Untersuchungsgebiet, Material und Methoden

Objekttyp: **Chapter**

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

Band (Jahr): **108 (1992)**

PDF erstellt am: **18.05.2024**

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

2. UNTERSUCHUNGSGEBIET, MATERIAL UND METHODEN

2.1. ZUM UNTERSUCHUNGSGEBIET

Es wird im folgenden lediglich eine kurze Beschreibung des Untersuchungsgebietes eingeflochten, da genaue Angaben über dasselbe Gebiet bereits in früheren Arbeiten aufgeführt wurden (vgl. z.B. CADISCH et al. 1929, GIGON 1971, FOSSATI 1980). Die Versuchsflächen lagen einerseits auf Karbonatböden im Strelagebiet, andererseits auf silikatischer Unterlage am Jakobshorn (Fig. 1). Die Karbonatflächen lagen auf 2400 m ü.M. und wiesen unterschiedliche Hangneigung auf: von ebener Kuppenlage bis Schräglage mit 15% Steilheit auf einer buckligen, maschinell bearbeiteten 12-jährigen Skipistenplanierung. Eine Korngrösse von 5 cm und mehr und ein geringer Feinerdeanteil waren die herausstechendsten Merkmale. Die Piste überzog eine breite Hügelflanke, die im unteren Teil steil abfiel und konvex war, im oberen Teil konkave Form hatte und abflachte, mitunter einige Schneetälchen einschloss. Die umgebende Vegetation konnte als ein *Seslerietum* beschrieben werden und bildete vorab in den steileren Partien die charakteristischen Treppenrasen aus. Die Flächen waren ESE-exponiert.
Die Flächen auf Silikat befanden sich 2500 m ü.M. und hatten eine einheitliche Neigung von ca. 3%. Sie lagen auf einer Planierung, die teilweise in einem *Curvuletum*, aber auch in einer ursprünglichen Geröllflur, angelegt worden war. Die ebenfalls maschinell hergerichtete, bandförmige Planierung war neun Jahre alt und verfügte über einen deutlich höheren Feinerdeanteil als jene auf Karbonat. Die Korngrösse betrug durchschnittlich ca. 2-3 cm. Die umgebende Vegetation konnte auf der hangunteren Partie als *Curvuletum* mit hohem Deckungsgrad angesprochen werden, hangaufwärts bestand bereits eine Geröllhalde. Alle Flächen waren WNW-exponiert.

Das Untersuchungsgebiet war während den vier Versuchsjahren geprägt durch warme Winter. Die Berichte der Schweizerischen Meteorologischen Zentralanstalt lieferten für die Untersuchungsperiode 1987-90 folgendes Bild des Klimageschehens auf dem Weissfluhjoch (2690 m ü.M.):
1987: Überdurchschnittlich hohe Jahresniederschläge und deutlich höhere Jahrestemperaturen als im mehrjährigen Mittel charakterisierten das Jahr. Zwölf Wochen waren ohne Schneebedeckung, wobei der Schnee erst in den letzten Julitagen wegschmolz. Während im Juni die doppelten und im Juli die dreiviertelfachen mittleren Niederschläge fielen, musste der Oktober mit der

Hälfte der durchschnittlichen Menge auskommen.

1988: Ein beträchtlicher Wärmeüberschuss und einen der drei wärmsten Januare seit der Jahrhundertwende setzten die Wärmeperiode des Vorjahres fort. 14 Wochen blieben der Vegetation zwischen der Schneebedeckung, be-

