Zeitschrift: Berichte des Geobotanischen Institutes der Eidg. Techn. Hochschule, Stiftung Rübel

Herausgeber: Geobotanisches Institut der Eidg. Techn. Hochschule, Stiftung Rübel

Band: 55 (1989)

Artikel: Bedeutung der vegetativen Phasen bei alpinen Pflanzen für die biologische Erosionsbekämpfung in der alpinen Stufe = Importance of the vegetative phase in alpine plants for the biological erosion control in the alpine vegetation belt

Autor: Gasser, Max

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-377753

Nutzungsbedingungen

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

Conditions d'utilisation

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

Terms of use

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

Download PDF: 12.07.2025

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

Ber.Geobot.Inst.ETH, Stiftung Rübel, Zürich *55* (1989), 151-176

Bedeutung der vegetativen Phase bei alpinen Pflanzen für die biologische Erosionsbekämpfung in der alpinen Stufe

Importance of the vegetative phase in alpine plants for the biological erosion control in the alpine vegetation belt

von

Max GASSER

INHALT

1. Einleitung 152
2. Untersuchungsgebiet, Material und Methoden 153
   2.1. Herkunft des Materials 153
   2.2. Einzel-Ramet-Klonierung 153
   2.3. Auspflanzungen im Feld 154
3. Resultate 156
   3.1. Verhalten der Ramets nach Klonierung 156
   3.2. Entwicklung der Module in den Feldversuchen 164
4. Diskussion 171
   Zusammenfassung - Summary 174
   Literaturverzeichnis 175

1. EINLEITUNG

Die biologische Erosionsbekämpfung in der alpinen Stufe spielt eine immer wichtigere Rolle. Auf der einen Seite fordert die maschinelle Alpwirtschaft sowie der Bau und der Betrieb von Wasserkraftwerken und Speicherseen auch in dieser Höhenstufe ein ausgedehntes Weg- und Strassennetz. Auf der anderen Seite nehmen sowohl Hoch- wie Tiefbauten für die touristische Entwicklung speziell im Alpenraum sehr stark zu (BROGGI 1988, KRIPPENDORF 1986, OGGIER 1988, ROHRER und ROHNER 1989). Beim Bau solcher Objekte sowie besonders bei immer noch vorgenommenen Skipistenplanierungen ist die Gefahr für Erosionsschäden sehr gross (KLÖTZLI et al. 1984, MOSIMANN 1989).
Es versteht sich von selbst, dass gerade in der alpinen Stufe das Verhindern von Erosionsursachen viel einfacher zu bewerkstelligen ist, als das Wiedergutmachen schon entstandener Schäden. Ebenso ist klar, dass einheimisches Pflanzenmaterial aus der alpinen Stufe die grössten Erfolgschancen für Wiederbegrünungen garantiert (vgl. KOMARKOVA und WEBBER 1980, SCHÜTZ 1988, STOLZ 1984, URBANSKA et al. 1988, URBANSKA 1989). Die Erforschung der vegetativen und generativen Phasen, der populationsbiologischen Grundlagen sowie der erforderlichen Schutzstellen von alpinen Pflanzen ist bis jetzt noch nicht sehr weit fortgeschritten (z.B. DICKENMANN 1982, GASSER 1986).
Die vorliegende Arbeit befasst sich mit den Ergebnissen von Auspflanzungen von speziell vorbereiteten Modulen. Aussaaten von Samen werden nicht behandelt. In dieser Hinsicht spielt die Regenerationsfähigkeit der Pflanzen eine bedeutende Rolle (TSCHURR 1988).

Verdankungen

An dieser Stelle möchte ich Frau Prof. Dr. K. Urbanska für die Betreuung des ganzen Projektes, herzlich danken, ebenso Frau G. Elmer, die einen grossen Teil der Versuche angelegt hat, und Herrn Dr. M. Schütz für die anregenden Diskussionen. Herr T. Fotsch war für die Pflege der Pflanzen im Gewächshaus zuständig, Herr R. Graf besorgte die fotografische Dokumentation, M. Hofbauer, E. Hsü, K. Rentsch, E. Schäfer und F. Tschurr halfen mit bei den Auspflanzungen in Davos. Die Tricon AG stellte die Curlex-Decken teilweise gratis zur Verfügung, und der Nationalfonds finanzierte teilweise das Projekt. Auch diese Leistungen werden verdankt.

2. UNTERSUCHUNGSGEBIET, MATERIAL UND METHODEN

2.1. Herkunft des Materials

Im Sommer 1985 (bzw. 1986 und 1987) wurden von den untersuchten Taxa in verschiedenen Gegenden von Davos Klonteile ausgegraben. Alles Material wurde in der alpinen Stufe in einer Höhe von 2300-2500 m gesammelt und zwar jeweils von Silikat- und von Karbonatstandorten. Die Taxa von Silikat stammen vorwiegend aus der Gegend der Ostseite Jakobshorn, wenige Taxa wurden an anderen Stellen gesammelt. Die Taxa von Karbonat wurden vorwiegend im Ducantal ausgegraben. Das Pflanzenmaterial wurde, sofern notwendig, in Clavadel im Schatten zwischengelagert, aber so rasch wie möglich nach Zürich gebracht, eingetopft und im Gewächshaus des Geobotanischen Instituts belassen.

2.2. Einzel-Ramet-Klonierung

Die Einzel-Ramet-Klonierung ("single-ramet cloning = SCR") im folgenden einfach Klonierung genannt wird in TSCHURR (1988) und URBANSKA et al. (1987) beschrieben. Es wurden die gleichen Methoden angewandt, die deshalb hier nur kurz dargestellt werden.
Zuerst wurden die einzelnen Ramets eines Klons bzw. Klonteils abgetrennt und einzeln in "Rootrainer" (Spencer-Lemaire-Edmonton-Canada) eingetopft. Von diesem Zeitpunkt an werden die Ramets Module genannt. Die Erdmischung bestand aus käuflicher Blumenerde, die durch Zugabe von Perlit und Quarzsand (etwa 10% bzw. 5%) aufgelockert wurde. Karbonatpflanzen erhielten eine Beigabe von "Magnesiumkalk" (52% $CaCO_3$ und 43% $MgCO_3$), die den pH-Wert der ganzen Mischung von etwa 5 auf den Wert 6.5 erhöhten.

Tab. 1. Einzel-Ramet-Klonierung: Anzahl der verwendeten Module zu den verschiedenen Jahreszeiten.
Single-ramet cloning (SCR): number of clonal modules used in the different seasons.

Versuchsbeginn	Frühling	Frühsommer	Hochsommer	Anfang Winter	Total
Substrat	(April bis Mitte Mai)	(Mitte Mai bis Mitte Juni)	(Mitte Juni bis August)	(November)	
Silikat	1025	917	1203	505	3650
Karbonat	923	519	1283	418	3143
Total	1948	1436	2486	923	6793

Die Klonierungen erfolgten zu verschiedenen Jahreszeiten, hauptsächlich im Frühling und im Hochsommer, jedoch auch im Frühsommer und Anfang Winter (Tab. 1). Bei Versuchsbeginn wurde in jedem Versuch bei jedem Taxon eine andere Anzahl von Modulen verwendet. Die Kontrolle erstreckte sich über eine Zeitspanne von 3-6 Wochen, wobei einmal wöchentlich die Anzahl der neu erschienen Triebe bzw. Seitenrosetten (entspricht neuen Ramets) notiert wurde. In einigen Fällen wurden die so erhaltenen Module ein zweites Mal kloniert (zweite Klongeneration), zum Teil sogar ein drittes Mal (dritte Klongeneration). Nach Versuchsende wurden die Rootrainer mit den Modulen in den Garten des Geobotanischen Instituts gebracht, wo sie sofern nötig begossen und beschattet wurden. Im November klonierte Module wurden im Gewächshaus überwintert, während die im Hochsommer klonierten meist sofort nach Clavadel verfrachtet wurden.

2.3. Auspflanzungen im Feld

Die Module, die das Ergebnis der Klonierungen darstellten, wurden Anfang Juli zur Frühsommerbepflanzung und Anfang August zur Herbstbepflanzung nach Clavadel gebracht. Das Material wurde während dieser Akklimatisationszeit ab und zu begossen und teilweise beschattet. Die Frühsommerauspflanzungen erfolgten am 14.7. bzw. 16.7.1986 sowie am 21.7. bzw. 22.7.1987, die Herbstbepflanzungen am 2.9. bzw. 3.9.1986 und am 3.9. bzw. 4.9.1987. Nur die Module der Klonierungen von Ende Juli/Anfang August wurden direkt nach Versuchsende für die Herbstbepflanzungen verwendet.
Auf Karbonat wurden auf einer Skipistenplanierung im Gebiet Strela die Versuchsflächen angelegt, während auf Silikat südwestlich unterhalb des Jakobshorns ebenfalls auf einer Planierung die Versuchsflächen eingerichtet wurden. Die Flächen auf Karbonat waren allgemein nach Süden orientiert, auf Silikat hingegen waren sie schwach nach Westen geneigt.
Die Module wurden in einem speziellen Muster ausgepflanzt (Fig. 1). Dieses Grundmuster ist auf einem unregelmässigen Hexagon aufgebaut mit Seitenlängen von 20 cm bzw. 15.4 cm. Die oberste Reihe wurde doppelt so dicht bepflanzt wie die übrigen acht Reihen. In der oberen Hälfte wurden somit 22 Module in der unteren 18 Module einer Art pro Abschnitt ausgepflanzt. Es wurde ausserdem darauf geachtet, dass die Abschnitte verteilt über die ganze Fläche angelegt wurden. Dieses Grundmuster entspricht einer Dichte von 50 Modulen/m^2, wenn die oberste Reihe mit berücksichtigt wird, sonst beträgt die Dichte ca. 45 Module/m^2. Die Module wurden mit den Wurzelballen samt der Erde der "Rootrainer"-

