

VEGETATIONSDYNAMIK AM SESVENNAGLETSCHER

SUKZESSION

**DIPLOMARBEIT
von
RITA GAFNER**

**Betreuung durch
Dr. C.A. Burga
Dr. M. Schütz und Dr. B. Krüsi (WSL)**

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.

Der sukzessionale Verlauf der Vegetationsentwicklung wurde anhand der im Vorfeld dominanten Arten beschrieben, und deren Entwicklungsstufe mit der rezent glazial unbeeinflussten Nachbarvegetation verglichen.

Die Ergebnisse wurden anhand vergleichbarer Literatur diskutiert.

INHALTSVERZEICHNIS

Vorwort

1. EINLEITUNG UND FRAGESTELLUNG	4
2. GRUNDLAGEN	
2.1 Untersuchungsgebiet	5
2.2 Geologie	6
2.3 Boden	8
2.4 Klima	9
2.5 Gletschervorfeldvegetation	13
2.6 Sukzession	14
3. METHODIK	
3.1 Versuchsanordnung und Planung	15
3.2 Abgrenzung des Untersuchungsgegenstandes	15
3.3 Stratifizierung	15
3.3.1 Dauer der Eisfreiheit	16
3.3.2 Substrat	17
3.3.3 Sonderstandorte	22
3.3.4 Topographie	25
3.3.5 Nachbarvegetation	25
3.4 Auswahl der Aufnahmeflächen	
3.4.1 Ruhschutt	26
3.4.2 Lockerschutt	27
3.4.3 Sander	28
3.4.4 Anstehender Fels	29
3.4.5 Bachlauf	30
3.4.6 Temporärer Wasserlauf	32
3.4.7 Schneetälchen	
3.5 Vegetationsaufnahmen	
3.5.1 Versuchsflächengrösse	34
3.5.2 Schätzskala	34
3.5.3 Nomenklatur	35
3.6 Auswertung der Daten	
3.6.1 Allgemeine Auswertung der Daten	36
3.6.2 Spezielle Auswertung der Daten: Sukzession	39

4. ERGEBNISSE	
4.1 Allgemeine Ergebnisse	41
4.1.1 Vegetationsentwicklung mit zunehmender Dauer der Eisfreiheit	42
4.1.1.1 Einfluss der Dauer der Eisfreiheit auf die Vegetationsentwicklung in einzelnen Substraten/Subsubstraten	46
4.1.1.2 Vorfeldvegetation im Vergleich mit der Nachbarvegetation	49
4.1.2 Vegetationsentwicklung in den Substraten/Subsubstraten	50
4.1.2.1 Einfluss der Substrate/Subsubstrate auf die Vegetationsentwicklung in den Zeitabschnitten	56
4.1.3 Einfluss der Bodenfeuchtigkeit auf die Vegetationsentwicklung	59
4.1.3.1 Einfluss der Bodenfeuchtigkeit auf die Vegetationsentwicklung in den Zeitabschnitten	61
4.1.3.2 Vergleich wassernah/wasserfern innerhalb von Substraten/Subsubstraten	62
4.2 Spezielle Ergebnisse: Sukzession	
4.2.1 Dominante Arten: Vergleich Artenzahl	65
4.2.2 Dominante Arten: Vergleich der Artenzusammensetzung	67
4.2.3 Vegetation des Gletschervorfeldes im Vergleich zur Nachbarvegetation	77
5. DISKUSSION	
5.1 Diskussion allgemein	80
5.2 Diskussion Sukzession	81
6. ZUSAMMENFASSUNG	84
7. LITERATUR	85
8. ANHANG	

VORWORT

Diese Arbeit entstand in Zusammenarbeit mit Theo Hess 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, Rita Gafner

1. EINLEITUNG UND FRAGESTELLUNG

Diese Arbeit wurde in Zusammenarbeit mit Theo Hess 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 T. Hess 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 die Sukzessionsstadien im Sesvenna-Gletschervorfeld substratspezifisch, und ist nach ca. 70 jähriger Eisfreiheit eine Entwicklungstendenz in Richtung Dauergesellschaft erkennbar?

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

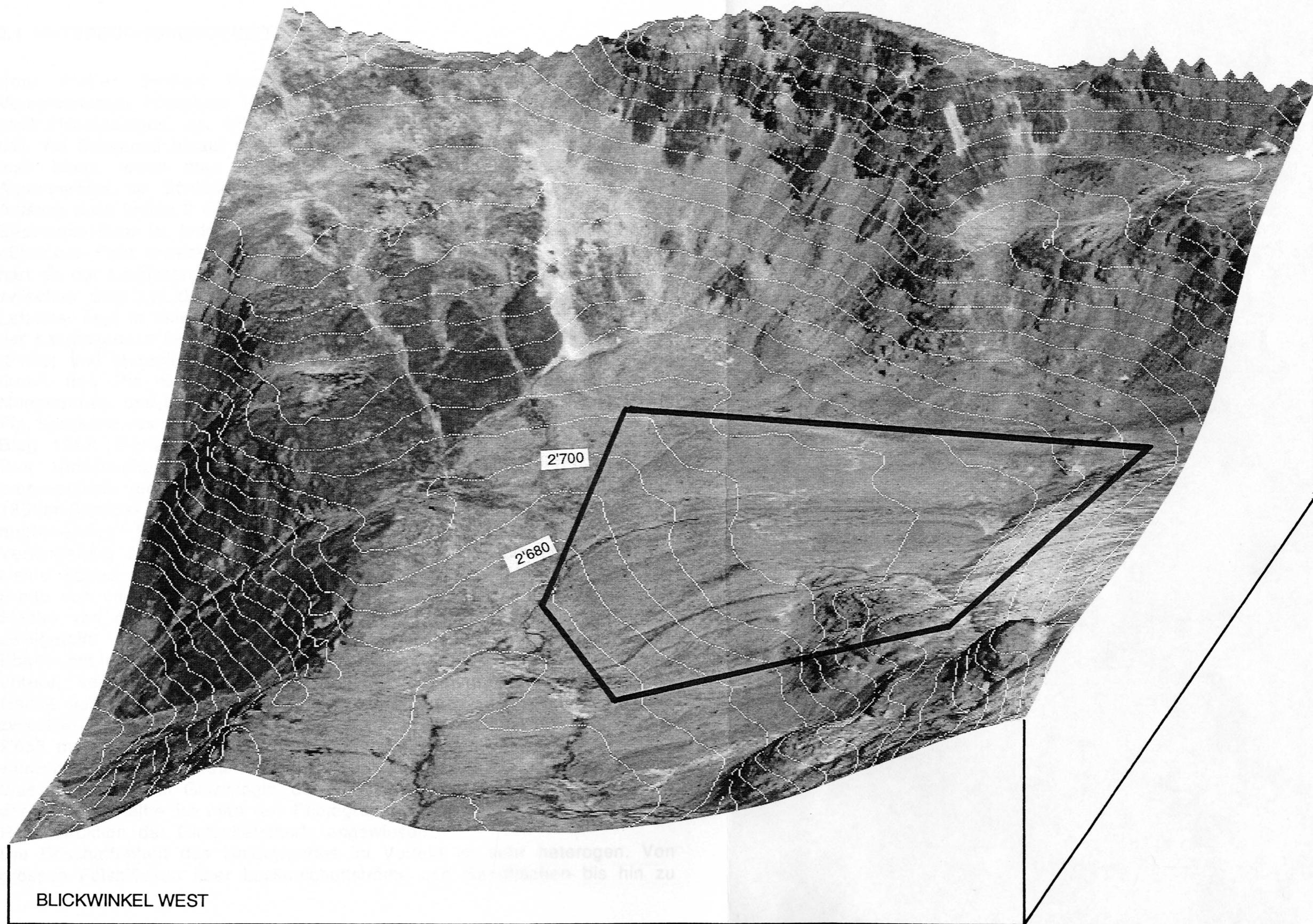


Abb. 1: Digitales Geländemodell des Gletschervorfeldes mit Eingrenzung des Untersuchungsgebiets. (Zur Verfügung gestellt durch Frau Dr. M. Meister, Abt. f. Geodäsie, ETH Zürich.)

2. GRUNDLAGEN

2.1 UNTERSUCHUNGSGBIET

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 2'740-2'750m 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

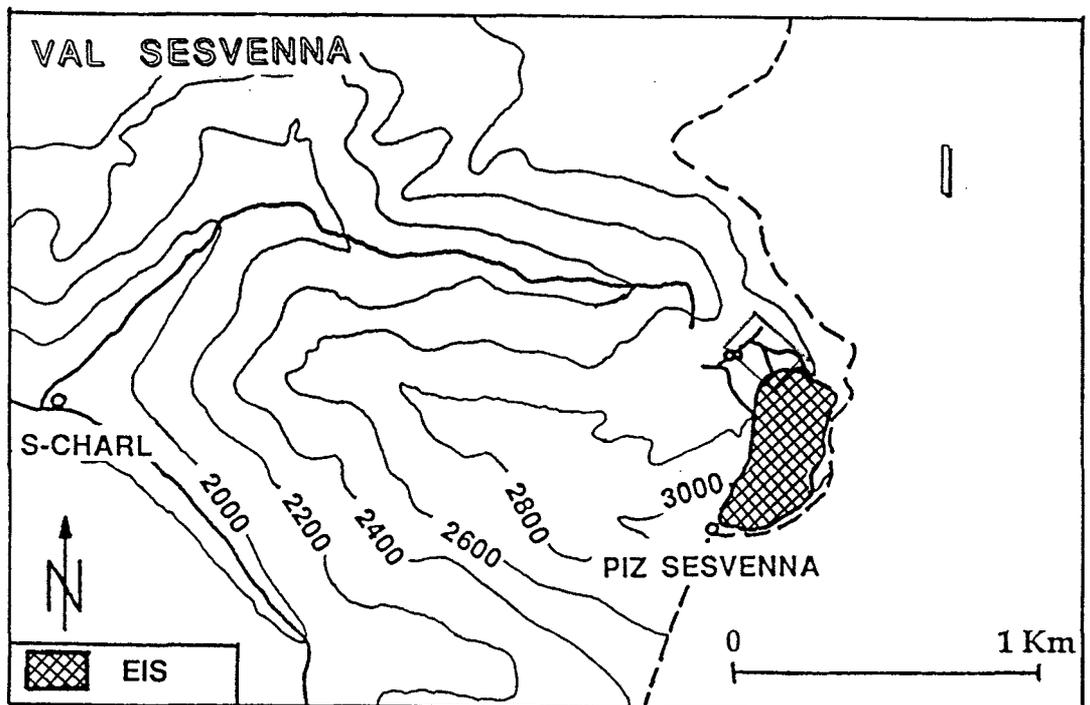
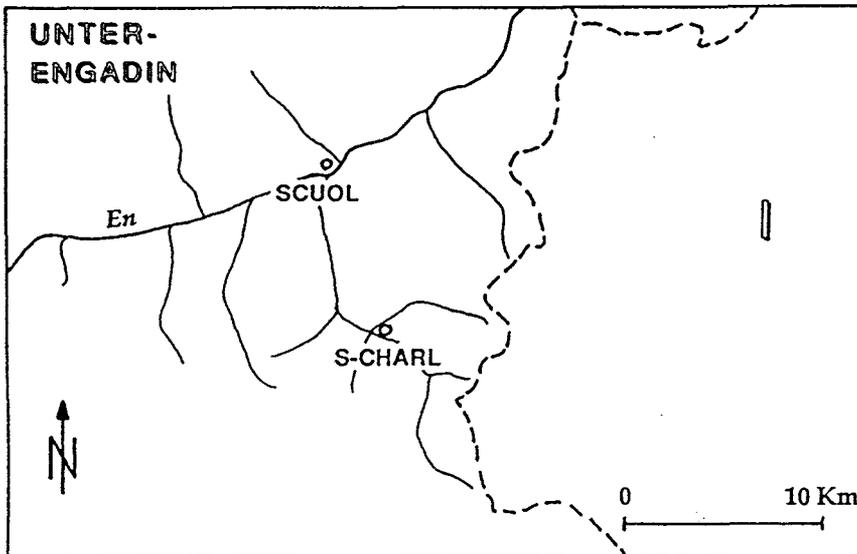
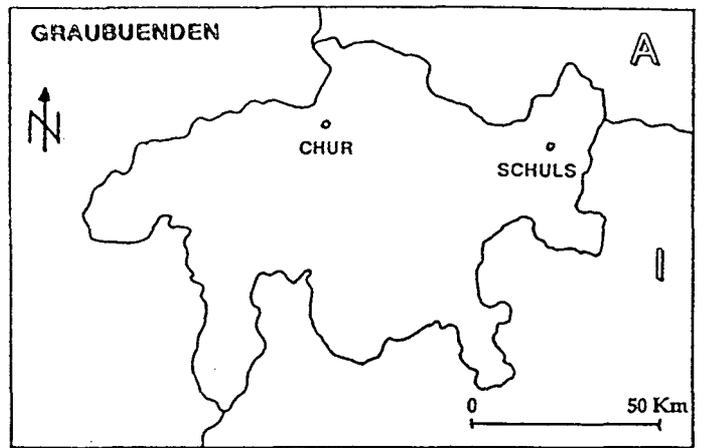
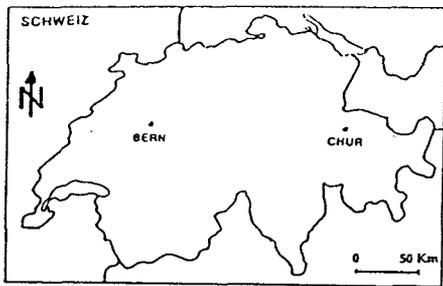


Abb. 2-5: Geographische Eingrenzung des Untersuchungsgebietes

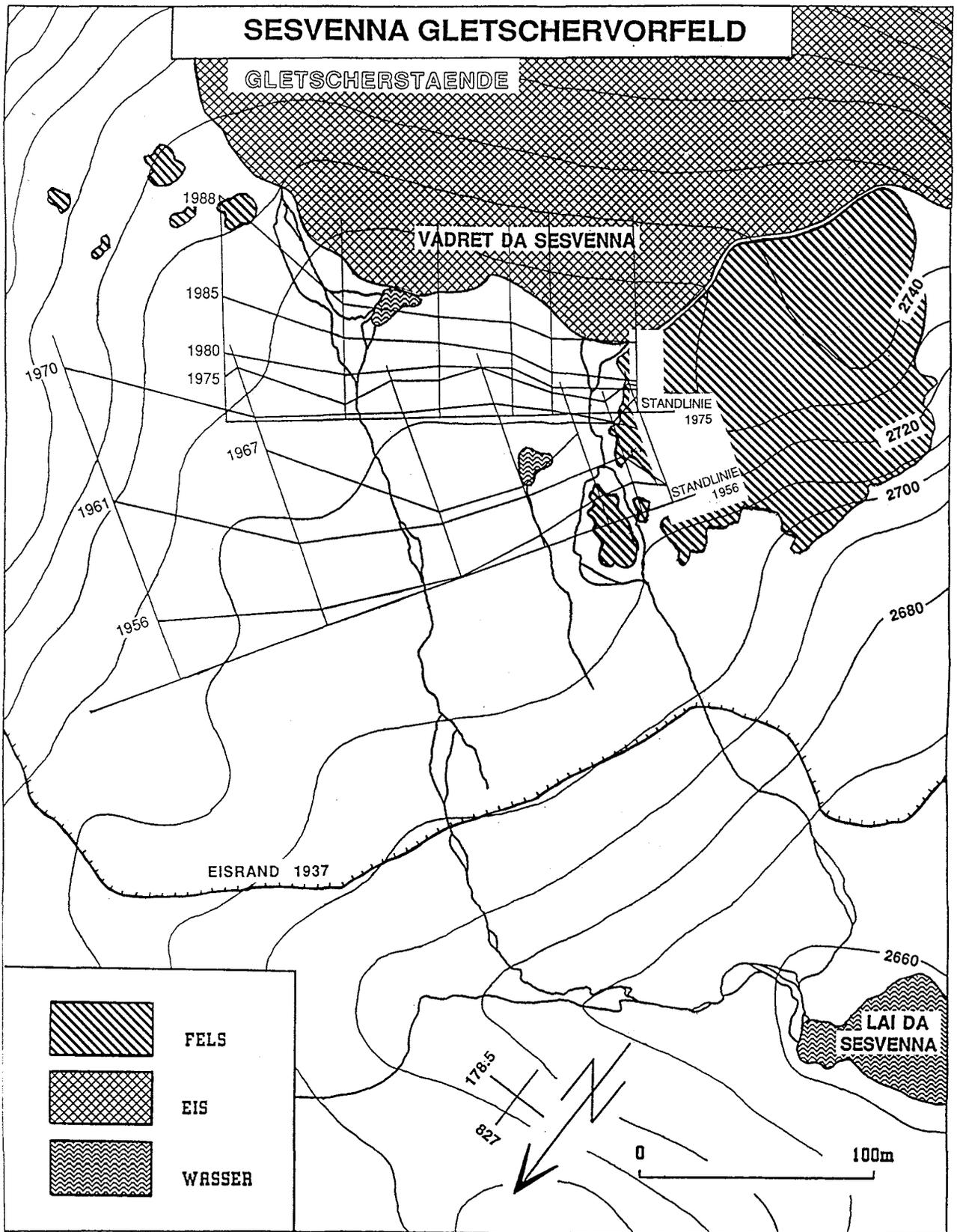


Abb. 6: Gletscherstand 1937 und vermessene Gletscherstände ab 1956. (Zur Verfügung gestellt durch Dr. M. Aellen, Abt. für Glaziologie der VAW der ETH Zürich)

kleinen Seen und grossen Ruhschuttflächen mit verschieden grossem 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 SiO₂-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, vereinzelt 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.

