	r	Einzelexemplare
0.05	1	0.5% der Fläche
0.1	2	1%
0.2	3	2%
(0.3)	4	3%
0.4	5	4%
1	6	5-10%
2	7	10-20%
3	8	20-30%
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		

Der Londo-Wert 3 (20-30%) wird in den Aufnahmen ein einziges Mal von der Moosgattung *Pohlia* sp. in einer Aufnahme im Subsubstrat Temporärer Wasserlauf mit Londo-Wert 5 (40-50%) übertroffen. In allen anderen Aufnahmen wird der als Wert 8 in den Tabellen dargestellte Londo-Wert 3 nur von *Poa alpina* ebenfalls in einer Aufnahme im Temporären Wasserlauf, sonst aber von keiner anderen Pflanze erreicht. Aus diesem Grund erscheint es legitim, die Deckungsgrade in den Tabellen mit einem einstelligen Schlüssel zu bearbeiten.

3.5.3 Nomenklatur

Blütenpflanzen wurden anhand von "Unsere Alpenflora" von Landolt 1984 und "Schul- und Exkursionsflora der Schweiz" von Binz/Heitz 1990 bestimmt. Moose wurden mittels "Moosflora" von Frahm/Frei 1983

bestimmt, Flechten anhand von Musterbestimmungen durch C. Vonarburg sowie mittels "Farne, Moose, Flechten" von Jahns 1980.

Im Anhang sind Flechten mit "F" und Moose mit "M" am Ende der Abkürzungen gekennzeichnet. Die mit dem Anhängsel "cf." versehenen Arten sind solche bei denen die Bestimmung nicht eindeutig ist, jedoch Anzeichen für die jeweilige Bestimmung sprechen. Bei den mit "sp." versehenen Pflanzennamen handelt es sich um Gattungen deren Arten im Feld nicht schlüssig und eindeutig voneinander zu unterscheiden sind. Um die Genauigkeit der Aussage aufrecht zu erhalten, wurde auf eine Differenzierung bei der Auswertung verzichtet und den daraus entstehenden Informationsverlust in Kauf genommen

3.6 AUSWERTUNG DER DATEN

Die im Sommer 1993 bei der Feldarbeit gesammelten Daten wurden via Flora Datenbank ins MULVA 4 (Wildi/Orloci 1990) eingelesen und ausgewertet. Im ersten (allgemeinen) Teil der Auswertung wird versucht, einen Ueberblick über die Vegetationsentwicklung im gesamten Gletschervorfeld zu erhalten, während im zweiten (spezifischen) Teil die Auswertung bezüglich der Neubesiedlung erfolgte.

3.6.1 Allgemeine Auswertung der Daten

Im allgemeinen Teil der Auswertung wurden der Einfluss der Dauer der Eisfreiheit, der Einfluss des Substrattyps (Untergrundbeschaffenheit) und der Einfluss von Standortbedingungen auf die Vegetationsentwicklung untersucht. Zur Bewertung der Standortfaktoren (Dauer der Eisfreiheit, Substrat, Standortbedingung, Topographie und Exposition) wurde mit MULVA 4 eine Varianzanalyse durchgeführt.

Um einen Ueberblick über die im Gletschervorfeld vorkommenden Arten zu ermöglichen, wurden mit MULVA 4 zwei Arten von Tabellen erstellt (diese befinden sich im Anhang):

1. Artenlisten: Sie decken das untersuchte Stratum gesamthaft nach Vorkommen/Fehlen einer Art ab. Es wurde für jedes Stratum eine Artenliste erstellt.
2. Listen des Vorkommens der Pflanzen in den 112 1m²-Testflächen. Diese geben neben dem Vorkommen einer Art in einer Testfläche auch Auskunft über den Deckungsgrad, den die einzelne Pflanze der jeweiligen Aufnahme hat. Die Tabellen werden einander gegenübergestellt, um die Relation des

Vorhandenseins einer Pflanze im gesamten Stratum bzw. in den einzelnen Testflächen aufzuzeigen.

In Anhang 1 wird eine Gesamtartenliste erläutert, und in der Folge werden nur noch Tabellen mit Abkürzungen aufgelistet. Die Arten sind jeweils nach abnehmender Frequenz geordnet, weil die Pflanzen mit den grössten Deckungsgraden und der grössten Verbreitung interessieren, da sie für die herrschenden Verhältnisse die geeignetsten Neubesiedler bzw. Pioniere sind. Im oberen Teil der Tabellen sind also jene Pflanzen aufgeführt, die regelmässig auftreten und einen hohen Deckungsgrad haben, im unteren Teil der Tabellen werden die wenig relevanten Arten aufgeführt.

In den Listen im Anhang wurden die Aufnahmen weiter so angeordnet, dass die gletschernahen Aufnahmen stets links, die gletscherfernen stets rechts aufgelistet sind. Auf diese Weise lässt sich sehr rasch aus den Tabellen ersehen in welchem zeitlichen Rahmen sich eine Aufnahme bewegt.

a) Dauer der Eisfreiheit

Berücksichtigt wurden in diesem Kapitel die Entwicklung der Vegetationszusammensetzung mit und ohne Gewichtung des Deckungsgrades, des Gesamtdeckungsgrades und der Artenzahl über die vier Zeitabschnitte (vgl. Kap. 3.3.1). Es wurden einerseits die mittleren Gesamtdeckungsgrade der Testflächen für die Zeitabschnitte berechnet und dann miteinander verglichen. Andererseits wurde die Artzusammensetzung mit und ohne Gewichtung des Deckungsgrades aller Aufnahmen mit MULVA 4 ausgewertet. Es wurden dabei Zeitabschnittzentroide berechnet. Für die Zeitabschnittzentroide wurde eine Aehnlichkeitsmatrix berechnet, welche einen Vergleich der Aehnlichkeitswerte sowohl mit als auch ohne Gewichtung des Deckungsgrades in den vier Zeitabschnitten erlaubte. Es wurden weiter die Aufnahmen der drei bzw. vier untersuchten Zeitabschnitte eines Substrates/Subsubstrates miteinander verglichen. Dazu wurde mit MULVA 4 eine Aehnlichkeitsmatrix für alle Aufnahmen eines Substrates/Subsubstrates berechnet. Aus diesen Aehnlichkeitswerten wurden mittlere Aehnlichkeitswerte innerhalb eines Zeitabschnittes des untersuchten Substrates/Subsubstrates sowie mittlere Aehnlichkeitswerte zwischen den untersuchten Zeitabschnitten eines Substrates/Subsubstrates berechnet und dann miteinander verglichen. Dies wurde ebenfalls sowohl für die Artzusammensetzung mit als auch ohne Gewichtung des Deckungsgrades gemacht. (Alle berechneten Werte befinden sich im Anhang). Die Artenzahlen der einzelnen Zeitabschnitte

wurden den oben erwähnten Tabellen im Anhang entnommen und miteinander verglichen.

b) Substrat/Subsubstrat

Auch für dieses Kriterium wurden der Gesamtdeckungsgrad, die Artenzusammensetzung mit und ohne Gewichtung der Häufigkeit der einzelnen Arten und die Artenzahl untersucht. Der durchschnittliche Gesamtdeckungsgrad der Vegetation eines Substrat/Subsubstrat wurde berechnet und mit dem mittleren Gesamtdeckungsgrad der anderen Substrate/Subsubstrate verglichen. Es wurden dabei auch die durchschnittlichen Deckungsgrade der Blütenpflanzen, Moose und Flechten in den einzelnen Substraten/Subsubstraten berücksichtigt und miteinander verglichen. Als zweites wurden für die Artenzusammensetzung mit und ohne Gewichtung der Häufigkeit der einzelnen Arten in den mit MULVA 4 Substratzentroide berechnet. Für sie wurde eine Ähnlichkeitsmatrix erstellt, welche einen Vergleich der Zentroide erlaubte. Zuletzt wurde mit MULVA 4 wiederum eine Ähnlichkeitsmatrix für alle Aufnahmen eines Substrates/Subsubstrates in den vier Zeitabschnitten erstellt. Für jeden Zeitabschnitt wurden die mittlere Ähnlichkeit innerhalb einer Aufnahmegruppe eines Substrates/Subsubstrates und die mittlere Ähnlichkeit zwischen den Aufnahmen von zwei Substraten/Subsubstraten berechnet und dann miteinander verglichen wurden. Diese Auswertung wurde sowohl mit als auch ohne Gewichtung des Deckungsgrades vorgenommen. Die Artenzahlen wurden auch für den Einfluss des Substrates/Subsubstrates auf die Vegetationsentwicklung aus den eingangs erwähnten Listen im Anhang entnommen.

c) Standortbedingungen

In diesem Kapitel wurden die Artenzusammensetzung mit und ohne Gewichtung der Häufigkeit der einzelnen Arten der Substrate Bachlauf und Temporärer Wasserlauf (feuchte Standorte) mit den Deckungsgraden und der Artenvielfalt im Ruhschutt (trockener Standort) verglichen. Für die Artenzusammensetzung mit Gewichtung des Deckungsgrades wurde der mittlere Ähnlichkeitswert innerhalb aller Aufnahmen im Temporären Wasserlauf, dem Bachlauf und dem Ruhschutt berechnet. Weiter wurde der mittlere Ähnlichkeitswert zwischen allen Aufnahmen im Temporären Wasserlauf, Bachlauf und dem Ruhschutt berechnet, worauf die Werte der verschiedenen Standorte miteinander verglichen wurden. Die Artenzusammensetzung ohne Gewichtung des Deckungsgrades wurde auf dieselbe Art ausgewertet. Die Aufnahmen wurden dann sowohl mit als auch ohne Gewichtung des Deckungsgrades der einzelnen Standorte auch innerhalb der untersuchten Zeitabschnitte miteinander verglichen. Spezifische Standortbedingungen wurden im Temporären Wasserlauf und

im Bachlauf mit einem Vergleich der mittleren Aehnlichkeit des mit und ohne Gewichtung des Deckungsgrades innerhalb der wassernahen und wasserfernen (vgl. Kap. 3.3.3) und zwischen den wassernahen und wasserfernen Aufnahmen der beiden Substrate ausgewertet.

3.6.2 Spezielle Auswertung zur Neubesiedlung

In diesem Kapitel werden jene Aspekte der Gletschervorfeldvegetation untersucht, die für eine künstliche Beschleunigung der Besiedlung von hochalpinen Brachflächen von Bedeutung sein können.

3.6.2.1 Besiedlungspotential einzelner Arten

Ziel der speziellen Auswertung ist es, die Arten mit dem grössten Neu- oder Wiederbesiedlungspotential zu erfassen. Zu diesem Zweck wird eine Selektion aller in der Aufnahmeflächen vorkommenden Arten durchgeführt, mit dem Ziel deren Zahl so zu reduzieren, dass nur noch jene näher untersucht werden, denen auch ein realistisches Wiederbesiedlungspotential zuerkannt werden kann. Die Selektion wurde anhand von drei Kriterien durchgeführt:

1. Es wurden aus den sieben nach Substrat geordneten Listen der Aufnahmeflächen die Arten ausgewählt, die auf den ersten fünf Listenplätzen aufgeführt sind, also stets jene fünf Arten mit der grössten Frequenz.
2. Alle Arten welche in mindestens der Hälfte der 24 pro Substrat bzw. Subsubstrat und Zeitabschnitt aufgenommenen Artenlisten vorkommen.
3. Alle Arten die einen minimalen Durchschnittsdeckungsgrad von 0.3% in mindestens einem der 7 Substrate bzw. Subsubstrate erreichen.

Nicht in diese Liste (vgl. Tab. 8) aufgenommen wurde die Art *Geum montanum*, die zwar in zwei Aufnahmen der Temporären Wasserläufe mit so hohem Deckungsgrad vorkommt, um den 0.3%-Wert bei den durchschnittlichen Deckungsgraden zu erreichen, sonst im Vorfeld aber ganz klar als Ausreisser zu betrachten ist (zufällige Art der Umgebung).

Die Quantifizierung der Deckungsgrade wurde wie folgt vorgenommen:

Tab. 7: Quantifizierung der Deckungsgrade für die Artencharakterisierung

LONDO-WERT	WERT IM ANHANG	DECKUNGSGRAD	QUANTIFIZIERUNG
r	r	Einzelexemplar(e)	0.01%
0.05	1	0.5% der Fläche	0.5%
0.1	2	1%	1%
0.2	3	2%	2%
(0.3)	4	3%	3%
0.4	5	4%	4%
1	6	5-10%	7.5%
2	7	10-20%	15%
3	8	20-30%	25%
4	8	30-40%	35%
5	8	40-50%	45%
6	8	50-60%	55%

Werte des Deckungsgrades die den Londo-Wert 6 überschreiten, wurden bei keiner Art, weder im Vorfeld noch in der Nachbarvegetation erhoben (vgl. Tab 7). Bei der Auswertung der Deckungsgrade der Testflächen in der Nachbarvegetation wurde auf Mulva 4 verzichtet, da hier Werte erscheinen, die von der neunteiligen Skala nicht erfasst werden können.

3.6.2.2 Besiedlung in Abhängigkeit vom Standort

Aus der Auswertung der Gesamtdeckungsgrade aller Blütenpflanzen, Moose und Flechten der 112 Testflächen (vgl. Fig 1 und 2 sowie Anhang 4) drängt sich aus der Sicht des Erosionsschutzes die nähere Betrachtung jener Testflächen auf, die die höchsten Werte erreichen. Aus allen Testflächen errechnet sich ein durchschnittlicher Gesamtdeckungsgrad von 8.2 %. Der Durchschnittswert aller Testflächen mit Vegetationsbewuchs ergibt einen Wert von 10.4 %.

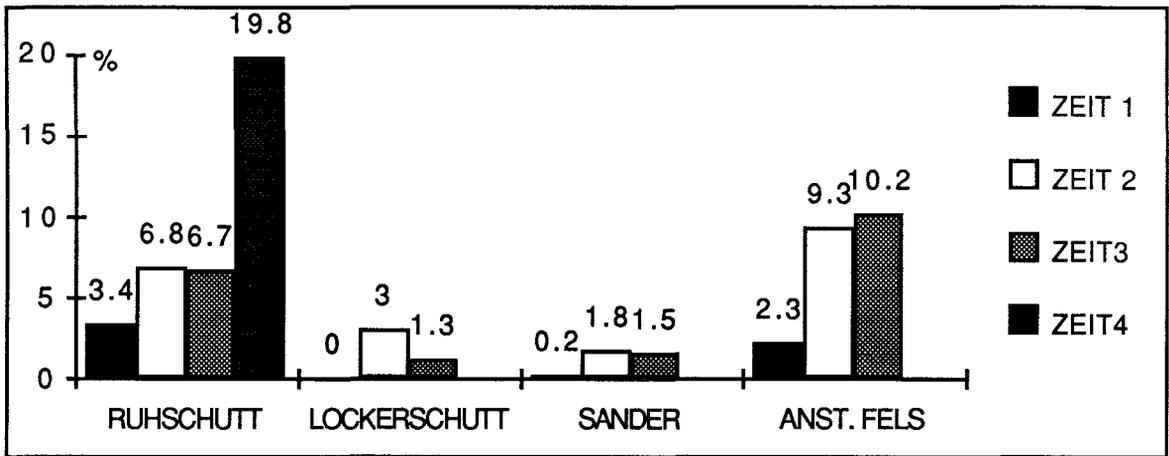


Fig. 1: Entwicklung der Gesamtdeckungsgrade der Hauptsubstrate in % über die Zeiten. (Zeit 1: 0-18 Jahre eisfrei, Zeit 2: 19-37 Jahre eisfrei, Zeit 3: 38-56 Jahre eisfrei, Zeit 4: 57-ca. 70 Jahre eisfrei.)

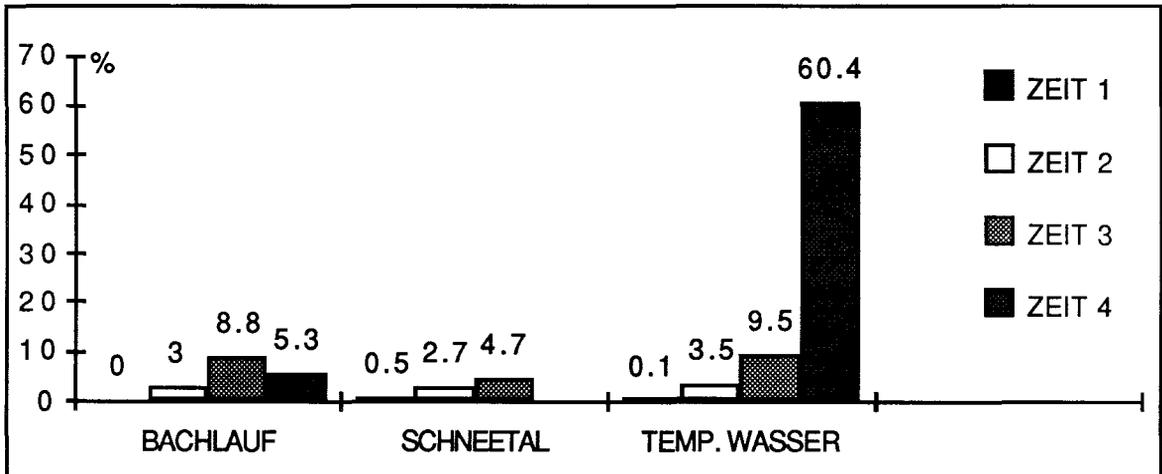


Fig. 2: Entwicklung der Gesamtdeckungsgrade der Subsubstrate in % über die Zeiten.

Um einen Ueberblick über die stark bewachsenen Flächen zu geben, werden die Aufnahmeflächen mit einem Gesamtdeckungsgrad >15% näher beschrieben.

3.6.2.3 Auswertung der Initialphase

Aus Gründen des Erosionsschutzes interessiert vor allem auf welche Weise die Erstbesiedlung stattfindet. Um dies tun zu können, werden die Aufnahmeflächen der ersten beiden Zeitabschnitte substratweise näher untersucht, und zwar nach Gesamtdeckungsgrad und nach den Deckungsgraden der vorkommenden Arten.

Um ein vollständiges Bild des Entwicklungsstadiums der Vorfeldvegetation geben zu können, wird diese, die in sich selbst als Ganzes auch eine Initialphase darstellt, bezüglich der häufigsten Arten und der Gesamtdeckungsgrade mit der Nachbarvegetation verglichen. Letztere besteht aus zwei Teilen: Der erste, auf einer stabilisierten Schutthalde aufgenommen, wird als Uebergangsstadium der Entwicklung betrachtet, das, genügend Zeit und stabile Verhältnisse vorausgesetzt, in den zweiten Teil überführen sollte, der in einem geschlossenen Krummseggenrasen aufgenommen wurde. Die Quantifizierung der Deckungsgrade erfolgte nach dem selben Muster wie in 3.6.2.1 beschrieben.

4. ERGEBNISSE

Das Ergebniskapitel ist in zwei Teile gegliedert. Der erste Teil befasst sich mit der Vegetationsentwicklung im gesamten Gletschervorfeld mit Berücksichtigung von Standortfaktoren wie Dauer der Eisfreiheit, Substrattyp, Bodenfeuchtigkeit und Topographie. Zur Beschreibung der Entwicklung werden vier verschiedene vegetationskundliche Parameter verwendet:

- i) Anzahl vorkommender Arten
- ii) Gesamtdeckungsgrad der Vegetation
- iii) Artenzusammensetzung mit hoher Gewichtung der Häufigkeit der einzelnen Arten (Deckungsgrad Londo-Werte, vgl. 3.5.2)
- iv) Artenzusammensetzung ohne Gewichtung der Häufigkeit der einzelnen Arten (Art vorhanden/Art nicht vorhanden)

Im zweiten Teil des Kapitels wird einerseits die Besiedlungsdynamik der häufigen Arten (Arten mit höchstem Gesamtdeckungsgrad) unter besonderer Berücksichtigung der Initialphase betrachtet. Andererseits werden Unterschiede in der Besiedlungsdynamik anhand dominierender Arten über alle vier Zeitabschnitte unter Berücksichtigung der verschiedenen Substrattypen untersucht und in Bezug zur Nachbarvegetation gesetzt.

4.1 ALLGEMEINE ERGEBNISSE

Die fünf erfassten Standortparameter Dauer der Eisfreiheit, Substrattyp, Bodenfeuchtigkeit, Topographie und Exposition können die Zusammensetzung der Vegetation im Gletschervorfeld nur teilweise erklären. Das heisst, dass andere Faktoren, die nicht erfasst werden konnten oder nicht erfasst werden können (z.B. "zufällige" Besiedlung) ebenfalls von Bedeutung sind. Trotzdem, die Dauer der Eisfreiheit ($F=8,33$) und der Substrattyp ($F=3,71$) tragen eindeutig zur im gesamten Gletschervorfeld gefundenen Varianz bei. Die drei anderen Standortfaktoren ($F=1,54$ bis $1,87$) sind dagegen weniger bedeutend. Im folgenden wird deshalb in erster Linie nach Zusammenhängen zwischen der Vegetation und der Dauer der Eisfreiheit bzw. des Substrattyps gesucht.

4.1.1 Vegetationsentwicklung mit zunehmender Dauer der Eisfreiheit

Die Anzahl vorkommender Taxa nimmt über die vier Zeitabschnitte sichtbar zu, die Blütenpflanzen, Moose und Flechten verhalten sich jedoch individuell verschieden (vgl. Fig. 3). Auch der mittlere Gesamtdeckungsgrad wird über die vier Zeitabschnitte (0-18 Jahre eisfrei, 19-37 Jahre eisfrei, 38-56 Jahre eisfrei, 57-ca.70 Jahre eisfrei) deutlich grösser (vgl. Fig. 4). Die Artenzusammensetzung mit hoher Gewichtung der Häufigkeit der einzelnen Arten ist in den vier Zeitabschnitten eindeutig verschieden. Dasselbe gilt für die Artenzusammensetzung ohne Gewichtung der einzelnen Arten.

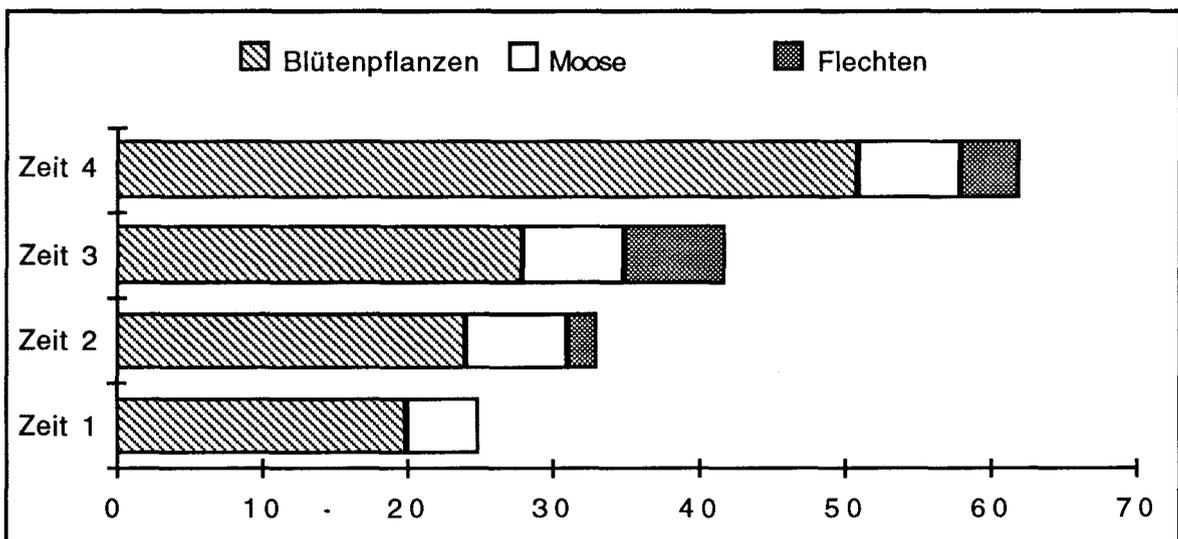


Fig.3: Anzahl der im Gletschervorfeld vorkommenden Blütenpflanzen, Moose und Flechten in den Testflächen der vier untersuchten Zeitabschnitte

Im Sesvenna-Gletschervorfeld wurden in den Testflächen insgesamt 54 Arten/Gattungen von Blütenpflanzen, neun Moosgattungen und acht Flechtengattungen aufgenommen. Im folgenden wird nun auf die Artenzahl und den durchschnittlichen Deckungsgrad der vier Zeitabschnitte näher eingegangen:

Zeit 1 (0 - 18 Jahre eisfrei)

30 Aufnahmeflächen, davon neunzehn ohne Vegetation. Im Zeitabschnitt 1 kommen insgesamt 25 Arten vor, 19 davon in den Testflächen, und zwar sechs Moosgattungen und dreizehn Blütenpflanzen. Die höchste Frequenz in den Substraten wird von vier Taxa erreicht, nämlich *Pohlia sp.*, *Poa alpina*, *Chrysanthemum alpinum*, und *Cerastium uniflorum*. Der höchste

durchschnittliche Deckungsgrad in den Testflächen wird mit einem Wert von 0,23% von *Poa alpina* erreicht. (Vgl. Anhang 4 und 6)

Zeit 2 (19 - 37 Jahre eisfrei)

31 Aufnahme­flächen, davon nur noch deren zwei ohne Vegetation. Im Zeitabschnitt 2 kommen insgesamt 33 Arten vor, in den Testflächen noch deren 23, und zwar eine Flechtengattung, sieben Moosgattungen und sechzehn Blütenpflanzen. In den Artenlisten wird die höchste Frequenz mit Vorkommen in allen Substraten von *Poa alpina*, *Minuartia sp.*, *Oxyria digyna*, *Chrysanthemum alpinum* und *Arabis alpina* erreicht. In den Testflächen wird der höchste durchschnittliche Deckungsgrad mit einem Wert von 0,97% bei *Geum reptans* erreicht. Vier Taxa erreichen einen durchschnittlichen Deckungsgrad von mehr als 0,5%. Im Vergleich zum Zeitabschnitt eins fehlen *Veronica alpina* und *Taraxacum alpinum*, neu hinzugekommen sind die sechs Taxa *Ranunculus glacialis*, *Gnaphalium supinum*, *Stereocaulon sp.*, *Saxifraga exarata*, *Epilobium alpinum* und *Sedum alpestre*. (Vgl. Anhang 4 und 7)

Zeit 3 (38 - 56 Jahre eisfrei)

30 Aufnahme­flächen alle mit Vegetationbewuchs. Im Zeitabschnitt 3 kommen insgesamt 42 Arten vor, wovon deren 36 in den Testflächen, und zwar fünf Flechtengattungen, sechs Moosgattungen und 25 Blütenpflanzen. Die höchste Frequenz in der Artenliste wird von *Pohlia sp.*, *Poa alpina*, *Geum reptans*, *Chrysanthemum alpinum*, *Cerastium uniflorum* und *Arabis alpina* mit Vorkommen in allen Substraten erreicht. Der höchste durchschnittliche Deckungsgrad in den Testflächen wird mit einem Wert von 1,68% von *Pohlia sp.* erreicht. Sechs Arten erreichen einen durchschnittlichen Deckungsgrad von über 5%. Von den Taxa aus dem Zeitabschnitt eins fehlt das Moos *Desmatodon sp.*, neu dazugekommen sind hingegen die siebzehn Arten *Saxifraga seguieri*, *Festuca violacea*, *Salix herbacea*, *Cladonia sp.*, *Linaria alpina*, *Campanula cenisia*, *Luzula lutea*, *Cetraria sp.*, *Rhizocarpon sp.*, *Umbilicaria sp.*, *Cerastium trigynum*, *Arabis coerulea*, *Androsace vandellii*, *Taraxacum alpinum*, *Sanionia sp.*, *Cardamine resedifolia* und *Saxifraga stellaris*. (Vgl. Anhang 4 und 8)

Zeit 4 (57 - ca. 70 Jahre eisfrei)

21 Aufnahmen davon eine ohne Vegetation. Im Zeitabschnitt 4 kommen insgesamt 63 Taxa vor, in den Untersuchungsflächen deren 39, davon vier Flechtengattungen, acht Moosgattungen und 27 Blütenpflanzen. In den Artenlisten wird die höchste Frequenz mit Vorkommen in allen drei Substraten von 22 Taxa erreicht. In den Testflächen wird der höchste durchschnittliche Deckungsgrad mit einem Wert von 5,4% von *Poa alpina* erreicht. Elf Arten erreichten einen durchschnittlichen Deckungsgrad von

mehr als 0,5%. Aus den Testflächen der Zeit eins fehlt die Art *Saxifraga oppositifolia*, neu hinzugekommen sind hingegen die sieben Taxa *Arenaria biflora*, *Dicranoweisia* sp., *Cardamine alpina*, *Leontodon helveticus*, *Geum montanum*, *Crepis aurea* und *Doronicum clusii*. (Vgl. Anhang 4 und 9)

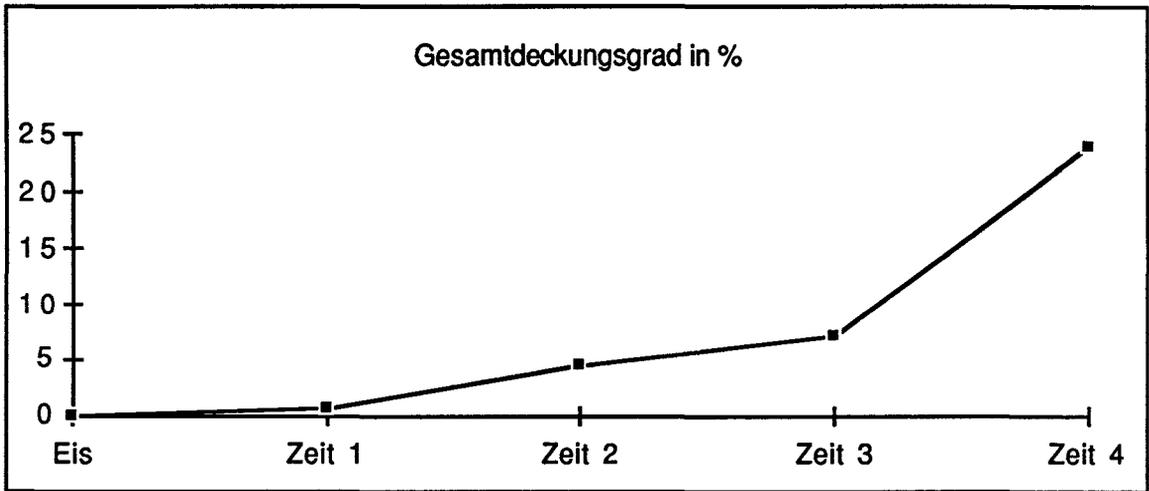


Fig. 4: Verlauf des Gesamtdeckungsgrades über die vier untersuchten Zeitabschnitte

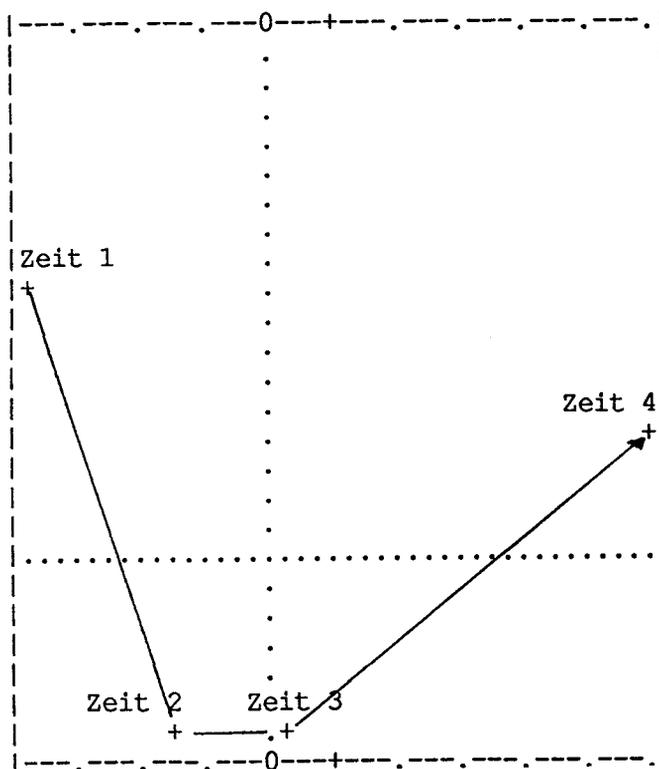


Fig. 5: Ordination für die Zentroide der vier Zeitabschnitte (Artenzusammensetzung mit hoher Gewichtung der Häufigkeit einzelner Arten)

Die zeitliche Entwicklung der Vegetation widerspiegelt sich sowohl in der Zunahme der Häufigkeit einzelner Arten mit der Dauer der Eisfreiheit als auch in der Artenzusammensetzung in den vier untersuchten Zeitabschnitten. Bei hoher Gewichtung des Deckungsgrades (Londo-Skala) ist ein eindeutiger Zeitgradient über die Zeitabschnitte 1-4 erkennbar (vgl. Fig. 5). Die Autokorrelation mit der Zeit ist $r=0,208$. Die Aufnahmen des Zeitabschnittes 2 und des Zeitabschnittes 3 haben mit einem Wert von 0,811 die grösste Aehnlichkeit, d.h. die Artenzusammensetzung und die durchschnittlichen Deckungsgrade einzelner Arten verändern sich in der Zeitspanne 19-56 Jahre Eisfreiheit kaum. Die kleinste Aehnlichkeit haben die Aufnahmen des Zeitabschnittes 1 im Vergleich mit denjenigen des Zeitabschnittes 4 mit einem Wert von 0,320. Die Aufnahmen des Zeitabschnittes 4 unterscheiden sich auch von denjenigen des Zeitabschnittes 2 mit einem Wert von 0,469 eindeutig. (Werte vgl. Anhang 17-20).