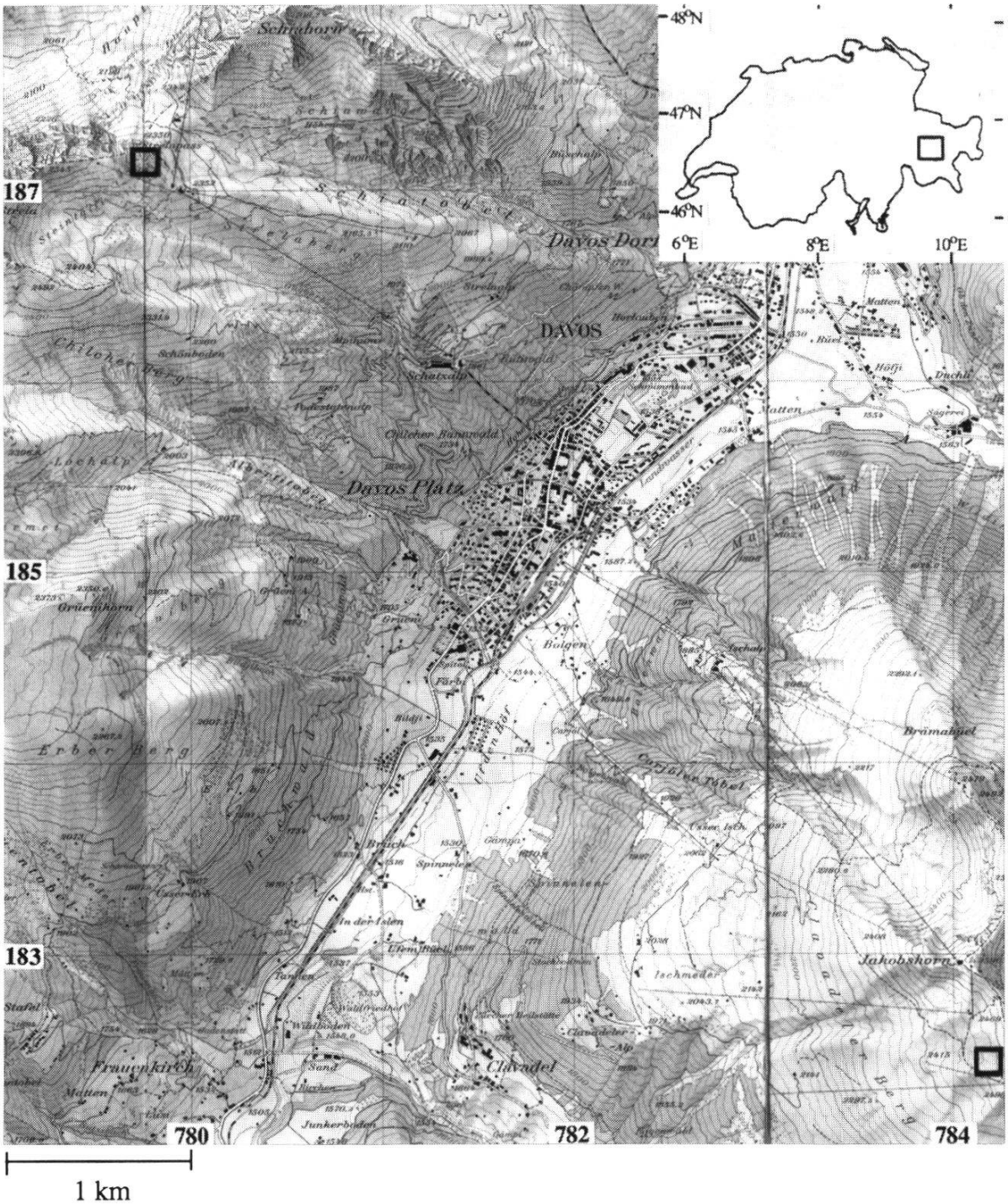

Fig. 1. Lage des Untersuchungsgebietes (reproduziert mit Bewilligung des Bundesamtes für Landestopographie vom 2.12.1991). Die Versuchsflächen sind mit Rechtecken markiert.

Location of the study site (Permission for copyright by the Swiss Federal Office of Topography from December 2, 1991).

ginnend Mitte Juli. Einzig der August war mit 132% der mittleren Niederschläge feucht in jenem Sommerhalbjahr.

1989: Wiederum trat ein hoher Wärmeüberschuss von 2.0 bis 2.5°C im Jahresvergleich auf mit grosser Trockenheit im Januar. Niederschlagsdefizite und eine hohe Sonnenscheindauer zeichneten den Oktober und November aus. Die Mitteltemperaturen der Sommermonate entsprachen dem Durschnitt.

1990: Die Folge sehr warmer Jahre erfasste auch 1990. Es wurde der wärmste Februar seit über 120 Jahren aufgezeichnet. Der August ist der einzige Monat während der vierjährigen Arbeit ohne Schneefall und erhielt lediglich die Hälfte der durchschnittlichen Niederschläge. Die Mitteltemperaturen der Monate Juni bis August lagen deutlich über dem langjährigen Durchschnitt. Darauf folgte ein kalter September, während dem an 17 Tagen Schnee fiel. Im November fiel mit 141% der mittleren langjährigen Menge viel Schnee.

Tab. 1. In den Versuchen verwendetes Pflanzenmaterial.
Plant material used in the experiments.
S = Substrat (Ca = Karbonat, Si = Silikat); H = Höhe über Meer in (m); Exp. = Exposition;
* = Landeskarte der Schweiz, 1: 25 000, Blatt 1197 und 1217.

Art	Fundort(e)	S	H	Exp.	Koordinaten*
Achillea atrata	Schiahorn	Ca	2450	SE	780.800/187.650
	Ducantal	Ca	2100	E	784.520/175.550
Achillea moschata	Witihüreli	Si	2600	NE	785.600/181.000
Agrostis alpina	Strelagrat	Ca	2460	ESE	779.625/187.190
Anthyllis alpestris	Strela	Ca	2480	SE	779.550/187.300
Arabis alpina	Ducantal	Ca	2100	E	784.520/175.550
Campanula cochleariifolia	Schiahorn	Ca	2580	SE	780.600/187.725
	Ducantal	Ca	2300	SE	783.320/174.280
Carex sempervirens	Gotschnagrat	Ca	2280	ENE	783.625/192.500
	Jakobshorn	Si	2620	WSW	784.325/182.630
Chrysanthemum alpinum	Jatzhorn	Si	2600	o	784.700/182.350
Erigeron uniflorus	Strela	Ca	2440	SE	779.750/187.120
	Chörbshorn-Gipfel	Si	2640	o	777.775/184.800
Festuca rubra	Jatzhorn	Si	2560	SW	784.550/182.375
Helictotrichon versicolor	Strela	Ca	2440	SE	779.500/187.150
	Vorder-Latschüel	Si	2420	SE	778.900/186.450
Hieracium alpinum	Jakobshorn	Si	2620	WSW	784.325/182.630
	Wannengrat	Si	2440	N	778.500/185.825
Linaria alpina	Ducantal	Ca	2280	ESE	783.400/174.225
	Vorder-Latschüel	Si	2460	SE	779.020/186.500
Luzula lutea	Jakobshorn	Si	2540	W	784.300/182.625
Myosotis alpestris	Schiahorn	Ca	2440	SE	780.775/187.600
	Wannengrat	Si	2440	NW	778.575/185.850
Ranunculus montanus	Schiahorn	Ca	2440	SE	780.775/187.600
Ranunculus grenierianus	Vorder-Latschüel	Si	2420	SE	779.075/186.450
Senecio carniolicus	Wannengrat	Si	2460	NNE	778.725/185.840
Veronica bellidioides	Wannengrat	Si	2460	NNW	778.530/185.825