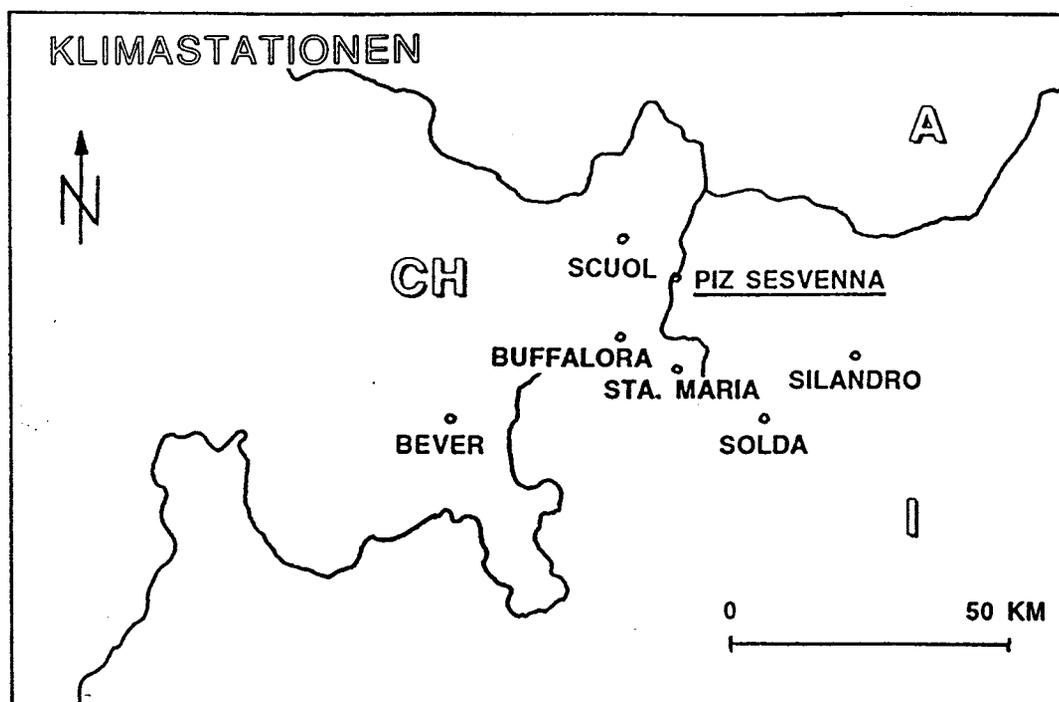


Abb. 7: Geographische Verteilung der Klimastationen

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 SUKZESSION

Der Begriff Sukzession kommt vom lat. succedere = nachrücken, ablösen und heisst in Bezug auf die Vegetation nach Schubert/Wagner (1988): "umweltbedingtes Ablösen einer Pflanzengesellschaft durch eine andere; ist möglich durch Kulturmassnahmen (z.B. Entwässerung) aber auch durch natürliche Ursachen". In dieser Arbeit soll auf die natürlich bedingte Sukzession im Hochgebirge am Sesvonnagletscher (2700m ü. M.) eingegangen werden. Da die Zeit der ausschlaggebendste Faktor ist, um ein natürliches Ablösen einer Pflanzengesellschaft durch eine andere erkennen zu können, soll untersucht werden, wie sich die Vegetation im Sesvenna-Gletschervorfeld über verschiedene Zeitabschnitte verändert hat und ob in dieser Höhenlage bei einer maximalen Dauer der Eisfreiheit von ca. 70 Jahren eine Sukzession erkennbar ist. Im Zusammenhang mit der Sukzession taucht immer wieder der Begriff Klimaxgesellschaft auf. In dieser Arbeit wird bewusst von Dauergesellschaften die Rede sein, da die zum Vergleich mit der Gletschervorfeldvegetation herangezogene Nachbarvegetation nicht eindeutig den Kriterien einer Klimaxgesellschaft (=Schlussglied einer natürlichen Vegetationsentwicklung in einem klimatisch einheitlichen Gebiet mit mehr oder minder gleichbleibender Zusammensetzung der Pflanzengesellschaft. Schubert/Wagner 1988) zugeordnet werden konnte.

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 Felklinse, 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

①

6 STANDLINIE 5
1975

4 — 3 — 2 — 1

②

6 STANDLINIE
1956

3

③

KUPPE

④

2680

2660

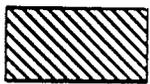
LAI DA
SESVENNA

178.5

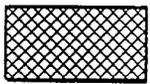
827

0

100m



FELS



EIS



WASSER

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

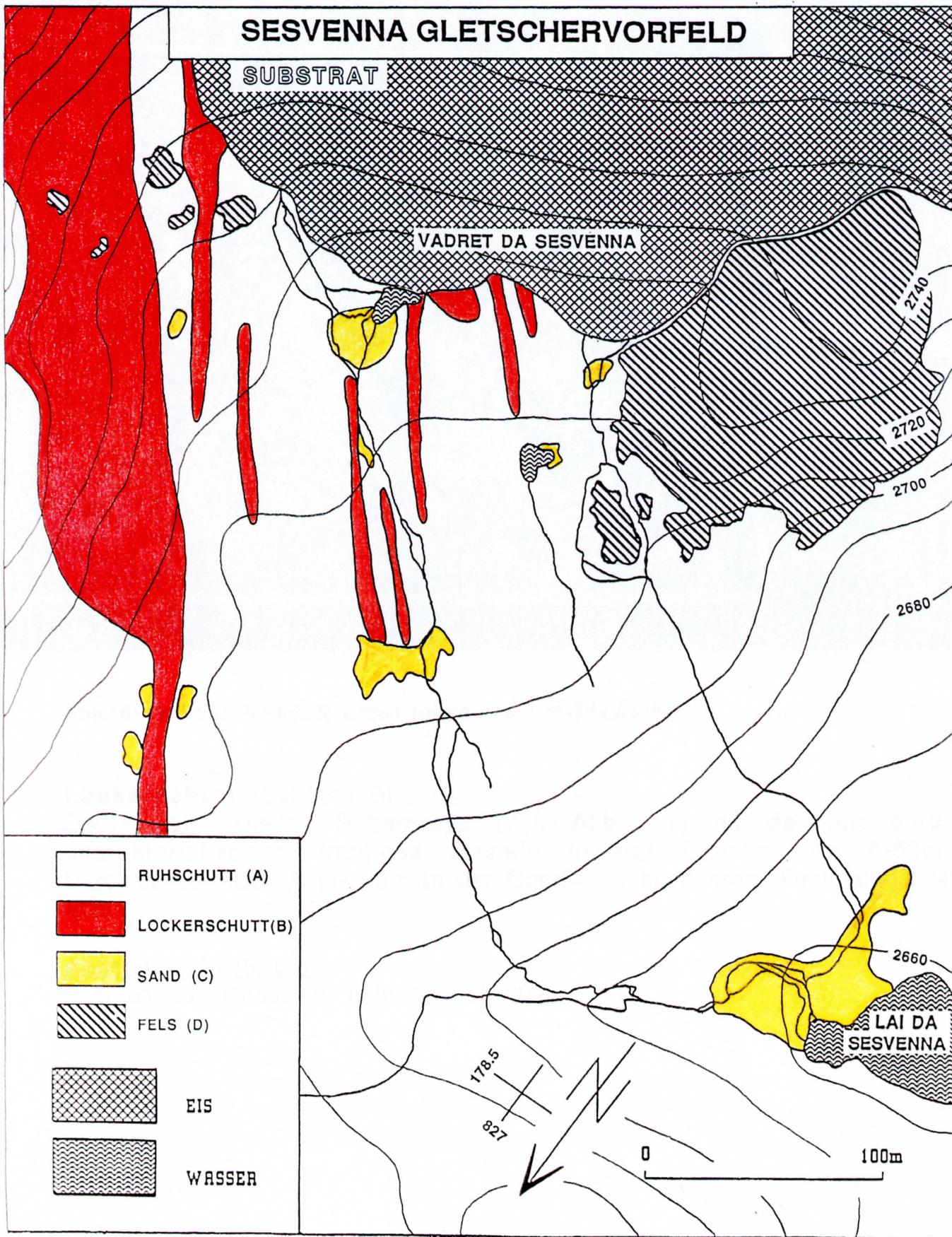


Abb. 9: Geographische Lage der vier Hauptsubstrate im Gletschervorfeld (Kartiert nach Luftbild 41/7998 vom 20. August 1991)



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

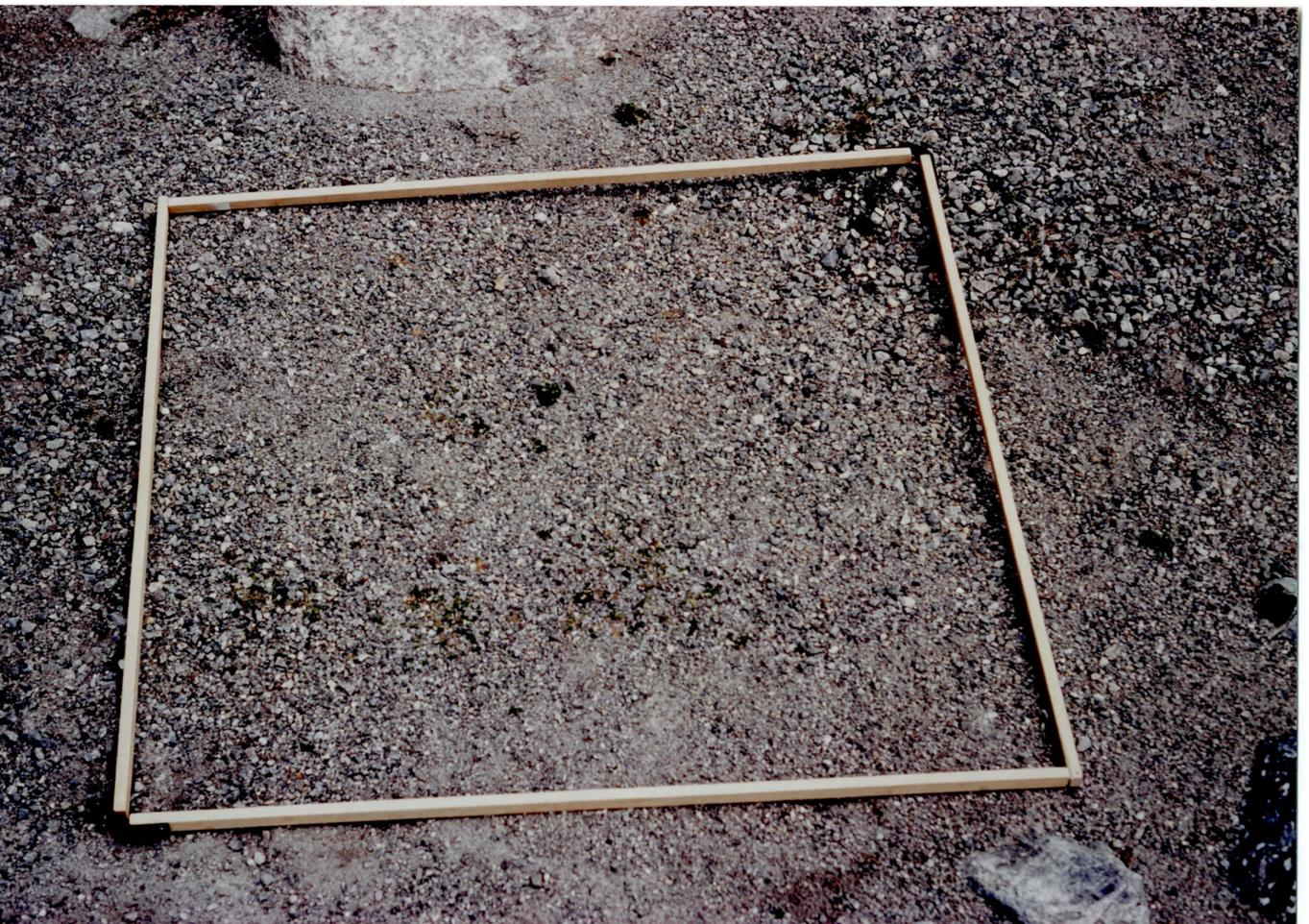


Abb.12: Substrat Sander, Latten zeigen eine 1m²-Testfläche

Anstehender Fels (Substrat D)

Definition: Die Aufnahmeflächen müssen so auf der beschriebenen Messline 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.

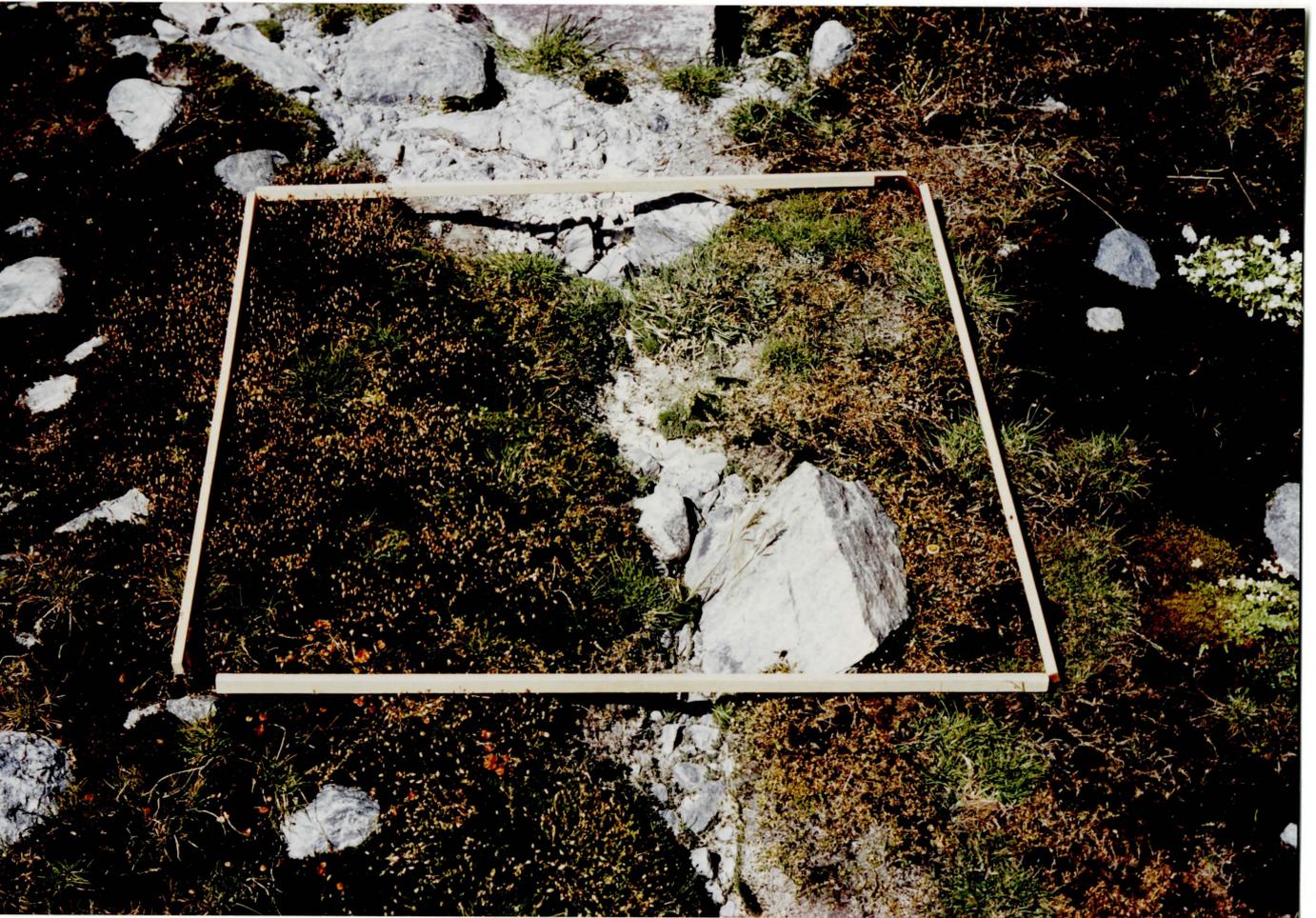


Abb.15: Substrat Temporärer Wasserlauf, Latten zeigen eine 1m²-Testfläche

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 16m² untersucht.

3.4 AUSWAHL DER AUFNAHMEFLÄECHEN

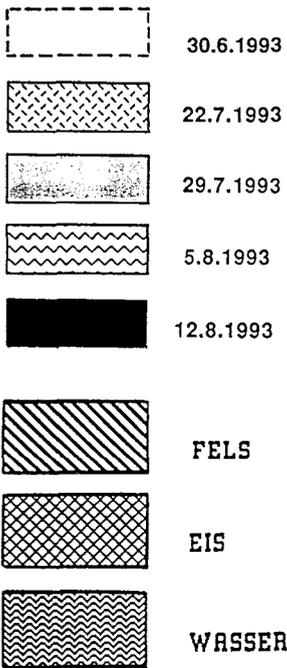
Ausgehend von Beobachtungen in der ersten Begehung im Sommer 1992 und von Erfahrungswerten (M. Schütz / B. Krüsi), wurde es für sinnvoll gehalten, prinzipiell fünf Aufnahmeflächen pro Stratum zu untersuchen. Die Aufnahmeflächen sollten zufällig angelegt werden. Es wurden deshalb verschiedene Varianten 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



178.5
827

0 100m

Abb. 16: Ausaperungsmuster Juni-August 1993

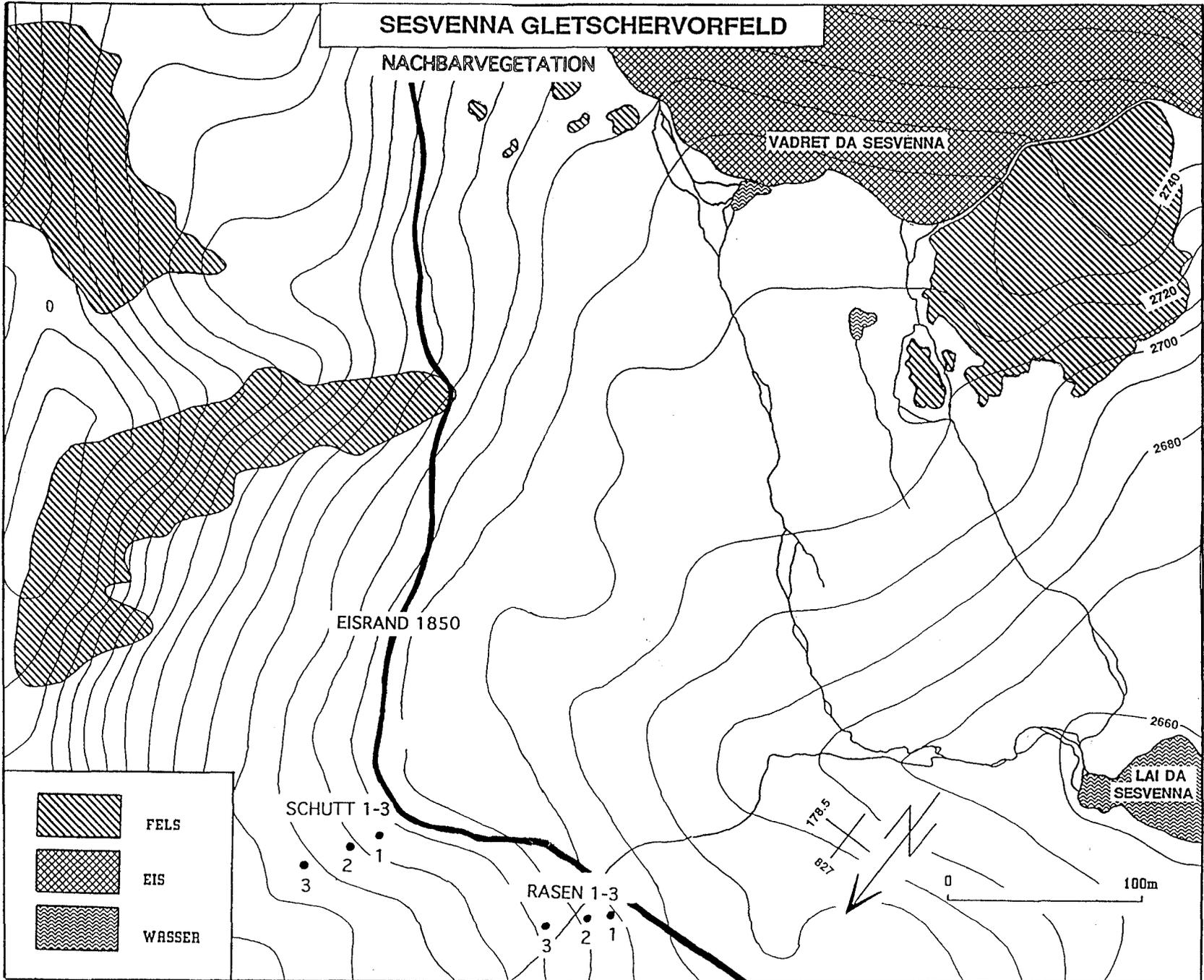


Abb. 17: Geographische Lage der 16m²-Testflächen der Nachbarvegetation auf rezent glazial unbeeinflussten Standorten in befestigter Schutthalde und alpinem Rasen