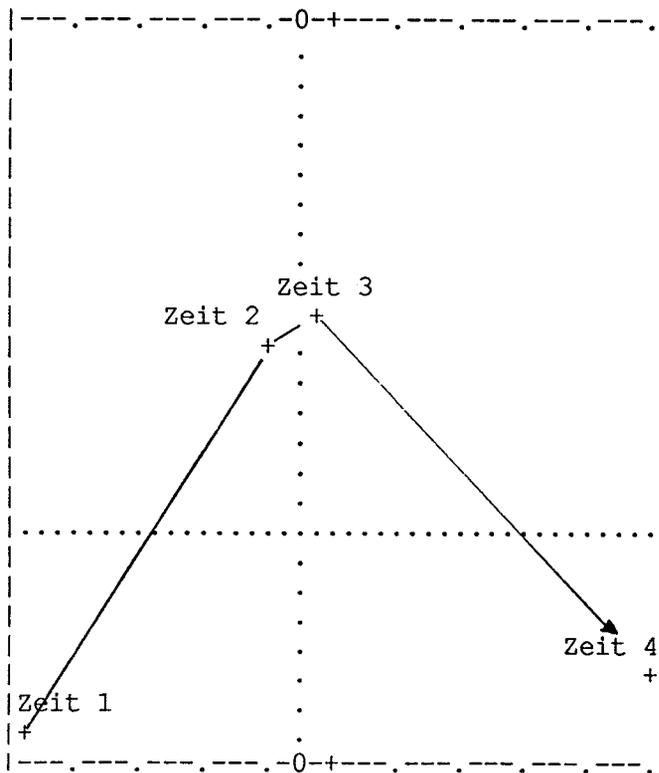


Fig. 6: Ordination für die Zentroide der vier Zeitabschnitte (Artenzusammensetzung ohne Gewichtung der Häufigkeit einzelner Arten)

Ohne Gewichtung des Deckungsgrades ist ein klarer Zeitgradient erkennbar (vgl. Fig. 6). Die Autokorrelation mit der Zeit ($r=0,178$) ist allerdings deutlich geringer als bei hoher Gewichtung des Deckungsgrades. Die kleinste Aehnlichkeit besteht zwischen der Artenzusammensetzung der

Zeitabschnitte 1 und 4, und zwar mit einem Wert von 0,529. Den grössten Aehnlichkeitswert findet man zwischen der Aufnahmegruppe des Zeitabschnittes 2 und derjenigen des Zeitabschnittes 3 mit einem Wert von 0,878. Alle übrigen Aufnahmegruppen haben untereinander ebenfalls relativ hohe Aehnlichkeitswerte (vgl. Anhang 17-20).

4.1.1.1 Einfluss der Dauer der Eisfreiheit auf die Vegetationsentwicklung in einzelnen Substraten/Subsubstraten

Die detailliertere Untersuchung in den Substraten zeigt, dass auch dort der Einfluss der Dauer der Eisfreiheit auf die Vegetationsentwicklung nachweisbar ist. Es fällt allerdings auf, dass er deutlich substratspezifisch ist. Ausser im Ruhschutt und im Lockerschutt sind der Zeitabschnitt 2 (19-37 Jahre eisfrei) und Zeitabschnitt 3 (18-56 Jahre eisfrei) bei hoher Gewichtung des Deckungsgrades nicht verschieden. Dies bedeutet, dass in diesen Zeitabschnitten keine grosse Veränderung in der Artenzusammensetzung und im Deckungsgrad vor sich geht, und dass die Beschränkung auf drei Zeitstraten (Zeit 2 und Zeit 3 zusammengefasst) für die Untersuchung genügt hätte. Da aber eine deutliche Entwicklung der Vegetation zwischen den Zeiten 1 und 3 in allen Substraten feststellbar ist, kann die Annahme, dass ein Zusammenhang zwischen Dauer der Eisfreiheit und der Vegetationsentwicklung besteht, bestätigt werden. Für die Artenzusammensetzung (Art vorhanden/nicht vorhanden) kann bezüglich Wahl der Zeitabschnitte dasselbe ausgesagt werden. Die Substrate, welche in allen vier Zeitabschnitten untersucht werden konnten, zeigen, dass oft nur ein eindeutiger Unterschied zwischen den Zeiten 2 und 4 auftritt. Ausnahme ist dabei der Ruhschutt, der sich bezüglich dieses Kriteriums in allen vier Zeiten unterscheidet. Da sich aber die Zeit 1 immer deutlich von den anderen Zeiten abhebt, gilt auch für die Artenzusammensetzung eine Abhängigkeit von der Dauer der Eisfreiheit.

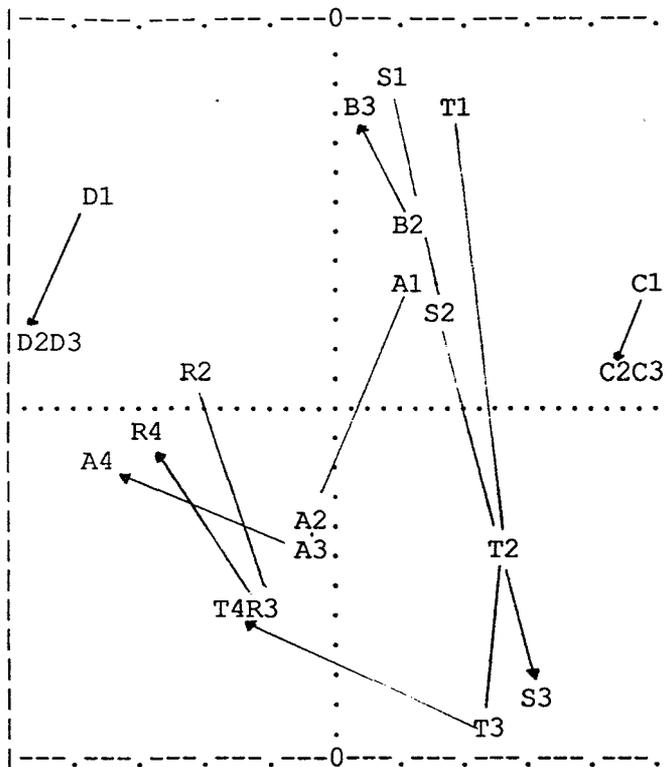


Fig. 7: Ordination der Zentroide aller Straten mit hoher Gewichtung der Häufigkeit der einzelnen Arten (A=Ruhschutt, B=Lockerschutt, C=Sander, D=Anstehender Fels, R=Bachlauf, T=Temporärer Wasserlauf, S=Schneetälchen; 1-4=Zeitabschnitte)

Aus Fig. 7 ist deutlich erkennbar, dass in allen Substraten und Subsubstraten eine Veränderung der Vegetation über die drei bzw. vier untersuchten Zeitabschnitte stattfindet. Da die Entwicklung je nach Substrattyp unterschiedlich verlaufen kann, wird sie im folgenden für einzelne Substrate/Subsubstrate dargestellt. (Alle Aehnlichkeitswerte sind in Anhang 19 und 20)

Ruhschutt

In diesem Substrat ist bei hoher Gewichtung des Deckungsgrades ein deutlicher Unterschied zwischen dem zweiten dem dritten und dem vierten Zeitabschnitt feststellbar. Diese drei Zeitabschnitte sind untereinander alle verschieden. Interessanterweise ist die Variabilität unter den 5 Aufnahmeflächen in Zeitabschnitt 1 grösser als zwischen dem Zeitabschnitt 1 und den 3 anderen Zeitabschnitten. Ohne Gewichtung des Deckungsgrades kann im Ruhschutt jeder Zeitabschnitt eindeutig charakterisiert werden. Die Artenzusammensetzung verändert sich also eher stärker als der Deckungsgrad. (Alle Aehnlichkeitswerte sind in Anhang 19 und 20).

Lockerschutt

Die Auswertung dieses Substrates zeigt ganz deutlich, dass bei hoher Gewichtung der Häufigkeit der einzelnen Arten die drei Zeitabschnitte untereinander verschieden sind. Da im Zeitabschnitt 1 des Lockerschuttes keine Vegetation vorkommt, in den Zeitabschnitten 2 und 3 hingegen Vegetation auftritt, ist der Unterschied dieses Zeitabschnittes zu den beiden anderen Zeitabschnitten eindeutig. Im Gegensatz zum Deckungsgrad lässt sich für dieses Substrat nur im Zeitabschnitt 1 eine deutlich andere Artenzusammensetzung als im Zeitabschnitt 2 und dem Zeitabschnitt 3 ausmachen. Der zu erkennende Unterschied in der Artenzusammensetzung ist darauf zurückzuführen, dass der Lockerschutt in Zeit 1 sehr nah am Gletscher liegt und noch keine Vegetation aufweist. (Alle Ähnlichkeitswerte sind in Anhang 19 und 20).

Sander

In diesem Substrat ist bei hoher Gewichtung des Deckungsgrades nur ein deutlicher Unterschied zwischen dem Zeitabschnitt 2 und dem Zeitabschnitt 3 erkennbar. Die Artenzusammensetzung ist in den drei Zeitabschnitten ebenfalls nicht deutlich verschieden. Sie verändert sich also in diesem Substrat mit zunehmender Dauer der Eisfreiheit nicht deutlich. (Alle Ähnlichkeitswerte sind in Anhang 19 und 20).

Anstehender Fels

Es lassen sich in diesem Substrat im bei hoher Gewichtung der Häufigkeit der Arten nur der Zeitabschnitt 1 und der Zeitabschnitt 3 eindeutig voneinander unterscheiden. Interessanterweise hebt sich in diesem Substrat der Zeitabschnitt 1 nicht so eindeutig vom Zeitabschnitt 2 ab, wie das in anderen Substraten der Fall ist. Die Artenzusammensetzung unterscheidet sich im Anstehenden Felsen in den drei Zeitabschnitten nicht. (Alle Ähnlichkeitswerte sind in Anhang 19 und 20).

Bachlauf

Im Zeitabschnitt eins gibt es im Bachlauf noch keine Vegetation. Dieser Zeitabschnitt unterscheidet sich deshalb eindeutig von den anderen drei Zeiten. Weiter können auch der Zeitabschnitt 2 und der Zeitabschnitt 3 bei hoher Gewichtung des Deckungsgrades eindeutig voneinander unterschieden werden. Auch ohne Gewichtung des Deckungsgrades unterscheidet sich der Zeitabschnitt 1 in diesem Substrat eindeutig von den drei anderen Zeitabschnitten. Da sich aber sonst nur der zweite und der vierte Zeitabschnitt eindeutig voneinander unterscheiden lassen, ist die Veränderung der Häufigkeit einzelner Arten höher zu bewerten als die Veränderung der Artenzusammensetzung. (Alle Ähnlichkeitswerte sind in Anhang 19 und 20).

Temporärer Wasserlauf

In diesem Subsubstrat unterscheidet sich der Zeitabschnitt 1 ganz klar vom Zeitabschnitt 2, dem Zeitabschnitt 3 und dem Zeitabschnitt 4 (hohe Gewichtung des Deckungsgrades). Ebenfalls unterscheidet sich der Zeitabschnitt 3 vom Zeitabschnitt 4. Auch ohne Gewichtung des Deckungsgrades ist ein eindeutiger Unterschied zwischen dem Zeitabschnitt 1 und den übrigen Zeitabschnitten 2, Zeitabschnitt 3 und Zeitabschnitt 4 feststellbar. Es lassen sich weiter die Zeitabschnitte 2 und 4 eindeutig voneinander unterscheiden. (Alle Ähnlichkeitswerte sind in Anhang 19 und 20).

Schneetälchen

Im Schneetälchen sind bei hoher Gewichtung des Deckungsgrades alle drei Zeitabschnitte voneinander unterscheidbar. Genausogut können die drei Zeitabschnitte jedoch auch ohne Gewichtung des Deckungsgrades (Art vorhanden/nicht vorhanden) unterschieden werden. Die Artenzusammensetzung verändert sich mit zunehmender Dauer der Eisfreiheit also stärker als die Häufigkeit von einzelnen Arten. (Alle Ähnlichkeitswerte sind in Anhang 19 und 20).

4.1.1.2 Vorfeldvegetation im Vergleich mit der Nachbarvegetation

Im Sesvenna-Gletschervorfeld wurden insgesamt acht Flechtengattungen, neun Moosgattungen, sowie eine Gattung und 54 Arten Blütenpflanzen unterschieden. Im Vorfeld wurden 112 Testflächen aufgenommen, wovon 24 keine Vegetation enthielten. Für die Nachbarvegetation wurden einerseits 3 Testflächen im Schutt mit 38 Arten und andererseits 3 Testflächen im Rasen mit 36 Arten untersucht (vgl. Fig. 8).

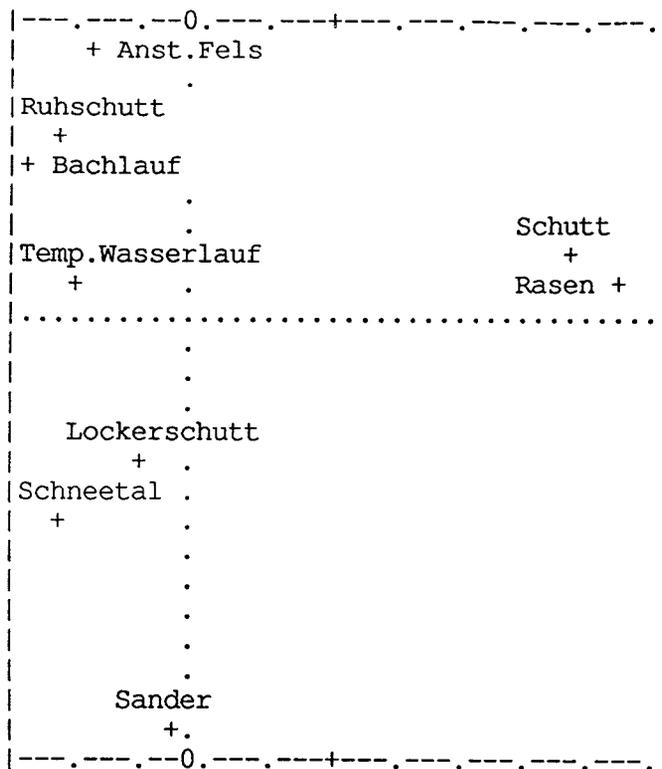


Fig. 8: Ordination der Zentroide aller Substrate/Subsubstrate sowie der Nachbarvegetation Schutt und Rasen

4.1.2 Vegetationsentwicklung in den Substraten/ Subsubstraten

Die Untersuchung zeigt auf, dass im gesamten Vorfeld in den vier Hauptsubstraten Ruhschutt, Lockerschutt, Sander und Anstehender Fels die Vegetationsentwicklung eindeutig verschieden ist. Es kann deshalb von einem Zusammenhang zwischen der Vegetationsentwicklung und dem Untergrundmaterial (Substrat) gesprochen werden. Dies gilt sowohl für das Auswertungskriterium Deckungsgrad (Londo-Werte), als auch für die Artenzusammensetzung (Art vorhanden/nicht vorhanden). Keine eindeutigen Aussagen sind für die Subsubstrate machbar, da sie Untersubstrate vom Ruhschutt sind und sich in der Vegetationsentwicklung nur teilweise von den anderen Substraten/Subsubstraten unterscheiden. Auch für die Anzahl der in den Substraten/Subsubstraten vorkommenden Taxa von Blütenpflanzen, Moosen und Flechten ist ein deutlicher Unterschied in den verschiedenen Substraten/Subsubstraten nachweisbar (vgl. Fig. 9). Es ist eine Charakterisierung der Vegetation für die vier Hauptsubstrate und die drei Subsubstrate möglich.

Für die folgende Uebersicht über die Anzahl der in den einzelnen Substraten/Subsubstraten vorkommenden Taxa von Blütenpflanzen, Moosen und Flechten wurde für jedes Substrat/Subsubstrat eine Gesamtartenliste erstellt (vgl. Anhang 10-16).

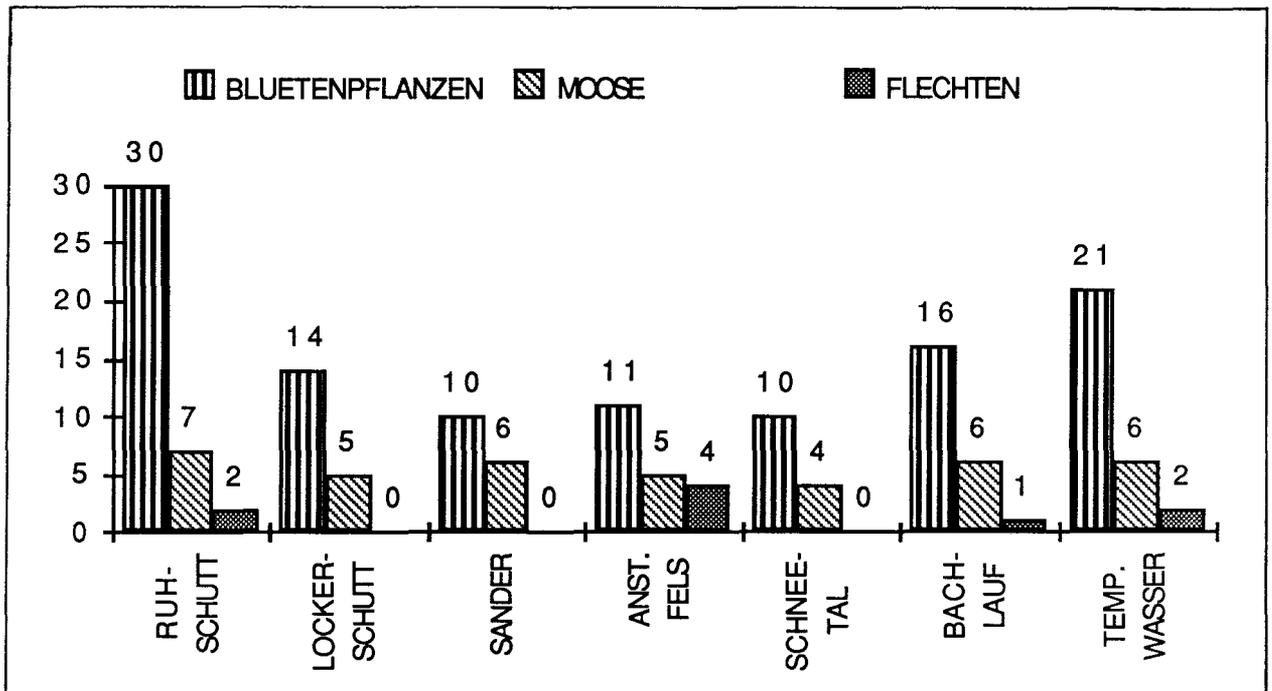


Fig. 9: Anzahl Taxa der Blütenpflanzen, Moose und Flechten in den Testflächen der einzelnen Substrate/Subsubstrate

Ruhschutt

25 Aufnahmeflächen, wovon eine ohne Vegetation. Im Ruhschutt kommen insgesamt 56 Taxa vor, 39 davon in den Testflächen, nämlich zwei Flechtengattungen, sieben Moosgattungen und 30 Blütenpflanzen (vgl. Fig. 9). Die höchste Frequenz wird von *Poa alpina* mit einem Vorkommen in 23 von 25 Aufnahmen erreicht. Der höchste durchschnittliche Deckungsgrad wird mit 1,84% von *Chrysanthemum alpinum* erreicht. Acht Taxa haben einen durchschnittlichen Deckungsgrad von über 0,5%.

Lockerschutt

Dreizehn Aufnahmeflächen, wovon fünf ohne Vegetation. Im Lockerschutt kommen insgesamt 27 Taxa vor, neunzehn davon in den Testflächen. Es sind dies: fünf Moosgattungen und vierzehn Blütenpflanzen (vgl. Fig. 9). Die höchste Frequenz wird von *Minuartia sp.* und von *Geum reptans* mit einem Vorkommen in je acht von dreizehn Aufnahmen erreicht. Der höchste durchschnittliche Deckungsgrad wird mit 0,53% von *Geum reptans* erreicht.

Nur diese Art erreicht einen durchschnittlichen Deckungsgrad von mehr als 0,5%.

Sander

Dreizehn Aufnahmeflächen, drei davon ohne Vegetation. Im Sander kommen insgesamt zwanzig Taxa vor, sechzehn davon in den Testflächen, nämlich sechs Moosgattungen und zehn Blütenpflanzen. Die höchste Frequenz wird von *Minuartia sp.* und von *Cerastium trigynum* mit einem Vorkommen in je zehn von dreizehn Aufnahmen erreicht. Der höchste durchschnittliche Deckungsgrad wird mit 0,38% von *Cerastium trigynum* erreicht. Kein Taxon erreicht einen durchschnittlichen Deckungsgrad von mehr als 0,5%.

Anstehender Fels

Fünfzehn Aufnahmeflächen, zwei davon ohne Vegetation. Im Anstehenden Felsen kommen insgesamt 34 Taxa vor, zwanzig davon in den Testflächen. Es sind dies: vier Flechtengattungen, fünf Moosgattungen und elf Blütenpflanzen. Die höchste Frequenz wird von *Poa alpina* und *Cerastium uniflorum* mit einem Vorkommen in je dreizehn von fünfzehn Aufnahmen erreicht. Der höchste durchschnittliche Deckungsgrad wird mit 2,0% von *Cerastium uniflorum* erreicht. Sechs Taxa erreichen einen durchschnittlichen Deckungsgrad von über 0,5%.

Bachlauf

Achtzehn Aufnahmeflächen, vier davon ohne Vegetation. Im Subsubstrat Bachlauf kommen insgesamt 36 Taxa vor, 23 davon in den Testflächen, nämlich eine Flechtengattung, sechs Moosgattungen und sechzehn Blütenpflanzen. Die höchste Frequenz wird von *Poa alpina* und *Cerastium uniflorum* mit einem Vorkommen in je dreizehn von achtzehn Aufnahmen erreicht. Der höchste durchschnittliche Deckungsgrad wird mit 0,97% von *Cerastium uniflorum* erreicht. Fünf Taxa erreichen einen durchschnittlichen Deckungsgrad von mehr als 5%.

Schneetälchen

Acht Aufnahmeflächen, zwei davon ohne Vegetation. Im Subsubstrat Schneetälchen kommen insgesamt 21 Taxa vor, vierzehn davon in den Testflächen, nämlich vier Moosgattungen und zehn Blütenpflanzen. Die höchste Frequenz wird von *Poa alpina* mit einem Vorkommen in sechs von acht Aufnahmen erreicht. Der höchste durchschnittliche Deckungsgrad wird mit einem Wert von 1,25% von *Poa alpina* erreicht. 5 Taxa erreichen einen durchschnittlichen Deckungsgrad von mehr als 0,5%.

Temporärer Wasserlauf

Zwanzig Aufnahmeflächen, fünf davon ohne Vegetation. Im Subsubstrat Temporärer Wasserlauf kommen insgesamt 39 Taxa vor, 29 davon in den Testflächen. Es sind dies zwei Flechtengattungen, sechs Moosgattungen und 21 Blütenpflanzen. Die höchste Frequenz wird von *Poa alpina* erreicht, welche in fünfzehn von zwanzig Aufnahmen vorkommt. Der höchste durchschnittliche Deckungsgrad wird mit einem Wert von 4,8% ebenfalls von *Poa alpina* erreicht. Acht Arten erreichen einen durchschnittlichen Deckungsgrad von über 0,5%.

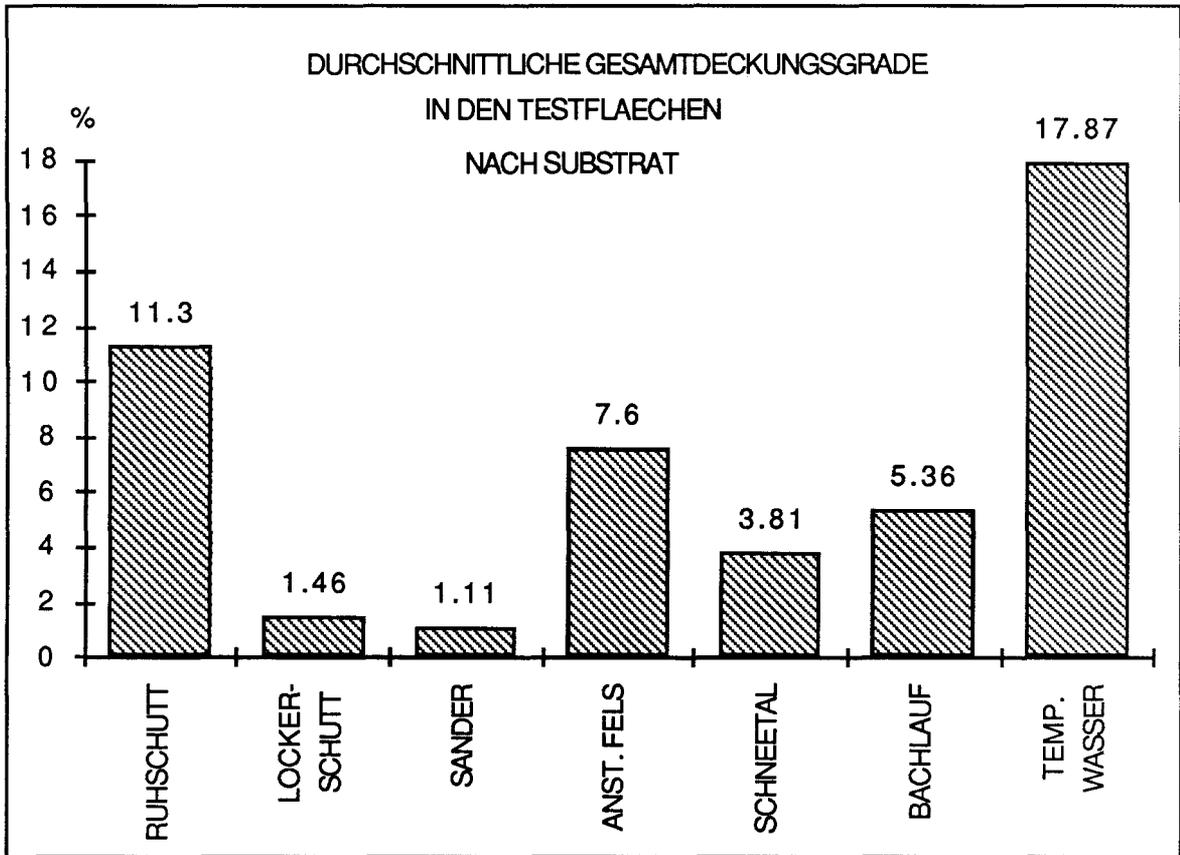


Fig. 10: Entwicklung des mittleren Gesamtdeckungsgrades in den verschiedenen Substraten/Subsubstraten

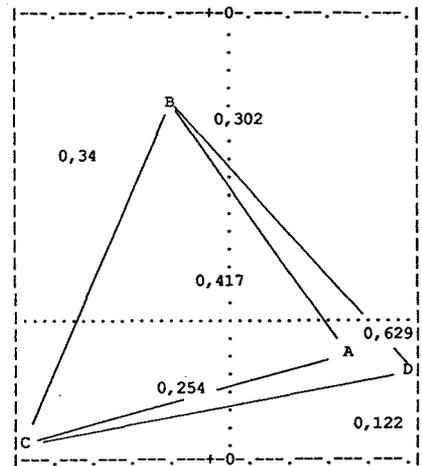
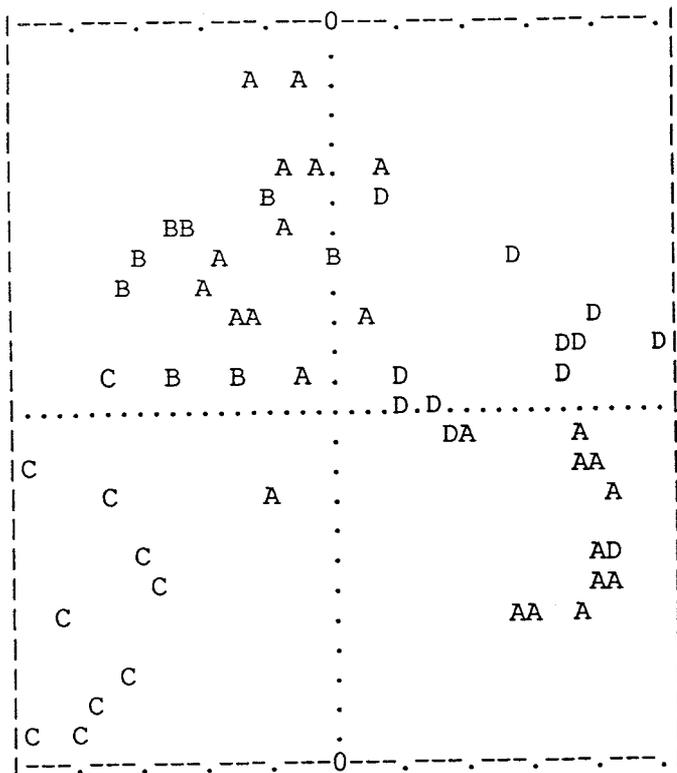


Fig. 11: Ordinationen aller Aufnahmen und der Zentroide aller Substrate mit hoher Gewichtung des Deckungsgrades (A=Ruhschutt, B=Lockerschutt, C=Sander, D=Anstehender Fels,)

Der durchschnittliche Gesamtdeckungsgrad (vgl. Fig. 10) ist in den Substraten/Subsubstraten deutlich verschieden. Vergleicht man die Aufnahmen der verschiedenen Substrate/Subsubstrate, so stellt man fest, dass sich die 4 Hauptsubstrate Ruhschutt, Lockerschutt, Sander und Anstehender Fels bei hoher Gewichtung des Deckungsgrades (vgl. Fig. 11 und 12) voneinander unterscheiden. Am deutlichsten voneinander verschieden sind der Sander und der Anstehende Fels. Die Aehnlichkeiten der Substrate mit den Subsubstraten hingegen sind relativ gross, die Unterschiede also nicht eindeutig. (Alle Aehnlichkeitswerte vgl. Anhang 22, 24 und 25).

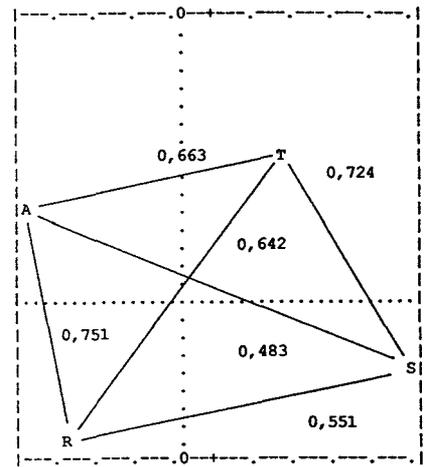
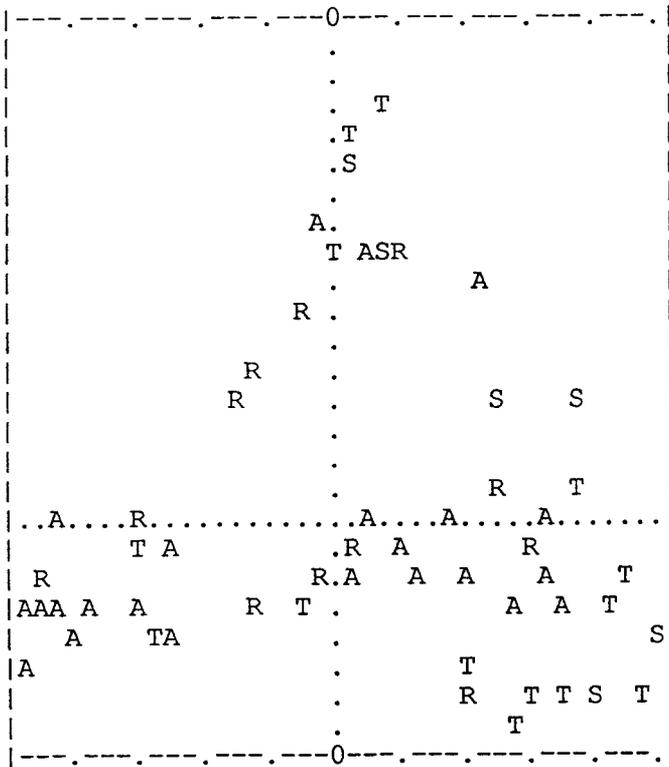


Fig.12: Ordinationen aller Aufnahmen und der Zentroide des Ruhschuttes und aller Substrate bei hoher Gewichtung des Deckungsgrades (A=Ruhschutt, R=Bachlauf, T=Temporärer Wasserlauf, S=Schneetal)

Ohne Gewichtung des Deckungsgrades unterscheiden sich die verschiedenen Substrate und Subsubstrate ebenfalls eindeutig. Die Werte der Aehnlichkeitsmatrix zeigen jedoch, dass die Unterschiede nicht so eindeutig sind wie bei hoher Gewichtung des Deckungsgrades. Am deutlichsten unterscheidet sich die Artenzusammensetzung des Sanders von derjenigen des Substrates Anstehender Fels. Ebenfalls eindeutig voneinander unterscheidbar ist die Vegetation des Lockerschutt und des Anstehenden Felsens. Der Sander unterscheidet sich weiter noch eindeutig vom Ruhschutt und vom Subsubstrat Bachlauf. Alle übrigen Substrate/Subsubstrate lassen sich nicht eindeutig voneinander unterscheiden. Am ähnlichsten sind sich der Ruhschutt und das Subsubstrat Bachlauf.

4.1.2.1 Einfluss der Substrate/Subsubstrate auf die Vegetationsentwicklung in den verschiedenen Zeitabschnitten

Der Einfluss des Untergrundmaterials, im speziellen der vier Hauptsubstrattypen Ruhschutt, Lockerschutt, Sander und Anstehender Fels auf die Vegetationsentwicklung in den vier untersuchten Zeitabschnitten, ist sowohl bei hoher Gewichtung als auch ohne Gewichtung (Art vorhanden/nicht vorhanden) des Deckungsgrades nachweisbar. (Alle Aehnlichkeitswerte vgl. Anhang 22 und 24-27).