2.2. MATERIAL

Die Auswahl der verwendeten Pflanzen (Tab. 1) richtete sich nach der Maxime, jeweils möglichst von derselben Population zu sammeln, ohne lokale Schäden an bestehenden Populationen anzurichten. Die Namengebung stützte sich dabei auf HESS et al. (1967-72). Alle Pflanzen wurden sorgfältig mit Spitzschaufeln aus der Erde gelöst, in Clavadel (1660 m ü.M.) bewässert und nach höchstens einem Tag in Zürich (470 m ü.M.) in Töpfe eingepflanzt, um später, nach einer Erholungsphase, kloniert zu werden.

2.3. VERSUCHSBEDINGUNGEN IM GEWÄCHSHAUS UND IN DER KLIMAKAMMER

Das verglaste Gewächshaus in Zürich (470 m ü.M.) war mit elektronisch gesteuerten Sonnenstoren ausgestattet, die einen konstanten Temperaturwert in der Hauptkammer gewährleisten sollten. Die untersuchten Pflanzenproben wurden alle in einer ebenfalls beschatteten Nebenkammer aufbewahrt, die im Winter nicht beheizt war, jedoch keine Fröste erhielt. Die Verglasung wirkte als partieller UV-Filter, dessen Wirkung nicht berücksichtigt wurde. In der Klimakammer herrschte eine konstante Temperatur von 13°C, die Luftfeuchtigkeit betrug 70% und Licht brannte während 14 Stunden/Tag. Im Sommer wurde an beiden Orten täglich, im Winter zweimal wöchentlich, mit Leitungswasser gegossen. Milben und Blattläuse wurden mit Pestiziden ferngehalten. Als Substrat für alle Versuchsserien diente eine Mischung aus einer handelsüblichen Blumentopferde (170-270 mg/l Stickstoff, 190-300 mg/l Phosphat, 210-330 mg/l Kalium), Perlit und Sand im Verhältnis 8:2:1. Perlit ist ein grobkörniges Kunststoffpräparat, das die Luftdurchlässigkeit und die Wassersaugfähigkeit des Substrates erhöht.
Als Pflanzbehälter fanden fünfkammerige Rootrainer®-Elemente (Spencer Lemaire, Kanada) Verwendung. Eine einzelne Kammer hatte einen Querschnitt von 2.8 mal 2.0 cm^2, war 10.0 cm tief und unten geöffnet. Die Elemente waren aufklappbar und erleichterten dadurch das Herausnehmen der angezogenen Individuen. Rootrainer® bestehen aus Polyvinylchlorid und lassen sich mehrmals gebrauchen. Sie wurden nebeneinander in Klapp-Harassen aufgestellt, so dass 210 Individuen auf einer Fläche von $^1/_4$ m^2 Platz fanden (Fig. 2). Die Pflanzen wuchsen darin bis zu einer gewissen Grösse unter konkurrenzfreien Bedingungen heran.

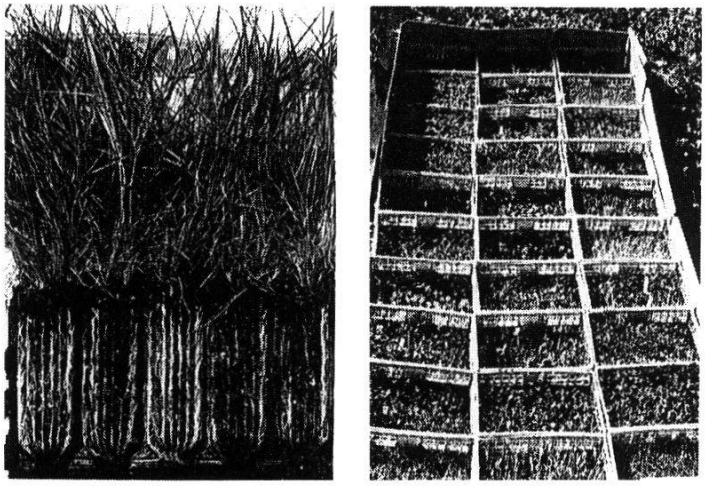

Fig. 2. Rootrainer®-Pflanzbehälter. Links: Geöffnetes Segment, zu beachten die linearen Wurzelprofile; rechts: Klapp-Harasse mit Rootrainer-Elementen für je 210 Individuen.
Rootrainer®-elements. Left: Opened segment, note the linear root profiles; right: fold boxes with rootrainer®-elements for 210 individuals.