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 Kurzbeschreibung 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 Falllinie 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

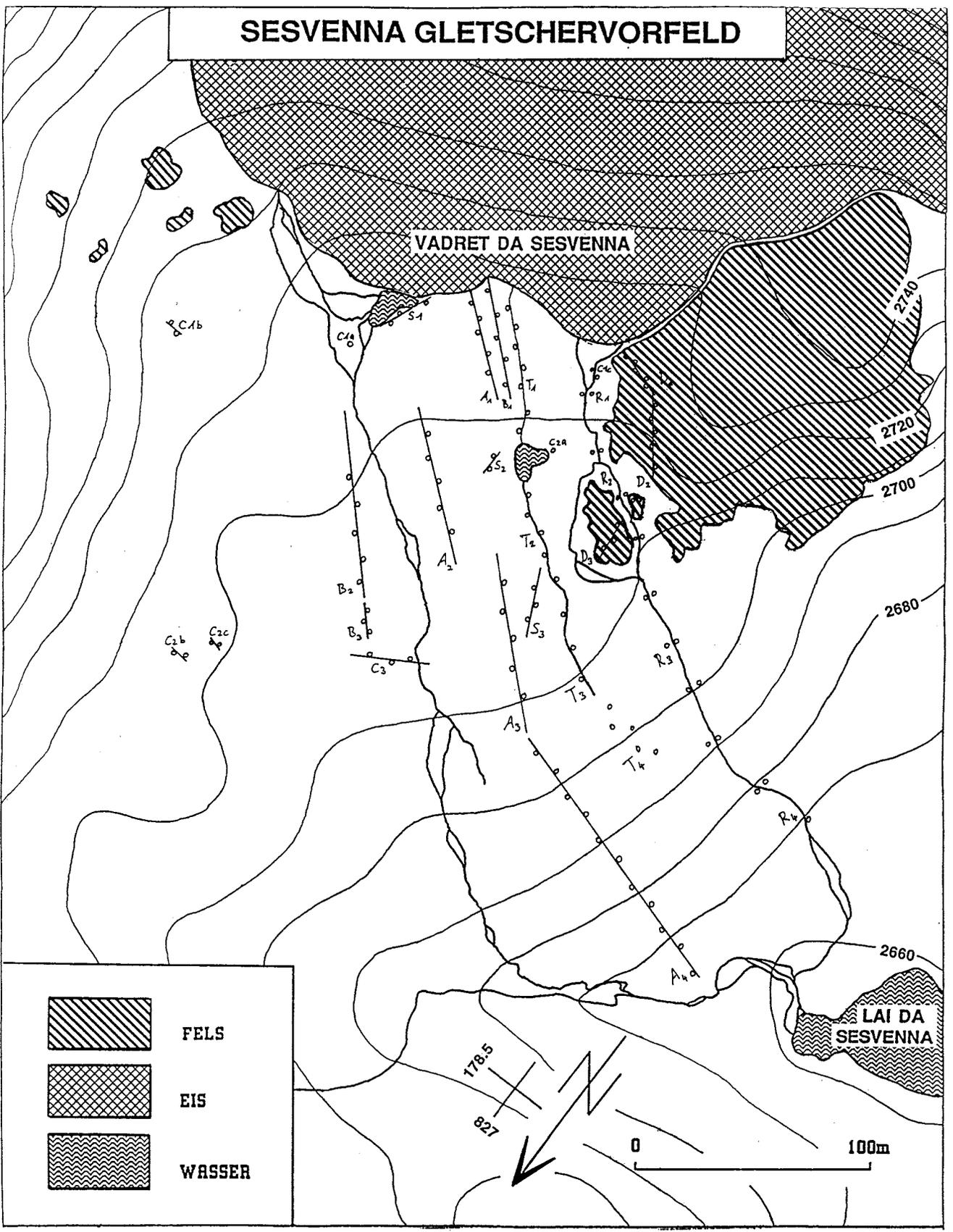


Abb. 18: Anordnung der 1m²-Testflächen im Untersuchungsgebiet

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 gletschnahe, 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 gletschnahen 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 Uebergangflächen 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 Stratums 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 Felslinse. 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 Felslinse, auf welcher sich der Vermessungspunkt GL10 befindet, sowie die Felslinse orographisch rechts des Baches, die talwärts ebenfalls durch die 56er-Vermessungslinie begrenzt wird hinzu. Die westliche Grenze des Stratums 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 Felslinse, die vierte Aufnahme auf der Messlinie selbst (Felslinsenkuppe) und die fünfte rechts der Messlinie (nördliches Ende der Felslinse) angelegt. In diesem Abschnitt konnte die in D1 und D2 beschriebene Felslinse 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 Subsubstrat 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 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 abgeschritten. 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 Sukzession 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 Ähnlichkeitsmatrix berechnet, welche einen Vergleich der Ähnlichkeitswerte 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 Ähnlichkeitsmatrix für alle Aufnahmen eines Substrates/Subsubstrates berechnet. Aus diesen Ähnlichkeitswerten wurden mittlere Ähnlichkeitswerte innerhalb eines Zeitabschnittes des untersuchten Substrates/Subsubstrates sowie mittlere Ähnlichkeitswerte 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 Ähnlichkeit 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: Sukzession

Das Ziel der Auswertung der im Sommer 1993 gesammelten Daten in Bezug auf die Sukzession war, herauszufinden, ob am Sesvennagletscher bei einer Dauer der Eisfreiheit von maximal ca. 70 Jahren eine Sukzession feststellbar sei, und ob sie allenfalls eine Tendenz in Richtung Dauergesellschaft der Nachbarvegetation aufweise.

Alle Auswertungen zum Thema Sukzession wurden für sogenannte dominant vorkommende Gattungen und Arten von Blütenpflanzen bzw. Moosen gemacht. Dominant vorkommend wurden diejenigen Gefäßpflanzengattungen/-arten genannt, welche in mehr als 50% der Aufnahmen eines Stratum vorkamen. In einem ersten Teil der Auswertung wurde die Entwicklung der Anzahl dominant vorkommender Gattungen/Arten von Blütenpflanzen und Moosen im Gletschervorfeld auf bezüglich Dauer der Eisfreiheit und Substrat untersucht. Ein nächster Abschnitt untersuchte die Zusammensetzung der dominant im Gletschervorfeld vorkommenden Taxa bezogen auf die Dauer der Eisfreiheit und des Substrats. Als letztes wurde die Vorfeldvegetation mit der Nachbarvegetation verglichen. Dieser Vergleich wurde für alle vorkommenden Arten gemacht.

a) Dominante Arten: Vergleich der Artenzahl

In diesem Auswertungskapitel wurde die Anzahl dominant vorkommender Taxa von Blütenpflanzen und Moosen in den verschiedenen Zeitabschnitten (vgl. Kap. 3.3.1) ermittelt und miteinander verglichen. Weiter wurde die Anzahl dominant vorkommender Blütenpflanzenarten und Moosgattungen für jedes Substrat/Subsubstrat berechnet und ebenfalls miteinander verglichen. Um sich ein Gesamtbild vom Einfluss der Dauer der Eisfreiheit und des Substrattypes machen zu können, wurden zuletzt die Anzahl dominant vorkommender Blütenpflanzenarten und Moosgattungen für jedes Stratum berechnet und dann miteinander verglichen.

b) Dominante Arten: Vergleich der Artenzusammensetzung

Zuerst wurde für jeden Zeitabschnitt im gesamten Gletschervorfeld untersucht, welche Gattungen/Arten von Blütenpflanzen und Moosen darin dominant vorkommen. Es wurde überprüft, über wieviele Zeitabschnitte einzelne Arten vorkommen, und es wurde ein Vergleich mit anderen Arten angestellt. Weiter wurden dann die einzelnen Arten auf Vorkommen bzw. nicht Vorkommen in den verschiedenen Substraten/Subsubstraten untersucht und auf interessante Details hingewiesen. Zuletzt wurde das Vorkommen der dominanten Blütenpflanzenarten und Moosgattungen in den

einzelnen Zeitabschnitten substratweise betrachtet und mit Vergleichen wurde versucht, Eigenheiten herauszuschälen.

c) Vegetation des Gletschervorfeldes im Vergleich zur Nachbarvegetation. In diesem Kapitel wurde untersucht, ob in der Entwicklung der gesamten Vegetation des Gletschervorfeldes eine Tendenz in Richtung Dauergesellschaft der Nachbarvegetation (Schutt/Rasen) feststellbar sei. Dazu wurden mit MULVA 4 Zentroide für die Substrate Ruhschutt, Lockerschutt, Sander und Anstehender Fels (für jeden untersuchten Zeitabschnitt im Substrat eines) sowie für die Nachbarvegetation im Rasen und im Schutt berechnet. Für die daraus entstehenden vierzehn Zentroide wurde ebenfalls mit MULVA 4 eine Ähnlichkeitsmatrix berechnet und eine Ordination erstellt. Die in der Matrix erhaltenen mittleren Ähnlichkeiten für die Vegetation im Vorfeld wurden einerseits mit der Ähnlichkeit der Nachbarvegetation im Schutt und andererseits mit derjenigen der Nachbarvegetation im Rasen verglichen.

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. 1). 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. 2). 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.

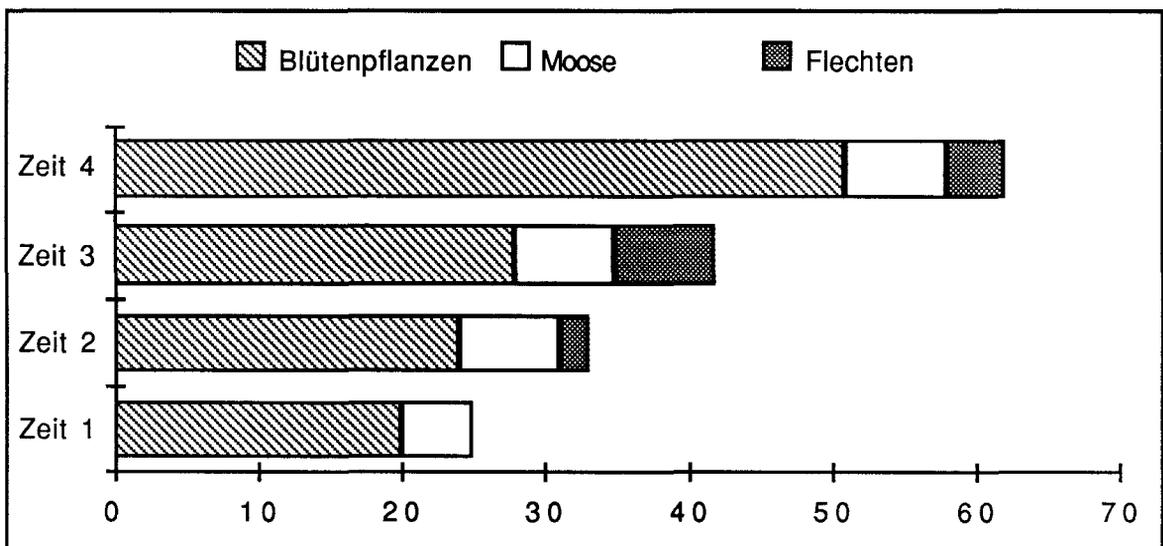


Fig. 1: Anzahl der im Gletschervorfeld vorkommenden Blütenpflanzen, Moose und Flechten in den Testflächen der vier untersuchten Zeitabschnitte

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).

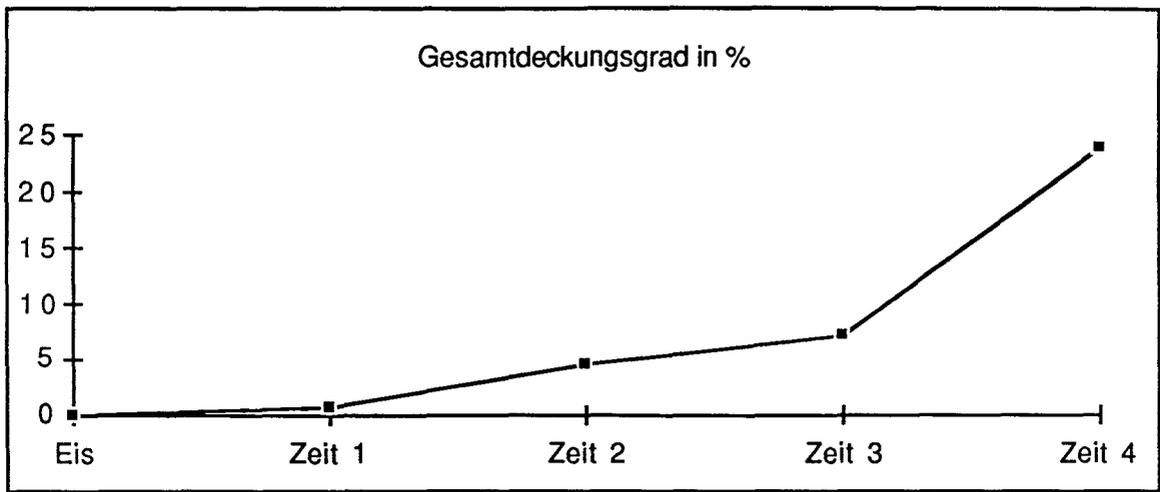


Fig. 2: Verlauf des Gesamtdeckungsgrades über die vier untersuchten Zeitabschnitte

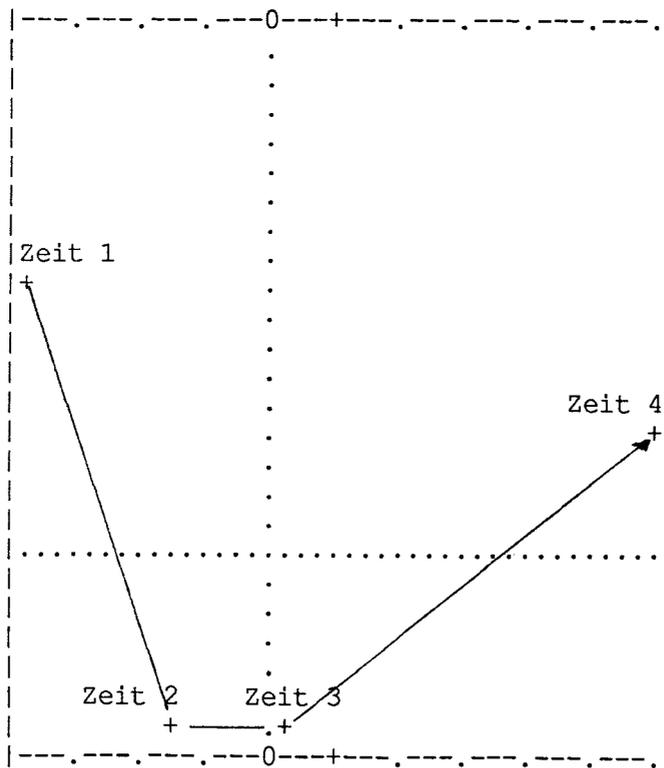


Fig.3: Ordination für die Zentroide der vier Zeitabschnitte (Artenzusammensetzung mit hoher Gewichtung der Häufigkeit einzelner Arten)

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. 3). 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).

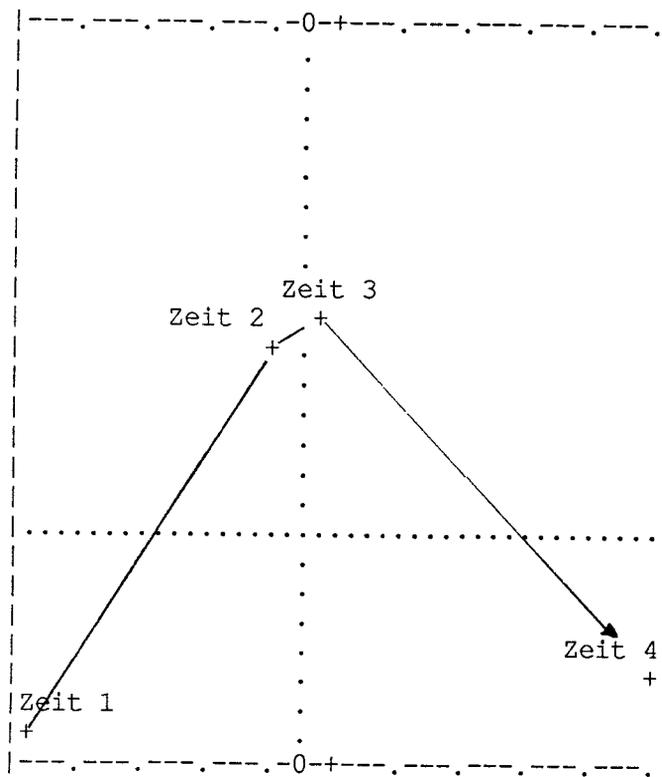


Fig.4: Ordination für die Zentroide der vier Zeitabschnitte (Artenzusammensetzung ohne Gewichtung der Häufigkeit einzelner Arten)

Ohne Gewichtung des Deckungsgrades ist ein klarer Zeitgradient erkennbar (vgl. Fig. 4). 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.

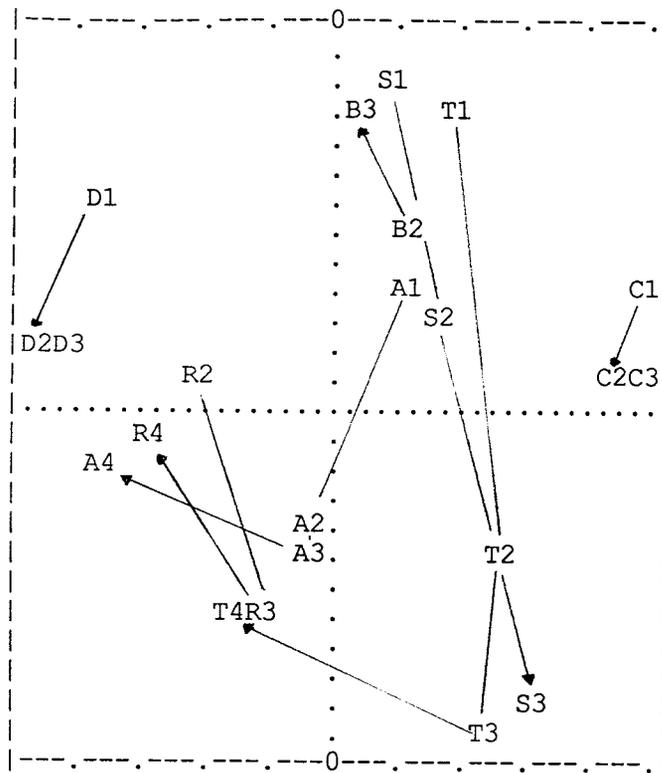


Fig.5: Ordination der Zentroide aller Straten mit hoher Gewichtung der Häufigkeit der einzelnen Arten (A=Ruhschutt, B=Lockerschutt, C=Sander, D=Anstehender Fels, R=Bachlauf, T=Temporärer Wasserlauf, S=Schneetälchen; 1-4=Zeitabschnitte)

Aus Fig. 5 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. 6).