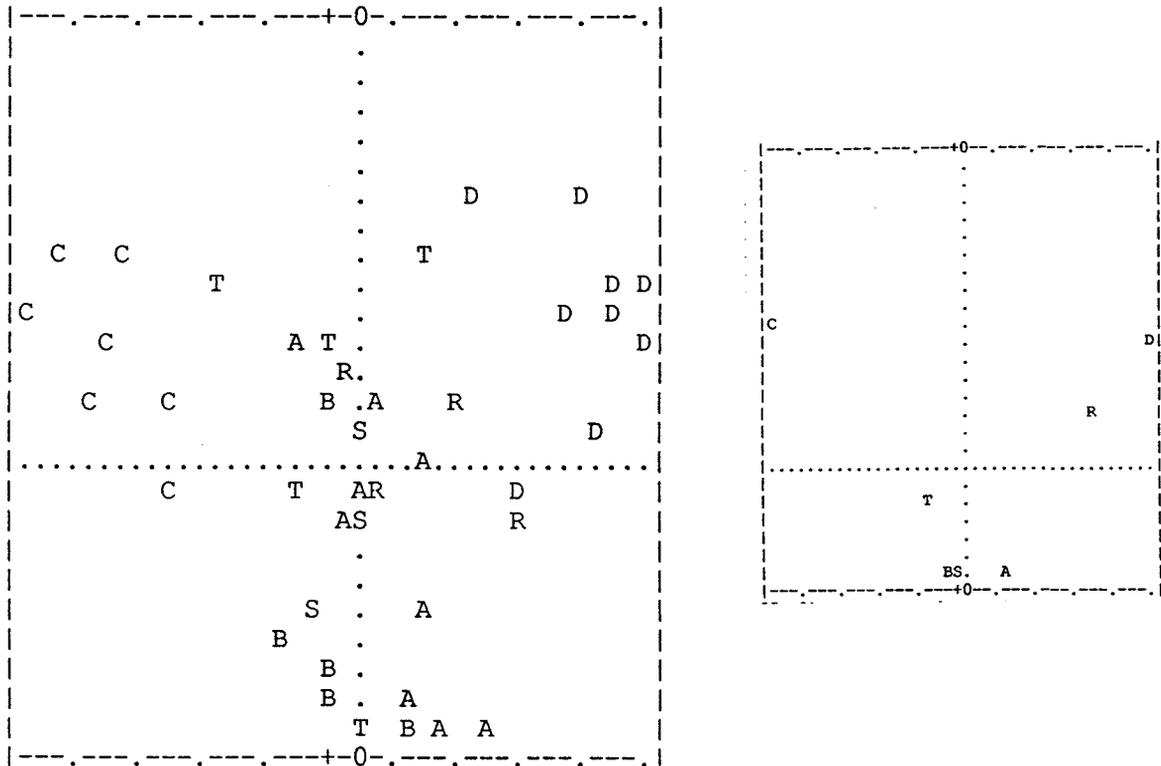


Fig. 13: Ordinationen aller Aufnahmen und der Zentroide für die Zeitabschnitte eins und zwei mit hoher Gewichtung des Deckungsgrades. (A=Ruhschutt, B=Lockerschutt, C=Sander, D=Anstehender Fels, R=Bachlauf, T=Temporärer Wasserlauf, S=Schneetälchen)

Anmerkung zu Fig. 13 und Fig. 14: in beiden Figuren sind die im Text erwähnten Unterschiede nicht so eindeutig sichtbar, weil jeweils zwei Zeitabschnitte miteinander in einer Ordination abgebildet wurden.

Zeit 1 (0 - 18 Jahre eisfrei)

Bereits in diesem Zeitabschnitt lassen sich sowohl bei hoher Gewichtung des Deckungsgrades (Londo-Werte) als auch ohne Gewichtung des Deckungsgrades (Art vorhanden nicht vorhanden) Unterschiede feststellen. Bei hoher Gewichtung (vgl. Fig. 13) können nur der Lockerschutt und das Subsubstrat Bachlauf, beide ohne Vegetation, eindeutig von den anderen Substraten unterschieden werden. Ohne Gewichtung des Deckungsgrades können im Zeitabschnitt eins jedoch alle Substrate und Subsubstrate, mit Ausnahme des Subsubstrates Schneetälchen, eindeutig voneinander unterschieden werden. Das Subsubstrat Schneetälchen unterscheidet sich nicht eindeutig vom Subsubstrat Anstehender Fels und dem Subsubstrat Temporärer Wasserlauf. Die Hauptsubstrate untereinander sind jedoch eindeutig verschieden.

Zeit 2 (18 - 37 Jahre eisfrei)

Auch in diesem Zeitabschnitt sind eindeutige Unterschiede unabhängig von der Gewichtung zwischen den verschiedenen Substraten nachweisbar. Bei hoher Gewichtung des Deckungsgrades (vgl. Fig. 13) lassen sich alle Substrate und Subsubstrate mit Ausnahme des Ruhschuttes voneinander unterscheiden. Der Ruhschutt unterscheidet sich zwar deutlich von den anderen Hauptsubstraten, es ist jedoch keine eindeutige Trennung von den Subsubstraten Temporärer Wasserlauf und Schneetälchen möglich. Ohne Gewichtung des Deckungsgrades lässt sich über die Substrate und Subsubstrate dieses Zeitabschnittes folgendes aussagen: Die vier Substrate Ruhschutt, Lockerschutt, Sander und Anstehender Fels unterscheiden sich deutlich voneinander, ebenso das Subsubstrat Bachlauf. Innerhalb der Subsubstrate Temporärer Wasserlauf und Schneetälchen ist die Variabilität zwischen den einzelnen Vegetationsaufnahmen so gross, dass sich ersteres nur vom Sander unterscheidet und das zweite nur vom Anstehenden Felsen und dem Temporären Wasserlauf.

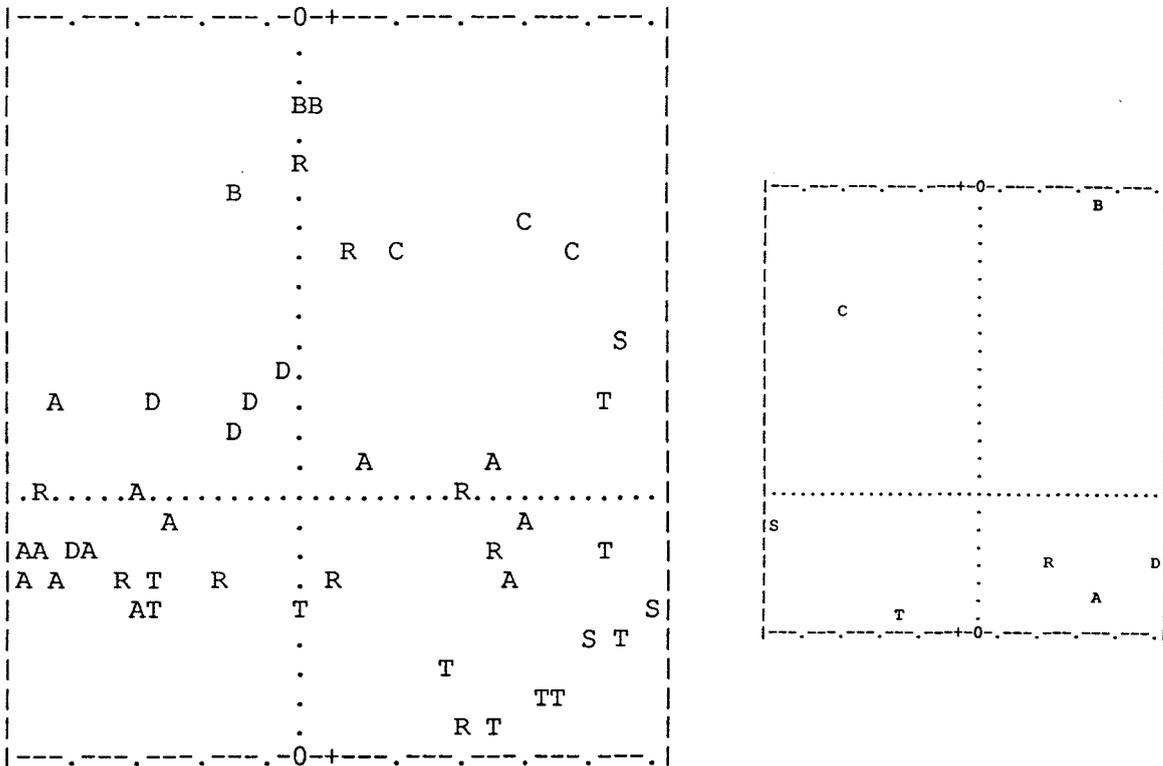


Fig. 14: Ordinationen aller Aufnahmen und der Zentroide für die Zeitabschnitte drei und vier mit hoher Gewichtung des Deckungsgrades. (A=Ruhschutt, B=Lockerschutt, C=Sander, D=Anstehender Fels, R=Bachlauf, T=Temporärer Wasserlauf, S=Schneetälchen)

Zeit 3 (38 - 56 Jahre eisfrei)

Auch in diesem Zeitabschnitt lassen sich die vier Substrate Ruhschutt, Lockerschutt, Anstehender Fels und Sander sowohl bei hoher Gewichtung des Deckungsgrades (vgl. Fig. 14) als auch ohne Gewichtung des Deckungsgrades eindeutig voneinander unterscheiden. Die Unterscheidung der Subsubstrate von den Substraten verhält sich allerdings wesentlich individueller: das Subsubstrat Bachlauf unterscheidet mit den Londonwerten nur vom Lockerschutt und dem Sander, der Temporäre Wasserlauf von allen Substraten und Subsubstraten ausser dem Lockerschutt und das Schneetälchen lediglich vom Ruhschutt und dem Sander. Ohne Gewichtung des Deckungsgrades unterscheidet sich das Subsubstrat Bachlauf eindeutig von den übrigen Substraten und Subsubstraten. Der Temporäre Wasserlauf ist deutlich verschieden vom Ruhschutt, dem Lockerschutt und dem Anstehenden Felsen. Das Subsubstrat Schneetälchen hingegen unterscheidet sich von allen Substraten und Subsubstraten mit Ausnahme des Temporären Wasserlaufes.

Zeit 4 (57 - ca. 70 Jahre eisfrei)

Wegen der in Kap. 3.4.2 erwähnten Versiltung konnten in diesem Zeitabschnitt nur noch der Ruhschutt mit den beiden Subsubstraten Bachlauf und Temporärer Wasserlauf verglichen werden. Auch im Zeitabschnitt 57 - ca. 70 Jahre eisfrei unterscheidet sich das Substrat Ruhschutt von den untersuchten Subsubstraten teilweise, und zwar sowohl mit hoher als auch ohne Gewichtung des Deckungsgrades. Mit Londo-Werten unterscheidet sich allerdings nur der Ruhschutt vom Temporären Wasserlauf. Ohne Gewichtung ist das Subsubstrat Temporärer Wasserlauf eindeutig vom Ruhschutt und vom Bachlauf verschieden.

4.1.3 Einfluss der Bodenfeuchtigkeit auf die Vegetationsentwicklung

Die Wasserversorgung (feucht: Bachlauf, Temporärer Wasserlauf / trocken: Ruhschutt) hat im Gletschervorfeld einen nachweisbaren Einfluss auf die Vegetationsentwicklung. Sowohl mit als auch ohne hohe Gewichtung des Deckungsgrades unterscheidet sich der Ruhschutt jeweils deutlich von den beiden feuchten Standorten.

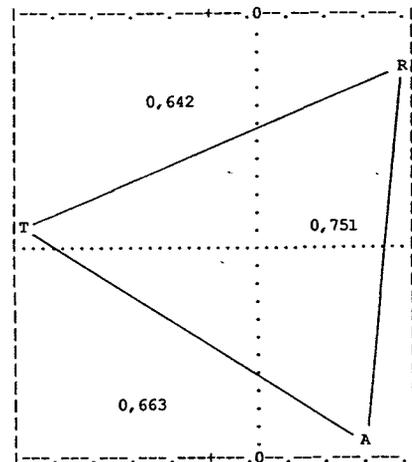
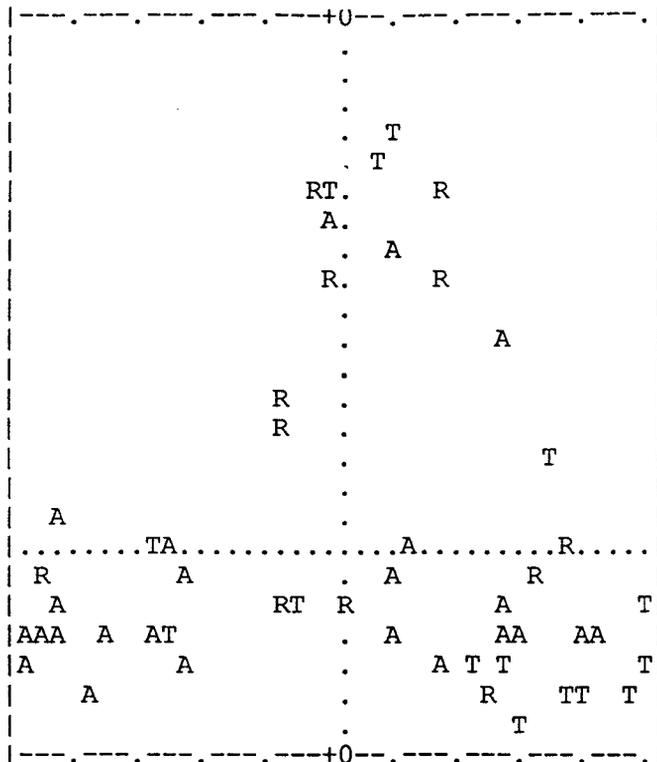


Fig. 15: Ordinationen aller Aufnahmen und der Zentroide für den Ruhschutt (A), der Substrate Bachlauf (R) und des Temporären Wasserlaufes (T) mit hoher Gewichtung des Deckungsgrades

Bei hoher Gewichtung des Deckungsgrades ist ein klarer Unterschied zwischen den Aufnahmen an trockenen Standorten (Ruhschutt) und den Aufnahmen an feuchten Standorten (Bachlauf und Temporärer Wasserlauf) nachweisbar (vgl. Fig. 15). Ohne Gewichtung des Deckungsgrades (vgl. Fig. 16) gibt es ebenfalls Unterschiede zwischen trockenen und feuchten Standorten, sie sind jedoch nicht so eindeutig wie bei den Londo-Werten. Dies deutet darauf hin, dass die Variabilität an den trockenen und feuchten Standorten vor allem durch die Häufigkeit einer Art beeinflusst wird. (Ähnlichkeitswerte vgl. Anhang 28 und 29).

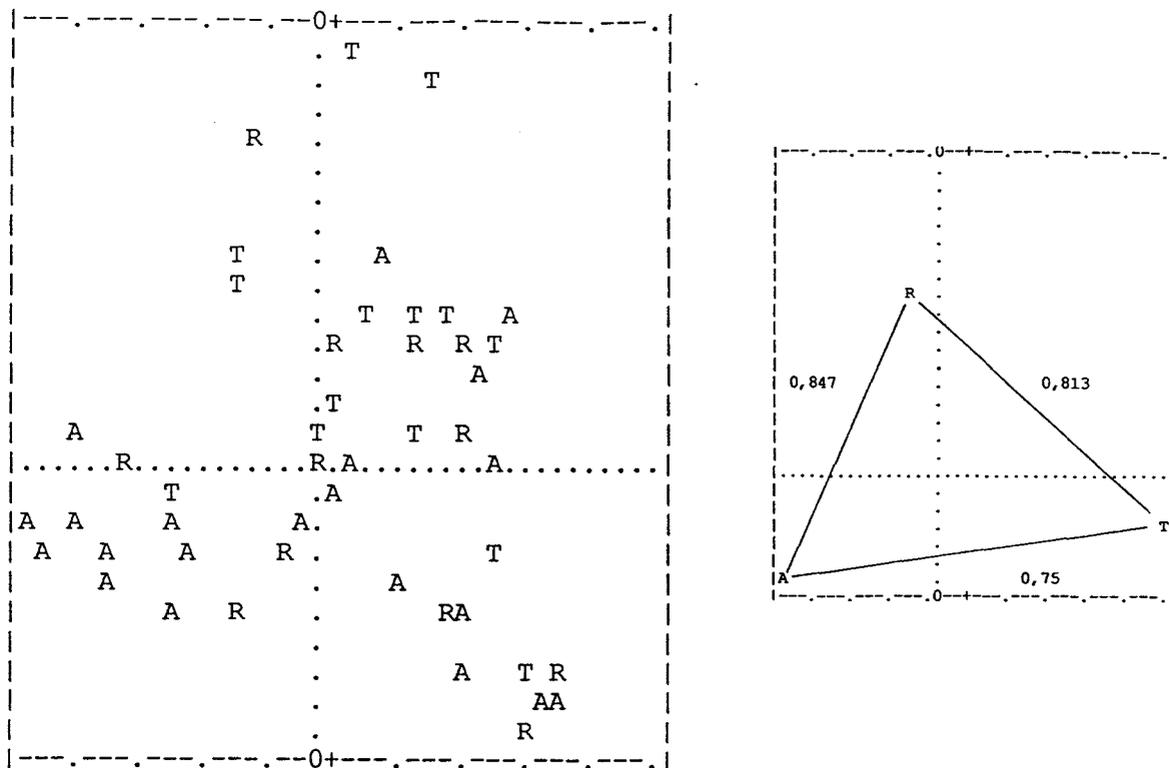


Fig. 16: Ordinationen aller Aufnahmen und der Zentroide für den Ruhschutt (A), der Subsubstrate Bachlauf (R) und des Temporären Wasserlaufes (T) ohne Gewichtung des Deckungsgrades

4.1.3.1 Einfluss der Bodenfeuchtigkeit auf die Vegetationsentwicklung in den verschiedenen Zeitabschnitten

Sowohl mit als auch ohne Gewichtung des Deckungsgrades verhält sich die Vegetationsentwicklung in den vier untersuchten Zeitabschnitten je nach Wasserversorgung verschieden. Im Zeitabschnitt 1 ist die Vegetation der drei Substrate/Subsubstrate eindeutig voneinander verschieden. In Zeitabschnitt 2 ist die Vegetation des Subsubstrates Bachlauf deutlich von derjenigen des Ruhschutt verschieden, im Zeitabschnitt 3 ist bei hoher Gewichtung des Deckungsgrades der Temporäre Wasserlauf eindeutig vom Ruhschutt unterscheidbar, die Artenzusammensetzung der drei untersuchten Standorte ist jedoch eindeutig verschieden. Im vierten Zeitabschnitt schliesslich ist der Temporäre Wasserlauf ganz klar vom Bachlauf und dem Ruhschutt verschieden, und zwar sowohl mit als auch ohne Gewichtung des Deckungsgrades (Ähnlichkeitswerte vgl. Anhang 24 und 25).

Zeit 1 (0 - 18 Jahre eisfrei)

Bei hoher Gewichtung des Deckungsgrades unterscheiden sich die beiden feuchten Standorte (Temporärer Wasserlauf und Bachlauf) deutlich vom trockenen Standort (Ruhschutt). Auch die Substrate sind untereinander verschieden. Ohne Gewichtung der Häufigkeit der Arten sind die Substrate ebenfalls eindeutig vom Ruhschutt und untereinander verschieden.

Zeit 2 (19 - 37 Jahre eisfrei)

Bei hoher Gewichtung des Deckungsgrades lässt sich der Bachlauf vom Ruhschutt und vom Temporären Wasserlauf in diesem Zeitabschnitt unterscheiden. Das Substrat Temporärer Wasserlauf unterscheidet sich jedoch vom Ruhschutt nicht eindeutig. Ohne Gewichtung der Häufigkeit der einzelnen Arten unterscheidet sich ebenfalls nur das Substrat Bachlauf vom Ruhschutt eindeutig. Zwischen dem Substrat Temporärer Wasserlauf und dem Ruhschutt ist kein eindeutiger Unterschied feststellbar.

Zeit 3 (38 - 56 Jahre eisfrei)

In diesem Zeitabschnitt unterscheidet sich der Ruhschutt bei hoher Gewichtung des Deckungsgrades zwar eindeutig vom Substrat Temporärer Wasserlauf, jedoch nicht vom Bachlauf. Die beiden Substrate Temporärer Wasserlauf und Bachlauf sind dafür ohne Gewichtung des Deckungsgrades vom Ruhschutt eindeutig verschieden. Untereinander weisen die Substrate hingegen keinen signifikanten Unterschied auf.

Zeit 4 (57 - ca. 70 Jahre eisfrei)

In diesem Zeitabschnitt unterscheidet sich das Substrat Temporärer Wasserlauf bei hoher Gewichtung des Deckungsgrades ganz eindeutig sowohl vom Ruhschutt als auch vom Bachlauf. Es gibt jedoch zwischen dem Bachlauf und dem Ruhschutt keinen Unterschied. Ohne Gewichtung des Deckungsgrades unterscheidet sich der Temporäre Wasserlauf ebenfalls vom Substrat Bachlauf und vom Ruhschutt. Zwischen dem Bachlauf und dem Ruhschutt ist jedoch kein Unterschied feststellbar.

4.1.3.2 Vergleich wassernah/wasserfern innerhalb von Substraten

Für den Einfluss von Wasserläufen, sowohl temporären als auch dauerhaften, auf die Vegetationsentwicklung kann keine allgemeingültige

Aussage gemacht werden. Bei hoher Gewichtung des Deckungsgrades ist im Subsubstrat Bachlauf ein Unterschied zwischen wassernahen und wasserfernen Aufnahmen feststellbar, beim Temporären Wasserlauf hingegen nicht. Ohne Gewichtung des Deckungsgrades unterscheiden im Subsubstrat Temporärer Wasserlauf die wassernahen von den wasserfernen. Im Subsubstrat Bachlauf jedoch ist kein Unterschied nachweisbar. Ein Einfluss von Wasserläufen auf die Vegetationsentwicklung im Gletschervorfeld ist folglich erkennbar, die einzelnen Wasserläufe müssen jedoch differenziert betrachtet werden.

Bachlauf

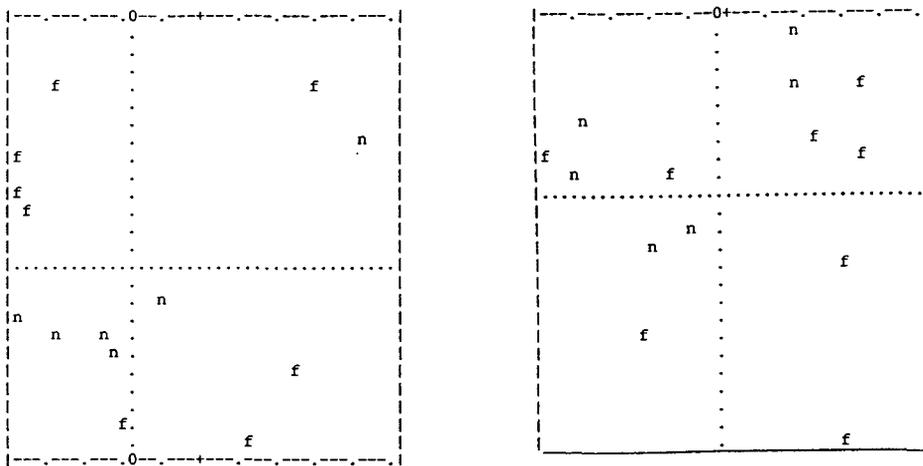


Fig. 17: Ordination aller Aufnahmen im Bachlauf mit hoher (links) und ohne Gewichtung des Deckungsgrades (f=wasserfern, n=wassernah)

Die Aehnlichkeit der wassernahen Aufnahmen bei hoher Gewichtung des Deckungsgrades beträgt 0,3730, während die der wasserfernen 0,3832 beträgt. Da zwischen den beiden Aufnahmegruppen eine durchschnittliche Aehnlichkeit von 0,3353 besteht, sind die wassernahen Aufnahmen von den wasserfernen zu unterscheiden (vgl. Fig. 17).

Die wassernahen Aufnahmen haben ohne Gewichtung des Deckungsgrades eine durchschnittliche Aehnlichkeit von 0,3753, während die wasserfernen eine solche von 0,4279 haben. Die mittlere Aehnlichkeit zwischen den beiden Aufnahmegruppen beträgt 0,4072. Es besteht also zwischen den beiden Aufnahmegruppen in der Artenzusammensetzung kein nachweisbarer Unterschied.

Temporärer Wasserlauf

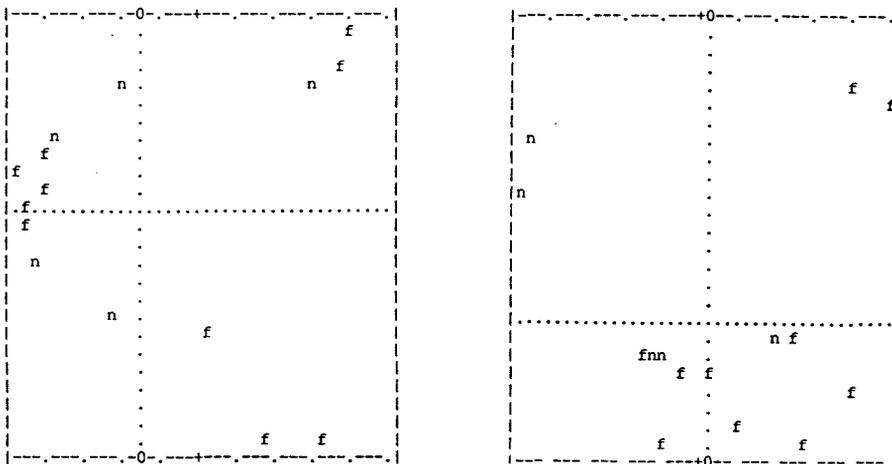


Fig. 18: Ordination aller Aufnahmen im Temporären Wasserlauf mit hoher (links) und ohne Gewichtung des Deckungsgrades (f=wasserfern, n=wassernah)

Die Aufnahmen in der Mitte der Quellflur haben bei hoher Gewichtung des Deckungsgrades eine durchschnittliche Aehnlichkeit von 0,4656, während die wasserfernen eine solche von 0,3182 haben. Die mittlere Aehnlichkeit zwischen den beiden Gruppen ist 0,4326. Die beiden Aufnahmegruppen weisen keinen signifikanten Unterschied auf (vgl. Fig. 18).

Die durchschnittliche Aehnlichkeit für die Artenzusammensetzung (Art vorhanden/nicht vorhanden) der wassernahen Aufnahmegruppe beträgt 0,3441, diejenige der wasserfernen Aufnahmen 0,3403. Die Aehnlichkeit zwischen den beiden Gruppen beträgt 0,2874. Daher sind die wasserfernen von den wassernahen Aufnahmen deutlich verschieden.

4.2 SPEZIELLE AUSWERTUNG ZUR NEUBESIEDLUNG

4.2.1 Besiedlungspotential einzelner Arten

Folgende Arten/Gattungen (vgl. Tab. 8) mit folgenden durchschnittlichen Gesamt-deckungsgraden in allen Substraten wurden auf ihre Eigenschaften bezüglich Vorkommen und durchschnittlichem Deckungsgrad in den Testflächen untersucht (Methodik vgl. Kap. 3.6.2.1):

Tab. 8: Durchschnittlicher Deckungsgrad der Hauptarten in den Untersuchungsflächen in %

ART/GATTUNG	DURCHSCHNITTLICHER DECKUNGSGRAD
<i>Poa alpina</i>	1.32
<i>Pohlia</i> sp.	0.76
<i>Cerastium uniflorum</i>	0.65
<i>Chrysanthemum alpinum</i>	0.62
<i>Geum reptans</i>	0.45
<i>Polytrichum</i> sp.	0.38
<i>Cerastium trigynum</i>	0.35
<i>Saxifraga bryoides</i>	0.41
<i>Minuartia</i> sp.	0.19
<i>Oxyria digyna</i>	0.17
<i>Arabis alpina</i>	0.13
<i>Cynodontium</i> sp.	0.10
<i>Veronica alpina</i>	0.18
<i>Ranunculus glacialis</i>	0.14
<i>Bryum</i> sp.	0.03

Zusätzlich zu den Deckungsgraden werden auch die Werte der Verbreitung der Arten insgesamt, und in den einzelnen Substraten angefügt. Damit ist für die Charakterisierung einer jeden Art eine umfassende Informationspalette vorhanden.

Poa alpina

Der Chef-Pionier! Die vivipare Fortpflanzung (asexuell mittels Embryonen oder Bulbillen) dieser Art scheint im Vorfeld am effektivsten zu sein, auch die zweithäufigste Pflanze, die Moosgattung *Pohlia*, pflanzt sich vivipar fort. *Poa alpina* ist die einzige Art mit einem durchschnittlichen Deckungsgrad von über 1% (vgl. Tab. 8). Regelmässiges Vorkommen in allen

Substraten, in deutlich über 50% der Testflächen im Ruhschutt und dessen Subsubstraten sowie im Anstehenden Felsen erfasst. In diesen Substraten ist auch der Deckungsgrad deutlich >1 . Bei den Temporären Wasserläufen wird der höchste Deckungsgrad einer Art in einem Substrat überhaupt, mit einem Wert von 4.8% erreicht (vgl. Fig. 19). Hier handelt es sich um die Pflanze, die in Ruderalflächen mit sinngemässen Charakteristiken wie das Sesvenna-Gletschervorfeld die besten Voraussetzungen für eine Wiederbesiedelung mitbringt.

Ueber die verschiedenen Zeitabschnitte verläuft die Entwicklung mit einer kontinuierlichen Steigerung der Deckungsgrade, wobei die markante Zunahme von Zeit 3 zu Zeit 4 augenfällig ist. (vgl. Fig. 22)

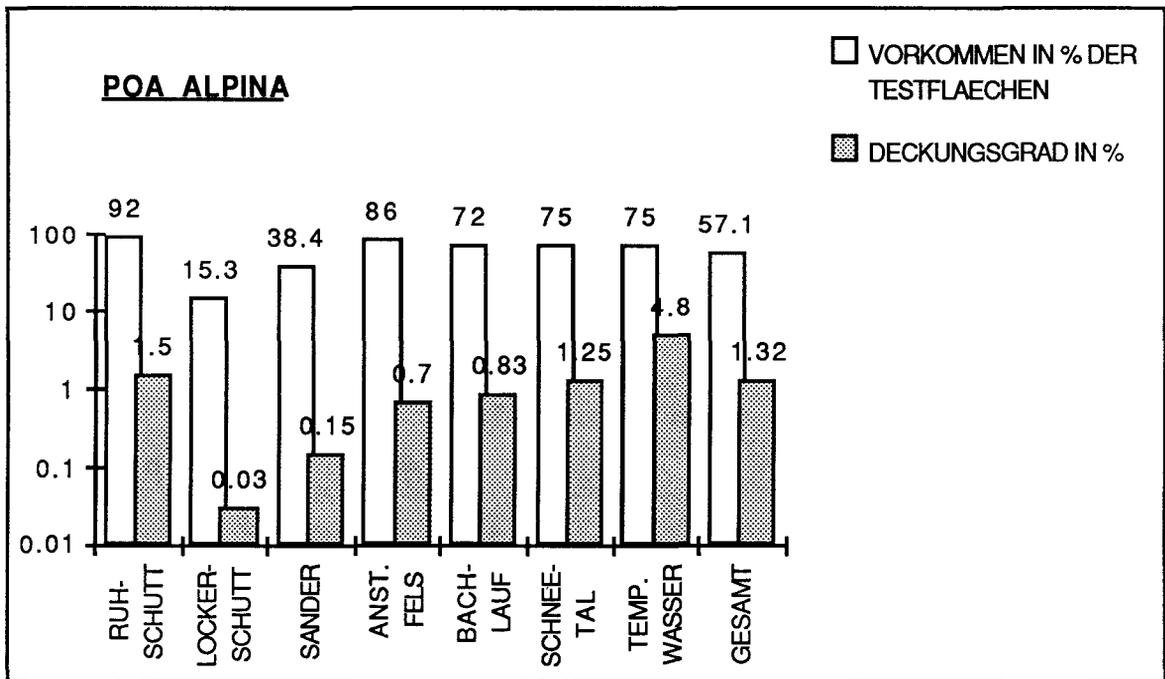


Fig. 19: Prozentuales Auftreten von *Poa alpina* in den Testflächen und Deckungsgrade in %

***Pohlia* sp.**

Eine der drei Taxa, die ein Gesamtvorkommen in den Untersuchungsflächen $>50\%$ erreicht. Sie weist ausserdem den zweithöchsten Gesamtdeckungsgrad auf und ist ebenso in allen Substraten vertreten. Niedrige Werte sind nur im Anstehenden Felsen vorhanden. Im Ruhschutt sowie in dessen Subsubstraten wird ein Deckungsgrad $>0.5\%$ erreicht (vgl. Fig. 20). Auch diese Art muss als kompetenter Pionier betrachtet werden. Die grossen Deckungsgrade haben ausserdem die angenehme Nebenerscheinung, dass in einem späteren Zeitpunkt an jenen Stellen bereits eine dünne Humusschicht als Keimbett für Blütenpflanzen bereitsteht. Ueber die Dauer der Eisfreiheit entwickeln sich die Deckungsgrade kontinuierlich, mit dem

höchstem Wert im Zeitabschnitt 3, während im Zeitabschnitt 4 der mittlere Deckungsgrad bereits wieder rückläufig ist (vgl. Fig. 25).

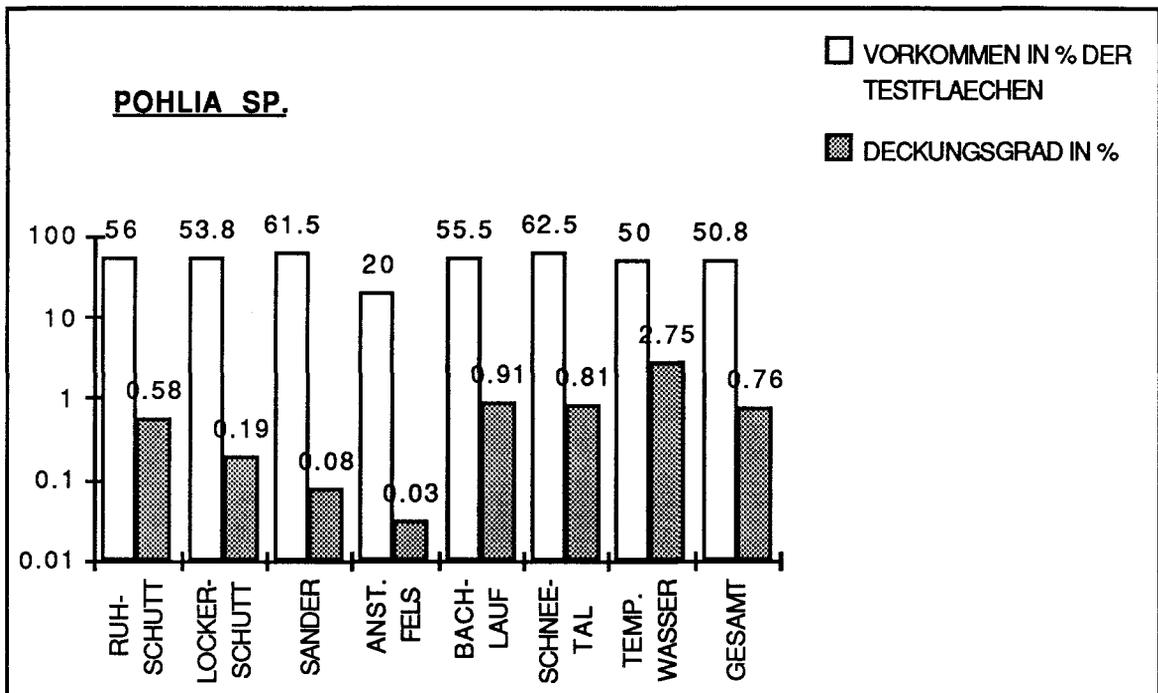


Fig. 20: Prozentuales Auftreten von *Pohlia sp.* in den Testflächen und Deckungsgrade in %

Cerastium uniflorum

Die Art mit der grössten Verbreitung (60% der Testflächen, vgl. Fig. 21), und mit dem dritthöchsten Gesamtdeckungsgrad über alle Substrate betrachtet. Hat sehr regelmässiges Vorkommen über alle Substrate und mit zwei Ausnahmen (Lockerschutt sowie Schneetälchen) auch einen sehr regelmässigen Deckungsgrad. Auch hier werden im Ruhschutt sowie in dessen Subsubstraten und im Substrat Anstehender Fels ein Vorkommen von deutlich über 50% erreicht. Diese Eigenschaften machen es zu einem sehr kompetenten Pionier. Die Entwicklung der Deckungsgrade über die Zeit ist gekennzeichnet durch eine fast lineare Zunahme. Weist bereits im Zeitabschnitt 1 einen Wert von 0.2% auf und erreicht in Zeit 4 den hohen Wert 1.5% (vgl. Fig. 22).