Je nach Wuchsform der Pflanzen konnte die Klonierung von Hand ausgeführt werden, speziell bei Guerilla-Strategen, von denen jedoch meistens nur noch einzelne Ramets bewurzelt blieben; Ramets von dichten oder verholzten Strukturen wurden mit dem Skalpell voneinander getrennt, wobei die Wurzeln möglichst auf alle Ramets verteilt wurden.

2.4. ZU DEN EINZELNEN GEWÄCHSHAUS- UND KLIMAKAMMERVERSUCHEN

Die Reihenfolge der durchgeführten und nachfolgend besprochenen Versuche (Tab. 2) wurde bewusst aus der Logik ihrer Konzeption und nicht nach zunehmender Komplexität oder nach der Ähnlichkeit der Versuche zueinander gewählt. Die Einzelrametklonierung bildete das Basisexperiment, aus dem die übrigen entwickelt worden waren. Dieses Vorgehen ermöglichte ein allmähliches Einkreisen des Themas Regeneration auf Individuumebene, das auf diese Weise auf dem weitgehend unerforschten Versuchsgebiet flexibler zu handhaben war - quasi im Baukastensystem - als eine zum vornherein fixierte Versuchsanordnung. Für die Feldversuche treffen diese Bemerkungen genauso zu, die Übersicht (Tab. 2) fasst deshalb alle Experimente zusammen.
Einzelrametklonierung (**SRC**=Single Ramet Cloning): Im Felde wurden klonal wachsende Pflanzen gesammelt und in Zürich in Töpfe eingepflanzt,

Tab. 2. Durchgeführte Versuche. GH = im Gewächshaus, KK = in der Klimakammer angelegt.
Experiments carried out. GH = in the greenhouse, KK = in the growth chamber.

Experiment	GH	KK	Feld
Einzelramet-Klonierung SRC	x	x	x
Multirametklonierung MRC	x	-	-
Maximumklonierung	x	x	-
Rametgrösse und regeneratives Verhalten	x	-	x
Düngerversuch	x	-	x
Verfügbarer Wurzelraum und regeneratives Verhalten	x	-	-
Austreibungsvermögen von Wurzelstücken	x	-	-
Blattschnittversuch	x	-	x
Direkte Klonierung	-	-	x
Populationsdichte	-	-	x

wo sie bis zum Versuchsbeginn verblieben. Die einzelnen Ramets wurden bis zu einer minimalen Grösse, die noch wuchsfähig ist (Erfahrungswerte, je nach Art), voneinander separiert und eingepflanzt. Meistens verfügten die Ramets nach dieser Behandlung kaum mehr über Wurzeln. In einwöchigem Turnus wurde ihr Überleben und der Rametbestand während ca. sechs Wochen protokolliert. In den Jahren 1986 und 87 geschah dies pauschal pro Versuchspopulation, von 1988 bis 90 einzeln für jedes Ausgangsramet bzw. -individuum, im folgenden kurz Modul genannt. Die Zahl der Module wurde bei Versuchsbeginn als 100% definiert. Zuwächse und Verluste erhielten Prozentwerte bezogen auf den Ausgangszustand, d.h. eine Versuchspopulation mit 10% Rametverlusten nach sechs Wochen wurde mit 90% Rametbestand angegeben. Meistens stellten zwischen 50 und 100 Module eine experimentelle Population eines Taxons dar. Entstehende Blüten wurden zugunsten des vegetativen Wachstums weggeschnitten, die Blätter von Gräsern entsprechend kurzgehalten. Die SRC-Behandlungen fanden im Frühling, im Sommer und im Herbst statt.

Multirametklonierung (MRC): Im MRC-Verfahren wurden Rametgruppen als Ausgangseinheiten betrachtet. Die einzelnen Serien umfassten Gruppen von jeweils zwei, vier oder sechs miteinander verbundenen Ramets. Die Rametgruppen wurden miteinander und mit den SRC-Serien punkto Überleben und Rametbestand verglichen. Es wurden nur Gruppen verwendet, deren Ramets noch eindeutig miteinander verbunden waren. Im Unterschied zur SRC-Behandlung waren die Module durchwegs bewurzelt. Die Wachstumsbedingungen entsprachen denjenigen im SRC-Versuch. Der Endbestand an Ramets bezog sich immer auf die Anzahl der Ausgangsindividuen bei Versuchsbeginn. Ein als 4er-Gruppe kloniertes Modul, das nach sechs Wochen sechs Ra-

mets trug, figurierte demnach mit 150% Rametbestand.

Maximumklonierung: Nach einer regulären SRC-Behandlung und sechswöchiger Wachstumsphase wurden die Individuen mit dem grössten Rametzuwachs für eine nächste Klonierung ausgesondert. Die maximal mögliche Anzahl Wiederholungen dieses Vorgangs pro Saison sollte durch geschickte Wahl des Klonierungszeitpunktes realisiert werden. Dieser hing dabei von der Entwicklung bzw. Klonierbarkeit der Pflanzen ab und zielte immer darauf ab, eine möglichst hohe Ausbeute an Ramets zu erhalten. Die Schicksale der einzelnen Ramets wurden während des gesamten Versuchs protokollarisch festgehalten. Jeder neue Klonierungsschritt begann wieder mit einem Modulbestand von 100%.