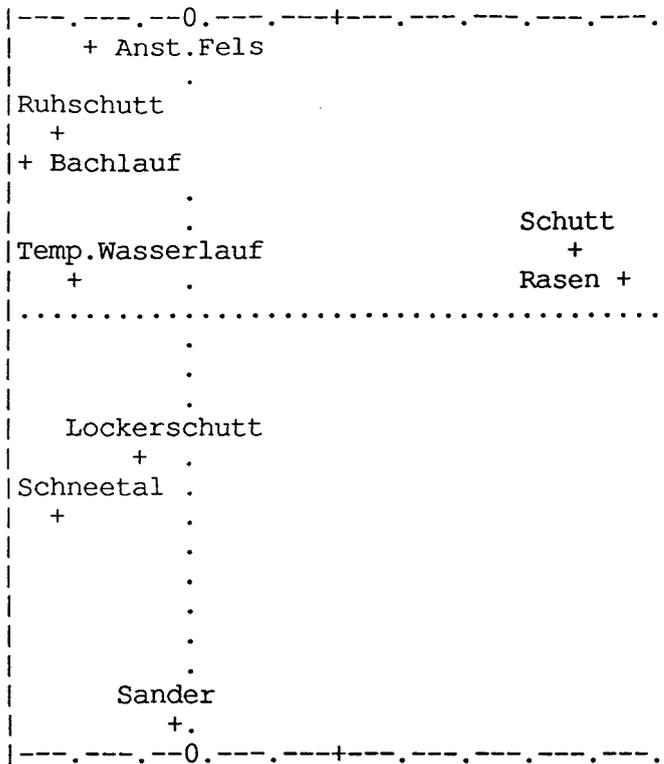


Fig.6: Ordination der Zentroide aller Substrate/Subsubstrate sowie der Nachbarvegetation Schutt und Rasen

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. 7). 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).

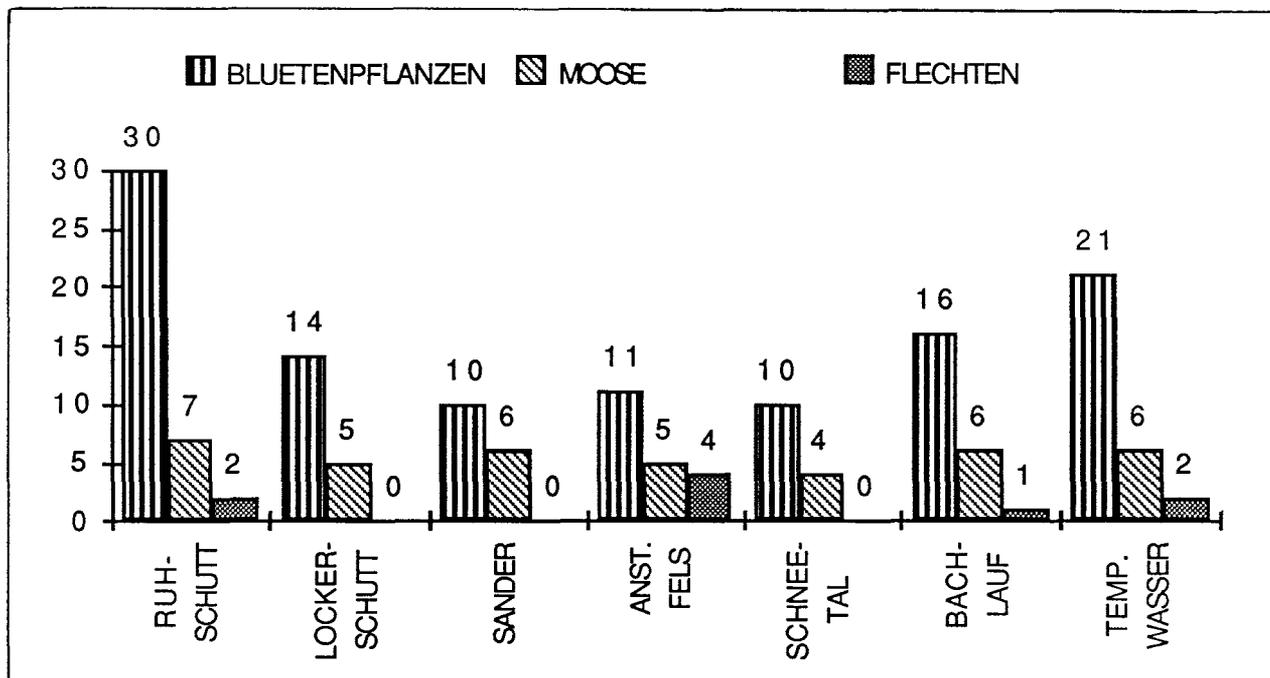


Fig.7: Anzahl Taxa der Blütenpflanzen, Moose und Flechten in den Testflächen der einzelnen Substrate/Subsubstrate

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. 7). 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. 7). 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%.

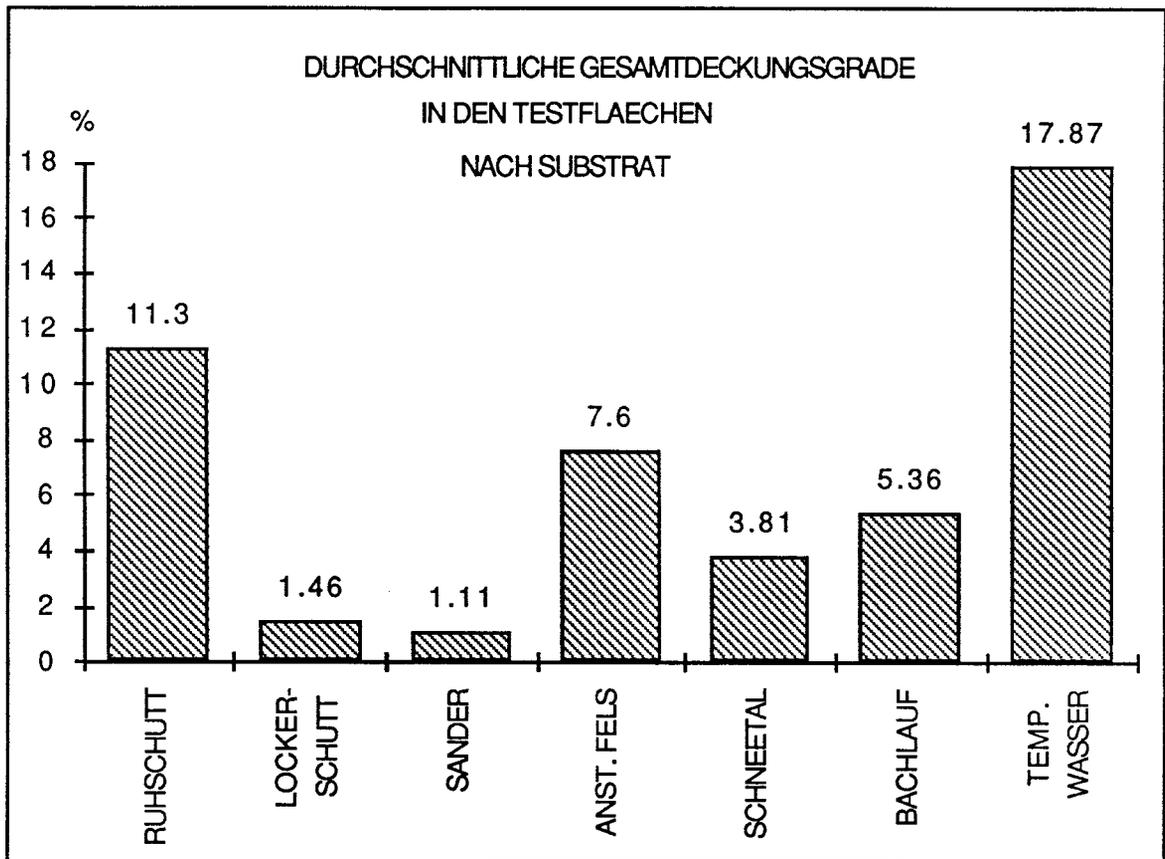


Fig.8: Entwicklung des mittleren Gesamtdeckungsgrades in den verschiedenen Substraten/Subsubstraten

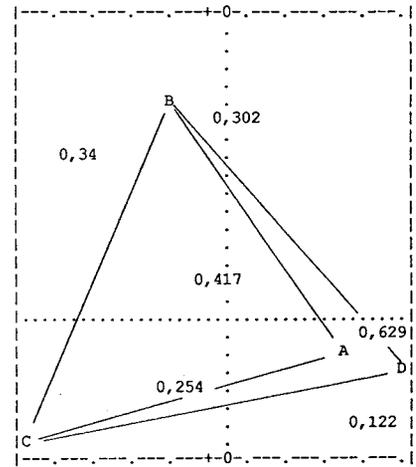
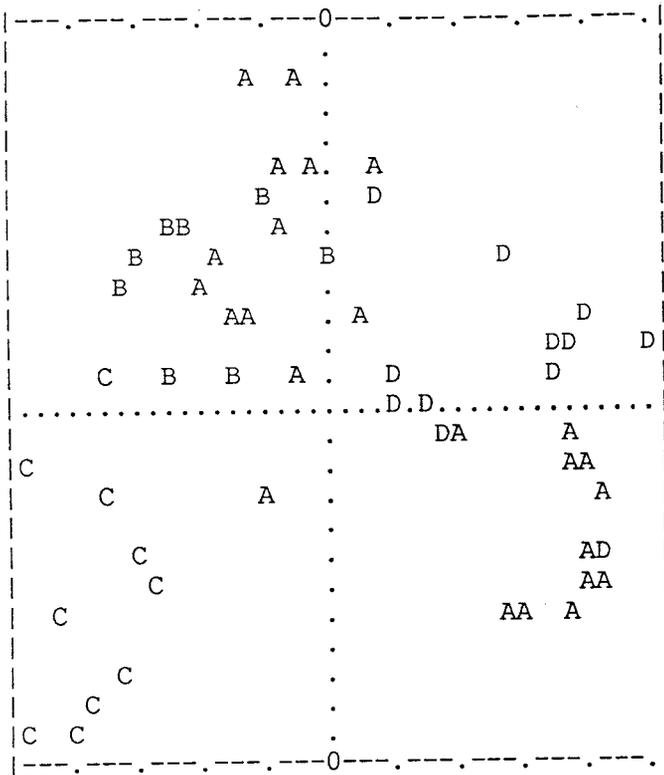


Fig.9: Ordinationen aller Aufnahmen und der Zentroide aller Substrate mit hoher Gewichtung des Deckungsgrades (A=Ruhschutt, B=Lockerschutt, C=Sander, D=Anstehender Fels)

Der durchschnittliche Gesamtdeckungsgrad (vgl. Fig. 8) 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. 9 und 10) 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).

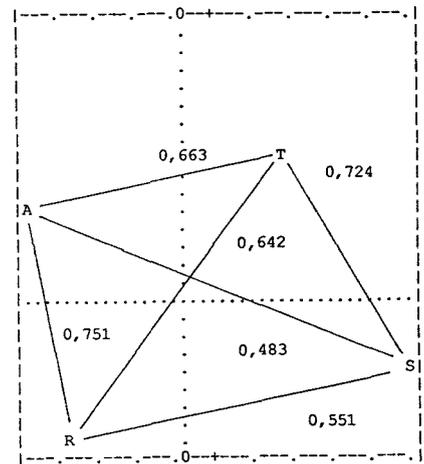
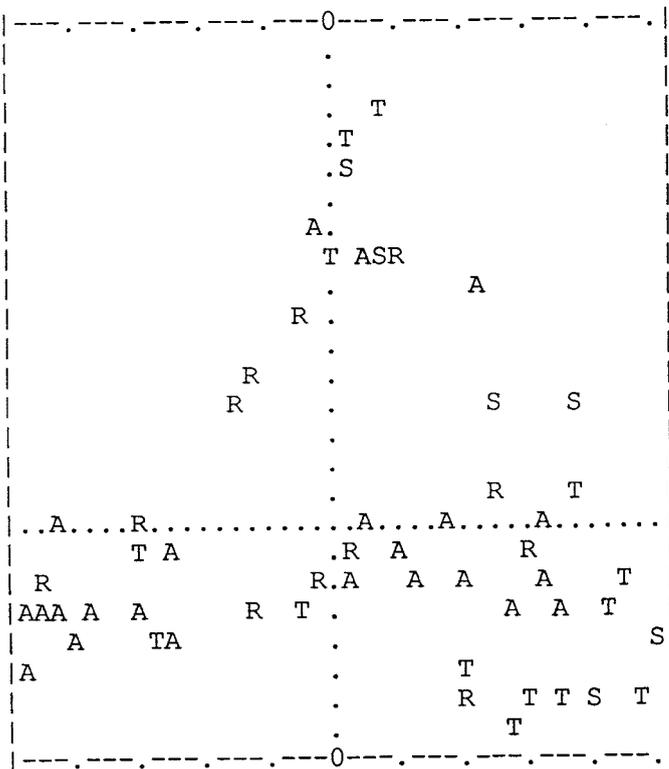


Fig.10: Ordinationen aller Aufnahmen und der Zentroide des Ruhschuttes und der Substrate bei hoher Gewichtung des Deckungsgrades (A=Ruhschutt, R=Bachlauf, T=Temporärer Wasserlauf, S=Schneetal)

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 bis 27).

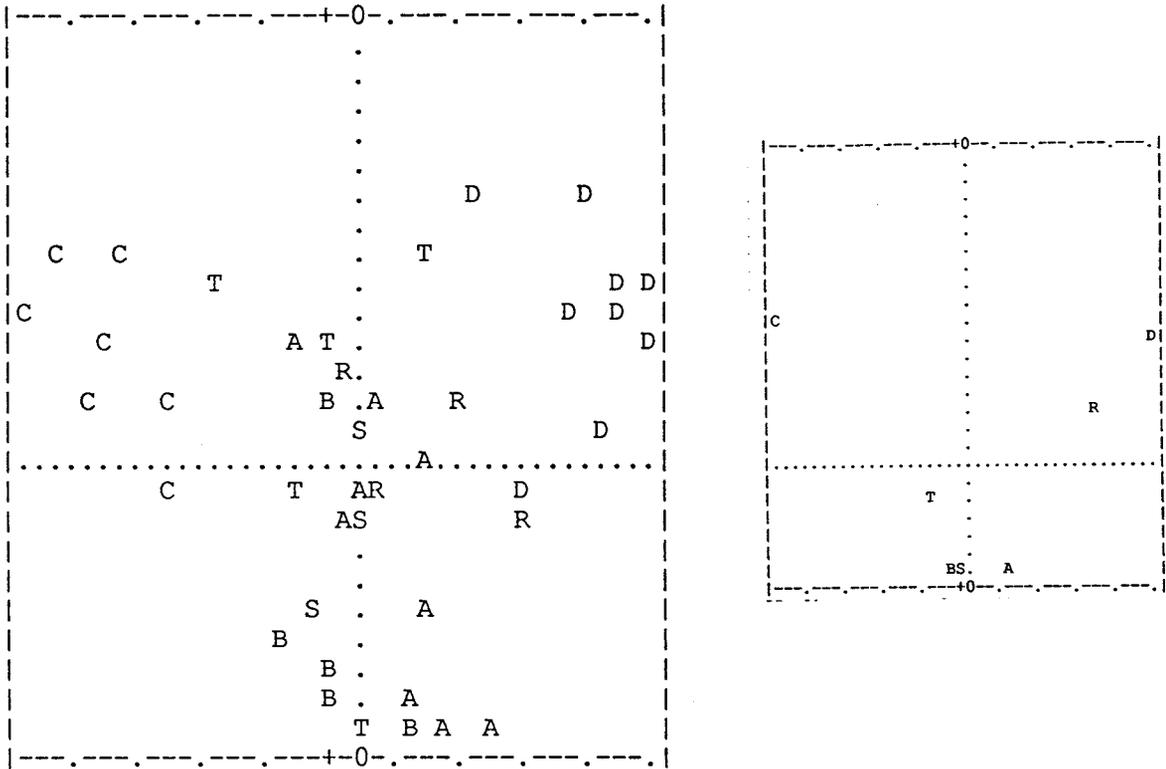


Fig.11: Ordinationen aller Aufnahmen und der Zentroide für die Zeitabschnitte eins und zwei mit hoher Gewichtung des Deckungsgrades. (A=Ruhschutt, B=Lockerschutt, C=Sander, D=Anstehender Fels, R=Bachlauf, T=Temporärer Wasserlauf, S=Schneetälchen)

Anmerkung zu Fig. 11 und Fig. 12: 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. 11) 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. 11) 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.