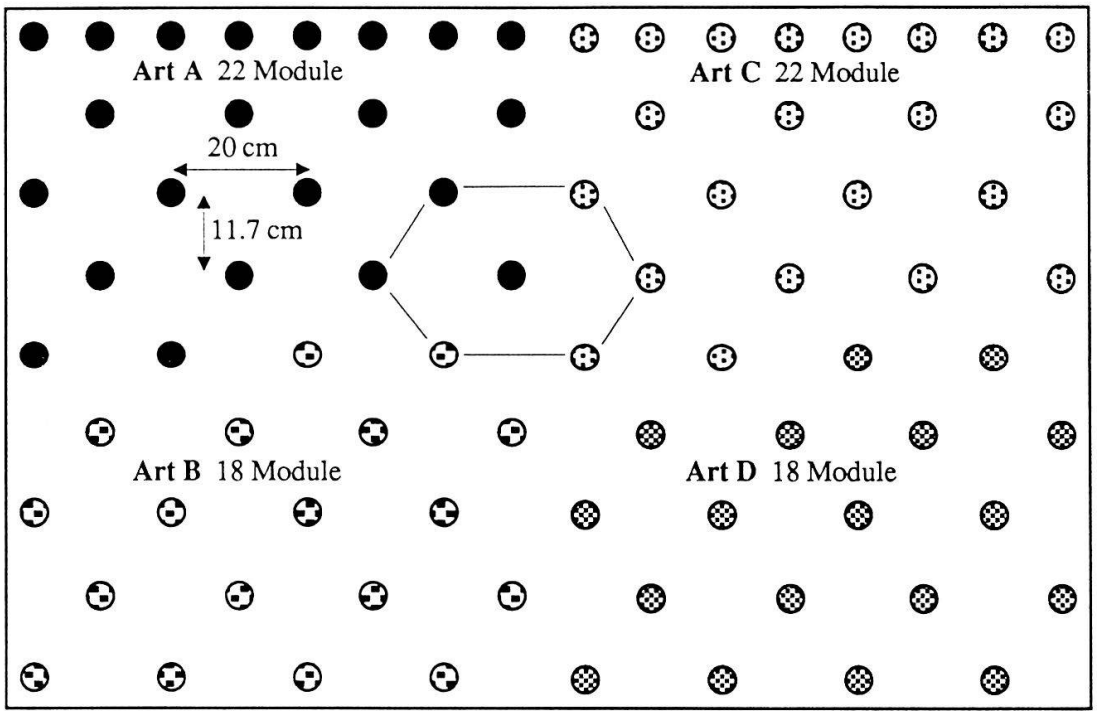

Fig. 1. Feldversuche: Auspflanzungsmuster. Zur Verdeutlichung ist ein Hexagon eingezeichnet.
Field trials: pattern of planting. For better comprehension a hexagon is drawn.

Behälter in die Flächen eingepflanzt. An extremen Stellen, wo Felsen oder grosse Steinblöcke bis an die Oberfläche traten, konnte unter Umständen nur der halbe Wurzelballen eingegraben werden. Hier wurde der Rest der Gartenerde in der näheren Umgebung der Einpflanzstelle verteilt, damit diese Pflanzen auch mit der selben Humus- bzw. Nährstoffmenge ausgestattet waren.
Nach der Pflanzung wurden die Flächen ein einziges Mal mit Wasser begossen und mit "Curlex"-Decken abgedeckt. Diese Decken bestehen aus harzfreier Holzwolle von Pappelholz und sind biologisch leicht abbaubar. In ausgewählte Hexagone wurden im Herbst nach der Auspflanzung 100 Samen der gleichen Sippe ausgesät. Die Resultate dieses Versuches werden später veröffentlicht. Die Auspflanzflächen wurden nicht gegen die Beweidung geschützt. Verbissspuren waren deshalb häufig festzustellen besonders in denjenigen Flächen, die schon im Vorjahr angelegt wurden.

Bemerkungen zur Auswertung:
Aufgrund der jeweils sehr komplexen Versuchsanordnungen, die von den Ergebnissen schon vorher durchgeführter Versuche abhingen, wurde auf jegliche statistische Auswertung verzichtet. Die Klonierungen wurden zu verschiedenen

Tab. 2. Auspflanzung im Feld: Anzahl Module pro Art und Serie.
Field trials: number of clonal modules used.

F = Frühsommerauspflanzung - *early summer planting,* H = Herbstauspflanzung - *autumn planting,* Kar = Karbonat - *carbonate,* Sil = Silikat - *silicate*
(Nomenklatur nach HESS et al. 1967-1972).

Sippe	1986				1987			
	F		H		F		H	
	Kar	Sil	Kar	Sil	Kar	Sil	Kar	Sil
Agrostis gigantea	142		76		84		40	
Agrostis schraderiana		160		102		102		40
Anthyllis alpestris	53		44		58		18	
Biscutella levigata					35		40	
Carex curvula			22	22		22		40
Carex firma	120		62		102		62	
Carex sempervirens			58	40	44	18	18	40
Chrysanthemum alpinum	80	7	46	50		80		14
Chrysanthemum halleri	31				40		40	
Doronicum clusii				6		34		40
Doronicum grandiflorum					36		62	
Elyna myosuroides		62	80				40	40
Hieracium pilosella		80		54		24		39
Luzula lutea				44		40		62
Poa cenisia		98		114		72		58
Trifolium nivale		83						40
Trifolium repens		81						35
Valeriana montana	7		34		40		18	
Total	433	571	422	432	439	392	338	448

Zeitpunkten mit anderen Arten mit unterschiedlicher Anzahl Module durchgeführt und die Beobachtungsdauer variierte ebenfalls von drei bis sechs Wochen. Die Anordnung der Auspflanzungsversuche hing direkt von den Resultaten der Klonierungsversuche ab, es konnten nur die Module ausgepflanzt werden, die von jeder Art erhalten wurden.

3. RESULTATE

3.1. Verhalten der Ramets nach Klonierung

Die hier dargestellten Parameter (Rametzunahme, Rametabnahme und Blütenbildung) von den untersuchten Arten können nicht ohne weiteres miteinander verglichen werden. Auch die Bedeutung für den Erfolg von biologischen Begrünungen ist bei gleichen Ergebnissen für verschiedene Arten nicht gleich zu inter-

pretieren. Infolge der grossen Plastizität der pflanzlichen Erscheinung muss die Reaktion der verschiedenen Organe einer Pflanze auf die hier beschriebenen Versuche detailliert betrachtet werden. Aus diesem Grunde werden Arten zu Gruppen mit ähnlicher Morphologie und Lebensstrategie zusammengefasst.

Monocotyledonae

Die drei untersuchten Gräser *Agrostis gigantea* (von Karbonat), *A. schraderiana* und *Poa cenisa* (beide Arten von Silikat) wiesen ein sehr erfolgreiches Verhalten auf. Sie sind alle horstbildend mit unterirdischen Ausläufern, können leicht kloniert werden und bilden sehr viele Module pro verwendeten Horst.

Nach der Klonierung setzt schon innerhalb weniger Tage eine äussertst starke Produktion von Seitentrieben, bzw. Ramets ein. Innerhalb von vier Wochen tritt allgemein eine Verdoppelung bis Verdreifachung der Ramets ein (Tab. 3, Fig. 2). Deutliche Unterschiede ergaben sich jedoch in den verschiedenen Jahreszeiten der Klonierung. Die Frühsommerklonierung wies die beste Produktion auf, während bei der Serie vom November die niedrigste erzielt wurde. Ebenfalls eine niedrige Rametproduktionwurde erzielt, wenn die erhaltenen Module einer Klonierung nochmals kloniert wurden (zweite bzw. dritte Klongeneration, Tab. 3). Bei *Poa cenisia* wurden auch Jungpflanzen, die sich aus Bulbillen entwickelt hatten hatten in die Versuche einbezogen, hier wies die Entwicklung neuer Ramets etwa sechs Wochen Verzögerung auf, war aber gleich gross wie in den anderen Serien. Der Verlust an Modulen war relativ gering. Sie betrug bei den beiden *Agrostis*-Arten zwischen 0% und 7.5% (bei der zweiten und dritten Klongeneration war sie etwas erhöht). Bei *Poa cenisia* waren die Verluste etwas höher (1.4-37% bei Jungpflanzen aus Bulbillen). Die *Agrostis*-Arten wiesen überhaupt kei-

Tab. 3. *Agrostis schraderiana* von Silikat: Verhalten nach den Einzel-Ramet-Klonierungen.
Agrostis schraderiana from silicate: behaviour after SCR-treatment.

[1]) 2. Klongeneration - *2nd clone generation* [2]) 3. Klongeneration - *3rd clone generation*

Versuchsbeginn		nach 4 Wochen			
Datum	Anzahl Module	Anzahl Ramets	Zunahme % (Ramets)	Verluste % (Module)	Blühende % (Module)
2.4.1986	238	482	103	0.4	0
26.5.1986	91	321	223	2.2	0
26.5.1986 [1]	133	351	171	7.5	0
21.7.1986 [2]	260	551	125	13	0
4.11.1986	67	88	39	7.5	0
21.5.1987	100	194	96	2.0	0

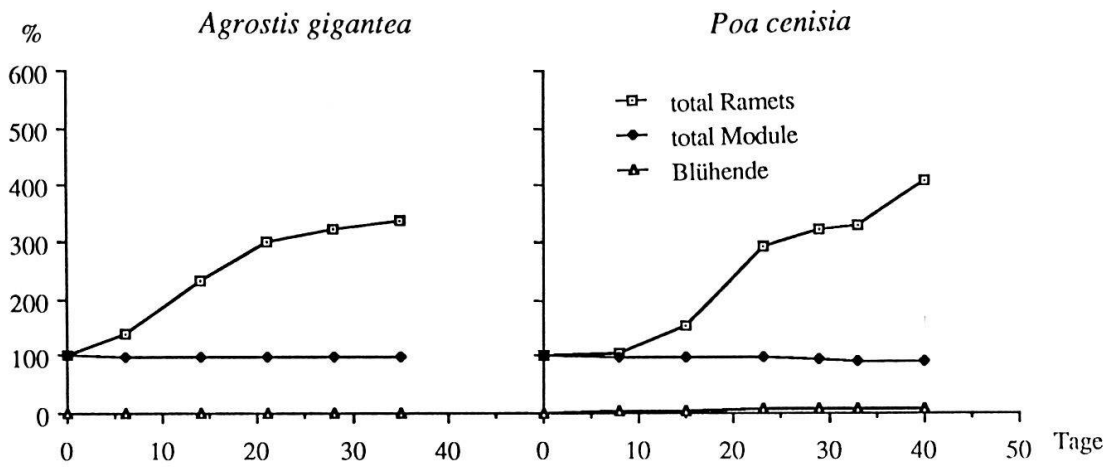

Fig. 2. *Agrostis gigantea* von Karbonat (Serie vom 22.5.1986, 133 Module) und *Poa cenisia* von Silikat (Serie vom 28.5.1986, 108 Module): Verhalten nach der Einzel-Ramet-Klonierung.
Agrostis gigantea from carbonate and Poa cenisia from silicate: behaviour after SCR-treatment.