Serien mit unterschiedlicher Rametgrösse: Die beiden Gruppen "grosse Ramets" und "kleine Ramets" setzten sich weitgehend aus extremen Grössenvarianten zusammen. Kleine Ramets hatten bei allen Arten ungefähr die halbe Grösse grosser Ramets. Die Versuchsanordnung entsprach derjenigen im SRC-Experiment. Zur Klonierung gelangten möglichst wenige und möglichst grosse, d.h. zahlreiche Ramets umfassende, Pflanzen.

Düngerversuch: Mit Certoplant Royal® wurde ein Langzeitdünger gewählt, der speziell das Wurzelwachstum fördern sollte (8.5% Stickstoff, 7.0% Phosphat, 10.0% Kalium, 2.0% Magnesium). Für eine erfolgreiche Verankerung nach einer späteren Einpflanzung in der alpinen Stufe ist dieser Prozess von existentieller Bedeutung, zumal die Vegetationszeit sehr kurz ist und die oberirdische Biomasse danach zu grossen Teilen ins Wurzelwerk zurückgezogen wird. Der pulverförmige Dünger wurde in Konzentrationen von $100g/m^2$ und $50g/m^2$ auf die mit Gartenerdemischung gefüllten Rootrainer® aufgetragen. Eine gründliche Wässerung verteilte die Nährstoffe in der oberen Erdschicht, worin die klonierten Individuen anschliessend eingepflanzt wurden. Nach dieser einmaligen Düngerapplikation erfolgte dasselbe Prozedere wie im SRC-Versuch.

Topfversuche: Die vor allem bei den Multiramet-Klonierungen beobachtete Raumknappheit in den engen Rootrainer®-Kammern gaben den Anlass, Plastiktöpfe mit 12.5 cm oberem und 9.7 cm unterem Randdurchmesser und einer Tiefe von 11.0 cm als Behälter auszutesten und mit den Rootrainern® zu vergleichen. In beiden Gefässen wurden die beschriebenen Multirametklonierungen mit je 20 Ausgangsindividuen durchgeführt.

Test des Austreibungsvermögens von Wurzelstücken: Von 16 Arten wurden je 10 Wurzelstücke von verschiedenen Individuen und von 1 cm Länge ca. 1 cm tief in Saatschalen eingepflanzt. Die beschriebene Erdemischung

und das übliche Bewässerungsregime im Gewächshaus bildeten die Umgebung. Erfasst wurde nicht die maximale Überlebensrate, sondern lediglich das Austreibungsvermögen in % der Anzahl eingepflanzter Wurzelstücke, ungeachtet einem späteren Absterben bereits ausgetriebener Einheiten.
Blattschnittversuch: Von drei Arten dienten je 30 einzelklonierte Ramets als Ausgangsmaterial. Die jeweils 30 Ramets wurden in drei Gruppen aufgeteilt und einer unterschiedlichen Behandlung unterzogen: Die erste Gruppe stellte die Kontrolle und entsprach einer normal SRC-behandelten Population. In der zweiten Gruppe wurden alle Blätter quer zur Blattachse halbiert. Die dritte Gruppe erlitt den radikalsten Eingriff durch Wegschneiden aller Blätter direkt über dem Vegetationspunkt, d.h. eine Totalentlaubung. Der Blattschnitt erfolgte unmittelbar nach der Einzelrametklonierung, die Anzahl vorhandener Ramets bei Versuchsende in % der Ausgangsindividuen gab das Mass für den Regenerationserfolg ab.

2.5. VERSUCHSBEDINGUNGEN IM FELD

Vor der Einpflanzung in die Feldflächen gelangten sämtliche Pflanzen nach Clavadel (1660 m ü.M.) zu einer zweiwöchigen Akklimatisation, was einer Höhenlage der unteren subalpinen Vegetationsstufe entspricht. Danach wurden sie mitsamt der verbliebenen Gartenerdemischung der Rootrainerkammern in mit Pickeln gehauene Vertiefungen der alpinen Pistenplanierungen gesteckt. Die Versuchsflächen waren zuvor allesamt vollständig von allfälliger Vegetation befreit worden.
Die eingepflanzten Individuen erhielten reichlich Wasser und wurden mit Curlex®-Matten abgedeckt. Curlex®-Matten bestehen aus harzfreiem, sehr weichem Pappelholz und sind biologisch abbaubar. Ein feinmaschiges Polyäthylennetz, das sich durch die UV-Strahlung zersetzt, wurde über die Matten gelegt und im Boden verankert. Die Matten sollten ein eigenes, milderes Mikroklima schaffen, d.h. Feuchtigkeit zurückhalten, vor allem durch ihre Funktion als Windschutz, sowie die oft enormen Temperaturdifferenzen etwas reduzieren, generell also als Frostschutz wirken. Die Bedeckung diente durch ihre dreidimensionale Struktur gleichzeitig als Diasporenfalle. Gepflanzt wurde am 21./22.7.87, am 30./31.8.88 und am 17./18.7.89. Im Winter herrschte auf allen Versuchsflächen Massenskibetrieb, der Schnee wurde regelmässig von Pistenpräpariergeräten gewalzt.