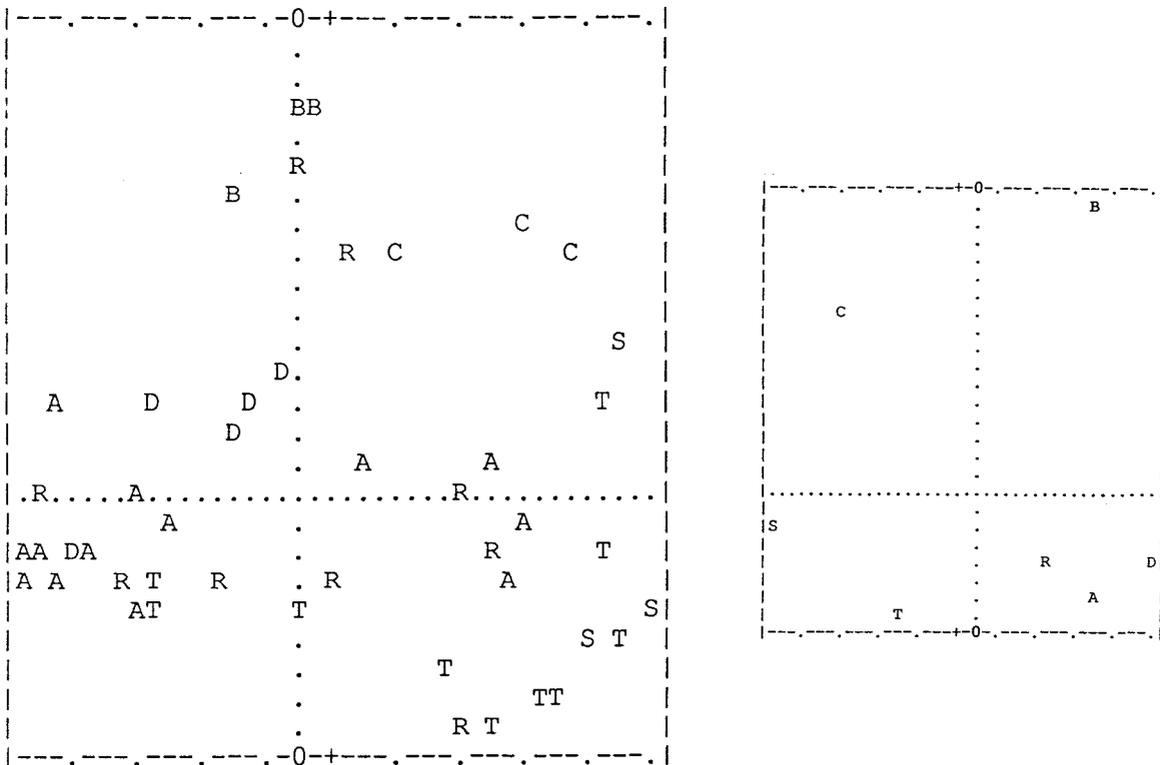


Fig.12: Ordinationen aller Aufnahmen und der Zentroide für die Zeitabschnitte drei und vier mit hoher Gewichtung des Deckungsgrades. (A=Ruhschutt, B=Lockerschutt, C=Sander, D=Anstehender Fels, R=Bachlauf, T=Temporärer Wasserlauf, S=Schneetälchen)

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. 12) als auch ohne Gewichtung des Deckungsgrades eindeutig voneinander unterscheiden. Die Unterscheidung der Substrate von den Substraten verhält sich allerdings wesentlich individueller: das Substrat Bachlauf unterscheidet mit den Londonwerten nur vom Lockerschutt und dem Sander, der Temporäre Wasserlauf von allen Substraten und Substraten ausser dem Lockerschutt und das Schneetälchen lediglich vom Ruhschutt und dem Sander. Ohne Gewichtung des Deckungsgrades unterscheidet sich das Substrat Bachlauf eindeutig von den übrigen Substraten und Substraten. Der Temporäre Wasserlauf ist deutlich verschieden vom Ruhschutt, dem Lockerschutt und dem Anstehenden Felsen. Das Substrat Schneetälchen hingegen unterscheidet sich von allen Substraten und Substraten 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.

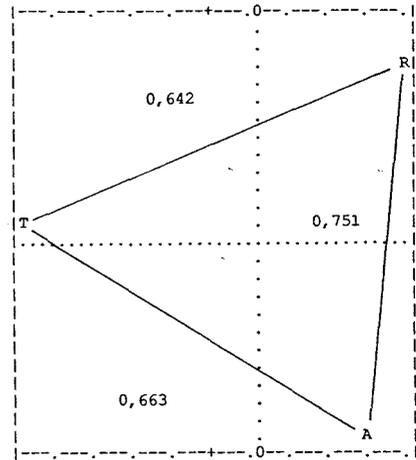
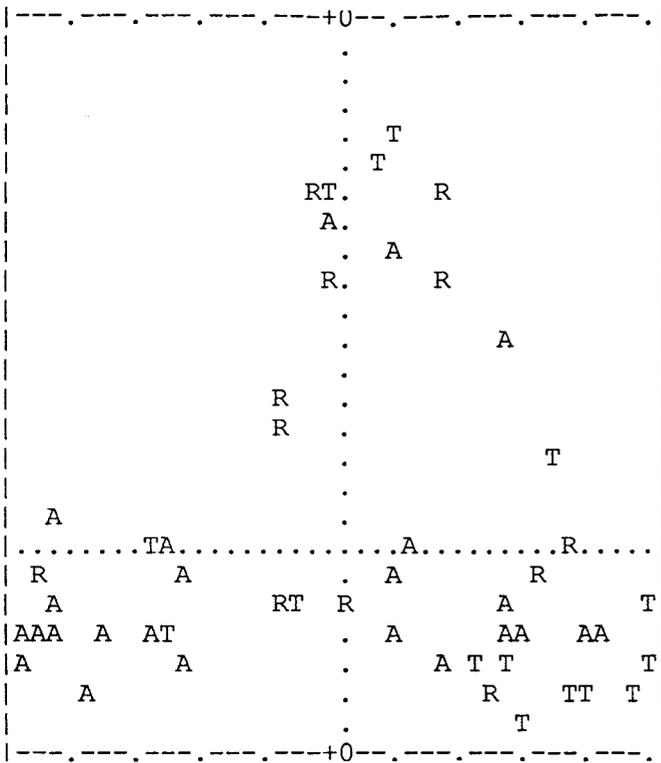


Fig.13: Ordinationen aller Aufnahmen und der Zentroide für den Ruhschutt (A) und die Substrate Bachlauf (R) und Temporärer Wasserlauf (T) mit hoher Gewichtung des Deckungsgrades

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. 13). Ohne Gewichtung des Deckungsgrades (vgl. Fig. 14) 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).

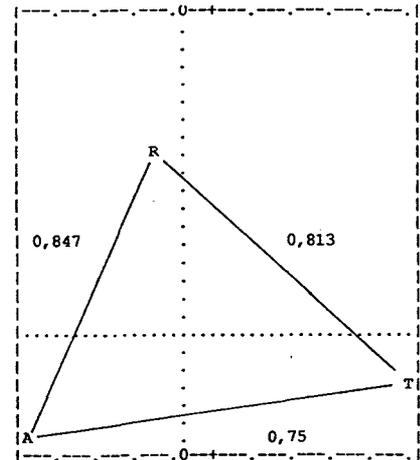
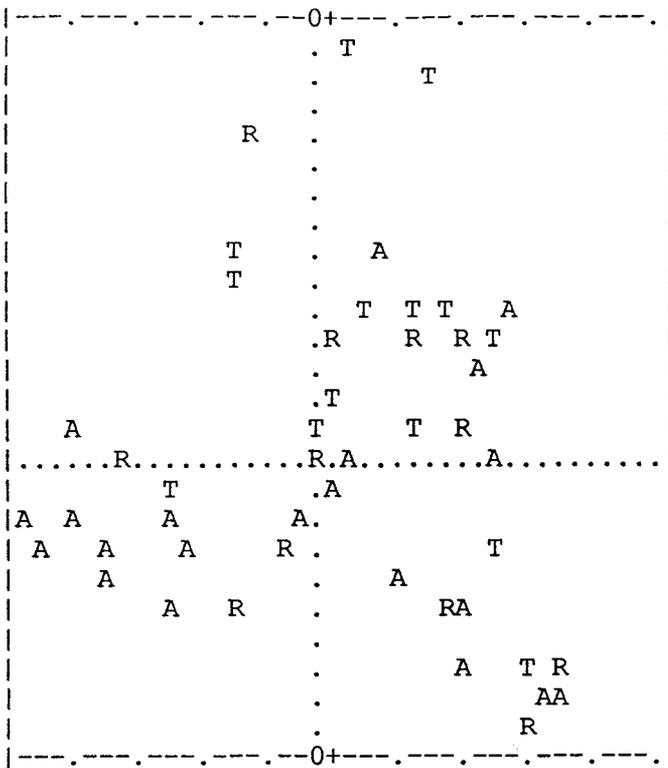


Fig.14: Ordinationen aller Aufnahmen und der Zentroide für den Ruhschutt (A) und die Subsubstrate Bachlauf (R) und Temporärer Wasserlauf (T) ohne Gewichtung des Deckungsgrades

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 Ruhschuttes verschieden, im Zeitabschnitt 3 ist bei hoher Gewichtung des Deckungsgrades der Temporäre Wasserlauf eindeutig vom Ruhschuttes 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 Subsubstrate sind untereinander verschieden. Ohne Gewichtung der Häufigkeit der Arten sind die Subsubstrate 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 Subsubstrat Temporärer Wasserlauf unterscheidet sich jedoch vom Ruhschutt nicht eindeutig. Ohne Gewichtung der Häufigkeit der einzelnen Arten unterscheidet sich ebenfalls nur das Subsubstrat Bachlauf vom Ruhschutt eindeutig. Zwischen dem Subsubstrat 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 Subsubstrat Temporärer Wasserlauf, jedoch nicht vom Bachlauf. Die beiden Subsubstrate Temporärer Wasserlauf und Bachlauf sind dafür ohne Gewichtung des Deckungsgrades vom Ruhschutt eindeutig verschieden. Untereinander weisen die Subsubstrate hingegen keinen signifikanten Unterschied auf.

Zeit 4 (57 - ca. 70 Jahre eisfrei)

In diesem Zeitabschnitt unterscheidet sich das Subsubstrat 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 Subsubstrat Bachlauf und vom Ruhschutt. Zwischen dem Bachlauf und dem Ruhschutt ist jedoch kein Unterschied feststellbar.

4.1.3.2 Vergleich wassernah/wasserfern innerhalb von Subsubstraten

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

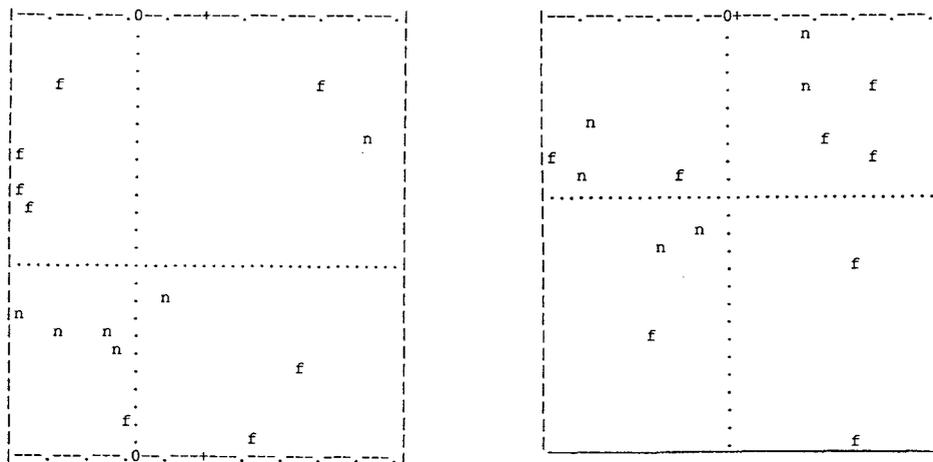


Fig.15: Ordination aller Aufnahmen im Bachlauf mit hoher (links) und ohne Gewichtung des Deckungsgrades (f=wasserfern, n=wassernah)

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. 15).

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

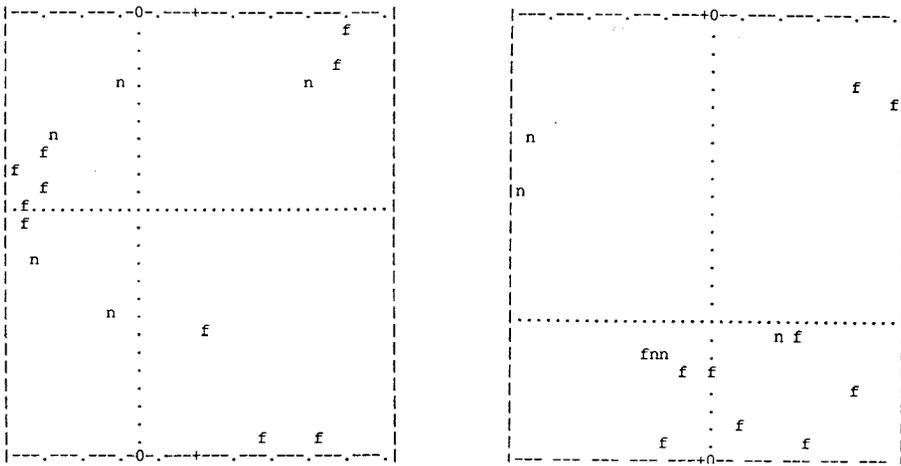


Fig.16: Ordination aller Aufnahmen im Temporären Wasserlauf mit hoher (links) und ohne Gewichtung des Deckungsgrades (f=wasserfern, n=wassernah)

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.16).

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: SUKZESSION

In diesem Kapitel soll auf die Fragestellung, ob im Sesvenna-Gletschervorfeld eine Sukzession erkennbar sei, eingegangen werden. Um sich ein Bild über die Entwicklung der wichtigsten im Vorfeld vorkommenden Gattungen/Arten (im folgenden Arten genannt) machen zu können, wurde eine Selektion für die zu untersuchenden Arten vorgenommen. Untersucht wurden lediglich dominante Arten. Dies sind Arten, die in mehr als 50% aller Aufnahmen eines Substrates innerhalb eines Zeitabschnittes vorkommen.

4.2.1 Dominante Arten: Vergleich der Artenzahl

Im gesamten Vorfeld gibt es vierzehn Blütenpflanzengattungen/-arten und fünf Moosgattungen, die dem Kriterium "dominant" genügen. Ihr Verhalten soll nun einerseits im Bezug auf das Kriterium "Zeit" und andererseits auf das Kriterium "Substrat" überprüft werden.

Die Artenzahl variiert eindeutig mit der Dauer der Eisfreiheit. Die Anzahl dominant vorkommender Blütenpflanzenarten nimmt mit der grösseren Dauer der Eisfreiheit kontinuierlich zu, während die Moosgattungen einen Höhepunkt im Zeitabschnitt zwei aufweisen. Auch der Substrattyp hat einen nachweisbaren Einfluss auf die Artenzahl: die höchste Anzahl dominant vorkommender Arten tritt im Ruhschutt auf, wogegen die kleinste Anzahl im Sander vorkommt. Betrachtet man den Einfluss von Dauer der Eisfreiheit und Substrat auf die Anzahl dominant vorkommender Arten, so stellt man fest, dass offensichtlich im Sander viel mehr Zeit notwendig ist zur Ansiedlung einer grossen Anzahl dominant vorkommender Arten im Gegensatz zum Ruhschutt oder Anstehenden Felsen.

a) Dauer der Eisfreiheit

Tab.7: Anzahl dominant vorkommender Taxa von Blütenpflanzen und Moosen in den untersuchten Zeitabschnitten

Zeitabschnitt	Anz. Gattungen/Arten Blütenpflanzen	Anz.Gattungen/Arten Moose
0 - 18 J. eisfrei	5	1
19 - 37 J. eisfrei	9	5
38 - 56 J. eisfrei	10	3
57 - ca. 70 J eisfrei	12	3

Wie aus Tab. 7 ersichtlich ist, variiert die Anzahl dominant vorkommender Arten sowohl bei den Blütenpflanzen als auch bei den Moosen in den verschiedenen Zeitabschnitten. Bei den Blütenpflanzen ist die Anzahl stetig zunehmend, während bei den Moosen die Anzahl von Zeitabschnitt 1 zu Zeitabschnitt 2 rapide ansteigt, in Zeitabschnitt 2 einen Höhepunkt hat, im Zeitabschnitt 3 wieder sinkt und im Zeitabschnitt 4 konstant bleibt.

b) Substrat

Tab.8: Anzahl dominant vorkommender Taxa der Blütenpflanzen und Moose in einem Substrat

Substrat	Anz. Gattungen/Arten von Blütenpflanzen	Anz. Gattungen/Arten Moose
Ruhschutt	12	4
Lockerschutt	5	3
Sander	3	1
Anstehender Fels	7	2
Bachlauf	8	3
Temp. Wasserlauf	9	3
Schneetälchen	8	1

Aus Tab. 8 geht eindeutig hervor, dass die Anzahl dominant vorkommender Arten sowohl der Blütenpflanzen als auch der Moose je nach Substrattyp verschieden ist. Eindeutig am wenigsten dominante Blütenpflanzenarten und Moosgattungen kommen im Sander vor, während der Ruhschutt mit zwölf dominanten Blütenpflanzenarten und vier dominant vorkommenden Moosgattungen die grösste Artenzahl aufweist. Im Vergleich zu den anderen Substraten ist die Anzahl dominant vorkommender Blütenpflanzenarten im Lockerschutt mit fünf relativ klein.

c) Dauer der Eisfreiheit und Substrat

Tab.9: Anzahl dominant vorkommender Taxa der Blütenpflanzen und Moose für Zeit und Substrat. (Anz. Blütenpflanzen/Anz. Moose).

	0 - 18 J: eisf.	19-37 J. eisf.	38-56 J. eisf.	57-ca.70 J eisf.
Ruhschutt	3/1	6/2	7/2	10/2
Lockerschutt	- / -	4/2	4/2	keine Aufnahmen
Sander	- / -	2/1	3/1	keine Aufnahmen
Anst. Fels	3/0	7/2	3/2	keine Aufnahmen
Bachlauf	- / -	3/1	6/1	4/1
Temp. Wasserl.	- / -	4/0	5/1	7/3
Schneetälchen	- / -	6/1	4/1	keine Aufnahmen

Mit Tab. 9 wird versucht, gewisse bereits in Abschnitt a) und b) erarbeitete Eigenheiten zu erklären. In Abschnitt b) wurde erwähnt, dass im Ruhschutt die Anzahl dominant vorkommender Gattungen/Arten von Blütenpflanzen mit zwölf am grössten ist. Diese grosse Anzahl lässt sich dadurch erklären, dass in diesem Substrat auch im Zeitabschnitt 4 Aufnahmen gemacht wurden. Es ist aus der Tab. 7 ersichtlich, dass in diesem Zeitabschnitt immerhin 10 Taxa der Blütenpflanzen dominant sind. Um eine Aussage über die Entwicklung der Artenzahl im Sesvennagletschervorfeld machen zu können ist es deshalb notwendig, sowohl die Dauer der Eisfreiheit als auch das Substrat zu berücksichtigen. In b) wurde auch der Sander erwähnt, der mit 4 die kleinste Anzahl dominant vorkommender Blütenpflanzentaxa aufweist. Aus der Tab. 9 ist ersichtlich, dass in diesem Substrat erst im Zeitabschnitt zwei dominant vorkommende Blütenpflanzentaxa auftreten, und die Zahl im dritten Zeitabschnitt nur auf drei ansteigt. Dies würde also darauf hindeuten, dass in diesem Substrat der Faktor Zeit eine andere Rolle spielt als im Ruhschutt. Offensichtlich braucht eine Neubesiedlung durch Vegetation in diesem Substrat viel mehr Zeit als in anderen Substraten. Interessant ist in diesem Zusammenhang auch, dass im Anstehenden Felsen im Zeitabschnitt zwei die Anzahl dominant vorkommender Blütenpflanzentaxa bereits sieben beträgt. Die Anzahl sinkt im dritten. Zeitabschnitt wieder auf vier ab. Im Temporären Wasserlauf ist vor allem die kontinuierliche Zunahme der Anzahl dominant vorkommender Moosgattungen interessant.

4.2.2 Dominante Arten: Vergleich der Artenzusammensetzung

Die vorliegenden Untersuchungen zeigen, dass die Entwicklung der Zusammensetzung der im Gletschervorfeld dominant vorkommenden Arten nicht nur von der Dauer der Eisfreiheit abhängig ist, sondern auch vom Substrat. Es gibt zwar im ganzen Vorfeld nur eine geringe Anzahl dominant vorkommender Blütenpflanzenarten und Moosgattungen, doch das Vorkommen jeder einzelnen Art in den verschiedenen Substraten und Zeitabschnitten ist äusserst komplex. Es lassen sich deshalb keine für das gesamte Vorfeld geltende Schlüsse in Bezug auf das Vorkommen einer Blütenpflanzenart oder Moosgattung ziehen.