ne Blütenproduktion auf, während bei *Poa cenisia* in zwei Serien 5% bzw. 7% der Module blühten (Klonierung im Frühsommer).
Die untersuchten *Cyperaceae* zeigten ein einheitliches Verhalten. Sie sind horstbildend und können leicht kloniert werden. Die Rametproduktion war allgemein sehr gering (Tab. 4), und lag normalerweise zwischen 0% und 5%. *Carex curvula, C. sempervirens* und *Elyna myosuroides* (immer Sippen von Karbonat und von Silikat) verhielten sich sehr ähnlich. Nur *Carex firma* (von Karbonat) zeigte in einer Serie eine Rametzunahme von 42% innerhalb von vier Wochen (Fig. 3). Die Sterblichkeit der Module war eher gross, sie lag normalerweise zwischen 0%

Tab. 4. *Carex curvula* vonSilikat: Verhalten nach den Einzel-Ramet-Klonierungen.
Carex curvula from silicate: behaviour after SCR-treatment.

[1]) Versuchsabbruch nach 3 Wochen - *trial ended after 3 weeks*

Versuchsbeginn		nach 4 Wochen			
Datum	Anzahl Module	Anzahl Ramets	Zunahme % (Ramets)	Verluste % (Module)	Blühende % (Module)
21.7.1986	107	58	1.9	48	3.6
3.11.1986	107	95	0	11	0
25.5.1987	50	43	0	8.0	0
6.8.1987 1	70	64	0	8.6	0

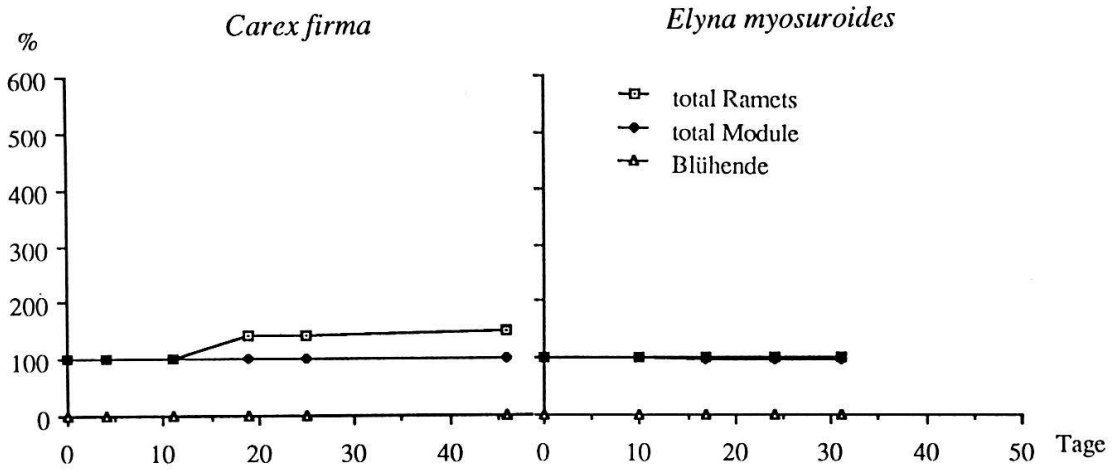

Fig. 3. *Carex firma* von Karbonat (Serie vom 9.5.1986, 142 Module) und *Elyna myosuroides* von Karbonat (Serie vom 27.7.1987, 70 Module): Verhalten nach der Einzel-Ramet-Klonierung.
Carex firma from carbonate and Elyna myosuroides from carbonate: behaviour after SCR-treatment.

und 15%, wobei *Carex firma* die geringsten Verluste aufwies. Bei *C. curvula* und *C. sempervirens* starben in je einer Serie auch ½ bzw. ¾ aller verwendeten Module (Tab. 4). Produktion von Blütenständen wurde nur vereinzelt beobachtet.

Luzula lutea (Juncaceae), eine horstbildende Art mit unterirdischen Ausläufern, lässt sich nicht in so viele Module pro Horst teilen wie die oben besprochenen Taxa. Die Rametproduktion ist allgemein gut, jedoch ist auch die Sterblichkeit eher hoch (Tab. 5).

Tab. 5. *Luzula lutea* von Silikat: Verhalten nach den Einzel-Ramet-Klonierungen.
Luzula lutea from silicate: behaviour after SCR-treatment.

[1]) 2. Klongeneration - *2nd clone generation*

Versuchsbeginn		nach 4 Wochen			
Datum	Anzahl Module	Anzahl Ramets	Zunahme % (Ramets)	Verluste % (Module)	Blühende % (Module)
14.4.1986	16	22	44	6.2	0
22.4.1986	17	16	12	18	0
16.5.1986	16	4	0	75	0
13.6.1986 [1]	25	13	4.0	52	0
13.6.1986	16	21	44	13	0
3.11.1986	46	44	2.2	6.5	0
5.5.1987	20	25	30	5.0	0

Dicotyledonae

Die untersuchten Taxa der *Compositae* zeigten unterschiedliche Reaktionen auf die Einzel-Ramet-Klonierung. Die beiden *Chrysanthemum alpinum*-Taxa von Karbonat und von Silikat zeigten nach vier Wochen eine Rametzunahme von durchschnittlich 10%, während die Sterblichkeit der Module zwischen 2% und 8% schwankte (Tab. 6). Diese Art ist jedoch sehr anfällig auf Schädlinge und

Tab. 6. *Chrysanthemum alpinum:* Verhalten nach den Einzel-Ramet-Klonierungen.
Chrysanthemum alpinum: behaviour after SCR-treatment.

[1]) Befall von Trauermückenlarven - *infection with dipteres*
[2]) Versuchsabbruch nach 3 Wochen - *trial ended after 3 weeks*

Versuchsbeginn		nach 4 Wochen			
Datum	Anzahl Module	Anzahl Ramets	Zunahme % (Ramets)	Verluste % (Module)	Blühende % (Module)
von Silikat					
3.11.1986	97	107	13	3.1	0
28.7.1987 [1]	70	22	10	79	0
27.7.1986 [2]	74	73	6.8	8.1	0
von Karbonat					
3.4.1986	55	60	11	1.8	26
28.4.1986	55	58	9.1	3.6	19
28.7.1986 [2]	55	59	9.1	2.8	0

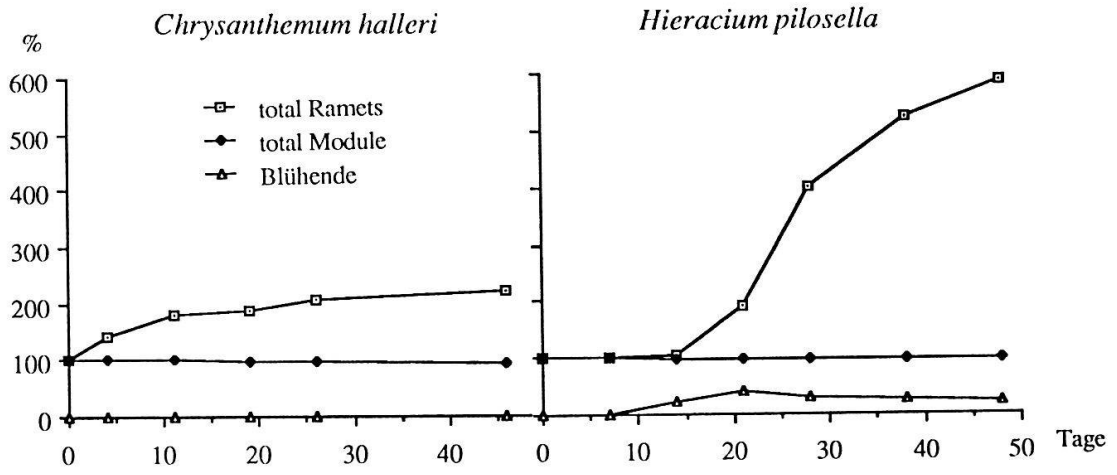

Fig. 4. *Chrysanthemum halleri* von Karbonat (Serie vom 30.4.1987, 56 Module) und *Hieracium pilosella* von Silikat (Serie vom 4.4.1986, 41 Module): Verhalten nach der Einzel-Ramet-Klonierung.
Chrysanthemum halleri from carbonate and Hieracium pilosella from silicate: behaviour after SCR-treatment.

kann bei Befall von Trauermückenlarven bis zu 80% der Module verlieren (Tab. 6). Die ähnliche Art *C. atratum* hingegen zeigte eine Verdoppelung der Rametzahl, wäh rend die Sterblichkeit gering war (Fig. 4). Eine Blütenbildung wurde nur bei *C. alpinum* in den im April klonierten Serien beobachtet (Tab. 6).
Die beiden *Doronicum*-Arten *D. clusii* und *D. grandiflorum* bilden Rhizome, die für eine Klonierung weniger geeignet sind. Ein Rhizom kann durch Zerschneiden in etwa fünf Module geteilt werden, von denen vielleicht die Hälfte eigene Blattrosetten besitzt. Wurden diese Module eingepflanzt, so entwickelten sich zwischen 0% und 10% neue oder zusätzliche Ramets, also frische Blattrosetten (Tab. 7). Die Sterblichkeit der Module lag bei *D. grandiflorum* unter 10% während sie bei *D. clusii* bis 26% erreichen konnte. Eine Blütenbildung wurde nie beobachtet.
Die beiden Taxa von *Hieracium pilosella* zeigten ein sehr erfolgreiches wenn auch uneinheitliches Verhalten. Wenn Teile der Hauptrosette kloniert wurden, hier erhielt man nur wenige Module pro Pflanze, lag die Rametzunahme bei 300% innerhalb von vier Wochen (Fig. 4). Wurden jedoch die vielen neu gebildeten Rosetten der Ausläufer kloniert, so entwickelten sich innerhalb von vier Wochen praktisch keine neuen Ramets. Die Rametproduktion pro ursprünglich verwendete Pflanze war jedoch in beiden Fällen mehr oder weniger gleich gross und war somit grösser als bei den oben besprochenen Gräsern. Blütenbildung wurde nur in einer Serie festgestellt (Fig. 4).
Von den *Leguminosae* wurde *Anthyllis alpestris* von Karbonat näher untersucht. *A. alpestris* bildet eine Pfahlwurzel mit mehreren Rosetten, die sich durch Schneiden leicht klonieren lassen. Die so erhaltenen Module besitzen nur kleine Anteile der Pfahlwurzel. Dieses Wurzelgewebe regeneriert sich rasch wieder,

Tab. 7. *Doronicum grandiflorum* von Karbonat: Verhalten nach den Einzel-Ramet-Klonierungen.
Doronicum grandiflorum from carbonate: behaviour after SCR-treatment.