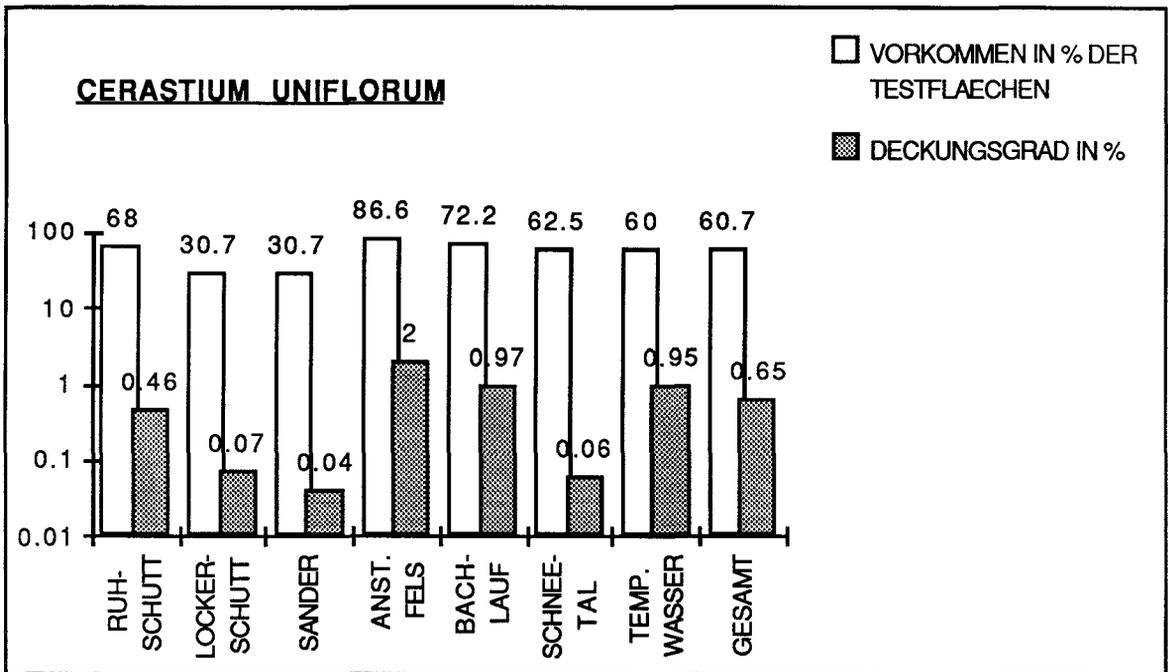


Fig. 21: Prozentuales Auftreten von *Cerastium uniflorum* in den Testflächen und Deckungsgrade in %

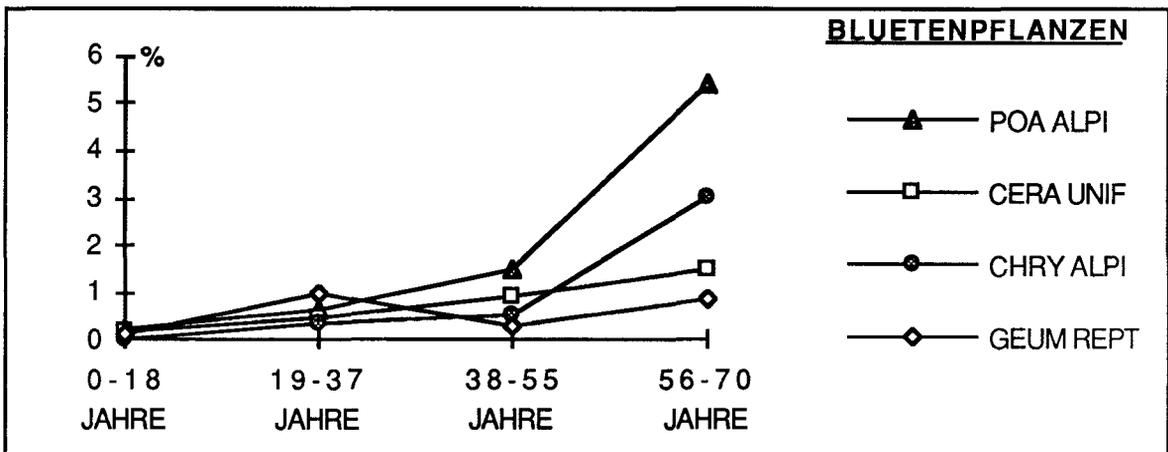


Fig. 22: Entwicklung der Deckungsgrade in Abhängigkeit der Dauer der Eisfreiheit

Chrysanthemum alpinum

Regelmässiges Vorkommen und zweigeteilte Bedeckungsgrade. Stark in den Substraten Ruhschutt, Anstehender Fels und Bachlauf mit Vorkommen über 50% und Deckungsgrade um oder über dem Wert 0.5%. Wenig verbreitet in den Sandern und im Lockerschutt, niedrige Deckungsgrade bei Lockerschutt, Sand und Schneetälchen (vgl. Fig. 23). Die Entwicklung der Deckungsgrade über die Zeit ist gekennzeichnet durch eine beinahe lineare

Zunahme bis zum Zeitabschnitt 3 und einer markanten Zunahme in Zeit 4, wo diese Pflanze im Vorfeld auch optisch dominiert (vgl. Fig. 22).

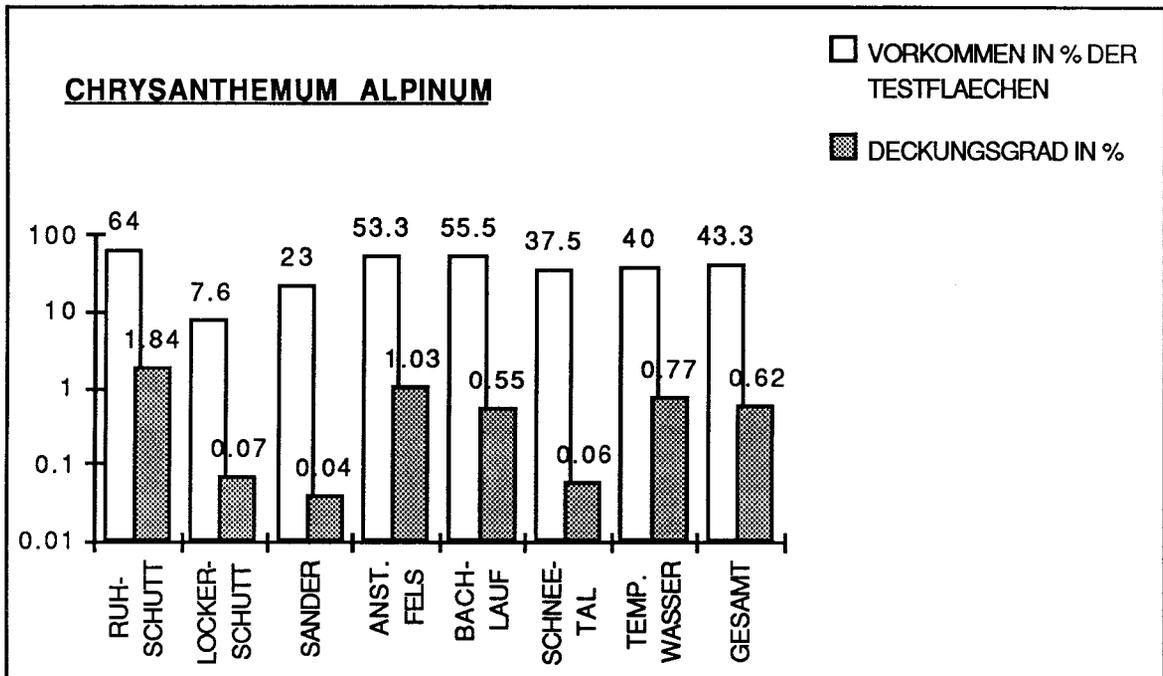


Fig. 23: Prozentuales Auftreten von *Chrysanthemum alpinum* in den Testflächen und Deckungsgrade in %

Geum reptans

Im ganzen Vorfeld weit verbreitet mit Ausnahme der Sander. Eben solche Deckungsgrade mit Ausnahme der Sander und der Schneetälchen. Deckungsgrade um oder über 0.5% im Ruhschutt, Lockerschutt und anstehendem Fels. Im Vorfeld, durch ihr regelmässiges Vorkommen bedingt, eine optisch auffallende Pflanze (vgl. Fig. 24). Der Verlauf der Deckungsgrade über die Zeit ist uneinheitlich, mit Maximum im Zeitabschnitt 2 (0.97%), steilem Abfall der Werte in Zeit 3 und in Zeit 4 einem Wert 0.85%, der den Wert aus Zeit 2 beinahe erreicht (vgl. Fig. 22).

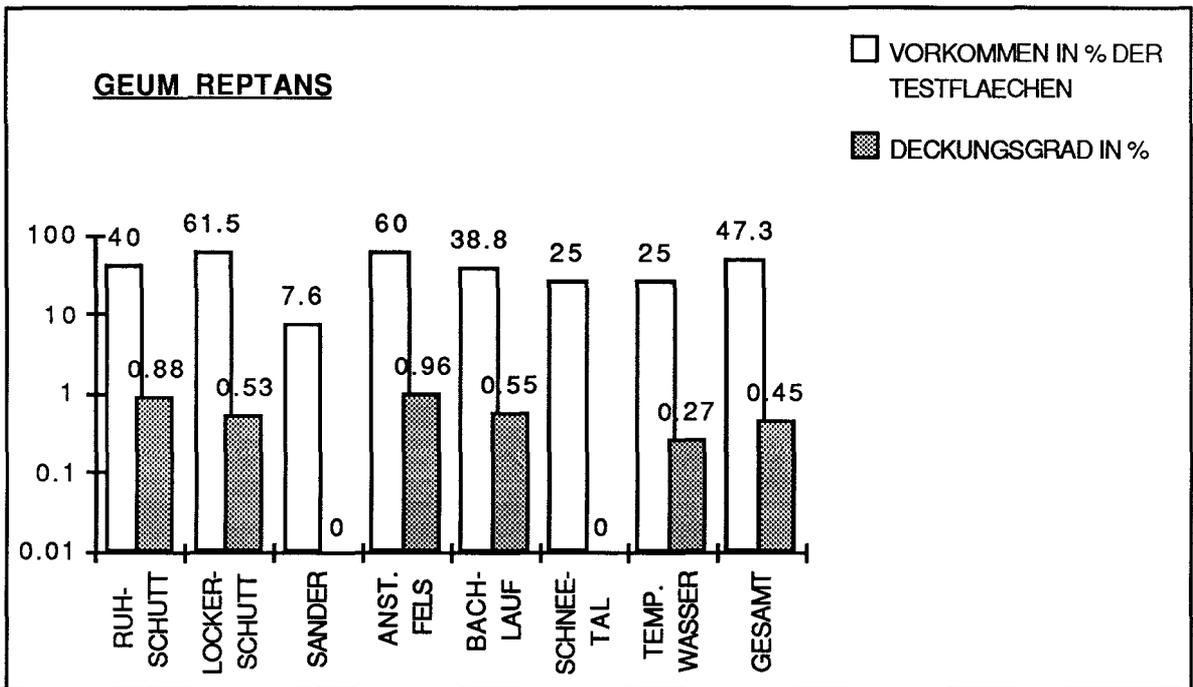


Fig. 24: Prozentuales Auftreten von *Geum reptans* in den Testflächen und Deckungsgrade in %

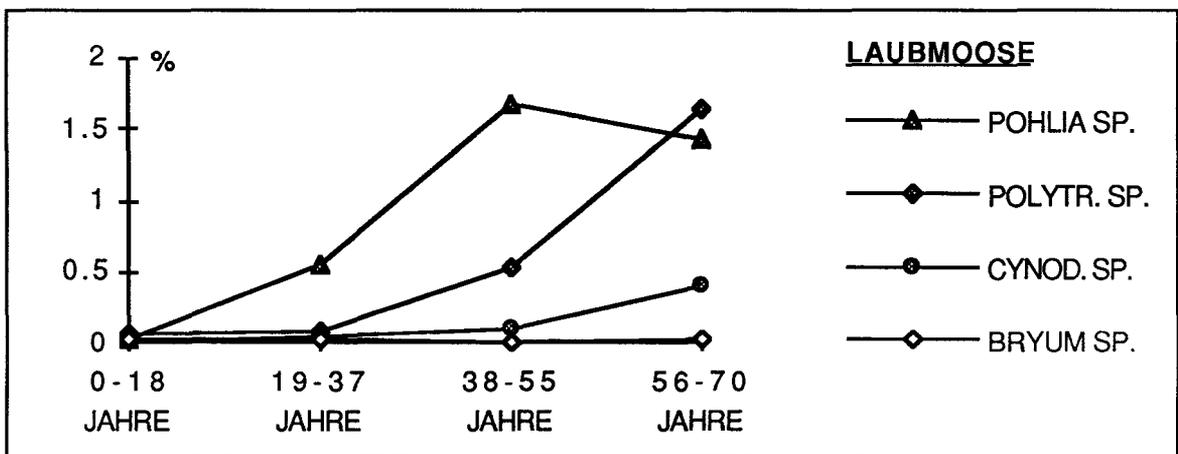


Fig. 25: Entwicklung der Deckungsgrade der Laubmoose in Abhängigkeit der Dauer der Eisfreiheit

Polytrichum sp.

Zeigt eindeutige Kompetenz in den Substraten Ruhschutt und Anstehender Fels sowohl bei der Verbreitung mit Werten über 50% als auch bei den Deckungsgraden mit Werten $>0.5\%$. In den übrigen Substraten ist diese Moosgattung weniger prominent, aber regelmässig vertreten. Deutlich schwache Werte beim Deckungsgrad in den Substraten Lockerschutt, Sander und Schneetälchen (vgl. Fig. 26). Ueber die verschiedenen Zeiten ist

eine kontinuierliche Zunahme der Werte des Deckungsgrades zu beobachten, mit immer grösseren Steigerungsraten mit längerer Dauer der Eisfreiheit (vgl. Fig. 25).

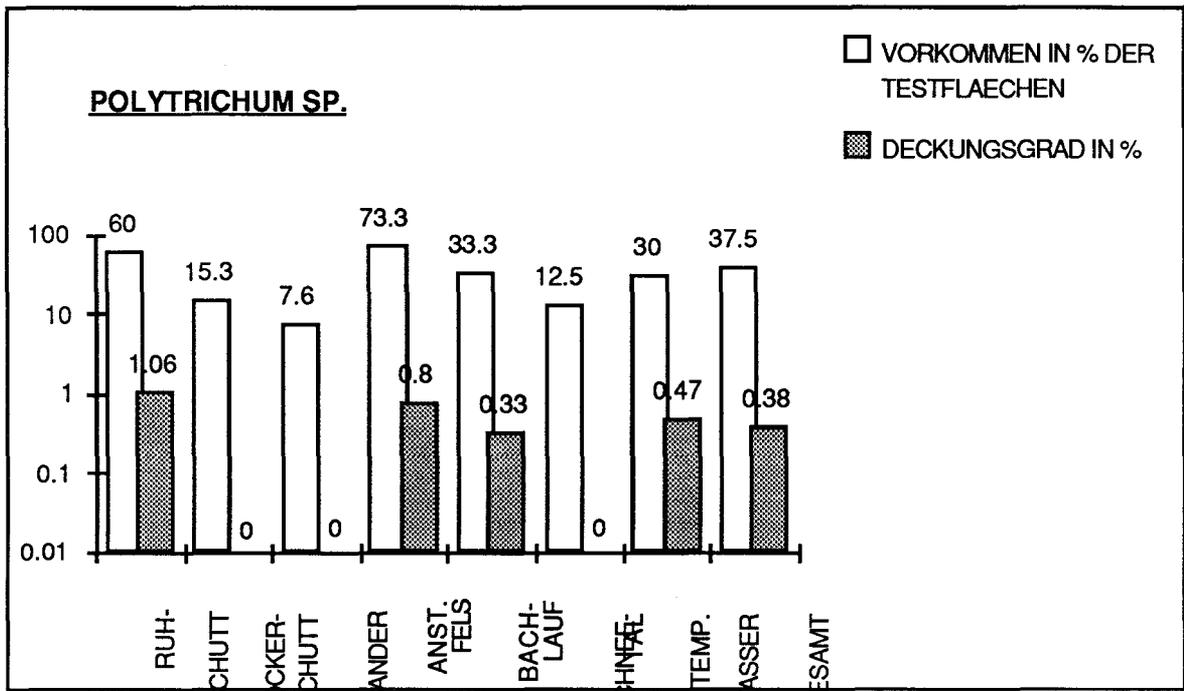


Fig. 26: Prozentuales Auftreten von *Polytrichum sp.* in den Testflächen und Deckungsgrade in %

Cerastium trigynum

Die erste der Pionierarten, die in einem der Substrate gänzlich fehlt. In den übrigen Substraten ist sie weit verbreitet, wobei die Substrate Schneetälchen und Temporäre Wasserläufe Vorkommen von über 50% aufweisen. Dieselben Substrate weisen auch Deckungsgrade von über 0.5% auf. Auffallend ist die hohe Kompetenz in den Sandern, die, wegen der kaum gewährleisteten Wasserspeicherung, ein äusserst schwierig zu besiedelndes Substrat sind (vgl. Fig. 27). Ueber die verschiedenen Zeitabschnitte entwickeln sich die Deckungsgrade mit starken Zunahmen in den Anfangsstadien, deutlichem Höchstwert im Zeitabschnitt 3 und bereits markanter Abnahme im Zeitabschnitt 4 (vgl. Fig. 30).

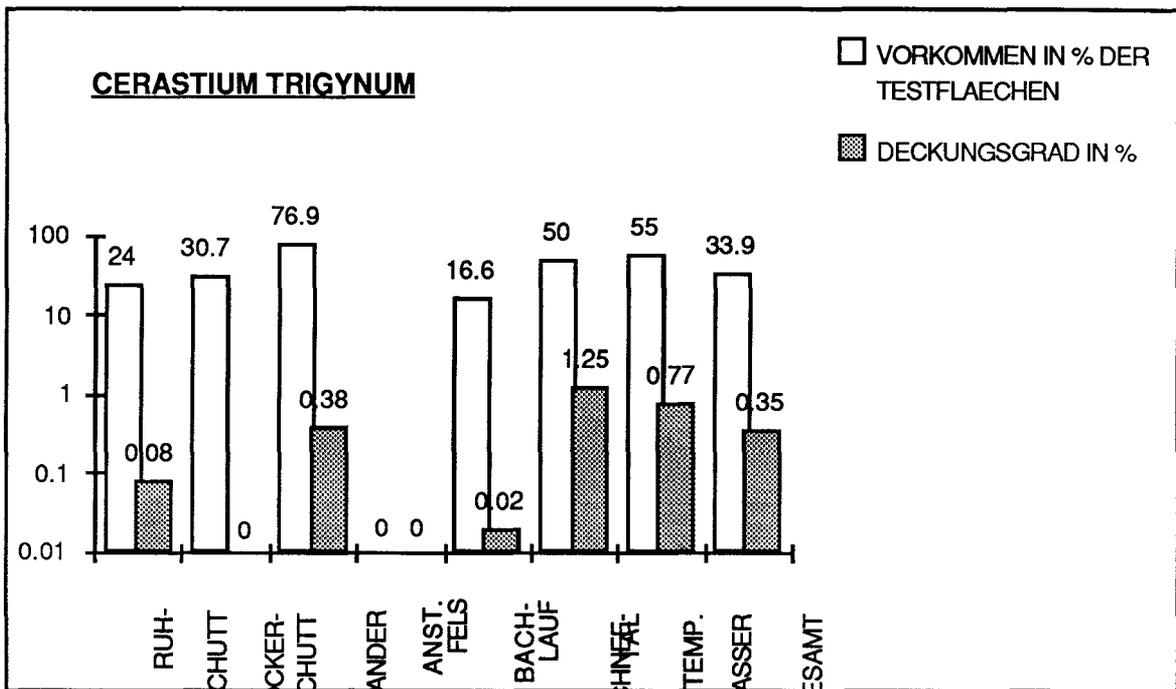


Fig. 27: Prozentuales Auftreten von *Cerastium trigynum* in den Testflächen und Deckungsgrade in %

Saxifraga bryoides

Bereits zwei Substratstypen werden von dieser Art nicht mehr besiedelt, nämlich die Sander und die Schneetälchen. Von den übrigen Substraten sind auch die Temporären Wasserläufe als von dieser Art nicht bevorzugt zu betrachten. Höchste Kompetenz wird im Anstehenden Felsen sowohl bei der Verbreitung als auch beim Deckungsgrad erreicht. Auch im Ruhschutt mit einem Verbreitungswert knapp unter 50% und einem Deckungsgrad mit einem Wert >0.5% (vgl. Fig. 28) kann dem Moosartigen Steinbrch Besiedlungskompetenz zugesprochen werden. Die Deckungsgrade entwickeln sich über die verschiedenen Zeitabschnitte uneinheitlich. Nach hohen Anfangswerten in Zeit 1 und guten Steigerungsraten ist von Zeit 2 zu Zeit 3 ein deutlicher Rückgang der Werte zu verzeichnen, die jedoch im Zeitabschnitt 4 wieder deutlich ansteigen (vgl. Fig. 30).

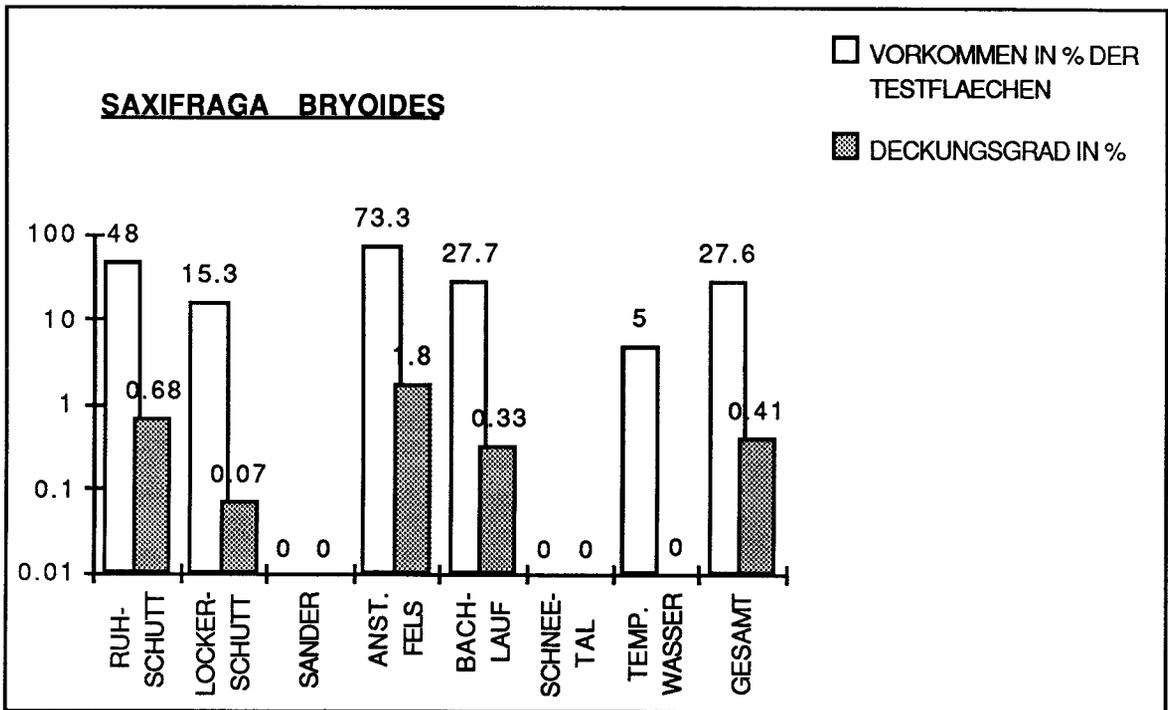


Fig. 28: Prozentuales Auftreten von *Saxifraga bryoides* in den Testflächen und Deckungsgrade in %

Minuartia sp.

Fehlt im Anstehenden Felsen. In den anderen Substraten weit verbreitet, mit klarem Maximum beim Ruhschutt. Kommt in über 50% der Aufnahmeflächen im Ruhschutt, Lockerschutt und in den Sandern vor. Beim Deckungsgrad wird nur im Ruhschutt ein Wert von 0.5% überschritten. Dies ist damit zu begründen, dass die meisten Pflanzen extrem klein sind, und so quantitativ nicht so ins Gewicht fallen. Die Werte des Verbreitung zeigen aber deutlich, dass es sich bei der Miere um eine äusserst kompetente Pionierart handelt (vgl. Fig. 29). Der Verlauf der Deckungsgrade über die Zeiten verläuft sinngemäss wie bei der Art *Saxifraga bryoides*, jedoch mit deutlich geringeren Werten (vgl. Fig. 30).

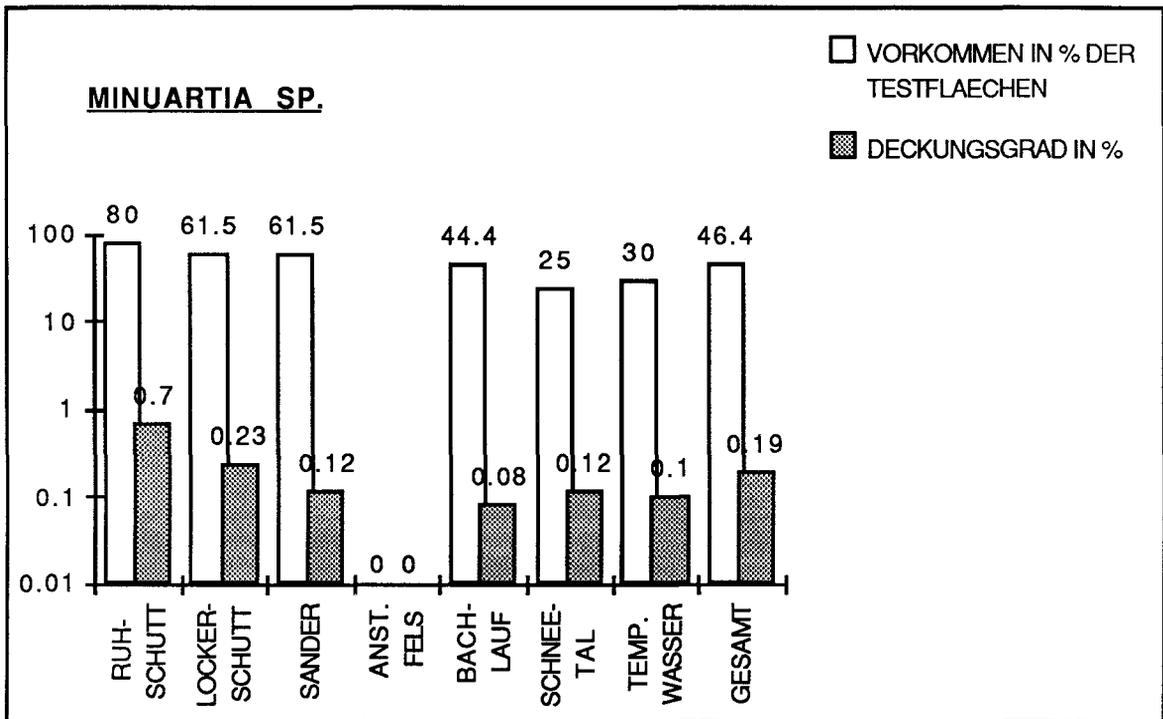


Fig. 29: Prozentuales Auftreten von *Minuartia* sp. in den Testflächen und Deckungsgrade in %

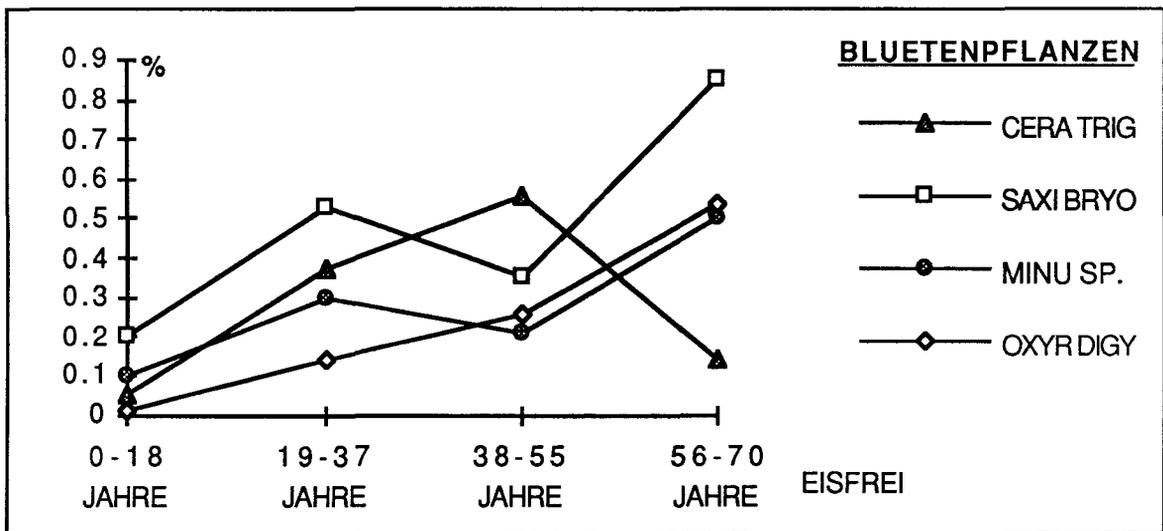


Fig. 30: Entwicklung der Deckungsgrade in Abhängigkeit der Dauer der Eisfreiheit

Oxyria digyna

Der Säuerling ist die für die Schuttfluren auf Silikat dieser Höhenstufe namengebende Pflanze (*Oxyrietum digynae*). Zeigt regelmässige Verbreitung in allen Substraten, ist aber ausser bei den Bachläufen

nirgends prominent vertreten. Auch beim Deckungsgrad wird der Wert 0.5% nicht erreicht, ausgenommen im Substrat Bachlauf annäherungsweise mit dem Wert 0.47% (vgl. Fig. 31). Der Verlauf der Deckungsgrade über die verschiedenen Zeitabschnitte ist bis zur Zeit 3 linear, zum Zeitabschnitt 4 liegt eine leicht erhöhte Zunahme vor, im Allgemeinen besteht aber eine recht regelmässige Entwicklung (vgl. Fig. 30).

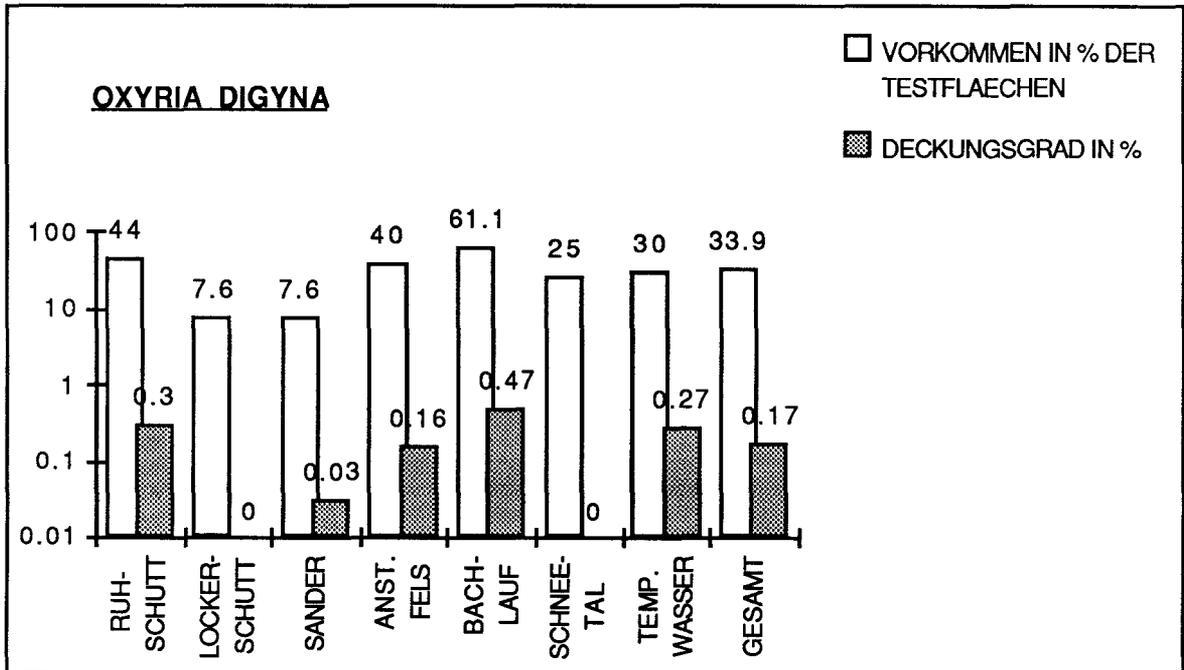


Fig. 31: Prozentuales Auftreten von *Oxyria digyna* in den Testflächen und Deckungsgrade in %

Arabis alpina

Erneut eine Pflanze, die durch weite Verbreitung über alle Substratstypen besticht, ohne jedoch einen Wert von 50% zu erreichen. Deckungsgradmässig ist das Substrat Lockerschutt auffällig, mit einem Wert über 0.3%; der Wert 0.5% wird jedoch nirgends erreicht (vgl. Fig. 32). Durch ihre regelmässige Verbreitung ist die Alpengänsekresse dennoch eine der auffallendsten Pflanzen im Vorfeld, wobei auch hier die niedrigen Deckungsgrade durch die oft winzige Gestalt der Pflanze erklärt werden können. Auffällige Entwicklung der Deckungsgrade über die Zeitabschnitte: Hohe Anfangswerte in Zeit 1, geringe Steigerung in Zeit 2, jedoch deutlicher Abfall in Zeit 3 (vgl. Fig. 33). *Arabis alpina* ist jene Pflanze, die in grösster Nähe zum Gletschereis vorkommt, und seine Pioniereigenschaften in der geringen Konkurrenzfähigkeit in länger eisfreien Gebieten offenbart.