Trotzdem gibt es ein paar erwähnenswerte Erscheinungen: Es ist interessant, dass die Moosgattung *Bryum sp.* nur im Ruhschutt und im Subsubstrat Bachlauf als dominante Gattung auftritt, und zwar in beiden Substraten/Subsubstraten im Zeitabschnitt 2. Auch die Moosgattung *Desmatodon sp.* tritt nur im zweiten Zeitabschnitt dominant auf, allerdings im Lockerschutt. *Veronica alpina* ist eine Art, die ihren Durchbruch erst im

Zeitabschnitt 56 - ca. 70 Jahre eisfrei schafft. Sie kommt in allen drei Substraten/Subsubstraten (Ruhschutt, Bachlauf und Temporärer Wasserlauf), welche über vier Zeiten untersucht wurden, als dominante Art in der Zeit 4 vor. *Gnaphalium supinum* setzt sich ebenfalls erst im Zeitabschnitt 4 als dominante Blütenpflanzenart durch, dies gelingt jedoch nur im Ruhschutt und im Subsubstrat Temporärer Wasserlauf. Auch *Sedum alpestre* gehört nur im Zeitabschnitt 4 zu den dominant vorkommenden Blütenpflanzenarten, jedoch nur im Ruhschutt. Für *Ranunculus glacialis* gilt dasselbe, allerdings im Subsubstrat Temporärer Wasserlauf.

a) Dauer der Eisfreiheit

	0 - 18 J	19 - 37 J	38 - 56 J	57 - ca.70 J
<i>Poa alpina</i>	-----	-----	-----	-----
<i>Minuartia sp.</i>	-----	-----	-----	-----
<i>Pohlia sp.</i>	-----	-----	-----	-----
<i>Cerastium uniflorum</i>	-----	-----	-----	-----
<i>Saxifraga bryoides</i>	-----	-----	-----	-----
<i>Arabis alpina</i>	-----	-----	-----	-----
<i>Geum reptans</i>		-----	-----	-----
<i>Chrysanthemum alp.</i>		-----	-----	-----
<i>Cerastium trigynum</i>		-----	-----	-----
<i>Oxyria digyna</i>		-----	-----	-----
<i>Polytrichum sp.</i>		-----	-----	-----
<i>Desmatodon sp.</i>		-----		
<i>Bryum sp.</i>		-----		
<i>Cynodontium sp.</i>			-----	-----
<i>Epilobium alpinum</i>			-----	
<i>Veronica alpina</i>				-----
<i>Gnaphalium supinum</i>				-----
<i>Sedum alpestre</i>				-----
<i>Ranunculus glacialis</i>				-----

Fig.17: Dominante Gattungen/Arten der im Vorfeld in den vier Zeitabschnitten vorkommenden Blütenpflanzen und Moose (-- in einem Zeitabschnitt vorkommend)

Aus Fig. 17 ist ersichtlich, dass im Zeitabschnitt 1 *Poa alpina*, *Minuartia sp.*, *Cerastium uniflorum*, *Saxifraga bryoides* und *Arabis alpina* als dominante Blütenpflanzenarten und *Pohlia sp.* als dominante Moosgattung vorkommen. Im Zeitabschnitt 2 kommen zu den in Zeitabschnitt 1 bereits erwähnten dominanten Arten der Blütenpflanzen noch *Geum reptans*, *Chrysanthemum alpinum*, *Cerastium trigynum* und *Oxyria digyna* hinzu und zu den dominanten Moosgattungen gesellen sich *Polytrichum sp.*, *Desmatodon sp.* und *Bryum sp.*. Im Zeitabschnitt 3 sind alle bereits erwähnten dominanten Blütenpflanzenarten vorhanden, neu hinzu kommt *Epilobium alpinum*. Bei den Moosgattungen gibt es eine grössere Änderung:

Es treten in diesem Zeitabschnitt nur noch *Pohlia sp.*, *Polytrichum sp.* und (neu) *Cynodontium sp.* dominant auf. Im vierten Zeitabschnitt bleiben die bereits erwähnten Blütenpflanzenarten mit Ausnahme von *Arabis alpina* und *Epilobium alpinum* unter den dominant vorkommenden. *Veronica alpina*, *Gnaphalium supinum*, *Sedum alpestre* und *Ranunculus glacialis* kommen jedoch neu hinzu. Bei den Moosgattungen sind es nach wie vor *Pohlia sp.*, *Cynodontium sp.* und *Polytrichum sp.*, welche vorherrschen.

Es fällt auf, dass *Minuartia sp.*, *Cerastium uniflorum*, *Poa alpina*, *Saxifraga bryoides* und *Pohlia sp.* über alle vier Zeitabschnitte dominant vorkommende Blütenpflanzentaxa und Moosgattungen sind. *Arabis alpina* tritt nur in den ersten drei Zeitabschnitten dominant auf, während *Geum reptans*, *Chrysanthemum alpinum*, *Oxyria digyna*, *Cerastium trigynum* und *Polytrichum sp.* in den Zeitabschnitten 2, 3 und 4 dominant vorkommen. *Cynodontium sp.* findet man in den beiden Zeitabschnitten 3 und 4 dominant vorkommend, während man *Bryum sp.* und *Desmatodon sp.* nur im Zeitabschnitt 2 als dominant vorkommende Moosgattung antrifft. Nur im dritten Zeitabschnitt tritt *Epilobium alpinum* dominant auf und nur im vierten Zeitabschnitt vorherrschend sind *Veronica alpina*, *Gnaphalium supinum*, *Sedum alpestre* und *Ranunculus glacialis*.

b) Substrat

Wie aus der Tab.10 ersichtlich ist, kommt *Minuartia sp.* in allen Substraten ausser im Anstehenden Felsen vor. Auch *Cerastium uniflorum* ist in allen Substraten als dominant vorkommende Art anzutreffen, ausser im Lockerschutt. *Pohlia sp.* kommt als einzige Moosgattung in allen Substraten ausser dem Anstehenden Felsen vor. *Epilobium alpinum* hingegen kommt nur im Ruhschutt als dominante Art vor, ebenso *Sedum alpestre*. *Ranunculus glacialis* kommt nur im Subsubstrat Temporärer Wasserlauf als dominante Art vor und *Desmatodon sp.* kommt als einzige Moosgattung nur in einem Substrat vor, nämlich im Lockerschutt. *Gnaphalium supinum* ist nur im Ruhschutt und im Temporären Wasserlauf eine dominante Art und *Saxifraga bryoides* tritt ebenfalls nur in zwei Substraten dominant auf, nämlich im Ruhschutt und im Anstehenden Fels. Nur in drei Substraten als dominante Blütenpflanzenarten kommt *Arabis alpina* vor, und zwar im Ruhschutt, im Lockerschutt und im Schneetälchen. *Veronica alpina* kommt im Lockerschutt, dem Bachlauf und dem Temporären Wasserlauf dominant vor. Alle übrigen Blütenpflanzentaxa und Moosgattungen kommen in vier oder fünf verschiedenen Substraten dominant vor.

Tab.10: Im Vorfeld dominant vorkommende Gattungen/Arten von Blütenpflanzen und Moosen auf Vorkommen (+) und nicht Vorkommen (-) in den Substraten untersucht.

dominante Gattung/Art	Ruh-schutt	Locker-schutt	Sander	Anst. Fels	Bachlauf	Temp. Wasserl.	Schnee-tälchen
<i>Poa alpina</i>	+	-	-	+	+	+	+
<i>Minuartia sp.</i>	+	+	+	-	+	+	+
<i>Arabis alpina</i>	+	+	-	-	-	-	+
<i>Geum reptans</i>	+	+	-	+	+	-	-
<i>Cerastium uniflorum</i>	+	-	+	+	+	+	+
<i>Cerastium trigynum</i>	-	+	+	-	-	+	+
<i>Chrysanthemum alp.</i>	+	-	-	+	+	+	+
<i>Saxifraga bryoides</i>	+	-	-	+	-	-	-
<i>Epilobium alpinum</i>	+	-	-	-	-	-	-
<i>Oxyria digyna</i>	+	-	-	+	+	+	+
<i>Veronica alpina</i>	+	-	-	-	+	+	-
<i>Gnaphalium supinum</i>	+	-	-	-	-	+	-
<i>Sedum alpestre</i>	+	-	-	-	-	-	-
<i>Ranunculus glacialis</i>	-	-	-	-	-	+	-
<i>Pohlia sp.</i>	+	+	+	-	+	+	+
<i>Polytrichum sp.</i>	+	-	-	+	+	+	-
<i>Cynodontium sp.</i>	+	+	-	+	-	+	-
<i>Bryum sp.</i>	+	-	-	-	+	-	-
<i>Desmatodon sp.</i>	-	+	-	-	-	-	-

c) Dauer der Eisfreiheit und Substrat

Der Einfluss der beiden Faktoren Dauer der Eisfreiheit und Substrat ist sehr komplex. Deshalb werden in diesem Abschnitt die dominant vorkommenden Blütenpflanzenarten und Moosgattungen substratweise untersucht .

Ruhschutt

Betrachtet man das Gesamtbild, so ist auffällig, dass nur *Poa alpina* und *Minuartia sp.* in allen vier untersuchten Zeitabschnitten dieses Substrates dominant vorkommende Blütenpflanzenarten sind (Vgl. Fig. 18). *Pohlia sp.* tritt als einzige Moosgattung über die ersten drei Zeitabschnitte hinweg dominant auf und verschwindet im Zeitabschnitt 4 wieder. *Epilobium alpinum* tritt nur im dritten Zeitabschnitt dominant auf, während *Veronica alpina*, *Oxyria digyna*, *Gnaphalium supinum* und *Sedum alpestre* nur im vierten Zeitabschnitt dominant sind. Die beiden Moosgattungen *Bryum sp.* und *Cynodontium sp.* treten ebenfalls nur in einem Zeitabschnitt auf, erstere im zweiten, letztere im vierten .

Poa alpina	-----	-----	-----	-----
Minuartia sp.	-----	-----	-----	-----
Pohlia sp.	-----	-----	-----	-----
Arabis alpina	-----	-----	-----	-----
Geum reptans		-----	-----	-----
Cerastium uniflorum		-----	-----	-----
Chrysanthemum alp.		-----	-----	-----
Bryum sp.		-----		
Polytrichum sp.			-----	-----
Saxifraga bryoides			-----	-----
Epilobium alpinum			-----	
Veronica alpina				-----
Oxyria digyna				-----
Cynodontium sp.				-----
Gnaphalium supinum				-----
Sedum alpestre				-----
	-----> Zeit			
	0 - 18 J	19 - 37 J	38 - 56 J	57 - ca.70 J

Fig.18: Dominant vorkommende Gattungen/Arten im Ruhschutt in den vier untersuchten Zeitabschnitten (--: in einem Zeitabschnitt vorkommend)

In Fig. 18 ist erkennbar, dass im Zeitabschnitt 1 *Poa alpina*, *Minuartia sp.* und *Arabis alpina* als dominante Blütenpflanzenarten und *Pohlia sp.* als Vertreterin der Moosgattungen auftreten. Im Zeitabschnitt 2 kommen die Blütenpflanzenarten *Poa alpina*, *Minuartia sp.*, *Arabis alpina*, *Geum reptans*, *Cerastium uniflorum* und *Chrysanthemum alpinum* vor. Daneben findet man die beiden Moosgattungen: *Pohlia sp.* und *Bryum sp.* Im dritten Zeitabschnitt sind die Blütenpflanzenarten *Poa alpina*, *Minuartia sp.*, *Geum reptans*, *Cerastium uniflorum*, *Chrysanthemum alpinum*, *Saxifraga bryoides* und *Epilobium alpinum* vertreten, sowie die Moosgattungen *Pohlia sp.* und *Polytrichum sp.*. Der Zeitabschnitt 4 zeichnet sich durch folgende dominante Blütenpflanzenarten aus: *Poa alpina*, *Minuartia sp.*, *Geum reptans*, *Cerastium uniflorum*, *Chrysanthemum alpinum*, *Saxifraga bryoides*, *Veronica alpina*, *Oxyria digyna*, *Gnaphalium supinum* und *Sedum alpestre*. In diesem Zeitabschnitt sind auch die beiden Moosgattungen. *Polytrichum sp.* und *Cynodontium sp.* dominant vorkommend.

Lockerschutt

In diesem Substrat konnten wegen der Versiltung (vgl. Kapitel 3.4.2) im Zeitabschnitt 4 (57 - ca. 70 Jahre eisfrei) keine Aufnahmen gemacht werden. Das Gesamtbild zeigt, dass es keine Blütenpflanzenart oder Moosgattung gibt, die über alle drei Zeitabschnitte hinweg in diesem Substrat dominant vorkommt. Die Blütenpflanzenarten *Minuartia sp.*, *Geum reptans* und *Arabis alpina* treten sowohl im zweiten als auch im dritten Zeitabschnitt dominant auf. Ebenso die Moosgattung *Pohlia sp.*. Nur im

zweiten Zeitabschnitt sind die Blütenpflanzenart *Cerastium trigynum* und die Moosgattung *Desmatodon sp.* dominant. Nur im dritten Zeitabschnitt kommen die Blütenpflanzenart *Cerastium uniflorum* und die Moosgattung *Cynodontium sp.* dominant vor.

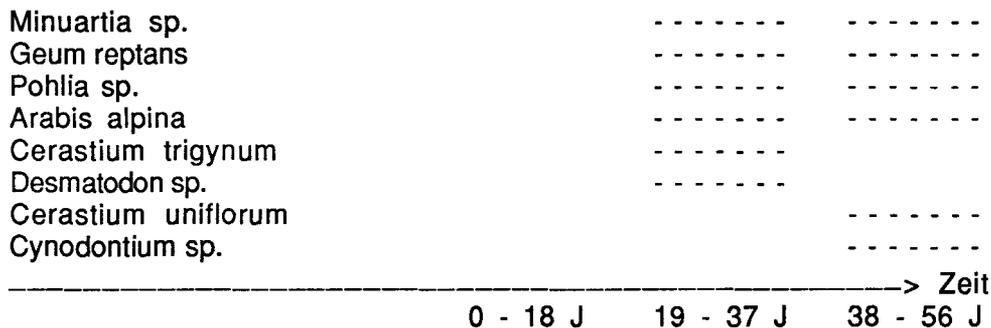


Fig.19: Dominant vorkommende Gattungen/Arten im Lockerschutt in den drei untersuchten Zeitabschnitten (--: in einem Zeitabschnitt vorkommend).

Wie aus Fig. 19 ersichtlich, ist es für dieses Substrat charakteristisch, dass im Zeitabschnitt 1 überhaupt keine Vegetation vorkommt. Erst im zweiten Zeitabschnitt treten die dominanten Blütenpflanzenarten, *Minuartia sp.*, *Geum reptans*, *Arabis alpina* und *Cerastium trigynum*, und die beiden Moosgattungen, *Pohlia sp.* und *Desmatodon sp.* auf. Im dritten Zeitabschnitt kommen folgende Blütenpflanzenarten dominant vor: *Minuartia sp.*, *Geum reptans*, *Arabis alpina* und *Cerastium uniflorum*. Dominant vorkommende Moosgattungen sind *Pohlia sp.* und *Cynodontium sp.*.

Sander

In diesem Substrat konnten nur die Zeitabschnitte 1-3 untersucht werden, da es im Untersuchungsgebiet keine Sanderflächen im Zeitabschnitt 4 gibt. Am Gesamtbild dieses Substrates interessant ist einerseits, dass in Zeitabschnitt eins keine Vegetation dominant vorkommt (vgl. Fig. 20). Andererseits treten zwei von drei in diesem Substrat dominant vorkommenden Blütenpflanzenarten sowohl in Zeitabschnitt 2 als auch in Zeitabschnitt 3 auf. Es sind dies *Minuartia sp.* und *Cerastium trigynum*. Ebenso verhält sich die Moosgattung *Pohlia sp.*. Nur im dritten Zeitabschnitt dominant vorkommend ist die Grasart *Poa alpina*.

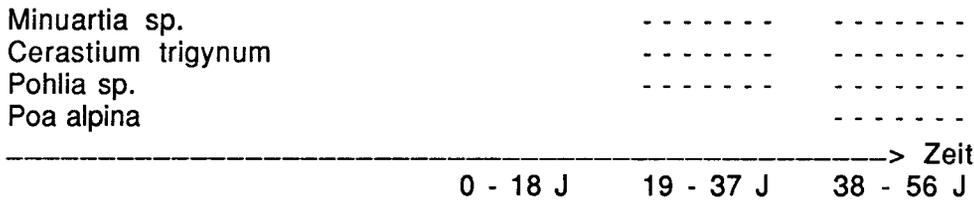


Fig.20: Dominante Gattungen/Arten im Sander in allen drei untersuchten Zeitabschnitten (---: in einem Zeitabschnitt vorkommend)

Im Zeitabschnitt 1 kommen noch keine Blütenpflanzenarten oder Moosgattungen dominant vor (vgl. Fig. 20). Im Zeitabschnitt 2 treten die beiden Blütenpflanzenarten *Minuartia sp.* und *Cerastium trigynum* und als Moosgattung *Pohlia sp.* Im dritten Zeitabschnitt sind *Minuartia sp.*, *Cerastium trigynum* und *Poa alpina* dominant vorkommende Blütenpflanzenarten und *Pohlia sp.* die dominant vorkommende Moosgattung.

Anstehender Fels

In diesem Substrat wurden in der Zeit 4 (56 - ca. 70 Jahre eisfrei) keine Aufnahmen gemacht, da es im Untersuchungsgebiet in diesem Zeitabschnitt keinen Anstehenden Felsen gibt. Für dieses Substrat ergibt sich folgendes Gesamtbild: *Poa alpina*, *Cerastium uniflorum* und *Saxifraga bryoides* sind über alle drei untersuchten Zeitabschnitte dominant vorkommend. Nur in einem Zeitabschnitt, nämlich im zweiten treten *Geum reptans*, *Chrysanthemum alpinum*, *Oxyria digyna* und *Arabis alpina* dominant auf. Die dominant vorkommenden Moosgattungen *Polytrichum sp.* und *Cynodontium sp.* sind in diesem Substrat sowohl im zweiten als auch im dritten Zeitabschnitt zu finden.

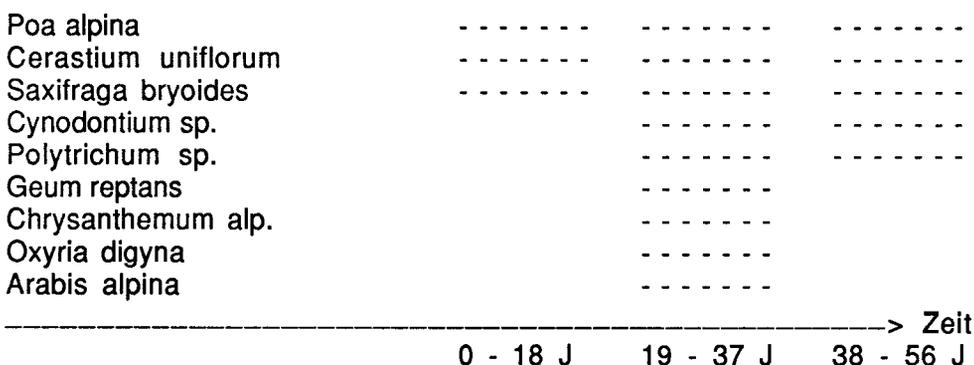


Fig.21: Dominante Gattungen/Arten im Anstehenden Felsen in den drei untersuchten Zeitabschnitten (---: in einem Zeitabschnitt vorkommend).