[1]) Versuchsabbruch nach 3 Wochen - *trial ended after 3 weeks*

Versuchsbeginn		nach 4 Wochen			
Datum	Anzahl Module	Anzahl Ramets	Zunahme % (Ramets)	Verluste % (Module)	Blühende % (Module)
4.11.1986	9	9	0	0	0
28.4.1987	27	28	11	7.4	0
27.7.1987	16	17	6.3	6.2	0
6.8.1987 [1]	70	70	1.4	1.4	0

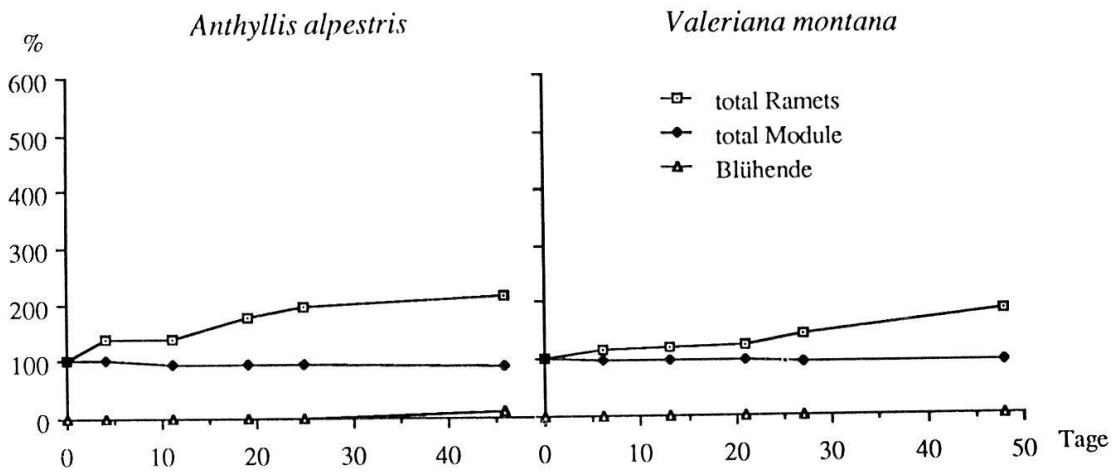

Fig. 5. *Anthyllis alpestris* von Karbonat (Serie vom 30.4.1987, 20 Module) und *Valeriana montana* von Karbonat (Serie vom 28.4.1987, 87 Module): Verhalten nach der Einzel-Ramet-Klonierung.
Anthyllis alpestris from carbonate and Valeriana montana from carbonate: behaviour after SCR-treatment.

und vier Wochen nach der Klonierung kann sich die Zahl der Ramets (Rosetten) im optimalen Fall bereits verdoppelt haben (Fig. 5). In anderen Serien lag die Zunahme etwa bei 1/4 der Ramets. Die Verlustrate lag zwischen 0% und 5%, und stieg bei Befall von Schädlingen bis auf 50% an. Blütenbildung wurde nur bei zwei von fünf Serien festgestellt. (Fig. 5). Zwei Arten von *Trifolium* wurden am Rande in die Versuche einbezogen. *T. nivale* zeigte ein vergleichbares Verhalten wie *A. alpestris*. *T. repens* verhielt sich eher erfolgreicher. Resultate dieser beiden Arten werden in späteren Publikationen dargestellt.
Biscutella levigata bildet Wurzelausläufer und Seitenrosetten, für die Klonierungen wurden beide Teile verwendet. Die Karbonatsippe zeigte innerhalb vier Wochen eine Zunahme der Ramets von ca. 20% und Verluste von Modulen von 4% oder weniger (Ausnahme bei Schädlingsbefall) (Tab. 8). Die Silikatsippe zeigte eine leicht tiefere Zunahme der Ramets. Blütenbildung wurde bei beiden Sippen nie festgestellt.
Valeriana montana von Karbonat, eine rhizombildende Art mit mehreren Trieben, zeigte eine Rametzunahme zwischen 0% (wenn im November kloniert wurde) und über 40% (Fig. 5). Diese Art erwies sich auch als empfindlich gegenüber Schädlingen, bis 1/3 der Module konnten absterben. Blütenbildung wurde nur in einer von sechs Serien beobachtet.
Eine Übersicht über das Verhalten der einzelnen Sippen (erfolgreichste Serien) nach der Klonierung ist in Fig. 6 dargestellt. Als sehr erfolgreich haben sich die verwendeten Gräser erwiesen, die alle horstbildend sind und Ausläufer treiben.

Tab. 8. *Biscutella levigata*: Verhalten nach den Einzel-Ramet-Klonierungen.
Biscutella levigata: behaviour after SCR-treatment.

[1]) Versuchsabbruch nach 3 Wochen - *trial ended after 3 weeks*

Versuchsbeginn		nach 4 Wochen			
Datum	Anzahl Module	Anzahl Ramets	Zunahme % (Ramets)	Verluste % (Module)	Blühende % (Module)
von Karbonat					
25.5.1987	46	53	20	4.3	0
30.7.1987 1	18	21	17	0	0
6.8.1987 1	50	46	8.0	16	0
von Silikat					
6.8.1987 1	36	40	14	2.8	0

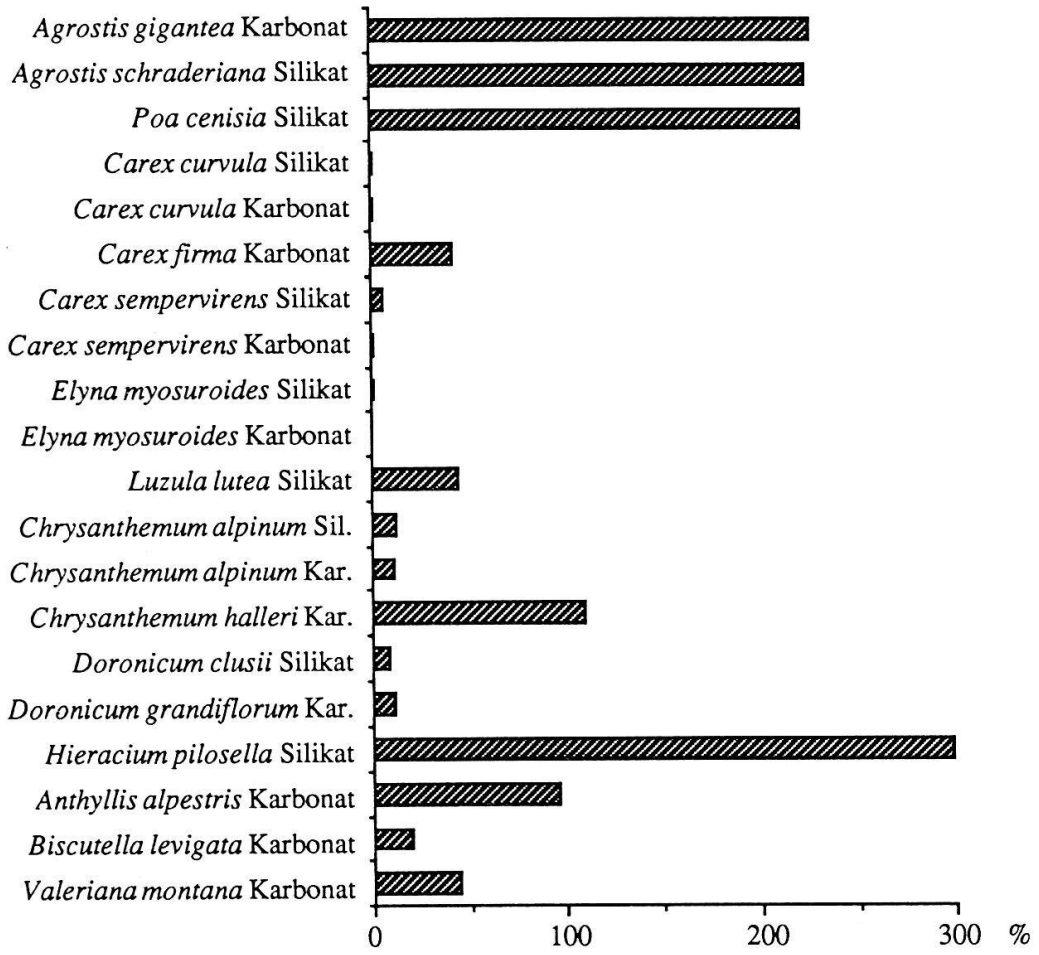

Fig. 6. Rametzunahme der einzelnen Sippen innerhalb von 4 Wochen nach der Einzel-Ramet-Klonierung (die jeweils beste Serie ist dargestellt).
Gains of ramets within 4 weeks after SCR-treatment (the best performing series are presented).