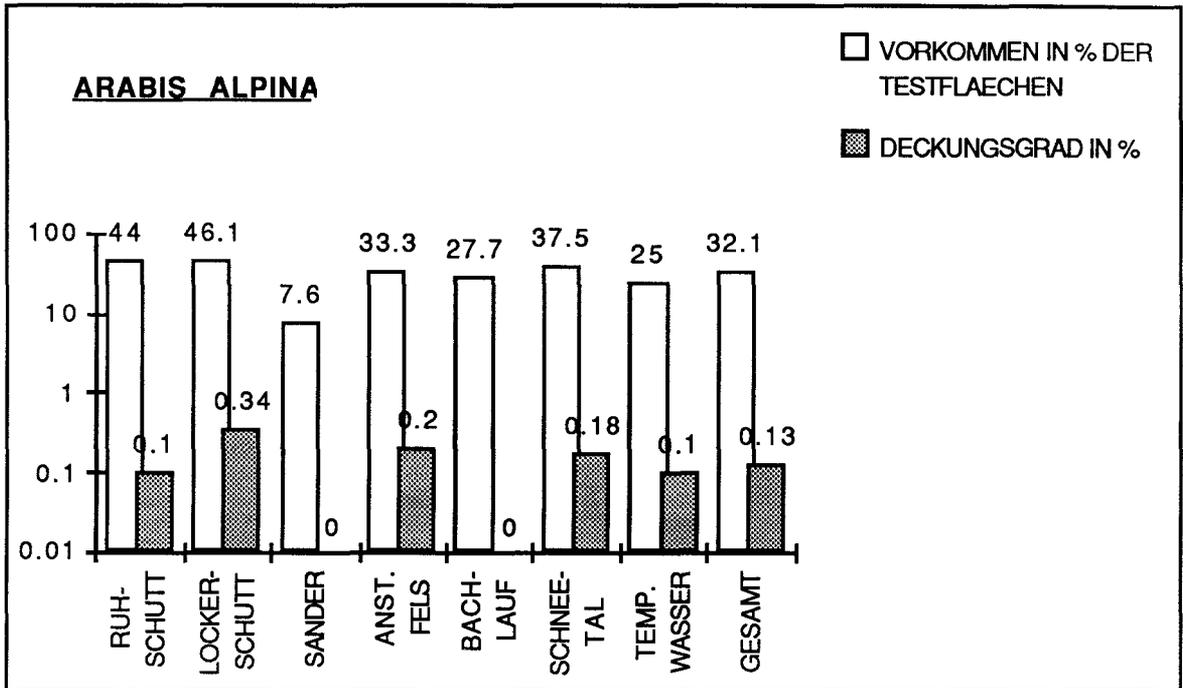


Fig. 32: Prozentuales Auftreten von *Arabis alpina* in den Testflächen und Deckungsgrade in %

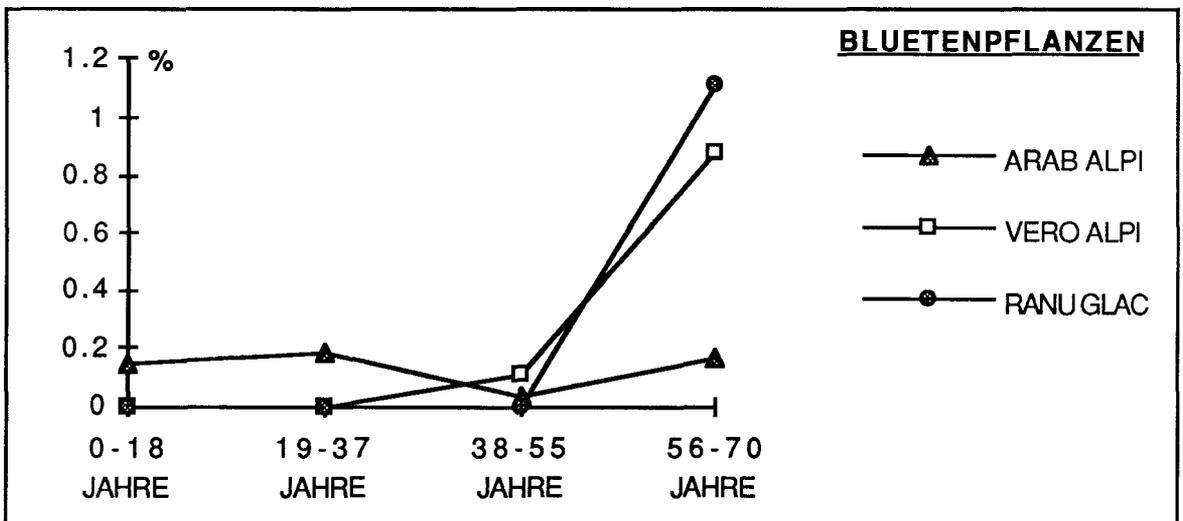


Fig. 33: Entwicklung der Deckungsgrade in Abhängigkeit der Dauer der Eisfreiheit

Cynodontium sp.

Ist eine Moosgattung mit klarer Präferenz für trockene Standorte. Es besteht eine deutliche Bevorzugung des Substrats Anstehender Fels, wo auch die höchsten Werte sowohl bei der Verbreitung als auch beim

Deckungsgrad erreicht werden. Sie fehlt in den Schneetälchen, hat aber in den übrigen Substraten regelmässiges Vorkommen bei geringen Deckungsgraden (vgl. Fig. 34). Diese können wiederum mit der kleinen Gestalt der Pflanze erklärt werden. *Cynodontium sp.* zeigt eine langsame Entwicklung der Deckungsgrade, mit diesbezüglich geringen Werten und Zuwachsraten, die einzig im Zeitabschnitt 4 geringfügig grösser werden (vgl. Fig. 25).

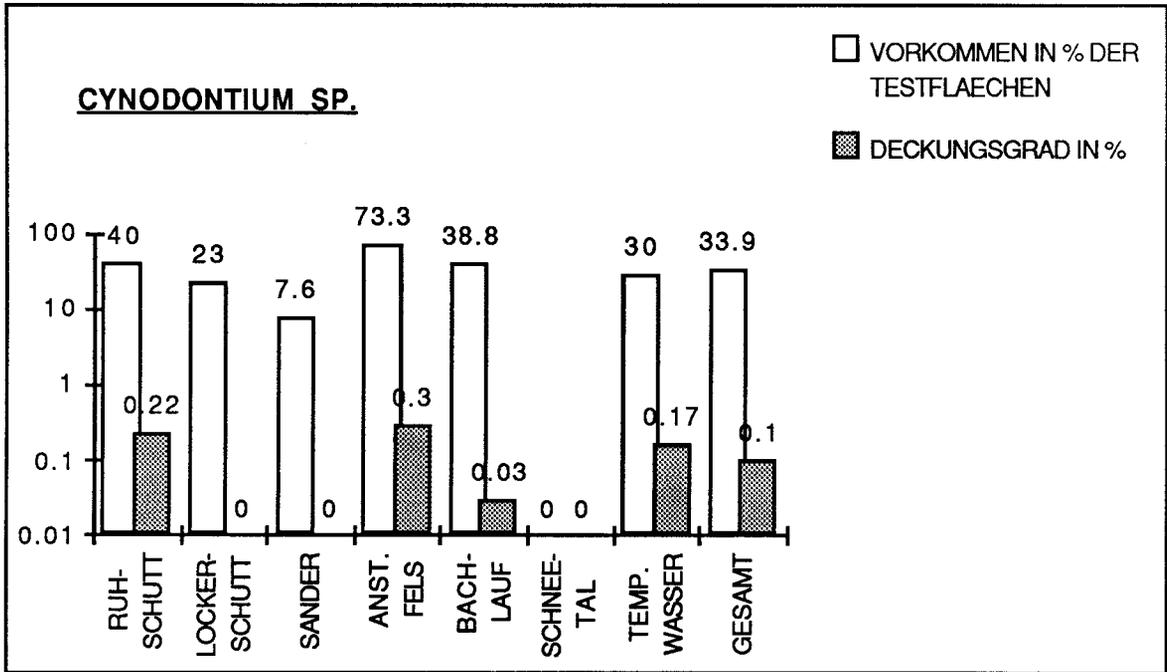


Fig. 34: Prozentuales Auftreten von *Cynodontium sp.* in den Testflächen und Deckungsgrade in %

Veronica alpina

Das Alpenehrenpreis ist eine Art mit Verbreitung im Ruhschutt sowie in zwei dazugehörigen Subsubstraten. Sie fehlt in allen anderen Substraten und ist im Ruhschutt sowohl in Bezug auf Deckungsgrad als auch auf Verbreitung am kompetentesten (vgl. Fig. 35). Für die zeitliche Entwicklung sind die Deckungsgrade erst im Zeitabschnitt 3 relevant, mit einer deutlichen Steigerung im Zeitabschnitt 4 (vgl. Fig. 33). Daraus wird deutlich, dass sich diese Pflanze erst nach einer bestimmten Dauer der Eisfreiheit im Vorfeld etablieren kann.

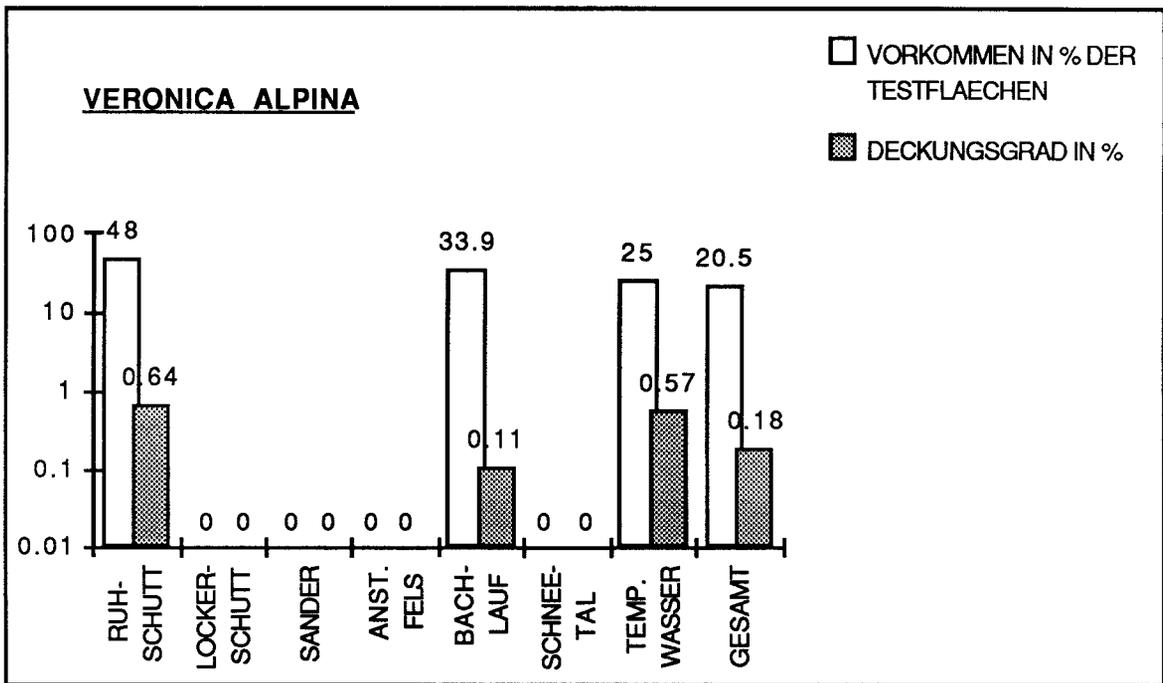


Fig. 35: Prozentuales Auftreten von *Veronica alpina* in den Testflächen und Deckungsgrade in %

Ranunculus glacialis

Der Gletscherhahnenfuss besteht vor allem durch den hohen Deckungsgrad im Subsubstrat Temporäre Wasserläufe (vgl. Fig. 36). Er erreicht aber nirgends annähernd befriedigende Werte der Verbreitung, fehlt gänzlich in vier Substraten und wird hier nur aufgeführt, wegen des oben erwähnten hohen Deckungsgrades. Auch in der Entwicklung des Deckungsgrades über die vier Zeitabschnitte fällt auf, dass ausser einem Einzelexemplar im Zeitabschnitt 2 die Art in den ersten 3 Zeitabschnitten gänzlich fehlt, sich aber in Zeit 4 mit einem Wert 1.11% gut etabliert (vgl. Fig. 33).

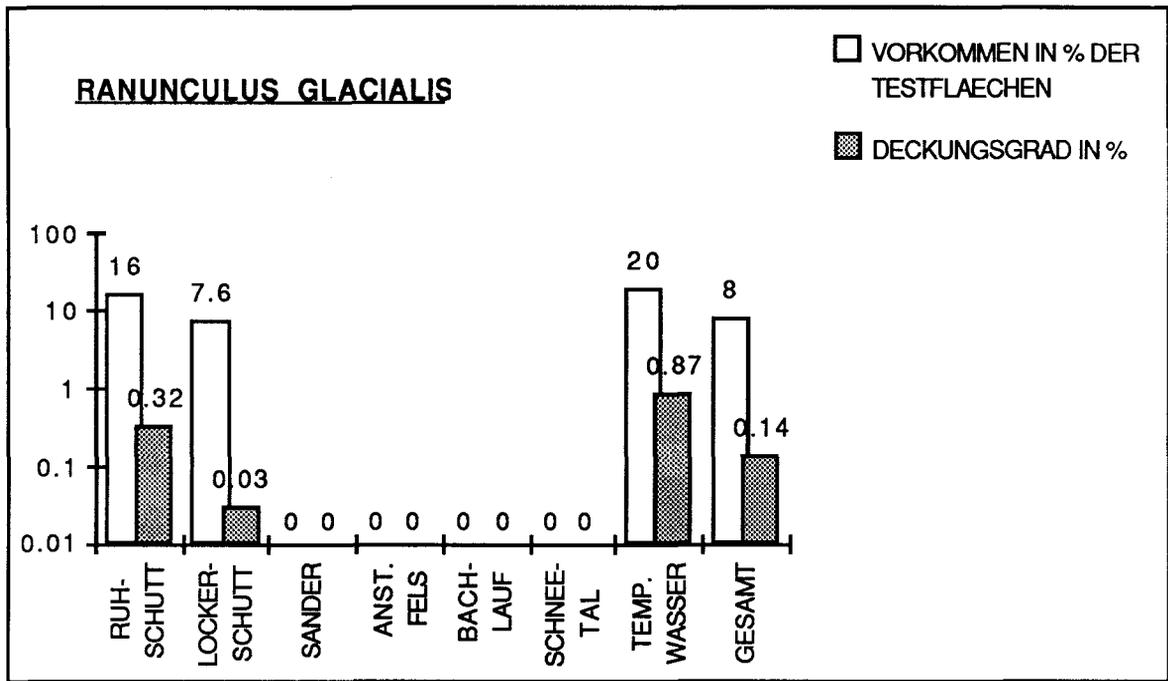


Fig. 36: Prozentuales Auftreten von *Ranunculus glacialis* in den Testflächen und Deckungsgrade in %

Bryum sp.

Diese Moosgattung fällt auf durch ihre regelmässige Verbreitung über alle Substratstypen. Ausser im Ruhschutt erreicht sie keine bemerkenswerten Werte, ist im Vorfeld aber regelmässig anzutreffen (vgl. Fig. 37). Die geringen Deckungsgrade erklären sich wiederum durch die kleine Gestalt der Pflanze. Auch über die verschiedenen Zeitabschnitte wird eine auffallend regelmässige Verteilung der Deckungsgrade beobachtet, und zwar mit sehr kleinen Werten. Auffallend ist hier, dass die höchsten Werte im Zeitabschnitt 1 auftreten und diese im Zeitabschnitt 4 nicht mehr erreicht werden (vgl. Fig. 25).

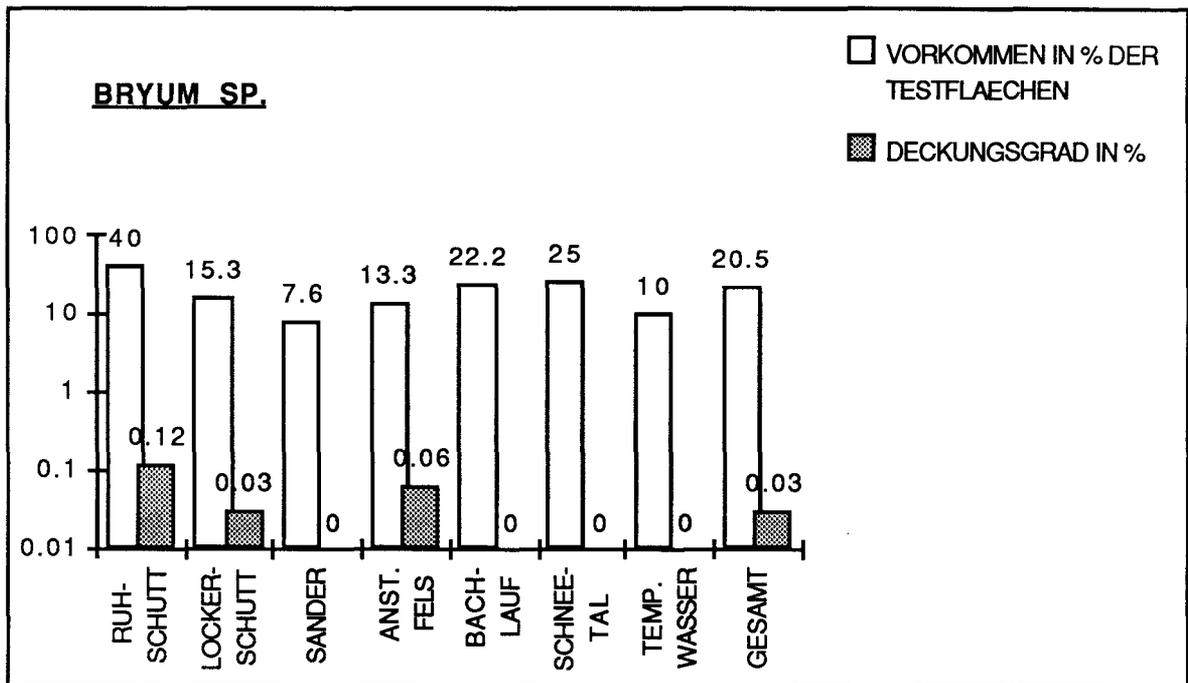


Fig. 37: Prozentuales Auftreten von *Bryum sp.* in den Testflächen und Deckungsgrade in %

4.2.2 Besiedlung in Abhängigkeit vom Standort

Aus der Auswertung der Testflächen mit einem durchschnittlichen Deckungsgrad >15% werden folgende Sachverhalte ersichtlich:

1. Werte >30% werden nur auf einem Spezialstandort erreicht, nämlich dem Ruhschuttsubstrat Temporärer Wasserlauf und da nur in Zeitabschnitt 4. Dieser regelmässig durchfeuchtete, quellflurartige Standort ist auch optisch im Vorfeld durch einen fächerartigen Vegetationsbewuchs von der Kuppe den Abhang hinunter Richtung See charakterisiert. (Vgl. Abb. 1, Untersuchungsgebiet).
2. Die höchsten Werte in einem Hauptsubstrat werden in fünf der zehn Testflächen des Hauptsubstrates Ruhschutt im Zeitabschnitt 4 mit Werten von 20%-30% erreicht.
3. Werte 15%-20% werden drei mal im Hauptsubstrat Ruhschutt im Zeitabschnitt 4 und je einmal im Substrat Anstehender Fels und im Substrat Temporärer Wasserlauf jeweils im Zeitabschnitt 3 erreicht.

Daraus lässt sich folgern, dass eine regelmässige Durchfeuchtung mit feinmaterialreichem Gletschervorfeldabfluss die höchsten Deckungsgrade erzeugt. Die Bedeutung der Dauer der Eisfreiheit in Bezug auf den Deckungsgrad zeigt sich darin, dass sich bis auf zwei Testflächen mit

Werten um 15%-20% im Zeitabschnitt 3 sich alle Flächen mit Werten 15%-20% im Zeitabschnitt 4 befinden.

Mit einer einzigen Ausnahme gehören alle Testflächen mit Werten 15%-20% zum Hauptsubstrat Ruhschutt bzw. zu dessen Subsubstrat Temporärer Wasserlauf, während die restlichen Substrate und Subsubstrate durchwegs bescheidenere Werte aufweisen.

GESAMTDECKUNGSGRAD > 50%:

Zwei Testflächen, beide aus dem Subsubstrat Temporärer Wasserlauf.

Nr. 720: NW-exponiert, feucht.

Artenzusammensetzung, in Kategorien nach Deckungsgrad:

>5%: *Poa alpina* 10-20%, *Cerastium uniflorum* 10-20%, *Geum montanum* 5-10%, *Chrysanthemum alpinum* 5-10%.

>3%: *Veronica alpina* 3%, *Ranunculus glacialis* 4%, *Oxyria digyna* 3%.

>1%: *Arabis alpina* 2%, *Saxifraga seguieri* 2%, *Geum reptans* 1%.

Nr. 717: Flach, nass.

Artenzusammensetzung, in Kategorien nach Deckungsgrad:

>5%: *Pohlia* sp. 40-50%, *Poa alpina* 10-20%.

>3%: *Polytrichum* sp. 4%, *Veronica alpina* 3%, *Saxifraga stellaris* 3%.

>1%: *Cerastium trigynum* 2%, *Ranunculus glacialis* 2%, *Epilobium alpinum* 1%.

GESAMTDECKUNGSGRAD 40-50%:

Zwei Testflächen, wieder beide aus dem Subsubstrat Temporärer Wasserlauf.

Nr. 718: Flach, nass.

Artenzusammensetzung, in Kategorien nach Deckungsgrad:

>5%: *Chrysanthemum alpinum* 5-10%, *Ranunculus glacialis* 5-10%, *Poa alpina* 5-10%.

>3%: *Polytrichum* sp. 4%, *Geum montanum* 4%, *Geum reptans* 4%, *Pohlia* sp. 3%.

>1%: *Cerastium uniflorum* 2%, *Oxyria digyna* 2%, *Saxifraga seguieri* 1%, *Cynodontium* sp. 1%.

Nr. 716: Flach, nass.

Artenzusammensetzung, in Kategorien nach Deckungsgrad:

>5%: *Pohlia* sp. 10-20%, *Poa alpina* 10-20%.

>3%: *Polytrichum* sp. 3%.

>1%: *Cerastium trigynum* 1%.

GESAMTDECKUNGSGRAD 30-40%:

Eine Testfläche, erneut aus dem Substrat Temporärer Wasserlauf.

Nr. 719: Flach, nass.

Artenzusammensetzung, in Kategorien nach Deckungsgrad:

>5%: *Poa alpina* 20-30%, *Pohlia* sp. 5-10%.

>3%: *Ranunculus glacialis* 4%.

>1%: *Gnaphalium supinum* 1%, *Minuartia* sp. 1%.

GESAMTDECKUNGSGRAD 20-30%:

Fünf Testflächen, alle aus dem Substrat Ruhschutt.

Nr. 116: NW-exponiert, feucht.

Artenzusammensetzung, in Kategorien nach Deckungsgrad:

>5%: *Saxifraga bryoides* 5-10%.

>3%: *Polytrichum* sp. 4%, *Poa alpina* 3%.

>1%: *Chrysanthemum alpinum* 2%, *Geum reptans* 1%, *Minuartia* sp. 1%, *Rhacomitrium* sp. 1%.

Nr. 118: NW-exponiert, trocken

Artenzusammensetzung, in Kategorien nach Deckungsgrad:

>5%: Keine Arten.

>3%: *Polytrichum* sp. 4%, *Androsace vandellii* 4%, *Poa alpina* 3%.

>1%: *Cerastium uniflorum* 2%, *Chrysanthemum alpinum* 2%,
Geum reptans 1%, *Oxyria digyna* 1%, *Saxifraga bryoides* 1%.

Nr. 119: NW-exponiert, trocken.

Artenzusammensetzung, in Kategorien nach Deckungsgrad:

>5%: *Chrysanthemum alpinum* 5-10%, *Poa alpina* 5-10%.

>3%: *Polytrichum* sp. 3%.

>1%: *Veronica alpina* 1%.

Nr. 123: NW-exponiert, trocken.

Artenzusammensetzung, in Kategorien nach Deckungsgrad:

>5%: *Chrysanthemum alpinum* 5-10%, *Geum reptans* 5-10%.

>3%: *Poa alpina* 3%, *Veronica alpina* 3%.

>1%: *Minuartia* sp. 2%, *Polytrichum* sp. 1%, *Saxifraga bryoides* 1%.

Nr. 125: NW-exponiert, trocken.

Artenzusammensetzung, in Kategorien nach Deckungsgrad:

>5%: *Chrysanthemum alpinum* 5-10%.

>3%: *Saxifraga bryoides* 3%, *Poa alpina* 3%.

>1%: *Veronica alpina* 2%, *Doronicum clusii* 2%, *Cynodontium* sp. 1%, *Oxyria digyna* 1%, *Cynodontium* sp. 1%.

GESAMTDECKUNGSGRAD 15-20%:

Fünf Testflächen, drei aus dem Substrat Ruhschutt (Nr. 121, 122, 124), eine aus dem Substrat Anstehender Fels (Nr. 412), eine aus dem Subsubstrat Temporärer Wasserlauf (Nr. 715).

Nr. 121: Schneetälchencharakter (Mulde), trocken..

Artenzusammensetzung, in Kategorien nach Deckungsgrad:

>5%: Keine Arten.

>3%: *Poa alpina* 3%.

>1%: *Minuartia sp.* 2%, *Veronica alpina* 2%, *Oxyria digyna* 2%
Cerastium uniflorum 2%, *Desmatodon sp.* 1%, *Ranunculus glacialis* 1%, *Arabis alpina* 1%.

Nr. 122: NW-exponiert, trocken.

Artenzusammensetzung, in Kategorien nach Deckungsgrad:

>5%: Keine Arten.

>3%: *Chrysanthemum alpinum* 4%, *Polytrichum sp.* 3%.

>1%: *Poa alpina* 2%, *Minuartia sp.* 2%, *Veronica alpina* 2%,
Cynodontium sp. 1%, *Salix herbacea* 1%, *Saxifraga seguieri* 1%, *Ranunculus glacialis* 1%.

Nr. 124: NW-exponiert, trocken.

Artenzusammensetzung, in Kategorien nach Deckungsgrad:

>5%: *Chrysanthemum alpinum* 5-10%.

>3%: Keine Arten.

>1%: *Doronicum clusii* 2%, *Saxifraga bryoides* 2%, *Sedum alpestre* 1%, *Veronica alpina* 1%, *Ranunculus glacialis* 1%,
Geum reptans 1%.

Nr. 412: N-exponiert, trocken.

Artenzusammensetzung, in Kategorien nach Deckungsgrad:

>5%: *Cerastium uniflorum* 5-10%.

>3%: *Cynodontium sp.* 3%.

>1%: *Sanionia sp.* 2%, *Rhacomitrium sp.* 2%, *Poa alpina* 2%.

Nr. 715: Flach, feucht.

Artenzusammensetzung, in Kategorien nach Deckungsgrad:

>5%: *Pohlia sp.* 10-20%.

>3%: Keine Arten.

>1%: *Poa alpina* 2%

Die tabellarische Darstellung dieser Auswertung gibt eine Uebersicht zu den häufigsten Arten. Auffallend dabei ist, dass mit Ausnahme der Moosgattung *Bryum sp.* alle im Vorfeld häufigsten Arten vertreten sind. Erfolgreichste Taxa sind dabei, wie im gesamten Vorfeld, *Poa alpina*, *Pohlia sp.* und *Chrysanthemum alpinum*. Dennoch weisen in den bestüberwachsenen Testflächen bereits auch andere Arten wie *Androsace vandellii*, *Doronicum clusii*, *Saxifraga stellaris* und *Geum montanum* (vgl. Tab. 9) hohe Deckungsgrade auf.

Tab. 9: Testflächen mit höchstem Deckungsgrad im gesamten Vorfeld und die darin vertretenen Arten mit Deckungsgrad >1%. (Deckungsgrade: >5%=x, >3%=+ >1%=°)

Flächennr.	720	717	718	716	719	116	118	119	123	125	121	122	124	715	412
ART															
Poa alpi	x	x	x	x	x	+	+	x	1	+	+	°		°	°
Pohlia sp		x	+	x	x									x	
Chry alpi	x		x			°	°	x	x	x		+	x		
Cera unif	x		°				°				°	°			x
Ranu glac	+	°	x		+						°	°	°		
Polytr sp		+	+	+		+	+	+	°			+			
Geum rept	°		+			°	°		x				°		
Saxi bryo						x	°		°	+			°		
Oxyr digy	+		°				°			°	°	°			
Vero alpi	+	+						°	+	°	°	°	°		
Arab alpi	°										°	°			
Saxi segu	°		°												
Geum mont	x		+												
Andr vand							+								
Minu sp					°	°			°		°	°			
Doro clus										°			°		
Saxi stel		+													
Cera trig		°		°											
Cyno sp			°							°					
Sani sp															°
Gnap supi					°										
Desm sp											°	°			
Sedu alpe													°		
Epil alpi		°													

4.2.3 Auswertung der Initialphase

Da noch keine grosse Differenzierung zwischen Haupt- und Subsubstraten sichtbar ist (vgl. Fig 38), werden nur die Hauptsubstrate ausgewertet.

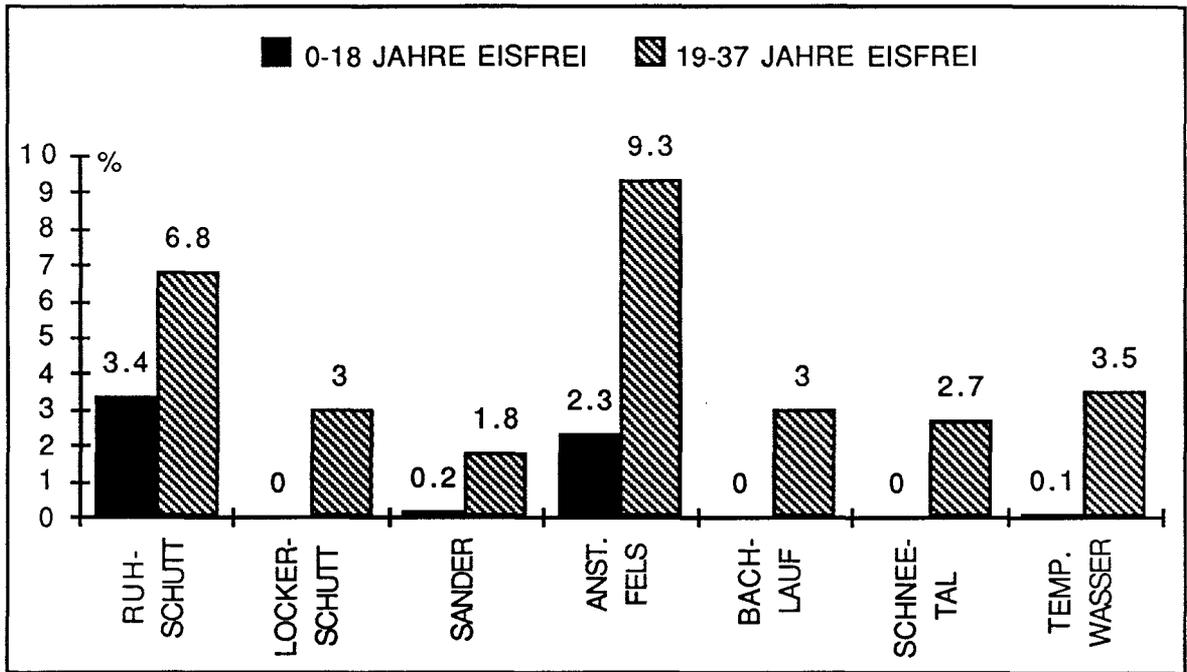


Fig. 38: Entwicklung der Gesamtdeckungsgrade in der Initialphase der Besiedlung

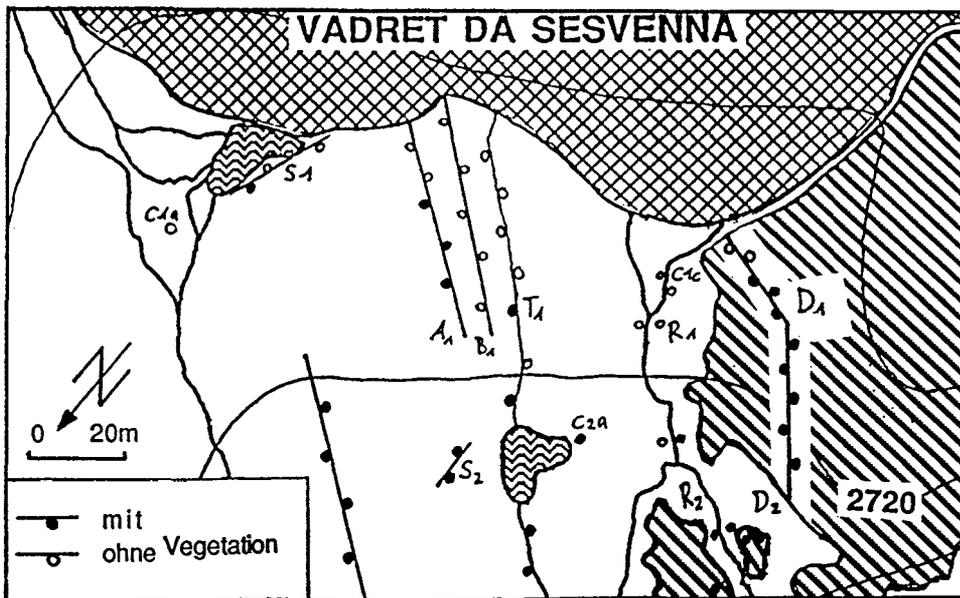


Fig. 39: Lage der gletschernahen, vegetationslosen Testflächen

Diese Auswertung zeigt deutlich, dass die Erstbesiedler mit hohen Deckungsgraden von Substrat zu Substrat verschieden sind. In der Regel kommen jene Arten, die im Zeitabschnitt 1 in einem bestimmten Substrat hohe Werte beim Deckungsgrad erreichen, auch in Zeit 2 mit bedeutenden Werten vor. Nur wenige Taxa erreichen in einem Zeitabschnitt substratsübergreifend hohe Werte, sind also als Allround-Pioniere zu betrachten.