2.6. ZU DEN EINZELNEN FELDVERSUCHEN

Alle Versuche wurden dicht nebeneinander angeordnet, um möglichst ähnliche Versuchsbedingungen zu erhalten (Fig. 3, 4).

Einzelrametklonierungen: Von den nach der Klonierung im Gewächshaus in Zürich angezogenen, in Clavadel akklimatisierten und anschliessend auf den Skipisten eingepflanzten Modulen war lediglich die ursprüngliche Modulzahl nach der Klonierung bekannt, unmittelbar vor der Auspflanzung wurde nicht ausgezählt. Insofern spiegelten die Wachstums- bzw. Verlustraten der Ramets nicht das Verhalten im Feld allein, sondern die gesamte Entwick-

Feldflächen 1987

ACA	AGA	ARA	CAC	CAS	ERU	HEV	MYA	RAM	ARA	CAC
									110/m²	110/m²
SRC	SRC	SRC	SRC	SRC	SRC	SRC	SRC	SRC	ACA	HEV
									110/m²	110/m²

Feldflächen 1988

ACA	AGA	CAC	CAS	MYA	HEV	RAM	ACA	CAS
SRC	SRC	SRC	SRC	SRC	SRC	SRC	MRC	MRC

CAC	HEV	MYA	CAC	ACA	CAC
MRC	MRC	MRC	+/-	+/-	d SRC

Feldflächen 1989

MYA	ACA	RAM	ACA	MYA	MYA	ACA	CAC	ANA		ACA
d SRC	d SRC	d SRC	d SRC	2.Klon.	Dü SRC	Dü SRC	Dü dSRC	Dü dSRC		MRC
CAC	ANA	MYA	CAC		CAC	MYA	ACA	MYA		CAC
d SRC	d SRC	d SRC	d SRC		Dü SRC	Dü dSRC	Dü dSRC	Dü dSRC		MRC

Fig. 3. Bepflanzungsschemata der Karbonat -Versuchsflächen auf dem Strela.
Planting schedules of the plots on carbonatic soil on Strela.
SRC = Einzelrametklonierung - *single ramet cloning*, MRC = Multirametklonierung - *multi ramet cloning*,+/- = Einfluss der Rametgrösse - *influence of the rametsize*, 110/m² = Populationsdichteversuch - *population density experiment*, Dü = Düngerversuch - *fertilizer experiment*, direkt SRC = Klonierung unmittelbar vor der Einpflanzung - *cloning treatment immediately before planting*. 2. Klon. = Individuen aus dem Maximum-Klonierungsversuch - *individuals taken from the maximum cloning experiment.*
ACA = *Achillea atrata*, AGA = *Agrostis alpina*, ANA = *Anthyllis alpestris*, ARA = *Arabis alpina*, CAC = *Campanula cochleariifolia*, CAS = *Carex sempervirens*, ERU = *Erigeron uniflorus*, HEV = *Helictotrichon versicolor*, MYA = *Myosotis alpestris*, RAM = *Ranunculus montanus*

lung vom Zeitpunkt der Klonierung im Gewächshaus bis zur Kontrolle im Feld.
Für die Auszählung der Ramets jedes Moduls mussten die Curlex®-Matten sorgfältig angehoben werden, was jedoch keinerlei Beeinträchtigungen für die Vegetation nach sich zog.
Alle Module wurden, getrennt nach Art, nach einem definierten Pflanzmuster plaziert (Fig. 5). Bei einer Flächendichte von 30 Module/m^2 gelangten 40 Individuen in jedes Versuchsquadrat. Die hangoberste Reihe I zählte jeweils 10

Feldflächen 1987

CAS	ERU	HEV	HIA	MYA	RAG	SEC	SEC 110/m^2
SRC	SRC	SRC	SRC	SRC	SRC	SRC	RAG 110/m^2

Feldflächen 1988

CHA	FER	HIA	HEV	MYA	RAG	SEC	CAS	MYA
SRC	SRC	SRC	SRC	SRC	SRC	SRC	MRC	MRC

SEC	CHA	FER	SEC	SEC	SEC
MRC	+/-	+/-	+/-	d SRC	d MRC

Feldflächen 1989

CHA 110/m^2	SEC d SRC	CHA d SRC	HIA d SRC	SEC d SRC	MYA 2.Klon.		MYA Dü SRC	CHA Dü SRC	SEC Dü dSRC	RAG Dü dSRC
MYA 110/m^2	HEV d SRC	MYA d SRC	RAG d SRC	CHA d SRC	SEC Dü SRC		SEC Dü SRC	MYA Dü dSRC	CHA Dü dSRC	

SEC	CHA
MRC	Dü SRC
HEV	SEC
MRC	Dü SRC

Fig. 4. Bepflanzungsschemata der Silikat -Versuchsflächen auf dem Jakobshorn.
Planting schedules of the plots on silicatic soil on Jakobshorn.
SRC = Einzelrametklonierung - *single ramet cloning*, MRC = Multirametklonierung - *multi ramet cloning*,+/- = Einfluss der Rametgrösse - *influence of the rametsize*, 110/m^2 = Populationsdichteversuch - *population density experiment*, Dü = Düngerversuch - *fertilizer experiment*, direkt SRC = Klonierung unmittelbar vor der Einpflanzung - *cloning treatment immediately before planting*. 2. Klon. = Individuen aus dem Maximum-Klonierungsversuch - *individuals taken from the maximum cloning experiment.*
CAS = *Carex sempervirens*, CHA = *Chrysanthemum alpinum*, ERU = *Erigeron uniflorus*, FER = *Festuca rubra*, HEV = *Helictotrichon versicolor*, HIA = *Hieracium alpinum*, MY = *Myosotis alpestris*, RA = *Ranunculus grenierianus*, SEC = *Senecio carniolicus*.