Noch erfolgreicher zeigte sich *Hieracium pilosella*, ebenfalls eine stark Ausläufer bildende Art, *Chrysanthemum halleri* und *Anthyllis alpestris* waren ebenfalls erfolgreich. *Carex firma, Luzula lutea, Biscutella levigata* und *Valeriana montana* mit einer Rametzunahme von 20-50% können als weniger erfolgreich bezeichnet werden. Die übrigen untersuchten Sippen müssen als ungeeignet für Klonierungen bezeichnet werden.
Bei den obigen Charakterisierungen muss berücksichtigt werden, dass für jede Art nur die Klonierungsserie, die sich am erfolgreichsten verhielt, verwendet wurde. Andere Serien waren z.T. deutlich schlechter, die Gründe waren Schädlingsbefall oder manchmal auch nicht erkennbar.

3.2. Entwicklung der Module in den Feldversuchen

Monocotyledonae

Die Gräser *Agrostis gigantea* (Karbonat), *Agrostis schraderiana* (Silikat) und *Poa cenisia* (Silikat) entwickelten sich ausgesprochen erfolgreich nach der Auspflanzung im Feld. Bei *Agrostis gigantea* (Tab. 9) überlebten nahezu 100% der ausgepflanzten Module, die Vitalität und die Klonbildung waren sehr gut. Zwei Jahre nach der Auspflanzung setzte auch die Bildung von Blütenständen ein. Auffallend war, dass zu diesem Zeitpunkt das Wachstum der Module zurückging. Diese beiden Sachverhalte hängen nicht unbedingt ursächlich zusammen, es muss angenommen werden, dass nach zwei Jahren der mitgelieferte Dünger in den Erdballen ausgewaschen oder verbraucht ist. *Agrostis schraderiana* und *Poa cenisia* zeigen das gleiche Verhalten, was die Überlebensrate anbetrifft. *A. schraderiana* bildet fast keine Blütenstände, während *Poa cenisia* im Vergleich zu den beiden andern Arten eine weniger intensive Klonbildung zeigte (Fig. 8).
Von den untersuchten *Cyperaceae* zeigte *Carex firma* von Karbonat eindeutig das erfolgreichste Verhalten. Das Überleben und die Blütenbildung der Module war hoch, während das Wachstum (Vitalität und Klonbildung) kleiner war als bei den oben beschriebenen Gräsern (Tab. 10). *C. curvula* zeigte ein Überleben von nur ca. 60% , die Blütenbildung und das Wachstum waren ebenfalls gering (Fig. 8). Bei *C. sempervirens* zeigten beide Sippen ein Überleben von etwa 80%, die Blütenbildung und das Wachstum waren ähnlich demjenigen von *C. firma* (Fig. 8). Die beiden Sippen von *Elyna myosuroides* zeigten das schlechteste Verhalten aller untersuchten Sippen, Blütenbildung trat nicht auf, ein Wachstum wurde praktisch nicht festgestellt (Fig. 8). Es muss hier angefügt werden, dass *Elyna* an windexponierte, schneearme Stellen angepasst ist und die Untersuchungsflä-

Tab. 9. *Agrostis gigantea* (Karbonat): Entwicklung der Module nach der Auspflanzung vom 16.7.1986 (142 Module ausgepflanzt).
Agrostis gigantea (carbonate): development of clonal modules after planting.

Reprod. = Reproduzierende Module - *reproducing modules*
\- = kein Wachstum - *no growth*
(+) = geringes Wachstum - *low growth*
\+ = mässiges Wachstum - *moderate growth*
++ = gutes Wachstum - *good growth*
+++ = sehr gutes Wachstum - *very good growth*

Datum der Kontrolle	Klonale Module		Blütenstände pro Modul	Vitalität	Klonbildung
	%	Reprod. %			
16.7.1986	100				
25.7.1986	100	0	-	–	+
11.8.1986	100	0	-	–	++
2.9.1986	100	0	-	+	++
19.9.1986	100	0	-	+	++
30.9.1986	100	0	-	–	+
25.7.1987	98.6	0	-	++	++
11.8.1987	92.3	0	-	+++	+++
28.8.1987	94.4	0	-	+++	+++
17.9.1987	97.2	2.2	1.0	+++	+++
17.7.1988	97.2	0	-	(+)	+
9.8.1988	91.5	1.5	2.5	++	++
28.8.1988	97.2	39.9	3.4	++	++
4.10.1988	97.2	58.0	2.7	++	++

Tab. 10. *Carex firma* (Karbonat): Entwicklung der Module nach der Auspflanzung vom 16.7.1986 (120 Module ausgepflanzt). Erklärung siehe Tab. 9.
Carex firma (carbonate): development of clonal modules after planting. Explanation of details see Table 9.

Datum der Kontrolle	Klonale Module		Blütenstände pro Modul	Vitalität	Klonbildung
	%	Reprod. %			
16.7.1986	100				
25.7.1986	100	0	-	–	–
11.8.1986	100	0	-	+	+
2.9.1986	100	0	-	+	+
19.9.1986	100	0	-	+	+
30.9.1986	100	0	-	+	+
25.7.1987	68.3	0	-	+	+
11.8.1987	83.3	0	-	++	+
28.8.1987	91.7	0	-	++	+
17.9.1987	95.8	0	-	++	+
17.7.1988	95.8	23.5	1.0	(+)	(+)
9.8.1988	86.7	23.1	1.1	+	+
28.8.1988	91.7	27.3	1.2	+	+
4.10.1988	96.7	28.4	1.1	+	++

Tab. 11. *Luzula lutea* (Silikat): Entwicklung der Module nach der Auspflanzung vom 3.9.1986 (120 Module ausgepflanzt). Erklärung siehe Tab. 9.
Luzula lutea (silicate): development of clonal modules after planting. Explanation of details see Table 9.

*) Blütenstände abgefressen - *flowers destroyed by herbivores*

Datum der Kontrolle	Klonale Module		Blütenstände pro Modul	Vitalität	Klonbildung
	%	Reprod. %			
3.9.1986	100				
18.9.1986	100	0	-	+	–
30.9.1986	100	0	-	+	–
25.7.1987	100	0	-	++	+
11.8.1987	100	38.6	1.3	+++	+
28.8.1987	100	59.1	1.9	+++	+
18.9.1987	97.7	62.8	1.8	++	+
18.7.1988	100	0	-	(+)	(+)
10.8.1988	97.7	4.7	1.0	++	+
29.8.1988	97.7	16.3 *	1.0	++	++
5.10.1988	100	13.6 *	1.0	+	++

chen diesem Standort jedoch nicht entsprachen.
Luzula lutea (Silikat) verhielt sich ebenfalls sehr erfolgreich; die Überlebensrate betrug 100%, Blütenbildung war bei über 60% der Module feststellbar und die Vitalität und die Klonbildung waren gut (Tab. 11). Die Blütenstände von dieser Art wurden jedoch oft von Vögeln abgepickt.

Dicotyledonae

Die untersuchten *Compositae* zeigten ein erfolgreiches Verhalten. Die drei *Chrysanthemum*-Sippen, *C. alpinum* von Silikat und von Karbonat und *C. halleri* von Karbonat überlebten zu 90-95%, und wiesen z.T. einen hohen Anteil an reproduzierenden Modulen, eine sehr grosse Vitalität und eine starke Klonbildung auf (Fig. 8). Die Karbonatsippen von *C. alpinum* und *C. halleri* hatten in der zweiten und dritten Saison einen Anteil an reproduzierenden Modulen der zwi schen 30% und 55% lag. *C. alpinum* auf Silikat hingegen hatte nie mehr als 8% blühende Module. *Doronicum clusii* (Silikat) überlebte zu ca. 80%, Blütenstände wurden während der Untersuchungsperiode von zwei Saisons keine gebildet, die Vitalität war hoch, die Klonbildung jedoch nur mässig. *D. grandiflorum* (Karbonat) zeigte eine Überlebensrate von 95%, und es wurden Blütenstände gebildet, die leider zum grossen Teil wieder abgefressen wurden; die Vitalität war gut, die Klonbildung aber ebenfalls nur mässig (Fig. 8). *Hieracium pilosella* von Silikat hatte eine Überlebensrate von 90% und höher, Blütenstände entwickelten

sich gleich von der ersten Kontrolle nach der Auspflanzung an, die Vitalität war sehr gross und die Klonbildung stark (Tab. 12). Bei dieser Sippe zeigte sich die Abnahme der Vitalität zwei Jahre nach der Auspflanzung ausgesprochen stark, sogar die Blütenstände blieben ganz klein.
Von den *Leguminosae* zeigte die beiden *Trifolium*-Arten ein sehr erfolgreiches Verhalten, während *Anthyllis alpestris* nach zwei Saisons guter Entwicklung plötzlich zum grossen Teil abstarb (Tab. 13). Wahrscheinlich wurde die Versuchsfläche im Spätherbst 1987 von Schafen beweidet, diese rissen die Module von *A. alpestris*, die noch nicht so stark im Boden verankert waren, gleich mit den Wurzeln aus. In den Kontrollen vom 28.8. und 4.10.1988 konnten ebenfalls sehr viele Verbissspuren festgestellt werden. 3/4 aller Module blühten in der zweiten Saison, in der dritten Saison war der Anteil wegen der starken Beweidung weniger als 1/3. *Trifolium nivale* und *T. repens* überlebten beide zu über 90% (Tab. 14, Fig. 7, 8), bei *T. repens* war der genaue Wert gar nicht mehr feststellbar, weil sich die Ausläufer der einzelnen Module weiter ausbreiteten als die Abstände zwischen den Modulen betragen. Die Vitalität der beiden Arten war in der zweiten Saison sehr gross und nahm im Sommer darauf wieder ab. *T. repens* zeigte bereits ab zweiten Saison eine starke Klonbildung, *T. nivale* erst in der dritten Saison. Eine Blütenbildung war bei *T. nivale* schon in der gleichen Saison nach der Auspflanzung zu beobachten (ca. 7%), in der zweiten Saison betrug dieser Anteil ca. 20% (Fig. 8) und schnellte ein Jahr später auf 90% aller vorhandenen Module (Fig. 7). Bei *T. repens* hingegen war erst in der dritten Saison eine Blühtenproduktion festzustellen, der Anteil der reproduzierenden Module konnte nur geschätzt werden, er betrug ca. 40%.
Biscutella levigata (Karbonat) zeigte ein Überleben von nur 60%, die Blütenbildung war gut (über 30%), jedoch Vitalität und Klonbildung nur mässig (Fig. 8). Bei dieser Art muss berücksichtigt werden, dass das Wurzelwerk bei der Auspflanzung zum grossen Teil von Trauermückenlarven abgefressen war.
Valeriana montana, ebenfalls von Karbonat, hingegen zeigte ein Überleben von 95-100%, und einen grossen Anteil von reproduzierenden Modulen. In der zweiten Saison betrug der Anteil an blühenden Modulen fast 60%, in der dritten Saison in der die Fläche mehrmals beweidet wurde, waren fast alle Blütenstände abgefressen. Die Vitalität war in der zweiten Saison sehr gross, jedoch ein Jahr darauf etwas kleiner, die Klonbildung war immer gut (Tab. 15).
Eine Übersicht über das Verhalten der einzelnen Sippen (Durchschnitt aller ausgepflanzten Module) im Sommer nach der Auspflanzung ist in Fig. 8 dargestellt. Fast alle ausgepflanzten Sippen haben eine Überlebensrate von 80-100%. Nur *Carex curvula* (Silikat), *Elyna myosuroides* (von Silikat und Karbonat) und

Tab. 12. *Hieracium pilosella* (Silikat), Entwicklung der Module nach der Auspflanzung vom 14.7.1986 (80 Module ausgepflanzt). Erklärung siehe Tab. 9.
Hieracium pilosella (silicate), development of clonal modules after planting. Explanation of details see Table 9.