Im Zeitabschnitt 1 sind dies *Poa alpina* (hohe Werte in Substrat A, C, D), *Minuartia sp.* (hohe Werte in Substrat A, C) und *Cerastium uniflorum* (hohe Werte in Substrat A, D).

Im Zeitabschnitt 2 sind es die Taxa *Pohlia sp.* (hohe Werte in Substrat A, B, C), *Geum reptans* (hohe Werte in Substrat A, B, D) und *Minuartia sp.* (hohe Werte in Substrat A, B, C). Das Fehlen von *Poa alpina* in der Auflistung der substratsübergreifenden Arten des Zeitabschnittes 2 ist erstaunlich, ist es doch im gesamten Vorfeld eine der auffälligsten Grasarten. Mit Bestimmtheit lässt sich jedoch sagen, dass die in den einzelnen Substraten aufgeführten Arten auf sinngemäßem Untergrund und bei ähnlichen Bedingungen von Höhenlage, Geologie und Klima beste Voraussetzungen für einen, den Umständen entsprechenden, guten biologischen Erosionsschutz mitbringen.

Zeit 1 (0 - 18 Jahre eisfrei)

Ruheschutt

(Flächennummern 11-15). Die zwei gletschernächsten Aufnahmen ohne Vegetation (vgl. Fig. 39), die restlichen drei Aufnahmen haben einen Gesamtdeckungsgrad von 3-9%, wobei die dritte Aufnahme mit 9% den höchsten Gesamtdeckungsgrad und mit insgesamt dreizehn Arten die grösste Artenvielfalt dieses Zeitabschnittes aufweist (vgl. Anhang 6). Die höchsten Deckungsgrade erreichen die Arten *Poa alpina* mit 0.60%, *Minuartia sp.* 0.6%, *Cerastium uniflorum* 0.50% und *Pohlia sp.* 0.40%.

Lockerschutt

(Flächennummern 21-25). Alle Testflächen ohne Vegetationsbewuchs (vgl. Fig. 39).

Sander

(Flächennummern 31-35).

Die drei Testflächen in den fluvial beeinflussten, gletschnahen Sandern sind vegetationslos, die beiden Testflächen im fluvial nicht beeinflussten Sander C1b (vgl. Fig. 39) haben je einen Gesamtdeckungsgrad von 0,5% und mit insgesamt acht Arten eine mittlere Artenvielfalt (vgl. Anhang 6). Die

höchsten Deckungsgrade erreichen die Arten *Cerastium trigynum* mit 0.10%, *Poa alpina* 0.10%, *Rhacomitrium sp.* 0.004% und *Minuartia sp.* 0.004%.

Anstehender Fels

(Flächennummern 41-45). Keine Vegetation weisen die beiden gletschernächsten Aufnahmen auf (vgl. Fig. 39), die restlichen drei Aufnahmen haben Gesamtdeckungsgrade von 2,5%-9%. Eine auffallend hohe Artenvielfalt zeigen die Flächen Nr. 43 und Nr. 45 auf, insgesamt elf Arten (vgl. Anhang 6). Die höchsten Deckungsgrade erreichen die Arten *Saxifraga bryoides* mit 1.20%, *Cerastium uniflorum* 0.70%, *Arabis alpina* 0.6% und *Poa alpina* 0.5%.

Zeit 2 (19 - 37 Jahre eisfrei)

Ruhschutt

(Flächennummern 16-110). Alle Flächen sind mit Vegetationsbewuchs und haben einen Gesamtdeckungsgrad von 5%-8%. Insgesamt kommen achtzehn Arten vor (vgl. Anhang 7). Die höchsten Deckungsgrade erreichen *Poa alpina* mit 1.50%, *Geum reptans* 1.50%, *Pohlia sp.* 1.40% und *Minuartia sp.* 1.00%.

Lockerschutt

(Flächennummern 26-210). Alle Flächen haben Vegetationsbewuchs mit einem Gesamtdeckungsgrad von 0,5%-4,5%. Insgesamt kommen dreizehn Arten vor (vgl. Anhang 7). Die höchsten Deckungsgrade erreichen *Geum reptans* mit 1.10%, *Arabis alpina* 0.70%, *Pohlia sp.* 0.50% und *Minuartia sp.* 0.30%.

Sander

(Flächennummern 36-310). Alle Flächen haben Vegetationsbewuchs mit Gesamtdeckungsgraden von 0,5%-3%. Insgesamt kommen elf Arten vor (vgl. Anhang 7). Die höchsten Deckungsgrade erreichen *Cerastium trigynum* mit 0.80%, *Minuartia sp.* 0.30%, *Pohlia sp.* 0.10% und *Cerastium uniflorum* 0.10%.

Anstehender Fels

(Flächennummern 46-410). Alle Flächen weisen Vegetationsbewuchs mit Gesamtdeckungsgraden von 6,5%-12% auf. Insgesamt kommen zwölf Arten vor (vgl. Anhang 7). Die höchsten Deckungsgrade erreichen *Saxifraga bryoides* mit 3.10%, *Cerastium uniflorum* 1.9%, *Geum reptans* 1.80%, *Chrysanthemum alpinum* 1.6%.

Um einen Anhaltspunkt des Entwicklungsstadiums der Vorfeldvegetation geben zu können, wurde diese mit der Nachbarvegetation verglichen. Dabei wurde aus dem Vorfeld nur das Substrat Ruhschutt berücksichtigt, was

angesichts der Tatsache, dass dieses über 80% der Fläche des Untersuchungsgebiets einnimmt, naheliegend erscheint.

Aus den Vergleichen der durchschnittlichen Deckungsgrade wird deutlich sichtbar, dass der Ablauf der Entwicklung klar in drei Stufen gegliedert ist. Im Vorfeld wird im Verlauf der Vegetationsentwicklung im Zeitabschnitt 4 (56-ca.70 Jahre eisfrei) ein durchschnittlicher Deckungsgrad von 19.8% erreicht. Der Uebergang zur Nachbarvegetation in der stabilisierten Schutthalde ist noch nicht als absehbarer Entwicklungsverlauf erkennbar, sondern verläuft sprunghaft mit einer Zunahme des durchschnittlichen Deckungsgrades auf 58%. Sinnmässig ist der Uebergang in der Nachbarvegetation selbst, vom Schutt zum Rasen zu interpretieren, mit einem Anstieg von 58% auf 85%. Aus dieser Entwicklung lässt sich schliessen, dass es sich hier um drei voneinander im Entwicklungsstadium deutlich unterschiedliche Vegetationsformen handelt (vgl. Fig. 40).

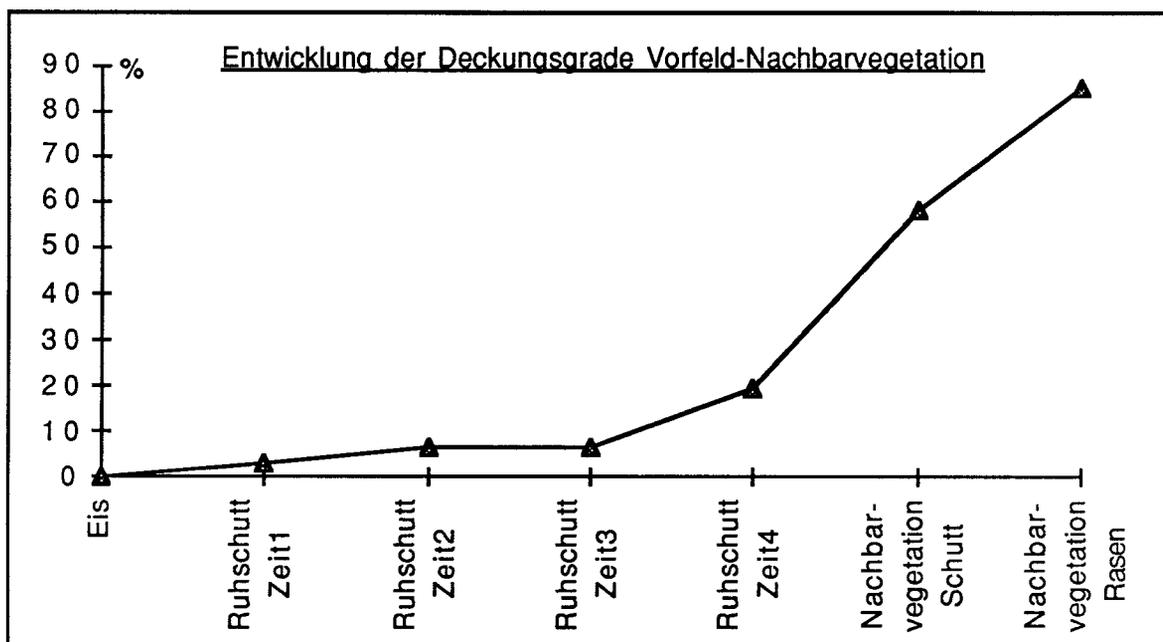


Fig. 40: Deckungsgrade der Vorfeld- und Nachbarvegetation

Die Auswertung der durchschnittlichen Deckungsgrade der häufigsten Arten zeigt, dass der Zusammenhang der drei Vegetationsformen nur undeutlich erkennbar ist. In der Schuttflur der Nachbarvegetation sind unter den 15 häufigsten Arten nur *Chrysanthemum alpinum*, *Poa alpina* und *Veronica alpina* aus den 15 häufigsten Arten des Vorfeldes vertreten, im Rasen sind aus dem Vorfeld nur noch *Chrysanthemum alpinum* und *Poa alpina* unter den häufigsten, während aus der Schuttflur *Leontodon*

helveticus, *Gnaphalium supinum*, *Chrysanthemum alpinum*, *Poa alpina* und die Flechtengattung *Rhizocarpon sp.* vertreten sind.

Die Vergleiche der durchschnittlichen Gesamtdeckungsgrade zeigen ein ähnlich deutliches Bild: So steigt der Wert vom Vorfeld (alle Hauptsubstrate gemittelt) in der Nachbarvegetation der Schuttflur um den Faktor 10 an, während die Zunahme zum Rasen eine 16-fache Steigerung der Deckungsgrade beinhaltet (vgl. Fig. 41, 42 und 43).

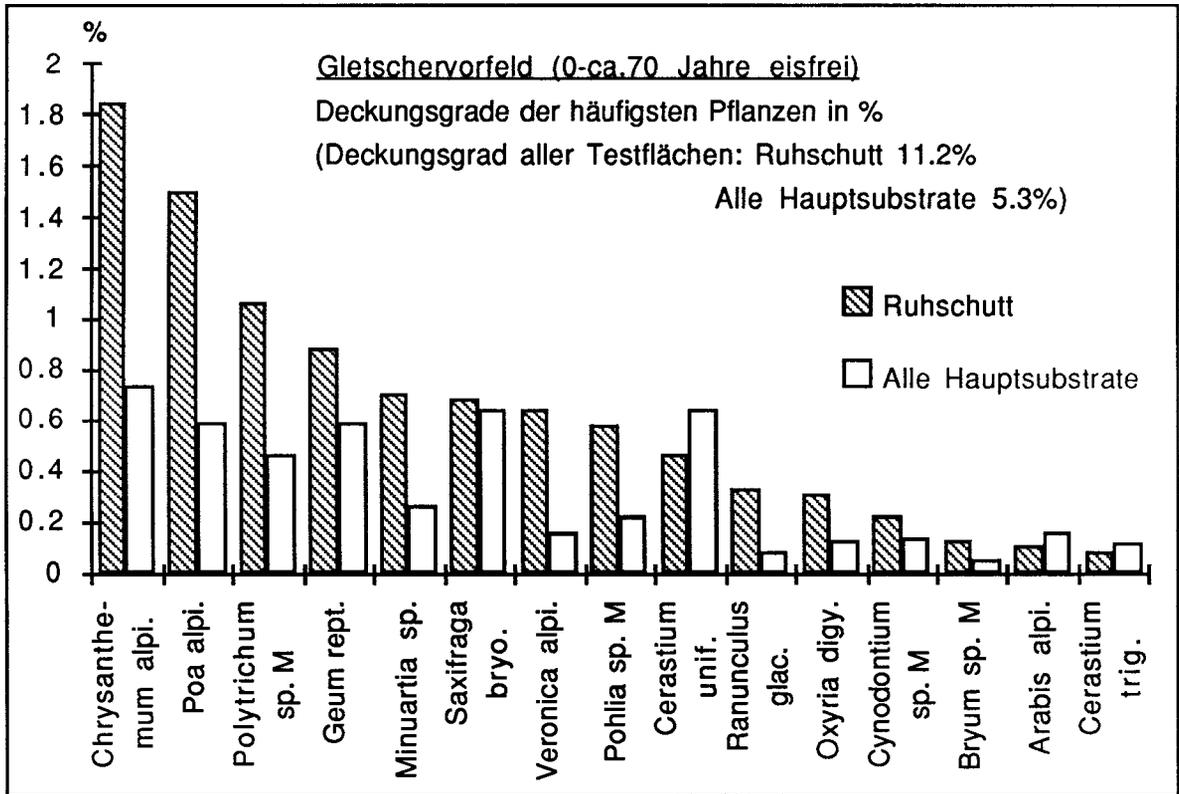


Fig. 41: Deckungsgrade im Vorfeld

Interessanterweise kommen die meisten in der Nachbarvegetation häufigen Arten im vierten Zeitabschnitt des Vorfeldes bereits vor, erreichen jedoch, abgesehen von den oben beschriebenen Arten, kaum nennenswerte Deckungsgrade (vgl. Anhang X und y).

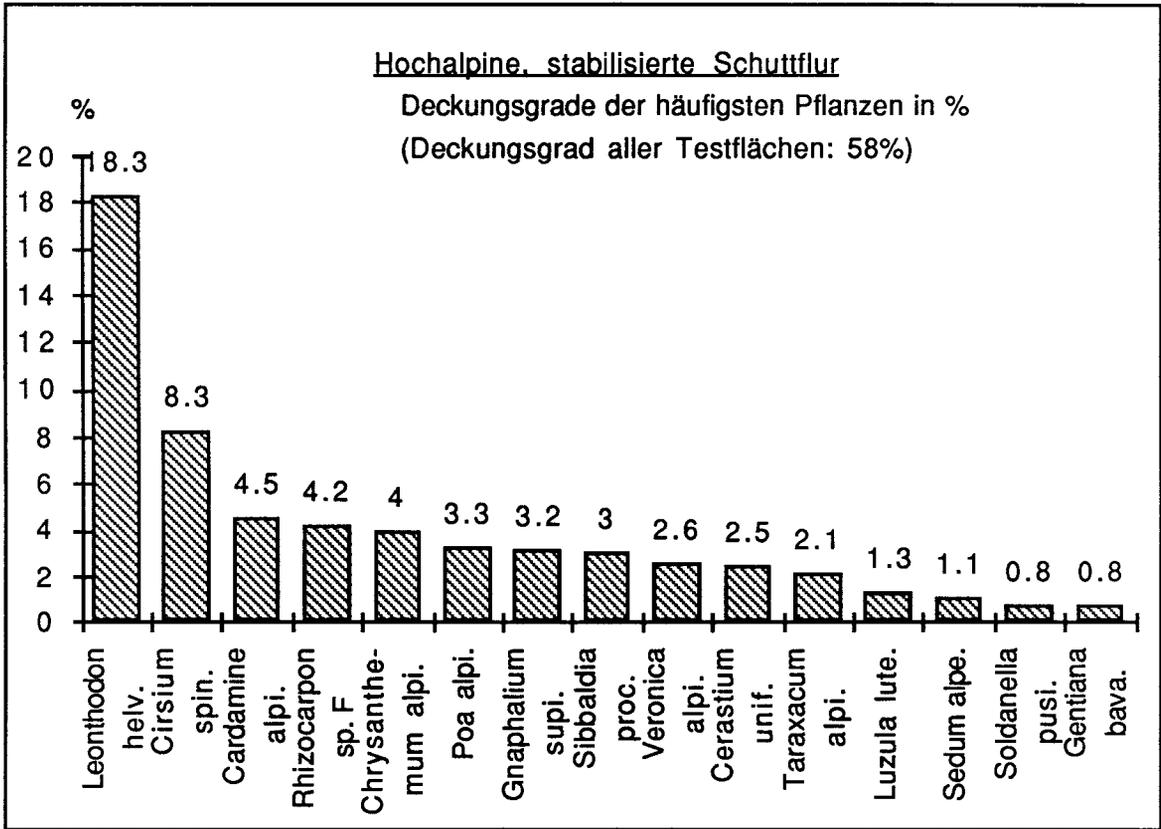


Fig. 42: Deckungsgrade der Nachbarvegetation Schutt

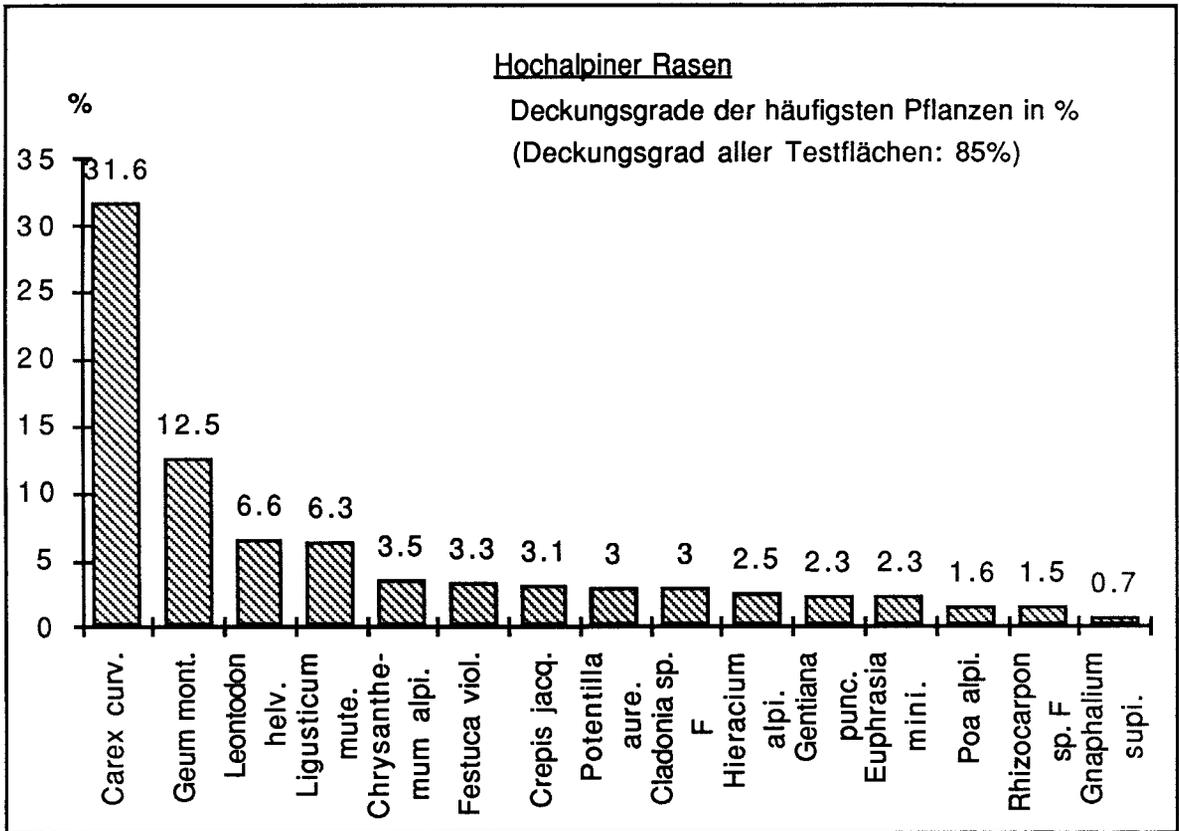


Fig. 43: Deckungsgrade der Nachbarvegetation Rasen

5 DISKUSSION

5.1 DISKUSSION ALLGEMEIN

Im Sesvenna-Gletschervorfeld wurde untersucht, wie sich die Vegetation in hochalpiner Lage auf rezent eisfrei gewordenem Untergrund entwickelt. Die wichtigsten in dieser Arbeit unter die Lupe genommenen Standortsfaktoren sind die Dauer der Eisfreiheit (Zeit) und das Substrat.

Aus der Analyse der gesammelten Daten geht hervor, dass die fünf erfassten Standortparameter Dauer der Eisfreiheit, Substrattyp, Bodenfeuchtigkeit, Topographie und Exposition die Zusammensetzung der Vegetationszusammensetzung im Vorfeld nur teilweise erklären. Dies bedeutet, dass andere Faktoren, welche nicht gemessen wurden oder nicht gemessen werden können (wie z.B. die "zufällige" Neubesiedlung) eine nicht zu unterschätzende Bedeutung haben. Whittaker (1989) hingegen hat mittels Berechnungen von Korrelationskoeffizienten aufgezeigt, dass die Abhängigkeit der Vegetationsentwicklung vom Alter des Terrains weitaus grösser ist, als alle anderen Einflussfaktoren der Umwelt. Da keine Studien aus den Alpen bekannt sind, in denen die Entwicklung der Vegetation auf einer vergleichbaren Höhe von ca. 2700m ü.M. detailliert untersucht wurde, können die im Sesvenna-Gletschervorfeld gewonnenen Ergebnisse bezüglich Dauer der Eisfreiheit nur bedingt mit Ergebnissen anderer Arbeiten verglichen werden. Lüdi (1958) fand im Vorfeld des Aletschgletschers bereits in einem Zeitabschnitt von fünf bis acht Jahren Eisfreiheit 37 Gefässpflanzenarten. 25 Jahre alte Flächen zeigten bereits eine Aussonderung der Ansiedler nach Standorten (Quellfluren oder Gebüsche) und 45 jährige Flächen wurden von Zwergweiden beherrscht (*Salix helvetica*). Ammann (1975) fand am Oberaargletscher bei einer Eisfreiheit von 43-50 Jahren eine Kies-Weidenröschenflur und bei einer Eisfreiheit von 75-90 Jahren neben der Kies-Weidenröschenflur initiale Borstgrasmatten und lockeren Rotschwingelrasen. Schubiger-Bossart (1988) hingegen konnte im Rhonegletschervorfeld in einem vier bis vierunddreissig Jahre eisfreien Gelände Pionier- und Folgegesellschaften, vor allem Trocken- und Magerrasen feststellen, bei einer Eisfreiheit von 34-57 Jahren traten lückige Rasen sowie Weiden- und Grünerlengebüsch auf. Im Sesvenna-Gletschervorfeld treten bei einer Eisfreiheit von 0-18 Jahren 25 Taxa, bei einer Eisfreiheit von 19-37 Jahren 33 Taxa, bei einer Eisfreiheit von 38-56 Jahren 42 Taxa und bei einer Eisfreiheit von 57-ca.70 Jahren 63 Taxa von Blütenpflanzen und Moosen auf. Es ist also eindeutig erkennbar, dass die verschiedenen in der Schweiz untersuchten Gletschervorfelder eine eigene Charakteristik der Vegetationsdynamik aufweisen. Burga (1987) hat im Campo-Gletschervorfeld in den

südrätischen Alpen auf ca. 2'600m ü.M eine kleine Vegetationsaufnahme auf silikatischem Untergrund bei einer Eisfreiheit von ca. 130 Jahren erhoben, wobei er unter anderen *Cerastium uniflorum* und *Saxifraga bryoides* als vorherrschende Arten und *Chrysanthemum alpinum*, *Poa alpina*, *Saxifraga exarata* und *Ranunculus glacialis* als seltener auftretende Arten fand.

Einen weiteren Haupteinfluss auf die Fähigkeit von Pionierpflanzen zur Besiedlung rezent eisfreier Flächen/Gebiete haben die Substrateigenschaften. Im Sesvenna-Gletschervorfeld konnten in den vier Hauptsubstraten Ruhschutt, Lockerschutt, Sander und Anstehender Fels unterschiedliche Entwicklungen der Vegetation festgestellt werden. So unterscheiden sich der Ruhschutt, der Lockerschutt und der Sander alle bezüglich Artenzahl, Artzusammensetzung und Deckungsgrad deutlich voneinander. Auch die Substrate Lockerschutt, Sander und Anstehender Fels unterscheiden sich in der Artenzahl, der Artzusammensetzung und dem Deckungsgrad. Die Vegetation des Ruhschuttes hingegen unterscheidet sich vom Anstehenden Felsen nur bezüglich Deckungsgrad, was ein Hinweis darauf sein könnte, dass die substratspezifischen Eigenschaften des Anstehenden Felsen (spezielle Mikroklimata durch grosse Felsblöcke, die vor Wind schützen und Wärme abstrahlen) für die Vegetationsentwicklung ebenfalls von Bedeutung sind. Schon Cooper (1916) hat am Robson-Gletscher (British Columbia) die Vegetationsentwicklung auf Sander mit derjenigen auf Moränen verglichen, wobei die erstere viel langsamer vor sich ging als die zweitgenannte. Persson (1964) hat die Vegetationsentwicklung auf verschiedenen Substraten am Skaftafellsjökull in Island untersucht und dabei herausgefunden, dass sich die Vegetation auf Substraten mit vielen kleinen Steinen am besten entwickelt, während feinere Texturen der Winderosion ausgesetzt sind. Auch Schubiger-Bossart (1988) fand im Rhonegletschervorfeld unterschiedlich entwickelte Gesellschaften in Abhängigkeit vom Substrat: auf feinerreichem Moränenboden traten *Poa nemoralis*- bzw. *Poa alpina*-Varianten auf, während sie auf feinerdearmem Untergrund flechtenreiche *Cladonia*-Varianten der Weidenröschenflur erkannte. .

5.2 DISKUSSION ZUR NEUBESIEDLUNG

In der vorliegenden Arbeit wird die Art und Weise beschrieben, wie hochalpine Neulandflächen mit silikatischem Untergrund in Gletschervorfeldern ohne anthropogene Beeinflussung von der Vegetation in Besitz genommen werden.

Es werden die Anfangsstadien einer natürlichen Sukzession beschrieben. Die natürliche Sukzession ist als vegetationsdynamischer Prozess in Pflanzengesellschaften zu verstehen, der geprägt ist von den Reproduktions- und Wachstumsstrategien der einzelnen daran beteiligten Arten. In den beschriebenen Sukzessionsstadien kommen Arten vor, die sich durch reichliche Samenproduktion oder effektive vivipare Fortpflanzung und rasche Wachstumsraten auszeichnen. Noch kaum in Erscheinung treten Arten mit hoher Konkurrenzfähigkeit, die durch Ausläufer in bereits vorhandene Pflanzenbestände eindringen und diese verdrängen können. Die letzte sukzessionale Stufe, mit Klimax-Pflanzengesellschaften (z.B. *Caricetum curvulae*), zeichnet sich durch hohes Alter, geringes horizontales Ausbreitungsvermögen und Dominanz durch Stabilität aus. Die hohe Persistenz der ober- und unterirdischen Organe, die enorme Wurzelmasse und deren schwere Zersetzbarkeit ermöglichen den Aufbau einer hohen Streumasse. Die Art *Carex curvula* ist einer der wichtigsten Rasenbildner in der hochalpinen Stufe auf Silikat, deren Keimung aber vielfach schwach ist. Findet eine solche statt, so bildet sich erst nach ca. 100 Jahren ein Horst von 20cm Durchmesser, welcher danach ein Ausbreitungswachstum mit einer Geschwindigkeit von 1mm/Jahr aufweist (Grabherr 1987). Dies zeigt klar die biologischen Grenzen, die durch die verschiedenen Strategien der Pflanzen und deren Zusammenhänge bedingt, und technologisch nicht zu überwinden sind. Angesichts der potentiellen Instabilität und Erosionsanfälligkeit von vegetationslosen Flächen im Hochgebirge drängt es sich auf, murganggefährdete Flächen solcher Art beschleunigt mit hochalpinen Pflanzen neu zu besiedeln und damit zu stabilisieren. Dies wurde bisher hauptsächlich auf Skipistenplanierungen getan, und in der Literatur werden diese Vorgänge unter dem Begriff Renaturierung ausgiebig beschrieben. Das Konzept von Begrünungs- oder Renaturierungsmaßnahmen im Hochgebirge soll zum Ziel haben, die natürlichen Sukzessionsprozesse zu beschleunigen bzw. zu lenken (Grabherr et al. 1988). In dieser Arbeit werden die Ausbreitungs- und Wachstumsdynamik der Pflanzen in frühen Sukzessionsserien beschrieben, müssen aber für eine umfassende Renaturierungsdiskussion durch jene der hochalpinen Rasenbildner und deren Bedeutung für die Vegetationsprozesse in Klimaxrasen ergänzt werden. Aus den Wachstumscharakteristiken der hochalpinen Dauer- oder Klimaxgesellschaften folgt schlüssig, dass die unverletzte Vegetation in dieser Höhenstufe die beste Vegetation ist, und Beschädigungen so zu renaturieren sind, dass echte, entwicklungsfähige Vegetation angesiedelt wird. Es soll klargestellt werden, dass jede, auch noch so gute Renaturierung in dieser Höhenstufe im Vergleich zu den natürlich vorkommenden Dauergesellschaften nur ein Klacks ist, da diese nicht wiederhergestellt werden können.

Begrünungen oberhalb der Waldgrenze gestalten sich deshalb so schwierig, weil nur eine kleine Auswahl von Handelssorten für Hochlagen geeignet ist und standortgerechtes Saatgut kaum zur Verfügung steht. Zudem reifen nur bei wenigen autochthonen Arten die Samen aus, von denen nicht alle für eine grössere Saatgutproduktion geeignet sind, und einige erfolgreiche Arten pflanzen sich vivipar fort, sind also für die Aussaat ungeeignet. Auch die Einwanderung einheimischer Pflanzen in die begrüneten Flächen geht auf Grund der erwähnten schlechten Keimfähigkeit der Samen und des geringen Ausdehnungswachstums alpiner Arten sehr langsam vor sich. Für eine dauerhafte Begrünung ist eine möglichst standortgerechte Vegetation erforderlich, die auf vier Wegen zu erreichen versucht wird. 1. Verwendung von geprüfem, höhenresistentem Handelssaatgut als Pionierpflanzen, die mindestens zehn Jahre ausdauern sollen. 2. Sammeln und Vermehren von standorteigenem Saatgut (Gräser und Kräuter) für die Aussaat. 3. Sammeln von standorteigenem Saatgut für das Heranziehen von Jungpflanzen, die dann in die Lücken der begrüneten Flächen eingesetzt werden. 4. Vegetative Vermehrung alpiner Arten, die dann auch in die begrüneten Flächen eingesetzt werden können (Florineth 1992).

Von den in dieser Arbeit untersuchten Arten eignen sich *Chrysanthemum alpinum*, *Arabis alpina* und *Cerastium uniflorum* als erfolgreiche Rohbodenbesiedler bestens für die Aussaat. Deren Eigenschaften (bei *Cerastium* die der kalkliebenden Art *C. latifolium*) wurden an Schutthalden bei Davos auf Keimfähigkeit, Etablierungspotential der Keimlinge und Selbstsaat geprüft, und erreichten beste Werte. Ausserdem zeichnet sich die zur Aussaat ungeeignete (vivipare Vermehrung) Art *Poa alpina* als bester "Einwanderer" in vegetationslose Flächen aus (Schütz 1988). Weil das untersuchte sukzessionale Stadium sehr jung ist, also jene Arten die für eine längerfristige Etablierung erwünscht sind noch nicht oder kaum auftreten, konnten diesbezüglich keine Aussagen gemacht werden. Ausserdem muss ein Gletschervorfeld, wegen des hohen Anteils an Silt im Feinmaterial, eindeutig als Spezialstandort betrachtet werden, der nicht oder kaum auf andere vegetationsfreie Flächen übertragbar ist (Bäumler 1989).

6. ZUSAMMENFASSUNG

Problemstellung: Der globale Temperaturanstieg bewirkt in den Alpen das Abschmelzen von Gletschern und Anheben der Grenze des "ewigen" Schnees. Dadurch entstehen in den Hochalpen ausgedehnte vegetationslose Flächen, die der Erosion bis zur Besiedlung und Stabilisierung durch autochthone Vegetation schutzlos ausgesetzt sind. Untersucht wurde der Einfluss der Faktoren Zeit, Substrat, Bodenfeuchtigkeit, Topographie und Exposition auf diesen Vorgang.

Untersuchungsgebiet: Das acht bis zehn Hektaren grosse Gebiet befindetet sich auf einer Höhe von 2'700m ü.M., weist silikatisches Muttergestein auf und ist seit ca. 70 Jahren eisfrei. Es zeichnet sich durch zentralalpines Klima und eine kurze Vegetationszeit von zwei bis drei Monaten aus.

Methodik: Das Gletschervorfeld wurde nach Dauer der Eisfreiheit (vier Zeitabschnitte), Substrat (vier Hauptsubstrate) und Standortbedingungen (zwei Subsubstrate) und Sonderstandorten (Schneetälchen) stratifiziert. Im Vorfeld wurden 112 Testflächen mit einer Grösse von 1m² zufällig angelegt, während in der glazial rezent unbeeinflussten Nachbarvegetation sechs 16m² Testflächen untersucht wurden. Die Daten wurden computergestützt mittels multivariater Statistik (MULVA 4) ausgewertet.

Ergebnisse: Mit zunehmender Dauer der Eisfreiheit verändern sich die Artenzahl, der Deckungsgrad und die Artenzusammensetzung eindeutig. Die Abhängigkeit der Vegetationsentwicklung vom Substrattyp konnte sowohl für die Artenzahl als auch für den Deckungsgrad deutlich nachgewiesen werden. Die Artenzusammensetzung hingegen weist keine so eindeutigen Unterschiede in den verschiedenen Substraten auf. Es wurden vier Stadien der Sukzession im Vorfeld unterschieden und es konnte eine Abhängigkeit dieser Stadien vom Substrattyp nachgewiesen werden. Der Vergleich zwischen den Pionierstadien im Vorfeld mit der Uebergangs- und Dauergesellschaft der Nachbarvegetation lässt keine schlüssigen Zusammenhänge zwischen den beiden Entwicklungsstadien erkennen. Das Besiedlungspotential der relevanten Arten wurde sowohl in Bezug auf deren Verbreitung als auch auf deren Häufigkeit quantifiziert und die Standorte mit den höchsten Deckungsgraden wurden bezüglich der dominant involvierten Arten untersucht.