In der Fig. 21 sieht man klar, dass im Zeitabschnitt 1 bereits folgende Blütenpflanzenarten dominant auftreten: *Poa alpina*, *Cerastium uniflorum* und *Saxifraga bryoides*. Es gibt aber noch keine dominant vorkommende Moosgattung. Im zweiten Zeitabschnitt findet man *Poa alpina*, *Cerastium uniflorum*, *Saxifraga bryoides*, *Geum reptans*, *Chrysanthemum alpinum*, *Oxyria digyna* und *Arabis alpina* als dominant vorkommende Blütenpflanzenarten sowie *Cynodontium sp.* und *Polytrichum sp.* als Vertreter der Moosgattungen. Im dritten Zeitabschnitt treten *Poa alpina*, *Cerastium uniflorum* und *Saxifraga bryoides*, als Blütenpflanzenarten und die beiden Moosgattungen *Polytrichum sp.* und *Cynodontium sp.* auf.

Bachlauf

Interessant am Gesamtbild dieses Substrates ist ebenfalls, dass im Zeitabschnitt 1 noch keine Art dominant vorkommt. *Poa alpina* und *Cerastium uniflorum* sind die beiden Blütenpflanzenarten, die über die drei Zeitabschnitte 2, 3 und 4 dominant auftreten. *Oxyria digyna* tritt nur in den beiden Zeitabschnitten 2 und 3 und *Minuartia sp.* nur in den beiden Zeitabschnitten 3 und 4 als dominante Blütenpflanzenart auf. In diesem Substrat sind alle Moosgattungen nur in einem Zeitabschnitt dominant: *Bryum sp.* im Zeitabschnitt 1, *Pohlia sp.* im Zeitabschnitt 2 und *Polytrichum sp.* im Zeitabschnitt 4. Nur in einem Zeitabschnitt vorkommende Blütenpflanzenarten sind *Chrysanthemum alpinum* und *Geum reptans* im Zeitabschnitt drei und *Veronica alpina* im Zeitabschnitt 4.

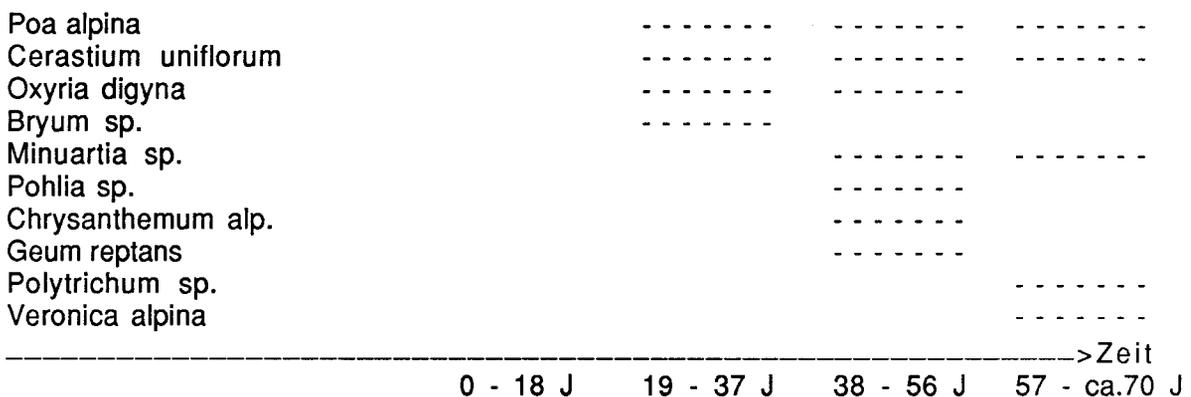


Fig.22: Dominante Gattungen/Arten im Bachlauf in den vier untersuchten Zeitabschnitten (---: in einem Zeitabschnitt vorkommend).

Aus Fig. 22 ist ersichtlich, dass sich der Bachlauf durch keine dominant vorkommende Art im Zeitabschnitt 1 auszeichnet. Im zweiten Zeitabschnitt findet man bereits folgende Blütenpflanzenarten: *Poa alpina*, *Cerastium uniflorum* und *Oxyria digyna*. *Bryum sp.* vertritt in diesem Zeitabschnitt die Moosgattungen. Im Zeitabschnitt 3 sind folgende

Blütenpflanzenarten dominant: *Poa alpina*, *Cerastium uniflorum*, *Oxyria digyna*, *Chrysanthemum alpinum* und *Geum reptans* sowie die Gattung *Minuartia* sp.. Die dominant vorkommende Moosgattung ist *Pohlia* sp.. Im vierten Zeitabschnitt sind nur noch *Poa alpina*, *Cerastium uniflorum*, *Minuartia* sp. und *Veronica alpina* dominant vorkommende Blütenpflanzenarten vorhanden sowie die Moosgattung *Polytrichum* sp..

Temporärer Wasserlauf

Auffällig am Gesamtbild der dominant vorkommenden Blütenpflanzenarten und Moosgattungen in diesem Substrat ist, dass es in Zeitabschnitt 1 noch kein Vegetationsvorkommen gibt, das dem Kriterium dominant genügt. In den drei Zeitabschnitte 2,3 und 4 sind *Poa alpina*, *Cerastium uniflorum* und *Cerastium trigynum* dominant vorkommende Blütenpflanzenarten. Nur in einem Zeitabschnitt dominieren die folgenden Blütenpflanzenarten: *Oxyria digyna* (Zeitabschnitt 2), *Minuartia* sp. (Zeitabschnitt 3), *Gnaphalium supinum*, *Ranunculus glacialis* und *Veronica alpina* (alle Zeitabschnitt 4). Die beiden Moosgattungen *Cynodontium* sp. und *Polytrichum* sp. treten ebenfalls nur in Zeitabschnitt 4 dominant auf. Die Blütenpflanzenart *Chrysanthemum alpinum* und die Moosgattung *Pohlia* sp. kommen beide in zwei Zeitabschnitten dominant vor, und zwar im dritten und im vierten.

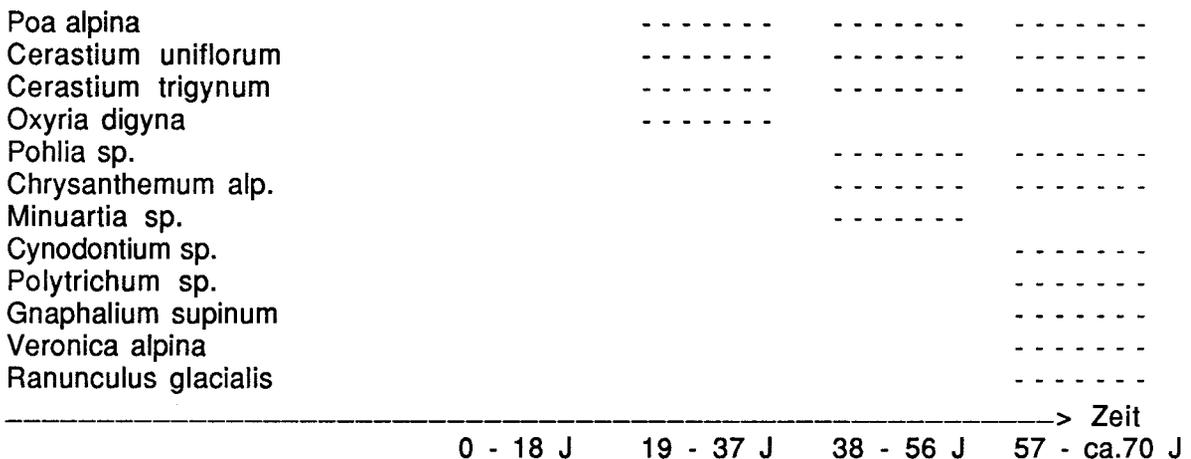


Fig.23: Dominante Gattungen/Arten im Temporären Wasserlauf über alle vier untersuchten Zeitabschnitte (---: in einem Zeitabschnitt vorkommend)

Auch das Substrat Temporärer Wasserlauf zeichnet sich durch ein nicht Vorkommen von dominanten Arten im Zeitabschnitt 1 aus (vgl. Fig. 23). Im zweiten Zeitabschnitt treten die Blütenpflanzenarten *Poa alpina*, *Cerastium uniflorum*, *Cerastium trigynum* und *Oxyria digyna* dominant auf. Vertreter der dominant vorkommenden Moosgattungen gibt es in diesem Zeitabschnitt keine. Im dritten Zeitabschnitt herrschen folgende

Blütenpflanzentaxa vor: *Poa alpina*, *Cerastium uniflorum*, *Cerastium trigynum*, *Chrysanthemum alpinum* und *Minuartia* sp.. Die dominant vorkommende Moosgattung ist *Pohlia* sp.. Im vierten Zeitabschnitt findet man als dominant vorkommende Blütenpflanzenarten: *Poa alpina*, *Cerastium uniflorum*, *Cerastium trigynum*, *Chrysanthemum alpinum*, *Gnaphalium supinum*, *Veronica alpina* und *Ranunculus glacialis*. Vorkommende Moosgattungen sind *Pohlia* sp., *Polytrichum* sp. und *Cynodontium* sp..

Schneetälchen

In diesem Subsubstrat wurden nur Aufnahmen in den Zeiten 1, 2 und 3 gemacht, da in Zeitabschnitt 4 um Zeitpunkt der Feldarbeit bereits keine Schneefelder mehr vorhanden waren (vgl. Abb. 16 und Kap. 3.3.4). Das Gesamtbild des Subsubstrates Schneetälchen sieht folgendermassen aus: Auch dieses Subsubstrat weist im Zeitabschnitt 1 keine dominant vorkommende Art auf. *Cerastium uniflorum* und *Poa alpina* sind dominant vorkommende Blütenpflanzenarten, die sowohl im Zeitabschnitt 2 als auch im Zeitabschnitt 3 vorkommen. Für die Moosgattung *Pohlia* sp. gilt dies ebenfalls. Alle übrigen dominant vorkommenden Blütenpflanzentaxa treten nur in einem Zeitabschnitt auf. *Arabis alpina*, *Minuartia* sp., *Oxyria digyna* und *Geum reptans* findet man im Zeitabschnitt 2 und *Cerastium trigynum* und *Chrysanthemum alpinum* nur im Zeitabschnitt 3.

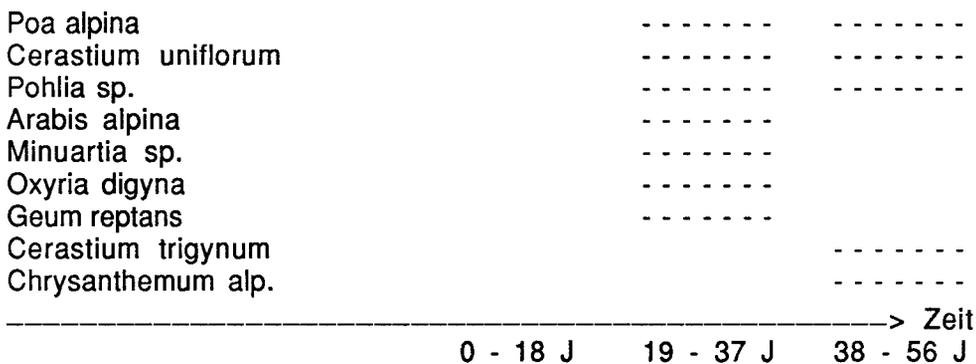


Fig.24: Dominante Gattungen/Arten im Schneetälchen in den drei untersuchten Zeitabschnitten (---: in einem Zeitabschnitt vorkommend).

Wie man in Fig. 24 sehen kann, gibt es auch in diesem Subsubstrat noch keine dominant auftretende Arten im ersten Zeitabschnitt. Im zweiten Zeitabschnitt treten folgende Blütenpflanzenarten auf: *Poa alpina*, *Cerastium uniflorum*, *Arabis alpina*, *Minuartia* sp., *Oxyria digyna* und *Geum reptans*. Dominant vorkommende Moosgattung ist *Pohlia* sp. Im dritten Zeitabschnitt findet man *Poa alpina*, *Cerastium uniflorum*, *Cerastium trigynum* und *Chrysanthemum alpinum* als dominant auftretende Blütenpflanzenarten, *Pohlia* sp. ist dominant vorkommende Moosgattung.

4.2.3 Vegetation des Gletschervorfeldes im Vergleich zur Nachbarvegetation

Um in dieser Höhenlage von Dauergesellschaft sprechen zu können, braucht es eine Entwicklungszeit für die Vegetation von mehreren hundert Jahren. Es ist daher unmöglich, bereits nach ca. 70 Jahren Eisfreiheit, wie sie im Sesvenna-Gletschervorfeld maximal ist, Anzeichen einer tendenziellen Entwicklung in Richtung der Dauergesellschaft dieses Gebietes nachweisen zu können. (Was aus den Fig. deutlich ersichtlich ist.) Es lassen sich zwar innerhalb der Substrate über die drei bis vier untersuchten Zeitabschnitte Entwicklungstendenzen aufzeigen, sie lassen jedoch keine eindeutigen Aussagen über die Richtung dieses Trends zu.

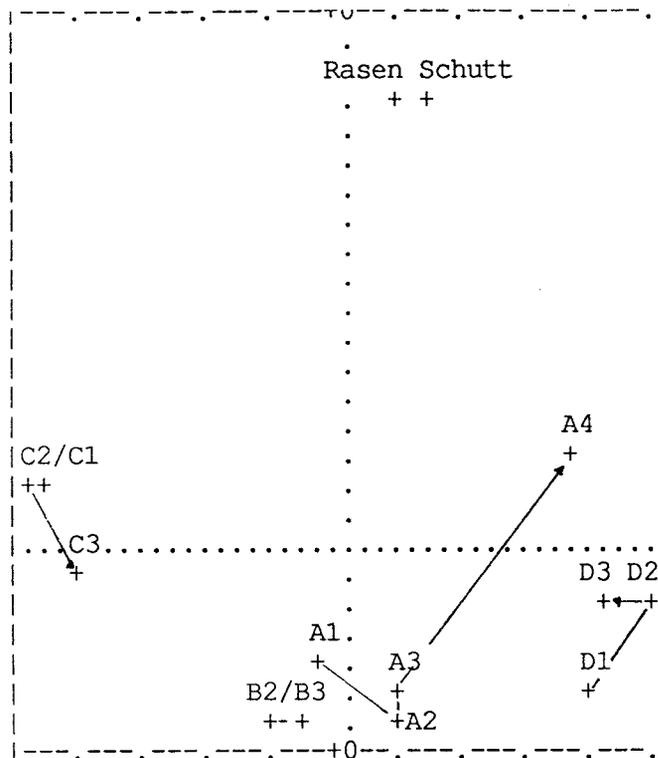


Fig.25: Ordination der Zentroide für den Ruhschutt(A), Lockerschutt(B), Sander(C) und Anstehenden Fels(D) über alle untersuchten Zeiten (1-4) sowie für die Nachbarvegetation Schutt und Rasen.

Aus Fig. 25 ist keine eindeutige Entwicklungstendenz für Vegetation der einzelnen Straten bzw. Substrate/Subsubstrate erkennbar. Die grösste Aehnlichkeit mit der Nachbarvegetation des Schuttes weist der Anstehende Fels im Zeitabschnitt eins (0-18 Jahre eisfrei) mit einem Aehnlichkeitswert von 0,792 auf. Die kleinste Aehnlichkeit hat die Nachbarvegetation im Schutt mit dem Ruhschutt in Zeitabschnitt 2 (19-37

Jahre eisfrei), sie beträgt 0,10. Die Nachbarvegetation Dauerrasen hat die grösste Aehnlichkeit mit der Vegetation des Lockerschuttetes im Zeitabschnitt 3 (38-56 Jahre eisfrei) mit einem Wert von 0,713. Die Aehnlichkeit des Ruhschuttetes im Zeitabschnitt 3 mit dem Dauerrasen hat einen Wert von 0,708. Die kleinste Aehnlichkeit besteht zwischen dem Sander im Zeitabschnitt 1 und dem Dauerrasen. Ihr Wert beträgt 0,105.

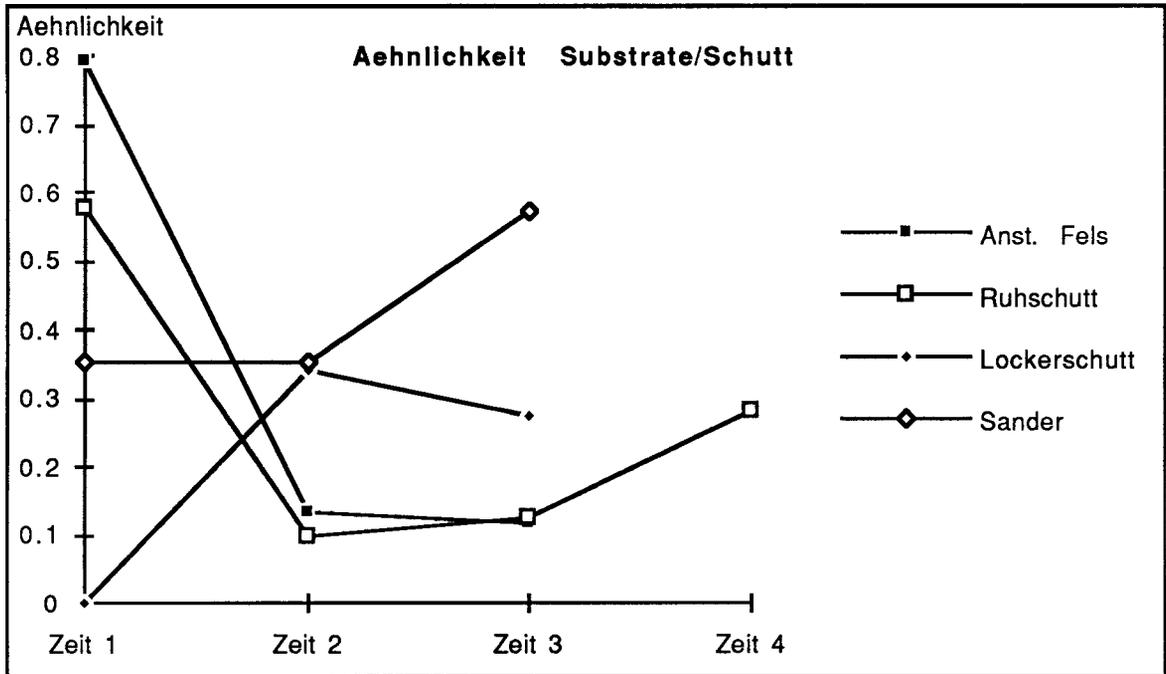


Fig.26: Verlauf der Aehnlichkeiten der Vegetation im Anstehenden Felsen, Ruhschutt, Lockerschutt und Sander mit der Nachbarvegetation im Schutt über die untersuchten Zeitabschnitte

Betrachtet man den Verlauf der Aehnlichkeiten der Vegetation in den vier Hauptsubstraten mit der Nachbarvegetation im Schutt näher (vgl. Fig. 26), so stellt man fest, dass die Aehnlichkeiten sowohl für den Anstehenden Felsen als auch für den Ruhschutt im ersten Zeitabschnitt am grössten sind, im Zeitabschnitt 2 stark abnehmend und für den Zeitabschnitt 3 bzw. 4 (57-ca.70 Jahre eisfrei) vor allem für den Ruhschutt wieder eine steigende Tendenz aufweisen. Die Vegetation im Sander hat von Zeitabschnitt 1 an über alle untersuchten Zeitabschnitte zwar eine steigende Tendenz der Aehnlichkeit mit der Nachbarvegetation im Schutt, um aber einen eindeutigen Trend nachweisen zu können, müssten auch Aufnahmen im Zeitabschnitt 4 gemacht und ausgewertet werden. Am wenigsten aussagekräftig ist der Verlauf der Aehnlichkeit der Vegetation

des Lockerschuttes mit der Nachbarvegetation im Schutt. Im Zeitabschnitt 1 ist die Aehnlichkeit mit der Nachbarvegetation 0.0, im Zeitabschnitt 2 steigt sie auf ein Maximum und geht im Zeitabschnitt 3 bereits wieder zurück, für dieses Substrat ist kein Entwicklungstrend in Richtung Vegetation im Schutt nachweisbar.