* Blütenstände blieben ganz klein - *inflorescens remained very small*

Datum der Kontrolle	Klonale Module		Blütenstände pro Modul	Vitalität	Klonbildung
	%	Reprod. %			
14.7.1986	100				
26.7.1986	100	6.3	1.0	–	+
12.8.1986	100	7.5	1.0	+	++
3.9.1986	100	7.5	1.0	+	++
18.9.1986	100	7.5	1.0	++	++
30.9.1986	100	7.5	1.0	+	+
25.7.1987	80.0	0	-	++	+
11.8.1987	93.8	0	-	++	++
28.8.1987	96.2	1.3	1.0	+++	++
18.9.1987	97.5	1.3	1.0	++	++
18.7.1988	72.5	0	-	–	+
10.8.1988	77.5	6.5 *	1.0	+	++
29.8.1988	78.8	0	-	+	++
4.10.1988	88.8	2.8 *	1.0	+	++

Tab. 13. *Anthyllis alpestris* (Karbonat), Entwicklung der Module nach der Auspflanzung vom 16.7.1986 (53 Module ausgepflanzt). Erklärung siehe Tab. 9.
Anthyllis alpestris (carbonate), development of clonal modules after planting. Explanation of details see Table 9.

* Erläuterung siehe Text - *explanation in text*

Datum der Kontrolle	Klonale Module		Blütenstände pro Modul	Vitalität	Klonbildung
	%	Reprod. %			
16.7.1986	100				
25.7.1986	100	0	-	–	–
11.8.1986	100	0	-	+	+
2.9.1986	100	0	-	+	+
19.9.1986	100	0	-	+	+
30.9.1986	100	0	-	+	+
25.7.1987	94.3	16.0	1.1	++	+
11.8.1987	92.5	47.0	1.3	+++	+
28.8.1987	92.5	75.5	1.6	++	+
17.9.1987	90.6	77.1	1.9	+	+
17.7.1988	15.1 *	0 *	-	(+)	(+)
9.8.1988	13.2	28.6	1.5	+	+
28.8.1988	17.0	22.2 *	1.5	++	+
4.10.1988	17.0	11.1 *	1.0	++	++

Tab. 14. *Trifolium repens* (Silikat): Entwicklung der Module nach der Auspflanzung vom 14.7.1986 (83 Module ausgepflanzt). Erklärung siehe Tab. 9.
Trifolium repens (silicate): development of clonal modules after planting. Explanation of details see Table 9.

* die einzelnen Module konnten nicht mehr voneinander unterschieden werden, die Überlebensrate betrug jeweils über 90% - *single modules could not be distinguished anymore, the survival rate exceeded 90%*

Datum der Kontrolle	Klonale Module		Blütenstände	Vitalität	Klonbildung
	%	Reprod. %			
14.7.1986	100				
26.7.1986	100	0	-	+	–
12.8.1986	100	0	-	+	+
3.9.1986	100	0	-	+	+
18.9.1986	100	0	-	–	+
30.9.1986	100	0	-	–	+
25.7.1987	91.4	0	-	+	+
11.8.1987	86.4	0	-	++	++
28.8.1987	*	0	-	+++	+++
18.9.1987	*	0	-	++	+++
18.7.1988	*	0	-	+	++
10.8.1988	*	*	35	++	++
29.8.1988	*	*	112	++	+++
4.10.1988	*	*	146	++	+++

Fig. 7. *Trifolium nivale* (Silikat), Zustand der Module nach drei Saisons, Auspflanzung vom 14.7.1986, aufgenommen am 5.10.1988.
Trifolium nivale (silicate), clonal modules three saisons after planting.

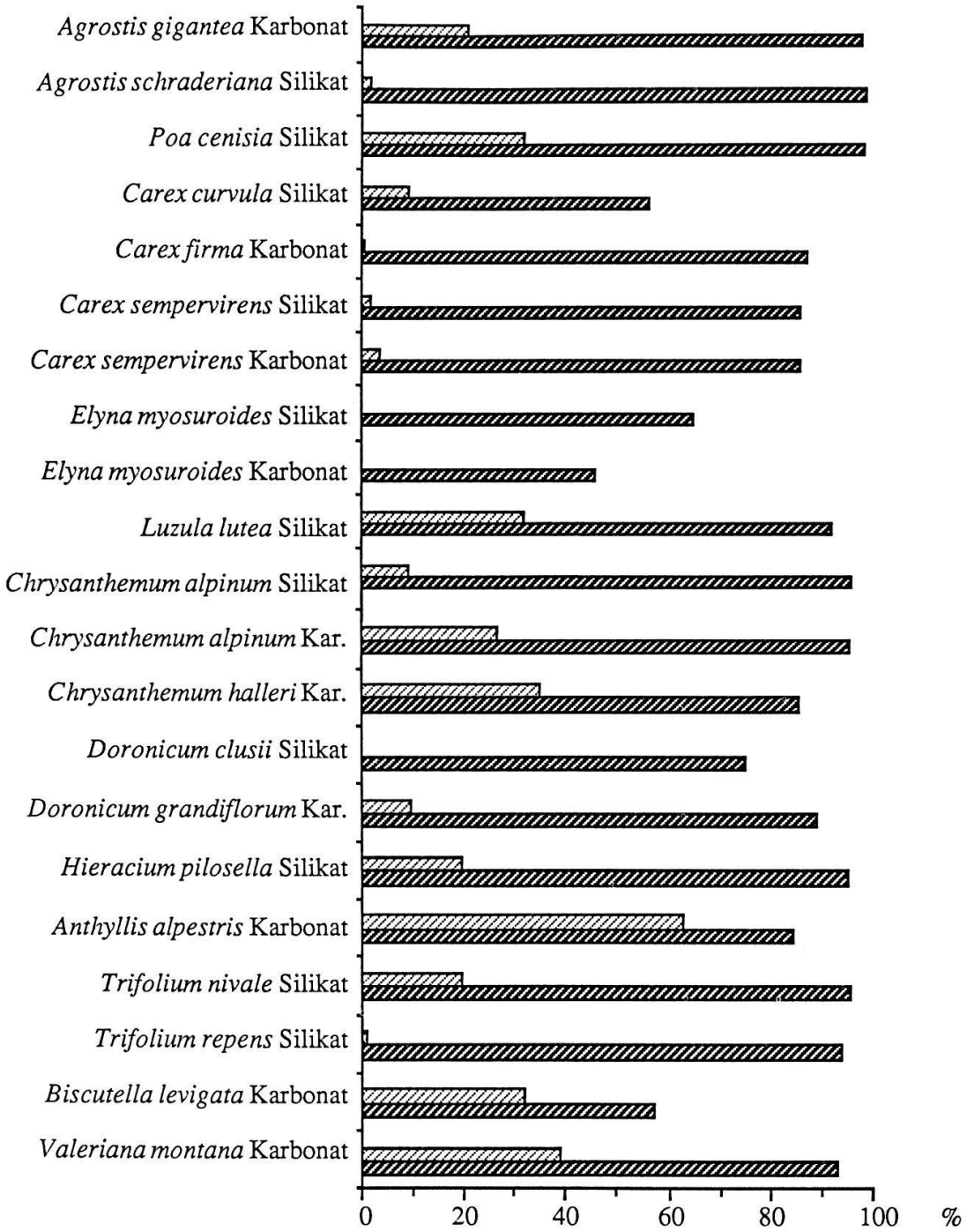

Fig. 8. Überlebensrate (dunkle Balken) und Anteil der reproduzierenden Module (helle Balken) in der 2. Saison nach der Auspflanzung.
Survival rate (dark bars) and rate of reproducing clonal modules (pale bars) in the second season *after planting*.

Tab. 15. *Valeriana montana* (Karbonat): Entwicklung der Module nach der Auspflanzung vom 2.9.1986 (34 Module ausgepflanzt). Erklärung siehe Tab. 9.
Valeriana montana (carbonate): development of clonal modules after planting. Explanation of details see Table 9.

* Module bzw. Blütenstände abgefressen - *modules, inflorescens destroyed by herbivores*

Datum der Kontrolle	Klonale Module		Blütenstände pro Modul	Vitalität	Klonbildung
	%	Reprod. %			
2.9.1986	100				
19.9.1986	100	0	-	+	+
30.9.1986	100	0	-	+	+
25.7.1987	100	41.2	1.1	+++	++
11.8.1987	100	58.8	1.4	+++	++
28.8.1987	100	58.8	1.5	+++	++
17.9.1987	97.1	57.6 *	1.5	+++	+
17.7.1988	73.5 *	0	-	(+)	(+)
9.8.1988	94.1	3.1 *	1.0	++	++
28.8.1988	88.2	3.3 *	1.0	++	++
4.10.1988	85.3	3.4 *	1.0	++	++

Biscutella levigata (Karbonat) wiesen eine geringere Überlebensrate auf. Der Anteil an reproduzierenden Modulen war bei *Poa cenisia, Luzula lutea, Chrysanthemum alpinum* von Karbonat und *C. halleri, Anthyllis alpestris, Biscutella levigata* und *Valeriana montana* über 30%. *Agrostis schraderiana, Carex firma, C. sempervirens* von beiden Substraten, *Elyna myosuroides* von beiden Substraten, *Doronicum clusii* und *Trifolium repens* blühten in der zweiten Saison nach der Auspflanzung nicht oder nur zu einem geringen Anteil. *Carex firma* und *Trifolium repens* blühten hingegen zwei Jahre nach der Auspflanzung zu über 20%.