Diskussion: Der Einfluss von Dauer der Eisfreiheit und Substrattyp auf die Vegetationsentwicklung im Sesvenna-Gletschervorfeld wurde diskutiert und mit den Ergebnissen anderer Studien (Schubiger-Bossart 1988, Matthews 1991 und Richard 1973) verglichen. Der Vergleich der Arbeiten war jedoch nur bedingt möglich, da keine Studien aus den Alpen in dieser Höhenlage bekannt sind.

7. LITERATUR

- Ammann K. 1975: Gletschernähe Vegetation in der Oberaar (Grimsel einst und jetzt. Sonderdruck aus den Mitteilungen der naturforschenden Gesellschaft Bern. Neue Folge . 32. Band. S. 123-126
- Bäumler E. 1989: Untersuchung zur Besiedlung und Populationsbiologie einiger Pionierpflanzen im Morteratschgletschervorfeld. Inauguraldiss. Botanisches Institut der Universität Basel
- Billings W.D. u. Mooney H.A. 1968: The ecology of arctic and alpine plants. Biological Review Vol 43, S. 481 - 530
- Binz A. Heitz Ch. 1990: Schul- und Exkursionsflora für die Schweiz. Schwabe Verlag Basel
- Bradshaw A.D. and Chadwick M.J. 1980: The restoration of land. The ecology and reclamation of derelict and degraded land. Studies in Ecology 6, Blackwell Sci.Publ., Oxford/London/Boston
- Braun-Blanquet J. 1913: Die Vegetationsverhältnisse der Schneestufe in den Rhätisch-Leopontischen Alpen.
- Burga C. 1987: Gletscher- und Vegetationsgeschichte der Südrätischen Alpen seit der Späteiszeit. Denkschrift der CH Naturforsch. Gesellschaft, Band 101, Birkhäuser, 162 S.
- Cernusca A. 1977: Schipisten gefährden die Gebirgslandschaft. Umschau 77 Heft 4, S. 109 - 112
- Cernusca A. 1984: Beurteilung der Schipistenplanierungen im Tirol aus ökologischer Sicht. Verhandlungen der Ges. für Oekologie (Bern 1982) Band XII 1984, S. 137 - 148
- Cooper W.S. 1916: Plant succession in the Mount Robson region, British Columbia. The Plant World 19, S. 211-238
- Desio A. 1967: I ghiacciai del gruppo Ortles-Cevedale.
- Florineth F. 1988 Versuche einer Standortsgerichteten Begrünung von Erosionszonen über der Waldgrenze. Zeitschrift für Vegetationstechnik Heft 3, S. 118 - 123
- Florineth F. 1993: Hochlagenbegrünung im Südtirol. Zeitschrift für Vegetationstechnik Heft 3, S 74 - 80
- Frahm J.P., Frei W. 1987: Moosflora. UTB Stuttgart
- Geol. Komm. der CH Naturforschenden Ges. 1940: Geologischer Atlas der Schweiz 1:25'000, Blatt 420 Ardez
- Geol. Komm. der CH Naturforschenden Ges. 1948: Geologischer Atlas der Schweiz 1:25'000, Blatt 424 Zernez
- Geissler P., Urmi E. 1984: Liste der Moose in der Schweiz und ihrer Grenzgebiete. Naturräumliches Inventar der Schweizer Moosflora. Zürich Manuskript. 171 S.

- Grabherr G. 1987: Produktion und Produktionsstrategien im Krummseggenrasen (*Caricetum curvulae*) der Oetztaler Alpen, Tirol. *Oecol. Plant* 1 (15), S. 307-316
- Grabherr G., Mair A., Stimpfl H. 1988: Vegetationsprozesse in alpinen Rasen und die Chancen einer echten Renaturierung von Schipisten und anderen Erosionsflächen in alpinen Hochlagen. *Jahrbuch 3 der Gesellschaft f. Ingenieurbioogie, Scpia Verlag Aachen*
- Hess H., Landolt E., Hirzel L. 1967 - 1972: *Flora der Schweiz und angrenzender Gebiete*. Birkhäuser Basel, 3 Bde, 2690 S.
- Jahns H.M. 1980: *Farne Moose und Flechten*. München
- Jochimsen M. 1963: Vegetationsentwicklung im hochalpinen Neuland. *Festschrift H. Gams (Innsbruck)*, S. 109 - 123
- Landolt E. 1984: *Unsere Alpenflora*. Verlag Schweizer Alpen-Club
- Londo G. 1976: The decimal scale for relevés of permanent quadrats. *Vegetatio* 33, S. 61 - 64.
- Lüdi W. 1958: Beobachtungen über die Besiedlung von Gletschervorfeldern in den Schweizer Alpen. *Allgemeine Botanische Zeitung Jena*, S. 386 - 407
- Matthews J.A. 1992: *The Ecology of recently deglaciaded terrain*. University of Wales, Cardiff, *Cambridge Studies in Ecology*
- Meisterhans E. 1982: Entwicklungsmöglichkeiten für Vegetation und Boden auf Planierungen. *MAB-Information Nr. 10*
- Persson A. 1964: The vegetation at the margin of the receding glacier Skaftafellsjökull, southeastern Iceland. *Botaniska Notiser* 117, S. 323-354.
- Rasetti F. 1980: *I fiori delle Alpi*. Academia nazinale dei Lincei, Roma.
- Schiechl H.M. 1976: Zur Begrünbarkeit künstlich geschaffener Schneisen in Hochlagen. *Jahrband des Vereins zum Schutze der Alpenpflanze und Tiere Bischofswiesen*
- Schubiger-Bossart C. 1988: Die Vegetation des Rhonegletschervorfeldes, ihre Sukzession und naturräumliche Gliederung. *Inauguraldiss.* Botanisches Inst. der Universität Basel
- Schütz M. Genetisch-ökologische Untersuchungen an alpinen Pflanzenarten auf verschiedenen Gesteinsunterslangen: Keimungs- und Aussaatversuche. *Diss. Geobot. Inst. ETH, Stiftung Rübel, Zürich*, 153 S.
- Schweizerische Meteorol. Anstalt 1920 - 1988: *Annalen*
- Stiny J. 1934: Die Begrünung von Böschungen und anderen technischen Oedflächen im Hochgebirge. *Geologie und Bauwesen Wien H4*, S. 134 - 140
- Urbanska K.M. 1986: High altitude revegetation research in Switzerland - Problems and perspectives. *Veröff. Geobot. Inst. ETH, Stiftung Rübel, Zürich* 87, S. 155 - 167

- Urbanska K.M. 1988: High altitude revegetation research in the Swiss Alps: experimental establishment and performance of native plant populations in machine-graded ski runs above timberline. Proc. 8th HAR Workshop, Fort Collins, S. 115 - 128
- Van Loon W.E. 1960: Petrographische und geochemische Untersuchung im Gebiet zwischen Remüs und Nauders. *Geologica Ultraiectina* No 7 Utrecht, S. 68
- Whittaker R.H. 1989: The vegetation of the Storbreen Gletschervorfeld, Jotunheimen, Norway. III. Vegetation-environment relationships. *Journal of Biogeography* 16, S.363-376.
- Wildi O. 1986: Analyse vegetationskundlicher Daten. Theorie und Einsatz statistischer Methoden. Veröff. Beobot. Inst.ETH, Stiftung Rübel 90, 226 S
- Wildi O. und Orloci L. 1990: Numerical exploration of community patterns. Spb Academic Publishing bv, 124 S.

8. ANHANG

Anhang 1: Liste aller im Vorfeld vorkommenden Taxa mit Erläuterung der Abkürzungen und deutscher Uebersetzung der lateinischen Pflanzennamen und Aufgliederung der erwähnten Gattungen in die effektiv vorkommenden Arten.

ARTEN, NACH ABNEHMENDER FREQUENZ IN DEN ARTENLISTEN GEORDNET, UND ERLAEUERT

ABKUEZUNG	LATEINISCHER PFLANZENNAME	DEUTSCHER PFLANZENNAME
1 POA ALPI	Poa alpina	Alpen-Rispengras
2 CHRY ALPI	Chrysanthemum alpinum	Alpen-Margerite
3 CERA UNIF	Cerastium uniflorum	Einblütiges Hornkraut
4 POHL SP.M	Pohlia species	Laubmoos, mit den Arten P.filum, P.cucullata und P.longicolla.
5 OXYR DIGY	Oxyria digyna	Säuerling
6 GEUM REPT	Geum reptans	Kriechende Nelkwurz
7 MINU SP.	Minuartia species	Miere, mit den Arten M.verna, M.recurva und M.sedoides (Frühlings-, Krummblättrige und Zwergmiere).
8 ARAB ALPI	Arabis alpina	Alpen-Gänsekresse
9 POLY SP.M	Polytrichum species	Laubmoos, mit den Arten P.piliferum, P.juniperinum und P.norvegicum (Wiedertonmoos).
10 SAXI BRYO	Saxifraga bryoides	Moosartiger Steinbrech
11 CERA TRIG	Cerastium trigynum	Dreigriffliges Hornkraut
12 CYNO SP.M	Cynodontium species	Laubmoos, ohne nähere Artbestimmung
13 BRYU SP.M	Bryum species	Laubmoos, ohne nähere Artbestimmung
14 VERO ALPI	Veronica alpina	Alpen-Ehrenpreis
15 SAXI OPPO	Saxifraga oppositifolia	Gegenblättriger Steinbrech
16 RANU GLAC	Ranunculus glacialis	Gletscher-Hahnenfuss
17 EPIL ALPI	Epilobium alpinum	Alpen-Weidenröschen
18 TARA ALPI	Taraxacum alpinum	Alpen-Pfaffenröhrchen
19 SAXI EXAR	Saxifraga exarata	Gefurchter Steinbrech
20 RHAC SP.M	Racomitrium species	Laubmoos, mit den Arten R.canescens, R.ericoides.
21 SAXI SEGU	Saxifraga seguieri	Seguiers Steinbrech
22 SEDU ALPE	Sedum alpestre	Alpenmauerpfeffer
23 SALI HERB	Salix herbacea	Krautweide
24 FEST VIOL	Festuca violacea	Violett-Schwingel
25 LINA ALPI	Linaria alpina	Alpen-Leinkraut
26 ARAB COER	Arabis coerulea	Bläuliche Gänsekresse
27 STER SP.F	Stereocaulon species	Blattflechte, mit der Art St.alpinum cf.
28 LUZU LUTE	Luzula lutea	Gelbe Hainsimse
29 CLAD SP.F	Cladonia species	Blattflechten (Rentierflechten), ohne nähere Artbestimmung.
30 GNAP SUPI	Gnaphalium supinum	Niedriges Ruhrkraut
31 DORO CLUS	Doronicum clusii	Clusius Gemswurz
32 SAXI STEL	Saxifraga stellaris	Stern-Steinbrech
33 DESM SP.M	Desmatodon species	Laubmoosgattung, mit der Art D.latifolium
34 CETR SP.F	Cetraria species	Blattflechte, mit den Arten C.nivalis, C.islandica (Isländisch Moos).
35 SANI SP.M	Sanionia species	Laubmoos, mit der Art S. uncinata.
36 CARD RESE	Cardamine resedifolia	Resedablättriges Schaumkraut
37 SALI RETI	Salix reticulata	Netzweide
38 RHIZ SP.F	Rhizocarpon species	Krustenflechte, mit der Art R.geographicum (Landkartenfl.).
39 POA LAXA	Poa laxa	Schlaffes Rispengras
40 ANDR VAND	Androsace vandelli	Vandelli-Steinbrech
41 SENE CARN	Senecio carniolicus	Weissgraues Kreuzkraut
42 SEMP MONT	Sempervivum montanum	Berg-Hausfurz

43	GENT	BAVA		<i>Gentiana bavarica</i>	Bayrischer Enzian
44	CIRS	SPIN		<i>Cirsium spinosissimum</i>	Stachlige Kratzdistel
45	GEUM	MONT		<i>Geum montanum</i>	Berg-Nelkwurz
46	UMBI	SP.F		<i>Umbilicaria species</i>	Nabelflechte, ohne nähere Artbestimmung
47	PHLE	ALPI		<i>Erigeron uniflorum</i>	Einköpfiges Berufskraut
49	CREP	JACQ		<i>Crepis jacquini</i>	Jacquins-Pippau
50	SILE	EXSC		<i>Silene excapa</i>	Stielloses Leinkraut
51	SALI	SERP		<i>Salix serpyllifolia</i>	Quendelblättrige Weide
52	VIOL	CALC		<i>Viola calcarata</i>	Langsporniges Veilchen
54	HIER	INTY		<i>Hieracium intybaceus</i>	Weissliches Habichtskraut
55	LYCO	SELA		<i>Lycopodium selago</i>	Tannenbärlapp
56	SEDU	ANNU		<i>Sedum annuum</i>	Einjähriger Mauerpfeffer
57	SALI	RETU		<i>Salix retusa</i>	Stumpfbältrige Weide
58	LEON	MONT		<i>Leontodon montanum</i>	Berg-Löwenzahn
59	MYOS	ALPE		<i>Myosotis alpestris</i>	Alpen-Vergissmeinnicht
60	JUNC	JACQ		<i>Juncus jacquinii</i>	Jacquins Simse
61	HIER	GLAN		<i>Hieracium glanduliferum</i>	Drüsiges Habichtskraut
62	HOMO	ALPI		<i>Cardamine alpina</i>	Alpenschaumkraut
64	CREP	AURE		<i>Crepis aurea</i>	Goldpippau
65	ANDR	ALPI		<i>Androsace alpina</i>	Alpen-Mannsschild
66	CARE	CURV		<i>Carex curvula</i>	Krummsegge
67	XANT	SP.F		<i>Xanthoria species</i>	Krustenflechte, mit der Art X. elegans cf.
68	LOPH	SP.M		<i>Lophotia species</i>	Lebermoos, ohne nähere Artbestimmung.
69	LECA	CF.F		<i>Lecanora species</i>	Krustenflechte, ohne nähere Artbestimmung.
70	LECI	SP.F		<i>Lecidea species</i>	Krustenflechte, ohne nähere Artbestimmung.
71	HIER	ALPI		<i>Hieracium alpinum</i>	Alpenhabichtskraut
72	DICR	SP.M	I	<i>Dicranoweisia species</i>	Laubmoos, mit der Art D. cirrata

Anhang 3: Alle Testflächen. (Abkürzungen vgl. Anhang 1, Flächennummern vgl. Anhang 4)

Deckungsgrade:

r=Einzelexemplar(e) 1=0.05%
 2=0.1% 3=0.2%
 4=0.3% 5=0.4%
 6=5-10% 7=10-20%
 8=20-30%

ALLE TESTFLAECHEN

Flächennummer	33333333332222222211111111111111111111411111411114111444444444466666677777777777777777777
	11111987621111198762222211111111111161987561534324789111111345678578911111111111235
	3210 3210 54321096875321 0 4 012345 01234567890
2 POA ALPI 5	1r2 r 1 r 1 412344r44 3343321224432r2r12211r3121131235113r42554377687rr
4 CERA UNIF 5	r 1 rr r 2 r r r311 32rr1231r2 4rr 113 r3125r6316rrr rlr2r r r 1rr13r712
1 POHL SP.M 5	1rr1rrr rr r11111 r 1 134 2332 21r r2 r 1 r rr144 4 4144377 46 11
3 MINU SP. 5	rrr111rrrr12rr12rrr12333121r1121 1223 11 2r 1 r r1 r2
8 GEUM REPT 5	r 1112331rr2r1161222 1 r531r5322 1r2 2r33 4r rr 1 r r 5 2r
7 CHRY ALPI 5	1 rr 2 66452663342rr 411 r r 4r22 r6 1 rr r 1 rrrr 6 6r
10 POLY SP.M 5	r rr 1134 24r563r 2 r2 2 r 2 rrrrr1r64 r 1 rr 435
5 CERA TRIG 5	1rrr232r1r rrr r rr 2r r 2 r 136 rr63311r23 r
13 OXYR DIGY 5	1 r 21r 31rr2 13 1 r r rr r 3 rr rr r 1 3 41r
15 CYNO SP.M 5	r rrr 21121 r1111 1 1 r lrrrr4 rr 1rr r 3r2 r
6 ARAB ALPI 5	r 1 1321r r 21 r r1r r2r 13rr r r 21r rrr r 3r
18 SAXI BRYO 5	1 143 1 2 62 1r 14 1 5 1 r r 3r6432 15 r r
16 BRYU SP.M 5	r r 1 1r rr 1 11 22rr r r r r r r
26 VERO ALPI 5	323334311 1r r 1 1 41 4
24 GNAU SUPI 5	2r21 r1 r 1 2 1 r 1 21
11 SEDU ALPE 5	1 rr 22r1rr r 1 r
9 DESM SP.M 5	r r rr1 2 1 r1
19 RANU GLAC 5	r 2222 3655
20 EPIL ALPI 5	r r 12r r 1 r 2
12 RHAC SP.M 5	r rr 2 3 r 1
21 SAXI OPPO 5	2 1 1r 14 4 1
29 TARA ALPI 5	1 r r r r 3
22 CLAD SP.F 5	1 5r 1 2 3
31 SAXI SEGU 5	2 4 1
36 SAXI STEL 5	1 r r 4 1
14 ARAB COER 4	rr r r
17 CARD RESE 3	r r r
30 SALI HERB 3	2 r r
32 STER SP.F 3	1 r r
41 SANI SP.M 3	3 1 1
25 DORO CLUS 2	33
28 CREP AURE 2	1 r
34 ANDR VAND 2	5 1
35 BRYU SP.M 2	r 2
42 UMBI SP.F 2	r
43 RHIZ SP.F 2	r
49 GEUM MONT 2	5 6
50 FEST VIOL 2	
23 LEON HELV 1	r
27 CARD ALPI 1	1
33 DICR SP.M 1	1
37 CERA ALPI 1	r
39 SAXI BRYO 1	r
44 CETR SP.F 1	r
45 LUZU LUTE 1	r
46 SAXI EXAR 1	r
47 CAMP CENI 1	r
48 LINA ALPI 1	r
51 AREN BIFL 1	r

	RUH- SCHUTT	LOCKER- SCHUTT	SANDER	ANST. FELS	SCHNEE- TÄELCHEN	BACH- LAUF	TEMP. WASSERL.
ZEIT 1	<u>NR. 11-15</u> 0 0 9 5 3	<u>NR. 21-25</u> 0 0 0 0 0	<u>NR. 31-35</u> 0.5 0.5 0 0 0	<u>NR. 41-45</u> 0 0 5 2.5 9	<u>NR. 61-63</u> 0 0 1.5	<u>NR. 51-52</u> 0 0	<u>NR. 71-75</u> 0 0 0 0 0.5
ZEIT 2	<u>NR. 16-110</u> 5 8 7 7 7	<u>NR. 26-210</u> 3 0.5 3.5 4.5 3.5	<u>NR. 36-310</u> 0.5 1 2.5 3 2	<u>NR. 46-410</u> 12 6.5 7 11 10	<u>NR. 64-65</u> 4.5 1	<u>NR. 53-56</u> 1.5 0 1.5 9	<u>NR. 76-710</u> 0 3 6 0.5 8
ZEIT 3	<u>NR. 111-115</u> 7 8 4 7 7.5	<u>NR. 211-213</u> 2.5 0.5 1	<u>NR. 311-313</u> 1.5 1 2	<u>NR. 411-415</u> 5.5 15 12 10 8.5	<u>NR. 66-68</u> 3.5 7 13	<u>NR. 57-512</u> 6.5 5.5 8 6.5 14 12	<u>NR. 711-715</u> 3.5 12 9 7 16
ZEIT 4	<u>NR. 116-125</u> 30 13 21 23 19 15 14 24 15 24					<u>NR. 513-519</u> 14 10 8 0 0 1.5 4	<u>NR. 716-720</u> 43 90 47 35 77

Anhang 4: Gesamtdeckungsgrade (Blütenpflanzen, Moose und Flechten) aller Testflächen in % (Aufnahmenummern unterstrichen, Werte fortlaufend)

Anhang 5: Testflächen 16m² Nachbarvegetation Rasen und Schutt (Lage im Gelände vgl. Abb .17)

TESTFLAECHE NACHBARVEGETATION SCHUTT

Flächennummer	888	456
2	CYNO SP.M 3	122
3	RHIZ SP.F 3	435
5	UMBI SP.F 3	111
6	STER SP.F 3	r2r
9	TARA ALPI 3	144
10	SEDU ALPE 3	213
11	SOLD PUSI 3	r13
12	SIBB PROC 3	261
14	POA ALPI 3	535
15	LEON HELV 3	778
16	GNAP SUPI 3	262
17	GENT BAVA 3	r31
19	CARD ALPI 3	563
24	VERO ALPI 3	335
25	RANU GLAC 3	11r
27	CHRY ALPI 3	561
1	POLY SP.M 2	r 1
7	CLAD SP.B 2	rr
13	SAGI LINN 2	r1
20	GEUM MONT 2	12
23	AREN BIFL 2	11
26	EPIL ALPI 2	rr
28	CERA TRIG 2	2 1
30	MINU VERN 2	r1
4	LECA CF.F 1	r
8	CREP JACQ 1	r
18	CIRS SPIN 1	8
21	GAGE FIST 1	2
22	ADEN ALLI 1	r
29	SALI HERB 1	r
31	SAXI SEGU 1	1
32	LUZU LUTE 1	5
33	LIGU MUTE 1	1
34	JUNC TRIF 1	3
35	ANDR ALPI 1	r
36	HELI VERS 1	2
37	SAXI STEL 1	r
38	CERA UNIF 1	6

TESTFLAECHE NACHBARVEGETATON RASEN

Flächennummer	888	456
I 1	CARE CURV 3	I888
2	CYNO SP.M 3	122
3	RHIZ SP.F 3	435
5	UMBI SP.F 3	111
6	STER SP.F 3	r2r
9	TARA ALPI 3	144
10	SEDU ALPE 3	213
11	SOLD PUSI 3	r13
12	SIBB PROC 3	261
14	POA ALPI 3	535
15	LEON HELV 3	778
16	GNAP SUPI 3	262
17	GENT BAVA 3	r31
19	CARD ALPI 3	563
24	VERO ALPI 3	335
25	RANU GLAC 3	11r
27	CHRY ALPI 3	561
1	POLY SP.M 2	r 1
7	CLAD SP.F 2	rr
13	SAGI LINN 2	r1
20	GEUM MONT 2	12
23	AREN BIFL 2	11
26	EPIL ALPI 2	rr
28	CERA TRIG 2	2 1
30	MINU SP. 2	r1
4	LECA CF.F 1	r
8	CREP JACQ 1	r
18	CIRS SPIN 1	8
21	GAGE FIST 1	2
22	ADEN ALLI 1	r
29	SALI HERB 1	r
31	SAXI SEGU 1	1
32	LUZU LUTE 1	5
33	LIGU MUTE 1	1
34	JUNC TRIF 1	3
35	ANDR ALPI 1	r
36	HELI VERS 1	2
37	SAXI STEL 1	r
38	CERA UNIF 1	6

Anhang 6. Artenliste und Testflächen aller Substrate und Subsubstrate im Zeitabschnitt 1 (0-18 Jahre eisfrei). Legende Artentliste vgl. Anhang 2, Abkürzungen vgl. Anhang1, Londo-Werte vgl. Tab. 6.

ARTENLISTEN ZEIT 1

Listennummer	1234567
	0000000
	0000000
	1111111
4 POHL SP.M 5	rrrrrrr
7 POA ALPI 5	rrrrrrr
17 CHRY ALPI 5	rrrrrrr
18 CERA UNIF 5	rrrrrrr
3 POLY SP.M 5	rr rrrr
15 OXYR DIGY 5	rr rrrr
19 ARAB ALPI 5	rr rrrr
1 BRYU SP.M 5	rrrr r
8 MINU SP. 5	rr rr r
11 VERO ALPI 5	rr r rr
16 GEUM REPT 5	rr rrr
2 CYNO SP.M 4	r rrr
14 SAXI BRYO 4	r rr r
12 SAXI OPPO 3	rr r
20 RHAC SP.M 3	rr r
21 CERA TRIG 3	rr r
24 EPIL ALPI 3	r r r
5 PHLE ALPI 2	r r
6 POA LAXA 2	r r
9 FEST VIOL 2	r r
10 ERIG UNIF 2	r r
13 SAXI EXAR 2	r r
22 TARA ALPI 2	r r
25 ARAB COER 2	r r
23 ANDR VAND 1	r

ZEIT 1

NO. OF RELEVES PRINTED: 12
 NO. OF ATTRIBUTES PRINTED: 21

Flächennummer	141433146711
	334512543521
8 POA ALPI 5	22r21 3111r
3 CERA UNIF 5	3114 r rrr
12 ARAB ALPI 5	r3r2 1 2r
6 POHL SP.M 4	2 r r r
9 SAXI BRYO 4	rr 5 3
11 GEUM REPT 4	21r3
14 POLY SP.M 4	2r rr
4 CERA TRIG 3	2 r1
5 CYNO SP.M 3	r 1r
10 OXYR DIGY 3	r 1 r
13 MINU SP. 3	3 1 rr1
1 RHAC SP.M 2	rr
7 BRYU SP.M 2	2r
17 SAXI OPPO 2	r 1
19 DESM SP.M 2	1 r
15 TARA ALPI 1	r
16 CHRY ALPI 1	r
18 SAXI BRYO 1	r
20 VERO ALPI 1	r

Anhang 7: Artenlisten und Testflächen aller Substrate und Subsubstrate im Zeitabschnitt 2 (19-37 Jahre eisfrei). Legende Artentliste vgl. Anhang 2, Abkürzungen vgl. Anhang 1, Londo-Werte vgl. Tab. 6.

ARTENLISTEN ZEIT 2

Listennummer	1234567
	0000000
	0000000
	2222222
6 POA ALPI 5	rrrrrrr
7 MINU sp. 5	rrrrrrr
10 OXYR DIGY 5	rrrrrrr
14 CHRY ALPI 5	rrrrrrr
18 ARAB ALPI 5	rrrrrrr
4 POHL SP.M 5	rrrrrr
12 GEUM REPT 5	rrrrrr
15 CERA UNIF 5	rrrrrr
26 SAXI BRYO 5	rr rrrr
13 EPIL ALPI 5	rrr r r
16 CERA TRIG 5	rr rrr
19 CYNO SP.M 5	rr rrr
20 BRYU SP.M 5	rr rrr
24 SAXI OPPO 5	rr rr r
25 SAXI EXAR 5	rr rr r
1 DESM SP.M 4	rrr r
2 RHAC SP.M 4	r rr r
3 POLY SP.M 4	rrrr
5 SEDU ALPE 4	rrr r
17 ARAB COER 4	rrr r
21 TARA ALPI 4	rr r r
22 VERO ALPI 4	rr r r
23 SAXI SEGU 4	rr r r
9 RANU GLAC 3	r r r
8 LUZU LUTE 2	r r
11 LINA ALPI 2	r r
27 CETR SP.F 2	r r
28 XANT SP.F 1	r
29 SANI SP.M 1	r
30 SALI HERB 1	r
31 POA LAXA 1	r
32 FEST VIOL 1	r
33 DORO CLUS 1	r

ZEIT 2

NO. OF RELEVES PRINTED: 29
 NO. OF ATTRIBUTES PRINTED: 24

Flächennummer	16722144721441465332135527337
	94198878861966153191785677769
	0 0 0 0 0
3 POHL SP.M 5	3r4113r 412 2 r11r12r1 1 r
11 POA ALPI 5	2341 1223 313411r 2rrr 1 r
12 CERA UNIF 5	rrr r231rr123r5r1 122 2 r
14 GEUM REPT 5	1rr33r2r1r33523rr 25 61
5 MINU SP. 5	22 122 1r1 1 r 11r31 r rr
6 CHRY ALPI 5	1 12 4rr 124r21rrr r
15 ARAB ALPI 5	r1 21 r r 1rrr rr 3r rr
9 OXYR DIGY 5	1rr r3rrr rr1 1 r2 r
7 CERA TRIG 5	rr6rr rr r2r 3 2rr
16 BRYU SP.M 5	1r r r11 r r 2 rr
2 POLY SP.M 5	1 rrr r2 r r r2
13 CYNO SP.M 5	r 1r r1 r r r 1
20 SAXI BRYO 5	1 r6 1 44 3 r
4 SEDU ALPE 5	rrr1 1
1 DESM SP.M 4	r r r r
19 SAXI OPPO 4	1 1 2 4
10 ARAB COER 3	r r r
18 EPIL ALPI 3	r r r
8 RHAC SP.M 2	r r
17 RANU GLAC 1	r
21 GNAP SUPI 1	2
22 BRYU SP.M 1	2
23 STER SP.F 1	r
24 SAXI EXAR 1	r

Anhang 8: Artenlisten und Testflächen aller Substrate und Subsubstrate im Zeitabschnitt 3 (38-56 Jahre eisfrei). Legende Artentliste vgl. Anhang 2, Abkürzungen vgl. Anhang 1, Londo-Werte vgl. Tab. 6.

ARTENLISTEN ZEIT 3

Listennummer	1234567
	0000000
	0000000
	3333333
1 POHL SP.M 5	rrrrrrr
2 POA ALPI 5	rrrrrrr
6 GEUM REPT 5	rrrrrrr
7 CHRY ALPI 5	rrrrrrr
8 CERA UNIF 5	rrrrrrr
10 ARAB ALPI 5	rrrrrrr
3 MINU VERN 5	rrr rrr
4 RANU GLAC 5	rrr rrr
5 LINA ALPI 5	r rrrrr
9 CERA TRIG 5	rrr rrr
11 CYNO SP.M 5	rr rrrr
18 SAXI BRYO 5	rr rrrr
19 OXYR DIGY 5	rr rrrr
14 SALI HERB 5	rr rr r
27 BRYU SP.M 5	r rrrr
12 POLY SP.M 4	r rrr
15 VERO ALPI 4	r rrr
17 SAXI EXAR 4	rr rr
22 STER SP.F 4	r rr r
23 CETR SP.F 4	r rr r
31 SAXI SEGU 4	r rr r
13 CARD RESE 3	rr r
16 SAXI OPPO 3	r rr
20 RHIZ SP.F 3	r rr
25 SANI SP.M 3	r r r
29 LUZU LUTE 3	r r r
30 FEST VIOL 3	r rr
32 SEDU ALPE 3	r rr
33 DORO CLUS 3	r rr
34 CLAD SP.F 3	r r r
35 TARA ALPI 3	r r r
36 GNAP SUPI 3	r r r
38 SAXI STEL 3	r r r
24 LOPH SP.M 2	r r
26 RHAC SP.M 2	r r
28 SALI RETI 2	r r
37 GENT BAVA 2	r r
21 UMBI SP.F 1	r
39 EPIL ALPI 1	r
40 LECA CF.F 1	r
41 LECI SP.F 1	r
42 SENE CARN 1	r

ZEIT 3

NO. OF RELEVES PRINTED: 30
 NO. OF ATTRIBUTES PRINTED: 36

Flächennummer	514117521775174446555343326276
	111111711111111111118891111117116
	134544 1135022123 235213 21
2 POA ALPI 5	r32 443 453535r31512411r2 3r22
1 POHL SP.M 5	1 131r4471341 r4r461 rrr4 11
4 CERA UNIF 5	2r1rr1422 r11rr631221r6 rr
3 MINU SP. 5	21 11r1r1 1r2r r r rr1 2
5 CERA TRIG 5	2 11 1r r3 6 rr1 rr 3 31
7 CHRY ALPI 5	3r 2 r1 rrrr r6r3 3 1 r
8 GEUM REPT 5	114 2r11r 2 1 r r1 1
10 POLY SP.M 5	3r432 rr r r1r6
9 CYNO SP.M 5	r r1 rr r4 r r rr
12 SAXI BRYO 5	rr511 411 2 1
29 OXYR DIGY 5	2 1r 331 3
6 ARAB ALPI 5	r 1 r r r 1
16 VERO ALPI 5	2r 1 11 2
20 BRYU SP.M 5	r 1 r r r
15 GNAP SUPI 4	r 1 1r
17 EPIL ALPI 4	1 1 r 2
18 SAXI STEL 3	1r r
11 CARD RESE 2	r r 4 1
22 SAXI OPPO 2	3
23 SANI SP.M 2	1 1 3
24 RHAC SP.M 2	1 3
30 TARA ALPI 2	1 r
13 STER SP.F 1	r
14 ANDR VAND 1	1
19 ARAB COER 1	r
21 CERA ALPI 1	r
25 UMBI SP.F 1	r
26 RHIZ SP.F 1	r
27 CETR SP.F 1	r
28 LUZU LUTE 1	r
31 CAMP CENI 1	r
32 LINA ALPI 1	r
33 CLAD SP.F 1	4
34 SALI HERB 1	1
35 FEST VIOL 1	1
36 SAXI SEGU 1	r

Anhang 9: Artenlisten und Testflächen aller Substrate und Subsubstrate im Zeitabschnitt 4 (57-ca.70 Jahre eisfrei). Legende Artentliste vgl. Anhang 2, Abkürzungen vgl. Anhang1, Londo-Werte vgl. Tab. 6.