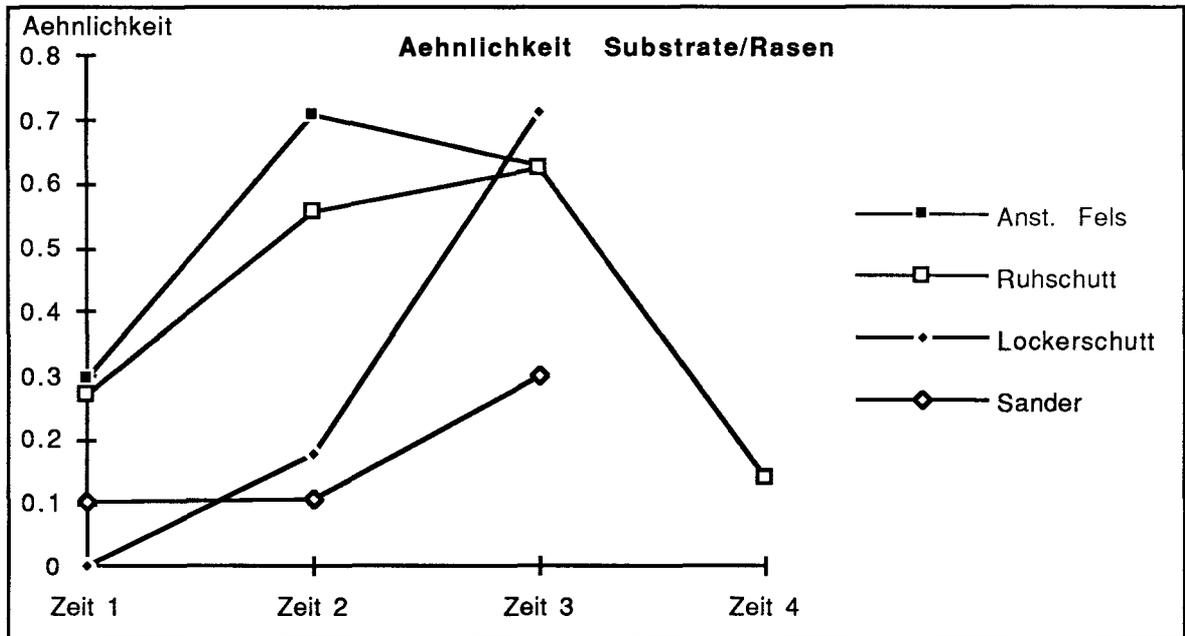


Fig.27: Verlauf der Aehnlichkeiten der Vegetation im Anstehenden Felsen, Ruhschutt, Lockerschutt und Sander mit der Nachbarvegetation im Rasen über die untersuchten Zeitabschnitte

Bei der Betrachtung der Aehnlichkeiten der Vegetation in den Substraten mit der Nachbarvegetation im Rasen fällt auf, dass die Vegetation im Ruhschutt in den ersten drei Zeitabschnitten zwar eine immer grösser werdende Aehnlichkeit mit der Nachbarvegetation im Rasen hat, diese jedoch im Zeitabschnitt vier rapide abnimmt (vgl. Fig. 27). Auch die Vegetation des Substrates Anstehender Fels lässt in den ersten beiden untersuchten Zeitabschnitten eine zunehmende Aehnlichkeit mit der Nachbarvegetation im Rasen erkennen, diese Tendenz weist im Zeitabschnitt drei jedoch einen klaren Richtungswechsel auf. Eine deutlich steigende Tendenz weist die Aehnlichkeit der Vegetation des Lockerschuttes mit der Nachbarvegetation im Rasen auf. Da jedoch in diesem Substrat im vierten Zeitabschnitt keine Aufnahmen gemacht werden konnten (vgl. Kap. 3.4.2), ist kein eindeutiger Schluss über die Richtung der Entwicklung der Vegetation im Lockerschutt zulässig.

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. Whittacker (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 SUKZESSION

Im Sesvenna-Gletschervorfeld kann für die **Anzahl** dominant vorkommender Arten noch nicht von einem Höhepunkt gesprochen werden, da sie von sechs in Zeitabschnitt 1 auf vierzehn in Zeitabschnitt 2 ansteigt, dann auf dreizehn in Zeitabschnitt 3 zurückgeht und im Zeitabschnitt 4 wieder auf fünfzehn ansteigt. Unterteilt man die Artenzahl noch in dominant vorkommender Taxa von Blütenpflanzen und Moosen, so

sieht der Ablauf der Anzahl für die Blütenpflanzen folgendermassen aus: Zeitabschnitt 1: fünf Taxa, Zeitabschnitt 2: neun Taxa, Zeitabschnitt 3: zehn Taxa, Zeitabschnitt 4: zwölf Taxa, d.h. die Tendenz ist auch nach 70 jähriger Eisfreiheit weiterhin steigend. Um einen Höhepunkt in der Artenzahl feststellen zu können, ist ein Zeitabschnitt von maximal ca. 70 Jahren Eisfreiheit offensichtlich zu kurz. Bei den Moosgattungen sieht der Verlauf der Anzahl dominant vorkommender Gattungen etwas anders aus: Zeitabschnitt 1: eine Gattung, Zeitabschnitt 2: fünf Gattungen, Zeitabschnitt 3: drei Gattungen, Zeitabschnitt 4: drei Gattungen. Hier scheint es bereits in Zeitabschnitt 2 (19-37 Jahre eisfrei) mit fünf dominant vorkommenden Moosgattungen zu einem Höhepunkt zu kommen. Aus praktisch allen bekannten Studien geht hervor, dass die Artenzahl mit zunehmender Dauer der Eisfreiheit auf jungem Untergrund grösser wird. Die Muster der Artenzahlzunahme variieren allerdings je nach Standort (Matthews 1992). Im Vergleich zum hochalpinen Gürtel von Skandinavien (Elven 1980), wo die Artenzahlzunahme ziemlich langsam vor sich geht, nimmt die Artenzahl in den Alpen relativ rasch zu (Zollitsch 1969). Verschiedene Untersuchungen haben aufgezeigt, dass ein Höhepunkt in der Artenzahl in einem frühen Stadium der Sukzession auftreten kann und die Anzahl der vorkommenden Arten dann wieder abnimmt. (Matthews 1992). Zollitsch (1969) fand im Pasterzegletschervorfeld einen frühen Höhepunkt der Artenzahl von 24 bis 26 vorkommenden Arten in einem Zeitabschnitt von 40-80 Jahren Eisfreiheit, und zwar auf feuchten, geschützten und ungestörten Standorten. An trockenen, sehr exponierten Standorten ist der Höhepunkt der Artenzahl allerdings nicht so ausgeprägt.

In vielen Studien, die sich mit der Oekologie rezent eisfrei gewordener Flächen/Gebiete befassen, wurden sogenannte Sukzessionsstadien erkannt, die auf der **Zusammensetzung der Arten** basieren. Solche Stadien sollten aber nach Matthews (1992) nicht als repräsentative, geradlinige Veränderungen der Artenzusammensetzung betrachtet werden, da solche Vegetationseinheiten oft eine mehr scheinbare als reale Eindeutigkeit aufwiesen. In der vorliegenden Arbeit wurde lediglich untersucht und beschrieben, welche Taxa von Blütenpflanzen und welche Moosgattungen im Vorfeld in welchem Zeitabschnitt dominant vorkommen. Die erhaltenen Ergebnisse sind durch das Selektionskriterium dominant nur bedingt mit anderen Arbeiten auf diesem Gebiet vergleichbar. Hinzu kommt, dass es keine Studien auf vergleichbarer Höhenlage (2'700m ü.M.) gibt. Trotzdem sollen ein paar im Sesvenna-Gletschervorfeld vorkommende Arten und deren Verhalten mit demjenigen von Arten im Rhonegletschervorfeld (Richard 1973) verglichen werden. Beide Gletschervorfelder weisen mehrheitlich silikatisches Untergrundmaterial auf und liegen in den (oestlichen bzw. westlichen) Zentralalpen. Das Rhonegletschervorfeld liegt

allerdings auf einer Höhe von 1'760m ü.M.. Es fällt auf, dass *Poa alpina* und *Saxifraga bryoides* in beiden Vorfeldern in allen untersuchten Zeitabschnitten auftreten. Interessant ist, dass *Gnaphalium supinum* im Sesvenna-Gletschervorfeld in einem Zeitabschnitt von 57-ca.70 Jahren eisfrei auftritt und im Rhonegletschervorfeld dagegen nur im Zeitabschnitt null bis dreissig Jahre eisfrei auftritt. *Chrysanthemum alpinum* tritt im Sesvenna-Gletschervorfeld erst ab dem zweiten Zeitabschnitt auf (mehr als achtzehn Jahre eisfrei) während diese Art im Rhonegletschervorfeld bereits unmittelbar nach Abschmelzen des Gletschers auftritt. *Arabis alpina* findet man im Sesvenna-Gletschervorfeld in den ersten drei Zeitabschnitten (0-56 Jahre eisfrei), im Rhonegletschervorfeld hingegen nur in den ersten 30 Jahren eisfrei. Die Unterschiede im Auftreten der verschiedenen Arten dürften vor allem mit der um beinahe 1'000m differierenden Höhenlage zusammenhängen, die eine viel kürzere Vegetationszeit im Sesvenna-Gletschervorfeld mit sich bringt.

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 befindet 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 1992 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
- Baeumler 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
- 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 d. CH Naturforsch. Gesellschaft, Band 101, Birkhäuser, 162 S.
- 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
- Elven R. 1980: The Omnsbreen glacier nunataks - a case study of plant immigration. *Norwegian Journal of Botany* 27, S. 1-16
- 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.
- 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. 1945: Besiedlung und Vegetationsentwicklung auf den Seitenmoränen des grossen Aletschgletschers. Sonderdruck Geobot. Inst. ETH, Stiftung Rübel, S. 107 - 112
- Lüdi W. 1958: Beobachtungen über die Besiedlung von Gletschervorfeldern in den Schweizer Alpen. *Allgemeine Botanische*

Zeitung Jena, S. 386 - 407

Luken J.O. 1990: Directing ecological succession. London & New York: Chapman & Hall

Matthews J.A. 1992: The Ecology of recently deglaciated terrain. University of Wales, Cardiff, Cambridge Studies in Ecology

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. Accademia nazionale dei lincei, Roma.

Richard J.L. 1973: Dynamique de la vegetation au bord du grand glacier d'Aletsch. Bericht der Schweizerischen Botanischen Gesellschaft Bern 83, S. 159-174

Schubert R., Wagner G. 1988: Botanisches Wörterbuch. Gustav Fischer Verlag Stuttgart, 9. Auflage, 582 S.

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

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.

Zollitsch B. 1969: Die Vegetationsentwicklung im Pasterzenvorfeld. Wissenschaftliche Alpenvereinsheft (München) 21, S. 267-290.

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 ERLÄUERT

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

Anhang 2: Artenlisten aller Substrate und Subsubstrate 1001-1004: Ruhschutt in den Zeitabschnitten 1-4. Listennr. 2001-2003: Lockerschutt in den Zeitabschnitten 1-3. Listennr. 3001-3003: Sander in den Zeitabschnitten 1-3. Listennr. 4001-4003: Anstehender Fels in den Zeitabschnitten 1-3. Listennr. 5001-5004: Bachlauf in den Zeitabschnitten 1-4. Listennr. 6001-6003: Schneetälche in den Zeitabschnitten 1-3. Listennr. 7001-7004: Temporärer Wasserlauf in den Zeitabschnitten 1-4
Alle Artenlisten: r= Vorkommen, Abkürzungen vgl. Anhang 1

ARTENLISTEN ALLER SUBSTRATE, NACH SUBSTRAT GRUPPIERT

ARTENLISTEN- NUMMER	11112223334445556667777	000000000000000000000000	000000000000000000000000	123412312312312341231234
7 POA ALPI 5	r	r	r	r
17 CHRY ALPI 5	r	r	r	r
18 CERA UNIF 5	r	r	r	r
4 POHL SP.M 5	r	r	r	r
8 MINU VERN 5	r	r	r	r
15 OXYR DIGY 5	r	r	r	r
16 GEUM REPT 5	r	r	r	r
19 ARAB ALPI 5	r	r	r	r
3 POLY SP.M 5	r	r	r	r
14 SAXI BRYO 5	r	r	r	r
2 CYNO SP.M 5	r	r	r	r
22 CERA TRIG 5	r	r	r	r
11 VERO ALPI 5	r	r	r	r
1 BRYU SP.M 5	r	r	r	r
12 SAXI OPPO 5	r	r	r	r
20 RANU GLAC 5	r	r	r	r
27 EPIL ALPI 5	r	r	r	r
13 SAXI EXAR 5	r	r	r	r
24 RHAC SP.M 5	r	r	r	r
31 TARA ALPI 5	r	r	r	r
9 FEST VIOL 5	r	r	r	r
25 SEDU ALPE 5	r	r	r	r
32 SAXI SEGU 5	r	r	r	r
30 SALI HERB 5	r	r	r	r
21 LINA ALPI 5	r	r	r	r
28 ARAB COER 5	r	r	r	r
34 STER SP.F 5	r	r	r	r
23 DESM SP.M 5	r	r	r	r
26 LUZU LUTE 5	r	r	r	r
35 CLAD SP.F 5	r	r	r	r
6 POA LAXA 5	r	r	r	r
53 GNAP SUPI 5	r	r	r	r
55 DORO CLUS 5	r	r	r	r
62 SAXI STEL 5	r	r	r	r
5 PHLE ALPI 4	r	r	r	r
10 ERIG UNIF 4	r	r	r	r
29 CARD RESE 4	r	r	r	r
63 CETR SP.F 4	r	r	r	r
65 SANI SP.M 4	r	r	r	r
33 ANDR VAND 3	r	r	r	r
37 SENE CARN 3	r	r	r	r
40 SALI RETI 3	r	r	r	r
66 RHIZ SP.F 3	r	r	r	r
36 CREP JACQ 2	r	r	r	r
38 SILE EXSC 2	r	r	r	r
39 SEMP MONT 2	r	r	r	r
54 GENT BAVA 2	r	r	r	r
56 CIRS SPIN 2	r	r	r	r
60 GEUM MONT 2	r	r	r	r
67 UMBI SP.F 2	r	r	r	r
41 SALI SERP 1	r	r	r	r
42 VIOL CALC 1	r	r	r	r
43 HIER INTY 1	r	r	r	r
44 LYCO SELA 1	r	r	r	r
45 SEDU ANNU 1	r	r	r	r
46 SALI RETU 1	r	r	r	r
47 MINU SEDO 1	r	r	r	r
48 LEON MONT 1	r	r	r	r
49 MYOS ALPE 1	r	r	r	r
50 JUNC JACQ 1	r	r	r	r
51 HIER GLAN 1	r	r	r	r
52 HOMO ALPI 1	r	r	r	r
57 CARD ALPI 1	r	r	r	r
58 CREP AURE 1	r	r	r	r
59 ANDR ALPI 1	r	r	r	r
61 CARE CURV 1	r	r	r	r
64 XANT SP.F 1	r	r	r	r
68 LOPH SP.M 1	r	r	r	r
69 LECA CF.F 1	r	r	r	r
70 LECI SP.F 1	r	r	r	r
71 HIER ALPI 1	r	r	r	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)

TESTFLAECHEEN 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

TESTFLAECHEEN NACHBARVEGETATON RASEN

Flächennummer	888
	456
I 1	CARE CURV 3 888
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. Anhang1, 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	rrrrrrr
12 GEUM REPT 5	rrrrrrr
15 CERA UNIF 5	rrrrrrr
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
	10000000
	10000000
	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 rrrrr
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 G NAP 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
	1111117111111111118891111117116
	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 rlr6
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 G NAP 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
22 SAXI OPPO 2	4 1
23 SANI SP.M 2	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	321rlrrrr2341 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 lrr 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 CYN0 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 CYN0 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. Anhang 1, 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.
 Anhang1, Londo-Werte vgl. Tab. 6.

ARTENLISTEN SUBSTRAT D, ZEITEN 1-3

SUBSTRAT D

ARTENLISTEN-	444
NUMMER	000
	000
	123

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

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

Flächennummer	44444444444444			
	13789651111114			
	4 01235			
3	POA	ALPI	5	22221321r3111
7	CERA	UNIF	5	11312345r636r
1	CYNO	SP.M	5	rrlrr1lrr4 r
2	POLY	SP.M	5	4rrrr2 rlr6 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

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

SCHNEETAELCHEN

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

6
14

Flächennummer	666666
	458736
2 POA ALPI 5	315312
3 CERA UNIF 5	rr1rr
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 Substrat Bachlauf.
 Legende Artentliste vgl. Anhang 2, Abkürzungen vgl. Anhang 1, Londo-Werte vgl. Tab. 6.

ARTENLISTEN BACHLAUF, ZEITEN 1-4

BACHLAUF

ARTENLISTEN-	5555
NUMMER	0000
	0000
	1234
1 CYN0 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

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 CYN0 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 Substrat Temporärer
 Legende Artentliste vgl. Anhang 2, Abkürzungen vgl. Anhang 1, Londo-Werte vgl.
 Tab. 6.

ARTENLISTEN TEMP. GEWAESSER ZEITEN 1-4

ARTENLISTEN-	7777
NUMMER	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 CYN0 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	661rrrr r
5 OXYR DIGY 5	34rr 1 r
8 MINU SP. 5	r 1r 1 2r
12 CYN0 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	52rlr
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 Stratum; 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