4. DISKUSSION

Die **Einzel-Ramet-Klonierung** kann als künstliche mechanische Schädigung, die zu einer vegetativen Vermehrung führt, angesehen werden. URBANSKA (1986) definiert vegetative Vermehrung als klonales Wachstum mit anschliessender Klonfragmentation. Hier spielen auch Regenerationsprozesse, die Fähigkeit der Wundverheilung und der Erholung und Erneuerung der verletzten Gewebe eine wichtige Rolle (TSCHURR 1988). Die Klonfragmentation kann spontan erfolgen (z.B. bei *Lemnaceae*, LANDOLT 1986) oder durch äussere Faktoren induziert wer-

den. So bei vielen alpinen Schuttpflanzen, deren Ausläufer durch Kriechbewegungen des Bodens von der Mutterpflanze getrennt werden, sog. Vermehrungstriebe (HARTMANN 1957, REISIGL und KELLER 1987, SCHRÖTER 1926).
Die Reaktionen der untersuchten Sippen auf die Einzel-Ramet-Klonierung sind sehr unterschiedlich und variieren zum Teil stark. Nach der Klonierung tritt allgemein eine Ruhephase von drei bis zehn Tagen auf (siehe auch URBANSKA et al. 1987); diese Phase kann als Regenerationsphase gedeutet werden, während dieser Zeit findet wohl die Wundverheilung und Erneuerung der verletzten Gewebe statt. Eine erste Gruppe von Sippen fängt nach dieser Zeit mit der Bildung einer grossen Menge neuer Ramets an. Die Reaktion dieser Sippen kann als sehr erfolgreich bezeichnet werden (mindestenes 3-fache Anzahl neuer Ramets innerhalb vier Wochen nach der Klonierung). Sie bilden viele Ausläufer, ihre Wachstumsweise kann als ausgesprochene Guerilla-Strategie (LOVETT DOUST 1981) beschrieben werden. *Hieracium pilosella*, die Sippe mit der grössten Rametproduktion wird zudem von (GRIME et al. 1988) als S-Stratege ("stress-tolerator" im C-R-S-Model; GRIME 1974, GRIME 1979) beschrieben.
Arten wie *Carex curvula, C. firma, C. sempervirens* und *Elyna myosuroides* mit einer klaren Phalanx-Strategie (LOVETT DOUST 1981) bilden meist nur wenige neue Ramets nach der Klonierung. Ihre Fähigkeit sich nach den zugefügten Verletzungen bei der Klonierung zu erholen ist offensichtlich herabgesetzt, häufig weisen sie zudem eine grosse Sterberate auf. Diese Tendenzen werden ebenfalls von TSCHURR (1987) und HASLER (1988) mit vergleichbaren Arten bestätigt.
Die Ergebnisse bei den **Auspflanzungen** im Feld stehen ganz im Gegensatz zu denjenigen bei den Klonierungen. Das Verhalten der einzelnen Sippen differierte hier sehr viel weniger stark. Das Überleben der ausgepflanzten Module schwankte von ca. 45% (Karbonatsippe von *Elyna myosuroides*) bis 99% (*Agrostis schraderiana*). Mit Ausnahme von *E. myosuroides, Carex curvula* und *Biscutella levigata* zeigten alle Sippen ein sehr gutes Überleben. Begrünungsmassnahmen mit Tieflandsippen oder nicht alpinen Sippen hingegen zeigten viel schlechtere Erfolge; die Individuen weisen meist ein kümmerliches Wachstum auf und sind nach einigen Jahren nicht mehr vorhanden (MEISTERHANS 1988). Das eher schlechte Überleben von *Biscutella levigata* kann durch den schlechten Zustand der Module bei der Auspflanzung erklärt werden. In früheren Auspflanzungsexperimenten in der Gegend von Davos (GASSER 1986) zeigte sich bei dieser Art ein grosser Einfluss der Vegetationsdichte auf den Erfolg solcher Experimente; ausserdem hat diese Art die Fähigkeit die grösseren Blätter einer Rosette erst später im Sommer auszubilden, schon im Spätsommer zurückzuziehen oder während einer Vegetationsperiode gar keine zu entwickeln (GASSER 1983, 1986). Dieses

Verhalten schränkt den Aussagewert der ermittelten Überlebensraten ein, die wirklichen Werte dürften allgemein höher liegen. Eine Überlebenskurve kann nur für Sippen mit grösseren Verlusten ermittelt werden, bei *B. levigata* entspricht sie Typ III (DEEVEY 1947), d.h. unmittelbar nach der Auspflanzung ist die Wahrscheinlichkeit des Absterbens am grössten. ANTONOVICS und PRIMACK (1982) erhielten bei Verpflanzung von einer Woche alten Keimlingen von *Plantago lanceolata* ebenfalls eine Überlebenskurve vom Typ III; nach drei Saisons lebten im günstigsten Fall noch 50% der Individuen.
Der Anteil der reproduzierenden Module war bei gewissen Sippen sehr klein (*E. myosuroides* blühte überhaupt nie), während z.B. bei *Anthyllis alpestris* $^2/_3$ aller Module blühte. Die Bildung von Blüten kann ebenfalls als Mass für den Erfolg der Auspflanzung angesehen werden. Ein Modul, das erfolgreich angewachsen ist (d.h. vollkommen akklimatisiert und mit genügend Wasser, Mineralstoffen und Assimilaten versorgt ist), hat eine grössere Wahrscheinlichkeit zur Blütenproduktion. Jedoch ist diese Wahrscheinlichket für jede Sippe unterschiedlich gross. SCHAAL (1984) zeigte, dass verwandte Sippen von *Lupinus* unterschiedliche Reproduktionsraten aufweisen, und dass die Reproduktion auch stark vom Alter der Individuen abhängt. Auspflanzungsversuche mit klonalen Modulen von drei Gramineearten zeigten innerhalb drei Saisons eine starke Abname des Anteils blühender Module (URBANSKA 1988). Bei *Poa alpina* sank der Prozentsatz von 100% auf 20% innerhalb von zwei Jahren. Der Anteil reproduktiver Einheiten ist also ein relatives und kein absolutes Mass; das Merkmal eignet sich eher für den Vergleich von Sippen, die miteinander verwandt sind.
In einem anderen Sinne verstanden erhöht die Produktion von Samen den Erfolg von Auspflanzungen beträchtlich. Die künstlich begründete Population kann sich nun aus eigenen Kräften verjüngen. Die Populationsdichte kann stärker zunehmen, die genetische Diversität wird vergrössert, und es kann, sofern die gleichen oder nahe verwandte Sippen in der Gegend vorkommen, ein Genaustausch und somit eine bessere Anpassung an die lokalen Verhältnisse stattfinden.
Die Bildung reproduktiver Einheiten hat jedoch auch ausgesprochen negative Folgen für den Erfolg einer Auspflanzung. Die farbigen Blüten besitzen nicht nur eine grosse Atraktivität für bestäubende Insekten, sie locken auf diesen trostlosen Pistenplanierungen auch herbivore Tiere an. Frass- und Trittschäden wurden in Flächen mit vielen blühenden Modulen nicht nur von Schafen und Kälbern sondern auch von Wildtieren wie Schneehuhn festgestellt.
Die ausgelegten Curlex-Decken haben eine vielfältige Wirkung auf die ausgepflanzten Module. Sie können als künstliche Vegetationsdecke ohne Wurzelkonkurrenz angesehen werden. Sie sind also eine experimentell geschaffene Schutz-

stelle (safe site), die die frischen Auspflanzungen vor allzu starker Strahlung und vor Wind schützt (URBANSKA 1989). Es muss jedoch noch abgeklärt werden, ob in jedem Fall die postiven (Schutz) die negativen Aspekte (Beschattung) einer solchen Bedeckung überwiegen. *Medicago lupulina* hat in einer Moosdecke, die natürlich einen anderen Einfluss auf das Mikroklima ausübt, eine deutlich verminderte Überlebensrate (PAVONE und READER 1985). Erste Ergebnisse von Auspflanzungen ohne Curlex zeigten immerhin, dass in Sommern ohne längere Trockenperioden, die Verluste an Modulen bei beiden Bepflanzungsarten mehr oder weniger gleich gross sind. Als deutlichen Vorteil hat sich jedoch die Fähigkeit der Curlexdecke erwiesen, durch den Wind verbreitete Diasporen einzufangen. Der Anteil an Keimlingen und Jungpflanzen von nicht am Versuch beteiligter Arten betrug bis 100 Exemplare pro m^2.
Die vorliegenden untersuchten Sippen, die nur einen kleinen Teil des Artenspektrums der alpinen Stufe ausmachen, stärken die Vermutung, dass Taxa aus Pionier- und Übergangsgesellschaften für biologische Erosionsbekämpfung besser geeignet sind als Taxa der Schlussgesellschaften (vergleiche GRABHERR 1988, URBANSKA 1989). Es lässt sich jedoch mit den jetzt vorhandenen Ergebnissen schon feststellen, dass dem Kriterium der möglichst einfachen und effektiven Vermehrbarkeit des Materials mindestens ebenso grosse Beachtung geschenkt werden muss als demjenigen der Etablierung auf den Begrünungsflächen.