ARTENLISTEN ZEIT 4

ARTENLISTEN-NUMMER	157
	000
	000
	444
1 STER SP.B 3	rrr
2 CLAD SP.B 3	rrr
4 CYNO SP.M 3	rrr
6 POLY SP.M 3	rrr
7 POHL SP.M 3	rrr
11 TARA ALPI 3	rrr
12 SEDU ALPE 3	rrr
17 VERO ALPI 3	rrr
23 POA ALPI 3	rrr
26 MINU VERN 3	rrr
31 GNAP SUPI 3	rrr
33 FEST VIOL 3	rrr
43 SAXI STEL 3	rrr
44 SAXI SEGU 3	rrr
47 SAXI BRYO 3	rrr
48 RANU GLAC 3	rrr
49 OXYR DIGY 3	rrr
51 GEUM REPT 3	rrr
53 CHRY ALPI 3	rrr
54 CERA UNIF 3	rrr
55 CERA TRIG 3	rrr
56 SALI HERB 3	rrr
14 SEMP MONT 2	rr
15 SALI RETI 2	r r
34 DORO CLUS 2	r r
35 CIRS SPIN 2	r r
40 GEUM MONT 2	r r
45 SAXI OPPO 2	rr
52 EPIL ALPI 2	r r
59 BRYU SP.M 2	rr
60 LUZU LUTE 2	rr
3 DESM SP.M 1	r
5 RHAC SP.M 1	r
8 CREP JACQ 1	r
9 ARAB COER 1	r
10 SENE CARN 1	r
13 SILE EXSC 1	r
16 SALI SERP 1	r
18 VIOL CALC 1	r
19 HIER INTY 1	r
20 LYCO SELA 1	r
21 SEDU ANNU 1	r
22 SALI RETU 1	r
24 MINU SEDO 1	r
25 LEON MONT 1	r
27 MYOS ALPE 1	r
28 JUNC JACQ 1	r
29 HIER GLAN 1	r
30 HOMO ALPI 1	r
32 GENT BAVA 1	r
36 CARD RESE 1	r
37 CARD ALPI 1	r
38 CREP AURE 1	r
39 ANDR ALPI 1	r
41 CARE CURV 1	r
42 ANDR VAND 1	r
46 SAXI EXAR 1	r
50 LINA ALPI 1	r
57 UMBI SP.B 1	r
58 SANI SP.M 1	r
61 RHIZ SP.B 1	r
62 HIER ALPI 1	r
63 ARAB ALPI 1	r

ZEIT 4

NO. OF RELEVES PRINTED: 20
NO. OF ATTRIBUTES PRINTED: 40

Flächennummer	17111115111757175755
	21222211112211111111
	28543093681059774668
6 POA ALPI 5	364124r24447284737 1
4 POLY SP.M 5	45113243r5 r 6334r
7 MINU SP. 5	3rr1231r213 r2r r r
11 VERO ALPI 5	3132343r1134r 4r r
15 CHRY ALPI 5	5666466133262 4 3r
2 CYNO SP.M 5	23211 r 1112 r1 r r1
25 CERA UNIF 5	r3 113 3373r215rr
13 OXYR DIGY 5	321r1rrr2341 2
14 GEUM REPT 5	15r2r61r2212 2
9 GNAP SUPI 5	1 2r2r1 r 1 2 1
12 SAXI BRYO 5	1 43 2 362 2 r
16 POHL SP.M 5	4 r 3 361 7r
17 RANU GLAC 5	26 22 25 5 3
5 SEDU ALPE 5	1 22rr r r
18 ARAB ALPI 5	r 1 r r23r
19 BRYU SP.M 5	r 1rr r
26 CERA TRIG 5	rr r 3 2
1 CLAD SP.F 4	r 1 5 1
3 DESM SP.M 4	1 1r 2
22 TARA ALPI 4	1r r 3
24 SAXI SEGU 4	22 4 3
10 DORO CLUS 2	33
21 CREP AURE 2	1 r
23 SALI HERB 2	2 r
28 EPIL ALPI 2	r 2
30 RHAC SP.M 2	2 r
34 SAXI STEL 2	1 4
38 GEUM MONT 2	5 6
8 LEON HELV 1	r
20 CARD ALPI 1	1
27 STER SP.F 1	1
29 DICR SP.M 1	1
31 CARD RESE 1	r
32 ANDR VAND 1	5
33 BRYU SP.M 1	r
35 UMBI SP.F 1	r
36 RHIZ SP.F 1	r
37 SANI SP.M 1	1
39 FEST VIOL 1	2
40 AREN BIFL 1	1

Anhang 11: Artenlisten und Testflächen der drei Zeitabschnitte im Hauptsubstrat Lockerschutt. Legende Artentliste vgl. Anhang 2, Abkürzungen vgl. Anhang 1, Londo-Werte vgl. Tab. 6.

ARTENLISTEN SUBSTRAT B, ZEITEN 1-3

ARTENLISTEN-	222
NUMMER	000
	000
	123
2 POLY SP.M 3	rrr
3 POHL SP.M 3	rrr
6 POA ALPI 3	rrr
7 MINU SP. 3	rrr
8 VERO ALPI 3	rrr
9 SAXI OPPO 3	rrr
13 OXYR DIGY 3	rrr
14 GEUM REPT 3	rrr
15 CHRY ALPI 3	rrr
16 CERA UNIF 3	rrr
17 CERA TRIG 3	rrr
18 ARAB ALPI 3	rrr
1 CYNO SP.M 2	rr
10 SAXI EXAR 2	rr
11 SAXI BRYO 2	rr
20 BRYU SP.M 2	rr
21 TARA ALPI 2	rr
24 EPIL ALPI 2	rr
25 ARAB COER 2	rr
4 CARD RESE 1	r
5 SALI HERB 1	r
12 RANU GLAC 1	r
19 DESM SP.M 1	r
22 SEDU ALPE 1	r
23 SAXI SEGU 1	r
26 RHAC SP.M 1	r
27 ANDR VAND 1	r

SUBSTRAT B

NO. OF RELEVES PRINTED: 8
 NO. OF ATTRIBUTES PRINTED: 19

Flächennummer	22222222
	98161171
	1 03 2
2 MINU SP. 5	12rrr1r2
3 GEUM REPT 5	331r2111
1 POHL SP.M 5	11r11r1
5 ARAB ALPI 5	211 31r
4 CERA UNIF 4	r2r r
11 CERA TRIG 4	rr rr
6 CYNO SP.M 3	r r r
12 DESM SP.M 3	r r r
7 POA ALPI 2	1 r
8 POLY SP.M 2	r r
10 SAXI BRYO 2	11
13 BRYU SP.M 2	r 1
14 SEDU ALPE 2	rr
9 CARD RESE 1	r
15 CHRY ALPI 1	2
16 RANU GLAC 1	r
17 OXYR DIGY 1	r
18 EPIL ALPI 1	r
19 SAXI OPPO 1	2

Anhang 12: Artenlisten und Testflächen der drei Zeitabschnitte im Hauptsubstrat Sander.
 Legende Artentliste vgl. Anhang 2, Abkürzungen vgl. Anhang1, Londo-Werte vgl. Tab. 6.

ARTENLISTEN SUBSTRAT C, ZEITEN 1-3

SUBSTRAT C

ARTENLISTEN-	333
NUMMER	000
	000
	123
1 POHL SP.M 3	rrr
2 POA ALPI 3	rrr
7 CHRY ALPI 3	rrr
8 CERA UNIF 3	rrr
9 CERA TRIG 3	rrr
3 MINU SP. 2	rr
4 RANU GLAC 2	rr
5 LINA ALPI 2	rr
6 GEUM REPT 2	rr
10 ARAB ALPI 2	rr
12 RHAC SP.M 2	rr
11 DESM SP.M 1	r
13 POLY SP.M 1	r
14 SEDU ALPE 1	r
15 LUZU LUTE 1	r
16 OXYR DIGY 1	r
17 EPIL ALPI 1	r
18 ARAB COER 1	r
19 CYNO SP.M 1	r
20 BRYU SP.M 1	r

NO. OF RELEVES PRINTED: 10
 NO. OF ATTRIBUTES PRINTED: 16

Flächennummer	3333333333
	1911811276
	0 3 21
3 MINU SP. 5	11rr1rrrrr
5 CERA TRIG 5	r2r13rr12r
1 POHL SP.M 5	1rr1rrr r
2 POA ALPI 5	11rr2
4 CERA UNIF 4	r1 r r
7 CHRY ALPI 3	rr 1
12 RHAC SP.M 3	rr r
14 ARAB COER 2	r r
6 ARAB ALPI 1	r
8 GEUM REPT 1	r
9 DESM SP.M 1	r
10 POLY SP.M 1	r
11 SEDU ALPE 1	1
13 OXYR DIGY 1	1
15 CYNO SP.M 1	r
16 BRYU SP.M 1	r

Anhang 13: Artenlisten und Testflächen der drei Zeitabschnitte im Hauptsubstrat Anstehender Fels. Legende Artentliste vgl. Anhang 2, Abkürzungen vgl. Anhang 1, Londo-Werte vgl. Tab. 6.

ARTENLISTEN SUBSTRAT D, ZEITEN 1-3

ARTENLISTEN-	444
NUMMER	000
	000
	123
1 BRYU SP.M 3	rrr
2 CYNO SP.M 3	rrr
3 POLY SP.M 3	rrr
4 POHL SP.M 3	rrr
7 POA ALPI 3	rrr
9 FEST VIOL 3	rrr
12 SAXI OPPO 3	rrr
13 SAXI EXAR 3	rrr
14 SAXI BRYO 3	rrr
15 OXYR DIGY 3	rrr
16 GEUM REPT 3	rrr
17 CHRY ALPI 3	rrr
18 CERA UNIF 3	rrr
19 ARAB ALPI 3	rrr
6 POA LAXA 2	rr
8 MINU VERN 2	rr
20 CETR SP.F 2	rr
22 SANI SP.M 2	rr
23 RHAC SP.M 2	rr
25 SALI HERB 2	rr
27 SAXI SEGU 2	rr
5 PHLE ALPI 1	r
10 ERIG UNIF 1	r
11 VERO ALPI 1	r
21 XANT SP.F 1	r
24 TARA ALPI 1	r
26 DORO CLUS 1	r
28 RHIZ SP.F 1	r
29 UMBI SP.F 1	r
30 STER SP.F 1	r
31 LOPH SP.M 1	r
32 SALI RETI 1	r
33 LUZU LUTE 1	r
34 LINA ALPI 1	r

SUBSTRAT D

NO. OF RELEVES PRINTED: 13
 NO. OF ATTRIBUTES PRINTED: 20

Flächennummer	44444444444444
	1378965111114
	4 01235
3 POA ALPI 5	22221321r3111
7 CERA UNIF 5	11312345r636r
1 CYNO SP.M 5	rr1rr1rr4 r
2 POLY SP.M 5	4rrrr2 r1r6 r
4 SAXI BRYO 5	5rr644532 1 3
5 GEUM REPT 5	412r3533 r
6 CHRY ALPI 5	r4r24 2 r6
10 OXYR DIGY 5	rrr 1r 3
8 ARAB ALPI 5	3r rr2
14 SAXI OPPO 4	14 4 1
12 POHL SP.M 3	r 1 r
9 BRYU SP.M 2	2 r
15 SANI SP.M 2	1 3
11 TARA ALPI 1	r
13 STER SP.F 1	r
16 RHAC SP.M 1	3
17 UMBI SP.F 1	r
18 RHIZ SP.F 1	r
19 CETR SP.F 1	r
20 LUZU LUTE 1	r

Anhang 14: Artenlisten und Testflächen der drei Zeitabschnitte im Subsubstrat Schneetälchen. Legende Artentliste vgl. Anhang 2, Abkürzungen vgl. Anhang 1, Londo-Werte vgl. Tab. 6.

ARTENLISTEN SCHNEETAELCHEN, ZEITEN 1-3

SCHNEETAELCHEN

ARTENLISTEN-	666
NUMMER	000
	000
	123
3 POHL SP.M 3	rrr
4 BRYU SP.M 3	rrr
5 POA ALPI 3	rrr
7 OXYR DIGY 3	rrr
8 GEUM REPT 3	rrr
9 CHRY ALPI 3	rrr
10 CERA UNIF 3	rrr
11 CERA TRIG 3	rrr
13 ARAB ALPI 3	rrr
1 POLY SP.M 2	r r
2 RHAC SP.M 2	rr
6 VERO ALPI 2	r r
12 ARAB COER 2	rr
14 CYNO SP.M 2	rr
16 MINU SP. 2	rr
17 SAXI BRYO 2	rr
15 DESM SP.M 1	r
18 LINA ALPI 1	r
19 SEDU ALPE 1	r
20 DORO CLUS 1	r
21 RANU GLAC 1	r

NO. OF RELEVES PRINTED:
NO. OF ATTRIBUTES PRINTED:

6
14

Flächennummer	666666
	458736
2 POA ALPI 5	315312
3 CERA UNIF 5	rrlrr
6 POHL SP.M 5	rr44 1
12 CERA TRIG 4	r 63 1
4 ARAB ALPI 3	1r 2
13 CHRY ALPI 3	1rr
7 BRYU SP.M 2	r r
8 MINU SP. 2	2r
9 OXYR DIGY 2	rr
10 GEUM REPT 2	rr
1 POLY SP.M 1	r
5 RHAC SP.M 1	r
11 EPIL ALPI 1	r
14 SAXI STEL 1	r

Anhang 15: Artenlisten und Testflächen der drei Zeitabschnitte im Subsubstrat Bachlauf.
Legende Artentliste vgl. Anhang 2, Abkürzungen vgl. Anhang1, Londo-Werte vgl. Tab. 6.

ARTENLISTEN BACHLAUF, ZEITEN 1-4

ARTENLISTEN-NUMMER	5555
	0000
	0000
	1234
1 CYNO SP.M 4	rrrr
2 POLY SP.M 4	rrrr
3 POHL SP.M 4	rrrr
4 POA ALPI 4	rrrr
5 MINU SP. 4	rrrr
6 SAXI BRYO 4	rrrr
7 OXYR DIGY 4	rrrr
8 GEUM REPT 4	rrrr
10 CHRY ALPI 4	rrrr
11 CERA UNIF 4	rrrr
12 ARAB ALPI 4	rrrr
13 BRYU SP.M 3	rrr
14 VERO ALPI 3	rrr
15 SAXI OPPO 3	rrr
17 CERA TRIG 3	rrr
9 EPIL ALPI 2	rr
16 SAXI EXAR 2	rr
21 RHIZ SP.F 2	rr
22 CLAD SP.F 2	rr
23 STER SP.F 2	rr
24 TARA ALPI 2	rr
26 SALI HERB 2	rr
27 GNAP SUPI 2	rr
28 FEST VIOL 2	rr
29 SAXI STEL 2	rr
30 SAXI SEGU 2	rr
31 RANU GLAC 2	rr
18 CETR SP.F 1	r
19 LECA CF.F 1	r
20 LECI SP.F 1	r
25 SENE CARN 1	r
32 LINA ALPI 1	r
33 SEDU ALPE 1	r
34 SEMP MONT 1	r
35 LUZU LUTE 1	r
36 HIER ALPI 1	r

BACHLAUF

NO. OF RELEVES PRINTED: 14
 NO. OF ATTRIBUTES PRINTED: 23

Flächennummer	5555555555555555
	11171138915611
	135 04 2 68
3 POA ALPI 5	r22353r124rr 1
7 CERA UNIF 5	233415122122r
4 OXYR DIGY 5	2r1 r21331r2
1 POHL SP.M 5	3311 1r461 r
6 CHRY ALPI 5	3121r3r3 3 r
11 MINU SP. 5	2rr1rr r r
5 GEUM REPT 5	1r 12 r 1 .6
9 CYNO SP.M 5	r r r r r r1
10 POLY SP.M 5	33rr 3 r
19 VERO ALPI 5	2rr r 2 r
8 ARAB ALPI 5	rr r rr
12 SAXI BRYO 5	r324 r
2 BRYU SP.M 4	r r rr
13 CERA TRIG 3	1 rr
18 FEST VIOL 2	12
20 SAXI SEGU 2	r4
14 CLAD SP.F 1	4
15 TARA ALPI 1	1
16 SALI HERB 1	1
17 GNAP SUPI 1	r
21 DESM SP.M 1	r
22 AREN BIFL 1	1
23 RHAC SP.M 1	r

Anhang 16: Artenlisten und Testflächen der vier Zeitabschnitte im Subsubstrat Temporärer
 Legende Artentliste vgl. Anhang 2, Abkürzungen vgl. Anhang 1, Londo-Werte vgl.
 Tab. 6.

ARTENLISTEN TEMP. GEWAESSER ZEITEN 1-4

ARTENLISTEN- NUMMER	7777 0000 0000 1234
3 TARA ALPI 4	rrrr
4 POA ALPI 4	rrrr
5 MINU SP. 4	rrrr
6 VERO ALPI 4	rrrr
7 SAXI BRYO 4	rrrr
8 OXYR DIGY 4	rrrr
9 EPIL ALPI 4	rrrr
10 CHRY ALPI 4	rrrr
11 CERA UNIF 4	rrrr
2 POHL SP.M 3	r rr
12 ARAB ALPI 3	rrr
13 SEDU ALPE 3	rrr
14 SAXI SEGU 3	rrr
17 RANU GLAC 3	rrr
18 GEUM REPT 3	rrr
19 CERA TRIG 3	rrr
1 POLY SP.M 2	r r
21 CLAD SP.F 2	rr
22 STER SP.F 2	rr
24 SANI SP.M 2	rr
25 CYNO SP.M 2	rr
26 BRYU SP.M 2	rr
27 SALI HERB 2	rr
28 LUZU LUTE 2	rr
29 GNAP SUPI 2	rr
31 DORO CLUS 2	rr
33 SAXI STEL 2	rr
15 SAXI OPPO 1	r
16 SAXI EXAR 1	r
20 RHAC SP.M 1	r
23 CETR SP.F 1	r
30 GENT BAVA 1	r
32 CARD RESE 1	r
34 LINA ALPI 1	r
35 UMBI SP.F 1	r
36 SALI RETI 1	r
37 FEST VIOL 1	r
38 CIRS SPIN 1	r
39 GEUM MONT 1	r

TEMP. GEWAESSER

NO. OF RELEVES PRINTED: 15
 NO. OF ATTRIBUTES PRINTED: 30

Flächennummer	7777777777777777 1218111111117159 800 4357926 1
1 POA ALPI 5	67434537857121r
2 CERA UNIF 5	37rr1 rlrrr2 r
11 CERA TRIG 5	6r11r3r32 3 r
6 POHL SP.M 5	4 44347 647 1
10 CHRY ALPI 5	661rrrrr r
5 OXYR DIGY 5	34rr 1 r
8 MINU SP. 5	r 1r 1 2r
12 CYNO SP.M 5	32r r r 1
13 POLY SP.M 5	5 1 r 3 r4
3 ARAB ALPI 5	3 rr r r
9 GEUM REPT 5	52r1r
19 GNAP SUPI 5	1 1r12
20 VERO ALPI 5	14 114
24 RANU GLAC 4	65 35
17 SAXI STEL 3	41r
18 TARA ALPI 3	r3 r
7 BRYU SP.M 2	r r
29 GEUM MONT 2	56
30 SAXI SEGU 2	23
4 SAXI BRYO 1	r
14 SEDU ALPE 1	r
15 SAXI EXAR 1	r
16 RHAC SP.M 1	1
21 CAMP CENI 1	r
22 LINA ALPI 1	r
23 CARD RESE 1	r
25 EPIL ALPI 1	2
26 UMBI SP.F 1	r
27 RHIZ SP.F 1	r
28 SANI SP.M 1	1

Anhang 17: Aehnlichkeitswerte Zeitzentroide (Deckungsgrad Londo-Wert)

Zeit1/Zeit2: 0,673	Zeit1/Zeit3: 0,603
Zeit1/Zeit4: 0,320	Zeit2/Zeit3: 0,811
Zeit2/Zeit4: 0,469	Zeit3/Zeit4: 0,583

Anhang 18: Aehnlichkeitswerte Zeitzentroide (Artenvielfalt, Art vorhanden/nicht vorhanden)

Zeit1/Zeit2: 0,740	Zeit1/Zeit3: 0,723
Zeit1/Zeit4: 0,529	Zeit2/Zeit3: 0,878
Zeit2/Zeit4: 0,682	Zeit3/Zeit4: 0,704

Anhang 19: Dauer der Eisfreiheit/Werte für die Artenzusammensetzung bei hoher Gewichtung der Häufigkeit einzelner Arten (Wolkendurchmesser=mittlerer Aehnlichkeitswert innerhalb der Aufnahmen eines Stratums; Wolkenabstand=mittlerer Aehnlichkeitswert zwischen den Aufnahmen der Straten.)

<u>Stratum</u>	<u>Wolkendurchmesser</u>	<u>Wolkenabstand</u>
A1	0,2016	-
A2	0,5533	-
A3	0,5305	-
A4	0,496	-
A1/A2	-	0,2954
A1/A3	-	0,2782
A1/A4	-	0,2985
A2/A3	-	0,4735
A2/A4	-	0,2825
A3/A4	-	0,2732
B1	1	-
B2	0,423	-
B3	0,435	-
B1/B2	-	-
B1/B3	-	-
B2/B3	-	0,399
C1	0,308	-
C2	0,409	-
C3	0,495	-
C1/C2	-	0,3852
C1/C3	-	0,3987
C2/C3	-	0,3323
D1	0,368	-
D2	0,6233	-
D3	0,3255	-
D1/D2	-	0,450
D1/D3	-	0,2772
D2/D3	-	0,3908
R1	1	-

R4	0,3002	-
R1/R2	-	-
R1/R3	-	-
R1/R4	-	-
R2/R3	-	0,3941
R2/R4	-	0,3223
R3/R4	-	0,4223
T1	1,0	-
T2	0,3332	-
T3	0,63	-
T4	0,3961	-
T1/T2	-	0,2673
T1/T3	-	0,3550
T1/T4	-	0,3274
T2/T3	-	0,43
T2/T4	-	0,3906
T3/T4	-	0,3784
S1	1,0	-
S2	0,5	-
S3	0,647	-
S1/S2	-	0,393
S1/S3	-	0,1626
S2/S3	-	0,3311

Anhang 20: Dauer der Eisfreiheit/Werte für die Artenzusammensetzung ohne Gewichtung der Häufigkeit einzelner Arten (Wolkendurchmesser=mittlerer Aehnlichkeitswert innerhalb der Aufnahmen eines Stratums; Wolkenabstand=mittlerer Aehnlichkeitswert zwischen den Aufnahmen der Straten)

<u>Stratum</u>	<u>Wolkendurchmesser</u>	<u>Wolkenabstand</u>
A1	0,246	-
A2	0,528	-
A3	0,4304	-
A4	0,425§	-
A1/A2	-	0,2250
A1/A3	-	0,2154
A1/A4	-	0,2373
A2/A3	-	0,4104
A2/A4	-	0,3544
A3/A4	-	0,3309
B1	1	-
B2	0,4189	-
B3	0,3806	-
B1/B2	-	-
B1/B3	-	-
B2/B3	-	0,3815
C1	0,375	-
C2	0,4002	-
C3	0,603	-
C1/C2	-	0,3972
C1/C3	-	0,4075
C2/C3	-	0,4658

D1	0,456	-
D2	0,7524	-
D3	0,369	-
D1/D2	-	0,5958
D1/D3	-	0,4139
D2/D3	-	0,482
R1	1	-
R2	0,602	-
R3	0,4401	-
R4	0,3543	-
R1/R2	-	-
R1/R3	-	-
R1/R4	-	-
R2/R3	-	0,4666
R2/R4	-	0,2845
R3/R4	-	0,4009
T1	1,0	-
T2	0,2821	-
T3	0,3509	-
T4	0,33	-
T1/T2	-	0,3168
T1/T3	-	0,3596
T1/T4	-	0,2020
T2/T3	-	0,3605
T2/T4	-	0,2822
T3/T4	-	0,3405
S1	1,0	-
S2	0,583	-
S3	0,581	-
S1/S2	-	0,2915
S1/S3	-	0,2250
S2/S3	-	0,3368

Anhang 21: Aehnlichkeitswerte Substratzentroide (Artenzusammensetzung mit hoher Gewichtung der Häufigkeit einzelner Arten)

A/B: 0,417	A/C: 0,254	A/D: 0,629
A/R: 0,751	A/T: 0,663	A/S: 0,483
B/C: 0,340	B/D: 0,302	B/S: 0,340
C/D: 0,122	C/R: 0,285	C/T: 0,289
C/S: 0,529	D/R: 0,666	D/T: 0,398
D/S: 0,292	R/T: 0,642	R/S: 0,551
T/S: 0,724		

Anhang 22: Aehnlichkeitswerte Substratzentroide (Artenzusammensetzung ohne Gewichtung der Häufigkeit einzelner Arten))

A/B: 0,672	A/C: 0,466	A/D: 0,673
A/R: 0,847	A/T: 0,750	A/S: 0,634
B/C: 0,584	B/D: 0,399	B/S: 0,561
C/D: 0,223	C/R: 0,482	C/T: 0,609
C/S: 0,656	D/R: 0,723	D/T: 0,581
D/S: 0,489	R/T: 0,813	R/S: 0,736
T/S: 0,830		

Anhang 23: Aehnlichkeitsmatrix Ordination Zentroide alle Substrate und der Nachbarvegetation (Deckungsgrad Londo-Werte)

NO.:	A	B	C	D	R	T	S	Ras
	Sch							
NO. A	1.00E+00							
NO. B	4.17E-01	1.00E+00						
NO. C	2.54E-01	3.40E-01	1.00E+00					
NO. D	6.29E-01	3.02E-01	1.22E-01	1.00E+00				
NO. R	7.51E-01	3.86E-01	2.85E-01	6.66E-01	1.00E+00			
NO. T	6.63E-01	2.57E-01	2.89E-01	3.98E-01	6.42E-01	1.00E+00		
NO. S	4.83E-01	3.40E-01	5.29E-01	2.92E-01	5.51E-01	7.24E-01	1.00E+00	
NO. Rasen	9.49E-02	1.39E-02	1.66E-02	5.96E-02	7.09E-02	1.02E-01	4.55E-02	1.00E+00
NO. Schutt	1.85E-01	3.18E-02	4.21E-02	1.17E-01	1.22E-01	1.89E-01	9.09E-02	2.94E-01
	1.00E+00							

Anhang 24: Substrat/Werte für die Artenzusammensetzung bei hoher Gewichtung der Häufigkeit einzelner Arten (Wolkendurchmesser=mittlerer Aehnlichkeitswert innerhalb der Aufnahmen eines Stratums; Wolkenabstand=mittlerer Aehnlichkeitswert zwischen den Aufnahmen der Straten)

<u>Stratum</u>	<u>Wolkendurchmesser</u>	<u>Wolkenabstand</u>
A1	0,2106	-
B1	1	-
C1	0,308	-
D1	0,3638	-
R1	1	-
T1	1,0	-
S1	1,0	-
A1/B1	-	-
A1/C1	-	0,1803
A1/D1	-	0,2344
A1/R1	-	-
A1/T1	-	0,2420
A1/S1	-	0,2260
B1/C1	-	-
B1/D1	-	-
B1/R1	-	-
B1/T1	-	-
B1/S1	-	-
C1/D1	-	0,2500
C1/R1	-	-
C1/T1	-	0,538
C1/S1	-	0,3330
D1/R1	-	-
D1/T1	-	0,2170
D1/S1	-	0,1940
R1/T1	-	-
R1/S1	-	-
T1/S1	-	0,6150
A2	0,4233	-
B2	0,5519	-
C2	0,409	-
D2	0,451	-
R2	0,410	-
T2	0,3498	-
S2	0,50	-
A2/B2	-	0,3753
A2/C2	-	0,3906
A2/D2	-	0,2994
A2/R2	-	0,3297
A2/T2	-	0,4791
A2/S2	-	0,4568
B2/C2	-	0,2508
B2/D2	-	0,3134
B2/R2	-	0,2557
B2/T2	-	0,3271
B2/S2	-	0,3192

C2/D2	-	0,364
C2/R2	-	0,3393
C2/T2	-	0,2889
C2/S2	-	0,2879
D2/R2	-	0,2775
D2/T2	-	0,2982
D2/S2	-	0,2344
R2/T2	-	0,3002
R2/S2	-	0,3403
T2/S2	-	0,3284
A3	0,5263	-
B3	0,4353	-
C3	0,495	-
D3	0,3283	-
R3	0,3882	-
T3	0,6299	-
S3	0,653	-
A3/B3	-	0,2655
A3/C3	-	0,3464
A3/D3	-	0,2598
A3/R3	-	0,4057
A3/T3	-	0,4907
A3/S3	-	0,4169
B3/C3	-	0,2772
B3/D3	-	0,3265
B3/R3	-	0,2639
B3/T3	-	0,5761
B3/S3	-	0,5251
C3/D3	-	0,21
C3/R3	-	0,2003
C3/T3	-	0,3859
C3/S3	-	0,4556
D3/R3	-	0,3506
D3/T3	-	0,2949
D3/S3	-	0,4318
R3/T3	-	0,3506
R3/S3	-	0,6626
T3/S3	-	0,4121
A4	0,497	-
R4	0,3002	-
T4	0,3961	-
A4/R4	-	0,4379
A4/T4	-	0,316
R4/T4	-	0,3651

Anhang 25: Substrat/Werte für die Artenzusammensetzung ohne Gewichtung der Häufigkeit einzelner Arten (Wolkendurchmesser=mittlerer Aehnlichkeitswert innerhalb der Aufnahmen eines Stratums; Wolkenabstand=mittlerer Aehnlichkeitswert zwischen den Aufnahmen der Straten)

<u>Stratum</u>	<u>Wolkendurchmesser</u>	<u>Wolkenabstand</u>
A1	0,2473	-
B1	1	-
C1	0,375	-
D1	0,4563	-
R1	1	-
T1	1,0	-
S1	1,0	-
A1/B1	-	-
A1/C1	-	0,1654
A1/D1	-	0,1972
A1/R1	-	-
A1/T1	-	0,2082
A1/S1	-	0,2466
B1/C1	-	-
B1/D1	-	-
B1/R1	-	-
B1/T1	-	-
B1/S1	-	-
C1/D1	-	0,1215
C1/R1	-	-
C1/T1	-	0,1335
C1/S1	-	0,1215
D1/R1	-	-
D1/T1	-	0,4
D1/S1	-	0,6
R1/T1	-	-
R1/S1	-	-
T1/S1	-	0,75
A2	0,5283	-
B2	0,4179	-
C2	0,4002	-
D2	0,7524	-
R2	0,6025	-
T2	0,2822	-
S2	0,5283	-
A2/B2	-	0,416
A2/C2	-	0,2597
A2/D2	-	0,3738
A2/R2	-	0,4589
A2/T2	-	0,4301
A2/S2	-	0,5843
B2/C2	-	0,3198
B2/D2	-	0,2932
B2/R2	-	0,2889
B2/T2	-	0,3896
B2/S2	-	0,4378

C2/D2	-	0,2860
C2/R2	-	0,2543
C2/T2	-	0,2637
C2/S2	-	0,3006
D2/R2	-	0,4193
D2/T2	-	0,3874
D2/S2	-	0,3467
R2/T2	-	0,4047
R2/S2	-	0,5252
T2/S2	-	0,4289
A3	0,4445	-
B3	0,3807	-
C3	0,6030	-
D3	0,3696	-
R3	0,4401	-
T3	0,3545	-
S3	0,5810	-
A3/B3	-	0,3059
A3/C3	-	0,3965
A3/D3	-	0,2899
A3/R3	-	0,3854
A3/T3	-	0,3533
A3/S3	-	0,3075
B3/C3	-	0,343
B3/D3	-	0,2999
B3/R3	-	0,325
B3/T3	-	0,3375
B3/S3	-	0,2449
C3/D3	-	0,2859
C3/R3	-	0,4078
C3/T3	-	0,4568
C3/S3	-	0,3870
D3/R3	-	0,3232
D3/T3	-	0,2632
D3/S3	-	0,2938
R3/T3	-	0,3884
R3/S3	-	0,4068
T3/S3	-	0,4077
A4	0,4740	-
R4	0,3546	-
T4	0,330	-
A4/R4	-	0,3614
A4/T4	-	0,3264
R4/T4	-	0,2903

Anhang 26: Aehnlichkeitsmatrix Zentroide Substrate/Subsubstrate Zeiten 1/2 (Deckungsgrad Londo-Werte)

NO.:	A1/A2	B2	C1/C2	D1/D2	R2	T1/T2	S1/S2
NO. A1/A2	1.00E+00						
NO. B2	6.42E-01	1.00E+00					
NO. C1/C2	2.76E-01	2.89E-01	1.00E+00				
NO. D1/D2	4.40E-01	3.03E-01	7.45E-02	1.00E+00			
NO. R2	6.42E-01	4.11E-01	2.13E-01	6.40E-01	1.00E+00		
NO. T1/T2	6.89E-01	4.03E-01	4.61E-01	3.28E-01	5.62E-01	1.00E+00	
NO. S1/S2	6.61E-01	4.66E-01	2.88E-01	3.27E-01	4.79E-01	6.45E-01	1.00E+00

Anhang 27: Aehnlichkeitsmatrix Zentroide Substrate/Subsubstrate Zeiten3/4 (Deckungsgrad Londo-Werte)

NO.:	A3/A4	B3	C3	D3	R3/R4	T3/T4	S3
NO. A3/A4	1.00E+00						
NO. B3	2.57E-01	1.00E+00					
NO. C3	2.51E-01	2.93E-01	1.00E+00				
NO. D3	5.38E-01	2.57E-01	1.70E-01	1.00E+00			
NO. R3/R4	6.70E-01	3.08E-01	3.87E-01	6.33E-01	1.00E+00		
NO. T3/T4	5.79E-01	1.45E-01	3.25E-01	3.77E-01	6.19E-01	1.00E+00	
NO. S3	2.73E-01	8.64E-02	4.67E-01	2.11E-01	4.33E-01	6.56E-01	1.00E+00

Anhang 28: Aehnlichkeitswerte für die Zentroide Ruhschutt/Temporärer Wasserlauf/Bachlauf (Artenzusammensetzung bei hoher Gewichtung des Deckungsgrades)

A/T: 0,663 A/R: 0,751....T/R: 0,642

Anhang 29: Aehnlichkeitswerte für die Zentroide Ruhschutt/Temporärer Wasserlauf/Bachlauf (Artenzusammensetzung ohne Gewichtung des Deckungsgrades)

A/T: 0,750 A/R: 0,847....T/R: 0,813

Anhang 30: Aehnlichkeitsmatrix Substrate/Subsubstrate und Nachbarvegetation, Sukzession (Artenzusammensetzung bei hoher Gewichtung des Deckungsgrades)

NO.:

A1	A2	A3	A4	B2	B3	C1	C2
C3	D1	D2	D3	R2	R3	R4	T1
T2	T3	T4	S1	S2	S3	Ras	Sch

NO. Rasen

2.72E-02	5.58E-02	6.23E-02	1.42E-01	1.78E-02	7.13E-03	1.05E-02	1.09E-02
3.01E-02	2.98E-02	7.08E-02	6.31E-02	4.12E-02	1.04E-01	7.15E-02	1.73E-02
4.56E-02	6.49E-02	1.69E-01	2.26E-02	4.14E-02	5.26E-02	1.00E+00	

NO. Schutt

5.78E-02	1.00E-01	1.25E-01	2.83E-01	3.41E-02	2.74E-02	3.55E-02	3.55E-02
5.71E-02	7.92E-02	1.32E-01	1.19E-01	8.61E-02	1.59E-01	1.21E-01	4.10E-02
9.45E-02	1.30E-01	3.00E-01	4.31E-02	8.31E-02	1.05E-01	2.94E-01	1.00E+00