Individuen, um gegen zu erwartende Abschwemmung nach Regen und Schneeschmelze sowie Geröllbewegungen, besonders auf Karbonat, besser gewappnet zu sein. Alle übrigen sechs Reihen waren mit je fünf Modulen bestückt.

Multiramet-Klonierungen: Im Unterschied zu den SRC-Versuchen wurde die Rametzahl aller Module nach der Pflanzung erfasst. Die Gegenüberstellung der beiden Experimente lieferte deshalb ein verzerrtes Bild. Weil jedoch im MRC-Versuch immer mindestens 2er- oder 3er-Gruppen kloniert worden waren, hätte eine Berechnung des Rametwachstums analog zum SRC-Versuch eine halbierte oder gedrittelte Zuwachsrate für den MRC-Versuch ergeben, an den Resultaten änderte sich generell nichts dadurch.

Jede Art wurde in einer Dichte von 30 Modulen/m^2 gepflanzt, es gelangten also 35 Module in jedes Versuchsquadrat (Fig. 6).

Rametgrösse und regeneratives Verhalten: Die im Gewächshaus nach unterschiedlicher Grösse klonierten Individuen gelangten gemäss üblichem Vorgehen zur Akklimatisation nach Clavadel und danach auf die Versuchsflächen. Es kam dasselbe Pflanzmuster wie im MRC-Versuch zur Anwendung. Individuen mit grossen Ramets nahmen die oberen Reihen des Versuchsquadrates einer Art ein, solche mit kleinen Ramets die unteren. Je nach verfügbaren Individuen wurde auf ein ausgeglichenes Verhältnis zwischen den beiden Grössenklassen geachtet. Wiederum bildete die Zahl der Ausgangsindividuen nach der Klonierung die Basis für die Errechnung der Zuwächse bzw. Verluste.

Düngerversuche: Im SRC-Verfahren herangezogene Individuen wurden, je zwei Arten pro m^2, eingepflanzt. Die Anordnung von je fünf Modulen in acht Reihen entsprach einer Flächendichte von 53.3 Modulen/m^2, bei einem Modulabstand von 15 cm und einem Reihenabstand von 12.5 cm. Danach erhielt jedes Versuchsquadrat eine einmalige Streudüngung von 50 g Certoplant-Royal®/m^2, die gleichmässig verteilt wurde und durch die Bewässerung in die oberste Bodenschicht eindrang.

Direkte Klonierungen im Feld: Nach einer erstmaligen Klonierung im Gewächshaus gemäss SRC-Behandlung wurde auf der Versuchsfläche, unmittelbar vor der Einpflanzung, jedes Modul nochmals in einzelne Ramets kloniert. Die so gewonnenen Ramets besassen grösstenteils keine Wurzeln, hatten durch die vorangegangene Akklimatisationsphase aber bereits wieder ihre natürliche Wuchsform erlangt. Der im SRC-Verfahren mitgelieferte Erdballen aus den Rootrainer-Elementen musste unter den neu klonierten Ramets aufgeteilt werden. Das Pflanzmuster blieb dasselbe wie im Düngerversuch,

Fig. 5.

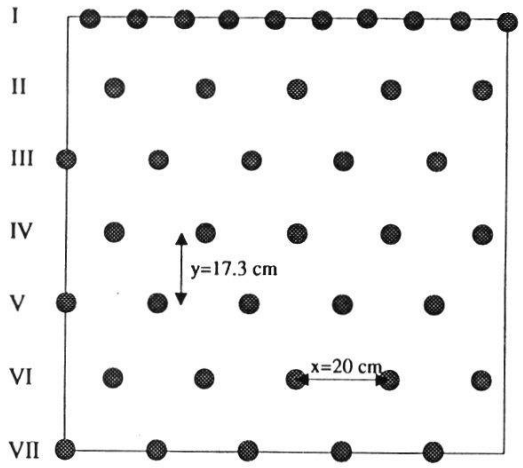

Fig. 6.

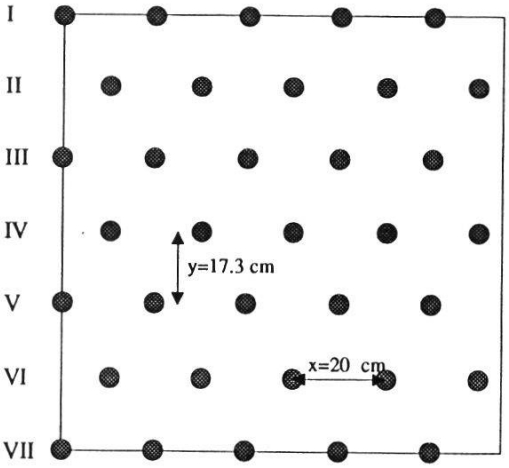

Fig. 7.