ZUSAMMENFASSUNG

Ingesammt 23 alpine Sippen wurden auf ihr Verhalten bei der Einzel-Ramet-Klonierung (SCR) und auf ihre Reaktion auf die nachfolgende Auspflanzung im Feld untersucht. Die Einzel-Ramet-Klonierung ergab sehr grosse Unterschiede zwischen den einzelnen Taxa. Als sehr erfolgreich erwiesen sich Sippen aus Pionier- und Übergangsgesellschaften, die zudem eine Guerilla-Strategie besitzen. Sippen aus Dauergesellschaften mit ausgesprochener Phalanx-Strategie waren äusserst ungeeignet für solche Versuche. Der Erfolg der SCR-Behandlung war auch von der Jahreszeit abhängig. Klonierungen während den Monaten April bis Juli ergaben allgemein höhere Rametzunahme, geringere Sterblichkeit und höhere Anteile blühender Module; allerdings traten während des Hochsommers im Gewächshaus gewisse Probleme mit Schädlingen auf.
Die Auspflanzungen im Feld auf Skipistenplanierungen ergaben viel einheitlichere Ergebnisse. Die Überlebensrate lag ein Jahr nach Versuchsbeginn bei den meisten Sippen zwischen 90% und 100%. Es erfolgte auch allgemein eine gute vegetative Etablierung. Hier sind offensichtlich andere Faktoren wichtig als bei den Klonierungen. Der Anteil an reproduzierenden Modulen schwankte jedoch zwischen 0% und 75%. In diesem Zusammenhang stellt Frass durch Haus- und Wildtiere ein schwerwiegendes Problem dar. Durch die Blüten werden auf den eintönigen Planierungen viele Herbivoren angelockt.
Die ausgelegten Curlex-Decken schaffen einerseits künstliche Schutzstellen für die Ramets, andererseits ist die Beschattung relativ hoch. Weitere Versuche müssen Klarheit in diesen Aspekt bringen.

SUMMARY

Behaviour of 23 alpine taxa after the single-ramet cloning (SCR) was studied in greenhouse and in the subsequent field trials above the timberline. On the whole, pronounced differences occurred between the taxa studied. The species originating from early and medium seral communities and exhibiting a guerilla strategy proved to be excellent performers, whereas the taxa of late seral communities and exhibiting a distinct phalanx strategy were not successful at all.
The succes of the SCR-treatment was partly influenced by the timing of the trials, too: in general, the best results were obtained in the series cloned from April through July, but the greenhouse trials were affected by insect damage during the high summer.
The behaviour of clonal modules planted on machine-graded ski runs in the alpine vegetation belt was more consistent. The survival rate after one year corresponded to 90-100% in most series. The growth was generally good; on the other hand, flowering was very variable (=-75%). An extensive flowering in some experimental populations caused heavy herbivore damage, because of machine-graded ski runs usually are bare or covered sparse monotonous vegetation, so that the flowering colonies were very attractive to domestic or wild grazers.
The Curlex® matting used in the field trials proved to be advantageous to the establishment of clonal modules (artificial safe site conditions). However, a further growth of the modules was sometimes hampered by light deficiency. Further studies are required for a better assessment of this side-effect.

LITERATUR

ANTONOVICS J. und PRIMACK R.B., 1982: Experimental ecological genetics in *Plantago*. VI. The demography of seedling transplants of *P. lanceolata*. J.Ecol. *70*, 55-75.

BROGGI M.F., 1988: Welche Zukunft für die Alpen? Naturopa *59*, 18-20.

DEEVEY E.S., 1947: Life tables for natural populations of animals. Q.Rev.Biol. *22*, 283-314.

DICKENMANN R., 1982: Genetisch-ökologische Untersuchungen an *Ranunculus montanus* Willd. s.l. aus der alpinen Stufe von Davos (Graubünden). Veröff.Geobot.Inst.ETH, Stiftung Rübel, Zürich *78*, 89 S.

GASSER M., 1983: Zum demographischen Verhalten von *Biscutella levigata* L. Ber.Geobot. Inst.ETH, Stiftung Rübel, Zürich *50*, 67-85.

GASSER M., 1986: Genetic-ecological investigations in *Biscutella levigata* L. Veröff.Geobot.Inst.ETH, Stiftung Rübel, Zürich *86*, 87 S.

GRABHERR G., MAIR H. und STIMPFL H., 1988: Vegetationsprozesse in alpinen Rasen und die Chancen einer echten Renaturierung von Schipisten und anderen Erosionsflächen in alpinen Hochlagen. Jb.Ges.Ingenieurbiol. 94-113.

GRIME J.P., 1974: Vegetation classification by reference to strategies. Nature *250*, 26-31.

GRIME J.P., 1979: Plant strategies and vegetation processes. Wiley, New York. 222 S.

GRIME J.P., HODGSON J.G. und HUNT R., 1988: Comparative plant ecology: a functional approach to common British species. Unwin Hyman, London. 742 S.

HARTMANN H., 1957: Studien über die vegeative Fortpflanzung in den Hochalpen. Mitt.Bot. Museum Univ.Zürich *208*, 1-168.

HASLER A., 1988: Biologische Erosionsbekämpfung oberhalb der Waldgrenze: Verwendung einiger alpiner Arten für die Bepflanzung von gefährdeten Stellen. Diplomarbeit. Geobot. Inst.ETH, Stiftung Rübel, Zürich. 79 S. (Polykopie).

HESS H.E., LANDOLT E. und HIRZEL R., 1967-1972: Flora der Schweiz und angrenzender Gebiete. 3 Bde. Birkhäuser, Basel. 2690 S.

KLÖTZLI F., LANDOLT E. und ZUMBÜHL G., 1984: Veränderungen im Vegeationsbereich. In: BRUGGER E.A., FURRER G., MESSERLI B. und MESSERLI P. (Hrsg.), Umbruch im Bergebiet. Haupt, Bern. 319-335.

KOMARKOVA V. und WEBBER P.J., 1980: Vegetation succession and recovery of old oil wells on the Alaskan North Slope. 4th HAR Workshop. Colorado State Univ.Info.Ser. *42*, 38-64.

KRIPPENDORF J., 1986: Alpsegen-Alptraum. Für eine Tourismus-Entwicklung im Einklang mit Mensch und Natur.Kümmerly+Frey, Bern. 88 S.

LANDOLT E., 1986: Biosystematic investigations in the family of duckweeds (*Lemnaceae*) (vol. 2). The family of *Lemnaceae* - a monographic study. Veröff.Geobot.Inst.ETH, Stiftung Rübel, Zürich *71*, 566S.

LOVETT DOUST L., 1981: Population dynamics and local specialisation in a clonal perennial (*Ranunculus repens*). I. Thedynymics of ramets in contrasting habitats. J.Ecol. *69*, 743-755.

MEISTERHANS E., 1988: Vegetationsentwicklung auf Skipistenplanierungen in der alpinen Stufe bei Davos. Veröff.Geobot.Inst.ETH, Stiftung Rübel, Zürich *97*, 169S.

MOSIMANN T., 1989: Sport - ein Zerstörer der Landschaft, Thema - Forschung u. Wissenschaft an den Schweizer Hochschulen, *6*, 23-27.

OGGIER P.-A., 1988: Lebensraum Alpen, Schweizer Naturschutz, Basel, *7*, 24 S.

PAVONE L.V. und READER R.J., 1985: Effect of microtopography on the survival and reproduction of *Medicago lupulina*. J.Ecol. *73*, 685-694.

REISIGL H. und KELLER R., 1987: Alpenpflanzen im Lebensraum. Alpine Rasen, Schutt- und Felsvegetation. Fischer, Stuttgart. 149 S.

ROHRER J., und ROHNER J., 1989: Umweltpolitische Bilanz in den Alpenländern (Länderberichte). Schweizer Alpen: Bilanz aus Sicht einer Schweizer Umweltorganisation. In: DANZ W. (Hrsg.), Umweltpolitik im Alpenraum. CPRA, 169-171.

SCHAAL B.A., 1984: Population biology and biosystematics: Current experimental approaches. In: GRANT W.F. (Hrsg.), Plant biosystematics. Acad.Press London, 439-452.

SCHRÖTER C., 1926: Das Pflanzenleben der Alpen. 2.Aufl. Raustein, Zürich. 1288 S.

SCHÜTZ M., 1988: Genetisch-ökologische Untersuchungen an alpinen Pflanzenarten auf verschiedenen Gesteinsunterlagen: Keimungs- und Aussaatversuche. Veröff.Geobot.Inst. ETH, Stiftung Rübel, Zürich *99*, 153S.

STOLZ G., 1984: Entwicklung von Begrünungen oberhalb der Waldgrenze aus der Sicht der Botanik. Z.Vegetationst. *7*, 29-34.

TSCHURR R.F., 1987: Regenerationsverhalten und vegetative Fortpflanzung bei einigen Alpenpflanzen. Diplomarbeit. Geobot.Inst. ETH, Stiftung Rübel, Zürich. 70 S. (Polykopie).

TSCHURR R.F., 1988: Zum Regenerationsverhalten einiger Alpenpflanzen. Ber.Geobot.Inst. ETH, Stiftung Rübel, Zürich *54*, 111-140.

URBANSKA K.M., 1986: High altitude revegetation research in Switzerland - problems and perspectives. Veröff.Geobot.Inst. ETH, Stiftung Rübel, Zürich *87*, 155-167.

URBANSKA K.M., 1988: High altitude revegetation research in the Swiss Alps: experimental establishment and performance of native plant populations in machine-graded ski runs above the timberline. Proc. 8th HAR Workshop. Colorado State Univ.Info.Ser. *59*, 115-128.

URBANSKA K.M., 1989: Probleme des biologischen Erosionsschutzes oberhalb der Waldgrenze. Z. Vegetationst. *12*, 25-30.

URBANSKA K.M., HEFTI-HOLENSTEIN B. und ELMER G., 1987: Perormance of some alpine grasses in single-tiller cloning experiments and in the subsequent revegetation trials above the timberline. Ber.Geobot.Inst.ETH, Stiftung Rübel, Zürich *53*, 64-90.

URBANSKA K.M., SCHÜTZ M. und GASSER M., 1988: Revegetation trials above the timberline - an exercise in experimental population ecology. Ber.Geobot.Inst.ETH, Stiftung Rübel, Zürich *54*, 85-110.

Adresse des Autors: Dr. Max Gasser
Mülligerstr. 5a
CH-5200 Windisch