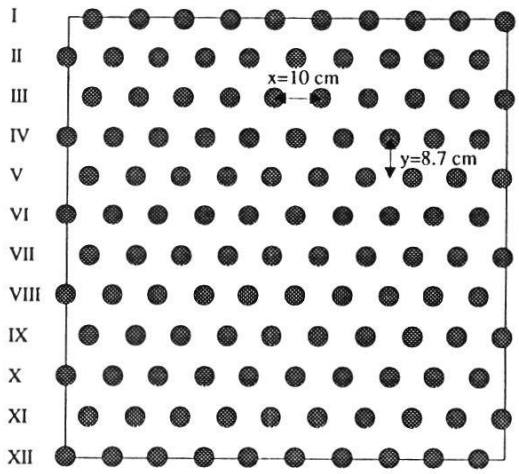

Fig. 5-7. Pflanzmuster für die Versuchsquadrate der Arten.
Planting schedule for the square plots of the species .
Fig. 5. Im SRC-Experiment - *In the SRC experiment.*
Fig. 6. Im MRC-Experiment - *In the MRC experiment.*
Fig. 7. Im Populationsdichte-Experiment (110 Individuen/m^2).
In the population density experiment (110 individuals/m^2).

Myosotis alpestris von Silikat hatte sich zusätzlich in einem mit 110 Individuen/m^2 bepflanzten Versuchsquadrat zu bewähren. Eine zweite Ausnahme bildete *Senecio carniolicus,* die neben der üblichen SRC- zusätzlich eine MRC-Behandlung erhielt.
In einem Ergänzungsexperiment wurde dieselbe Düngermenge wie im Düngerversuch appliziert, d.h. 50 g Certoplant-Royal®/m^2.
Feldversuche mit höherer Populationsdichte: Als Vergleich zu den SRC-Versuchen mit einer Populationsdichte von 30 Individuen/m^2 wurden Module einiger Arten parallel mit einer Dichte von 110 Individuen/m^2 angepflanzt (Fig. 7). Auf Karbonat entsprach diese Dichte dem minimal realisierbaren Pflanzabstand, da die Korngrösse der Bodenoberfläche oft bereits diese Grössenordnung erreichte. Auf Silikat liess sich dieses Pflanzmuster problemlos einrichten. Es wurde gleich wie im SRC-Experiment vorgegangen.
Blattschnittversuche im Feld: Von den drei untersuchten Taxa wurden je 20 Pflanzen mit farbigen Drahtschlingen in der natürlichen Vegetation markiert. Jeweils die Hälfte aller Pflanzen pro Taxon wurde geschnitten, die andere Hälfte diente als Kontrolle. Die Schnittbehandlung bestand in einer Halbierung der Blätter quer zur Blattachse. Zur Auswahl gelangten möglichst grosse, vitale und rametreiche Pflanzen. Die Anzahl vorhandener Ramets wurde zu Beginn und am Ende des Versuchs erhoben. Eine allfällige Beweidung der Versuchspflanzen kann beinahe ausgeschlossen werden, da die Drahtschlingen rund um die Pflanzen ein ernsthaftes Hindernis boten und eine Schreckfarbenzeichnung trugen.
Erhebung der Einwanderung in die Versuchsflächen: Die Versuchsquadrate der Arten aus dem SRC-Experiment, das 1987 angelegt und 1988 wiederholt worden war, hatten sich 1989 und 1990 einer Kontrolle auf eingewanderte Pflanzen aus der Umgebung zu unterziehen, so dass das Einwanderungsverhalten auf ein- bis dreijährigen Versuchsflächen ermittelt werden konnte. Das Quadrat jeder Art wurde einzeln mit einem 1 m · 1 m-Aluminiumrahmen, der in 10 mal 10 Felder gerastert war, abgedeckt und die nicht eingepflanzte Vegetation kartiert. Unterschieden wurden dabei je ausgewachsene Pflanzen und Keimlinge von Zweikeimblättrigen und Einkeimblättrigen. Das Artenspektrum der Einwanderer und die Blühaktivität flossen als zusätzliche Angaben mit in die Protokolle ein.
Für die exakte Erfassung vor allem der Keimlinge mussten die Curlex®-Matten entfernt werden, was jedoch, wie erwähnt, ohne Nachteile für die Vegetation bewerkstelligt wurde.

2.7. STATISTISCHE AUSWERTUNG

Bei Prüfung auf Signifikanz wurden nichtparametrische Tests durchgeführt (ZAR 1984) und nur das Rametverhalten getestet: Für paarweise verbundene Datenserien der Wilcoxon-Vorzeichen-Rangsummentest (WT), für die Saisonabhängigkeit der SRC-Versuche der Kruskal-Wallis Test (KW). Der MRC-Versuch im Gewächshaus wurde mit einer Einfaktoren-Varianzanalyse (ANOVA) abgesichert. Gerechnet wurde mit dem StatView® SE+ Graphics Softwarepaket von Abascus Concepts, Berkeley.