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

Herausgeber: Geobotanisches Institut, Stiftung Rübel (Zürich)

Band: 73 (1980)

Artikel: Keimverhalten und frühe Entwicklungsphasen einiger Alpenpflanzen = Germinating behavior and early developmental phases in some Alpine plants

Autor: Fossati, Alessandro

Kapitel: 3: Material und Methoden

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-308640

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: 31.07.2025

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

3. Material und Methoden

3.1. *Liste und Gruppierung der untersuchten Arten*

Es wurden Samen* von Pflanzenarten aus verschiedenen Substraten (Silikat und Karbonat) sowie aus ökologisch unterschiedlichen Standorten untersucht. Das Material wurde in erster Linie in Silikat- und Karbonatarten unterteilt, eine weitere Unterteilung erfolgte nach den Ansprüchen der Arten hinsichtlich der Vegetationsperiode. Eine kurze Charakterisierung der Standortsansprüche der einzelnen Arten** wird in Kapitel 4 gegeben.

3.1.1. *Silikatarten*

- Arten, die an windexponierten Orten vorkommen

  - *Sesleria disticha*
  - *Hieracium alpinum*
  - *Senecio carniolicus*

  Die drei Arten weisen zwei Verbreitungsschwerpunkte auf: einerseits auf meist gut entwickelten Böden an windexponierten Lagen von Kuppen und Graten, andererseits an schattigen, steilen, im Winter gelegentlich schneefrei werdenden Nordhängen.

- Arten, die an Orten mir langer Schneebeedeckung wachsen

  - *Cardamine alpina*
  - *Salix herbacea*
  - *Gnaphalium supinum*
  - *Soldanella pusilla*

  Diese Arten wachsen hauptsächlich in schwach geneigten und infolge der Zufuhrlage oft feinerdereichen Schneetälchen mit einer Vegetationsperiode von 1,5 bis 3,5 Monaten. Die Reihenfolge innerhalb dieser Gruppe richtet sich nach der zunehmenden Trockenheitstoleranz.

---

* Der Einfachheit halber wird in dieser Arbeit, wenn von den Verbreitungseinheiten der verschiedenen Arten die Rede ist, meistens die Bezeichnung "*Samen*" verwendet, auch wenn es sich in vielen Fällen um Früchte handelt.

** Die Namen wurden aus HESS et al. (1967-72) entnommen.

- Arten, die an Orten mit kurzer Schneebedeckung wachsen

  - *Geum montanum*
  - *Ranunculus Grenierianus*
  - *Nardus stricta*
  - *Carex sempervirens*
  - *Gentiana Kochiana*
  - *Helictotrichon versicolcr*
  - *Luzula multiflora*
  - *Antennaria dioeca*
  - *Pulsatilla sulphurea*

Diese Arten bevorzugen stabile Böden an sonnigen Lagen mit einer drei bis fünfmonatigen Vegetationsperiode. Sie sind innerhalb der Gruppe nach zunehmenden Ansprüchen an die Länge der Vegetationsperiode geordnet, wobei die letzten Arten ihren Verbreitungsschwerpunkt in der subalpinen Stufe haben.

3.1.2. *Karbonatarten*

- Arten, die an Orten mit langer Schneebedeckung wachsen

  - *Sagina Linnaei*
  - *Veronica alpina*
  - *Arabis coerulea*
  - *Ranunculus alpestris*
  - *Salix retusa*
  - *Hutchinsia alpina*

Es handelt sich bei dieser Gruppe um Arten, die mit einer 1,5- bis 3,5-monatigen Vegetationsperiode auskommen können (Schneetälchen). Die Reihenfolge in der Gruppe ergibt sich, aus der steigenden Trockenheitstoleranz. *Hutchinsia alpina*, obwohl in Schneetälchen vorhanden, hat ihren Verbreitungsschwerpunkt auf feuchtem Feinschutt, steinigen Standorten und Rohböden, jedoch immer mit langer Schneebedeckung. *Veronica alpina* und *Sagina Linnaei* sind öfter auch auf Silikatböden anzutreffen, gedeihen aber auch in leicht versauerten Karbonatschneetälchen gut (mein Samenmaterial stammt aus Karbonatschneetälchen).

- Arten, die an Orten mit kurzer Schneebedeckung wachsen

  - *Saxifraga caesia*
  - *Dryas octopetala*
  - *Carex firma*
  - *Gentiana Clusii*
  - *Helianthemum alpestre*
  - *Anthyllis alpestris*
  - *Sesleria coerulea*
  - *Leontopodium alpinum*

- *Carex sempervirens*
- *Scabiosa lucida*

Es handelt sich um Arten, die auf eine 3 - 5monatige Vegetationsperiode angewiesen sind. Die meisten gedeihen oft an windexponierten Standorten, die auch im Winter zeitweise schneefrei sind. Die Gruppe ist ziemlich heterogen. Die Unterteilung innerhalb der Gruppe erfolgt vorzugsweise nach zunehmendem Anspruch an Bodenreife und Wasserversorgung. Die Extreme liegen weit auseinander: *Saxifraga caesia* hat ihren Verbreitungsschwerpunkt auf Rohböden und Felsen, *Scabiosa lucida* bevorzugt hingegen gut entwickelte Böden.

3.2. *Ernte*

Das Sammelgebiet liegt in der Gegend von Davos zwischen dem Strelapass und dem Weissfluhjoch (s. Tab. 1 S. 29). Es wurde zum erstenmal im Sommer 1975 besucht um die verschiedenen Standorte zu lokalisieren. Die Samen wurden jeweils in den Jahren 1975 bis 1978 im Herbst geerntet.
Von Arten, bei denen Samen und Früchte im Feld nicht leicht voneinander zu trennen waren, wurden reife Früchte geerntet, sonst Samen. Diese wurden direkt von der Pflanze abgelesen.
Aus verschiedenen Gründen war es nicht möglich, jedes Jahr alle Arten zu ernten (Tab. 1, S. 29). Einerseits ist die Länge der Vegetationsperiode in den Alpen von Jahr zu Jahr sehr unterschiedlich; in den Jahren 1975 und 1978 fiel z.B. der erste Schnee so früh, dass einige Arten noch keine reifen Samen gebildet hatten und andere noch in voller Blüte standen. Andererseits bilden einige Arten nur jedes zweite oder dritte Jahr gute Samen.

3.3. *Aufbewahrung des Samenmaterials*

Die geernteten Samen wurden zunächst 2 - 4 Tage bei Zimmertemperatur auf Zeitungspapier getrocknet, dann in Papiersäcke abgefüllt und nach Zürich transportiert. Hier wurden sie in Glas- bzw. Plastikbehältern im Kühlschrank bei + 4°C aufbewahrt.
Eine Ausnahme bildeten die Samen, die im Herbst 1975 gesammelt wurden. Sie

Tabelle 1. Ort und Zeit der Ernte.

Arten	1975	1976	1977	1978
Sesleria disticha	20.8. Hauptertälli	8.9. Latschüelfurgga	4.10. Latschüelfurgga	10.10. Latschüelfurgga
Hieracium alpinum	-	8.9. Latschüelfurgga	4.10. Latschüelfurgga(1)	- (2)
Senecio carniolicus	9.10. Salezer Horn	-	-	11.10. Station Höhenweg
Cardamine alpina	-	8.9. Latschüelfurgga	-	11.10. Latschüelfurgga
Salix herbacea	9.10. Dorftälli	8.9. Latschüelfurgga	3.10. Steintälli	10.10. Latschüelfurgga
Gnaphalium supinum	9.10. Dorftälli	8.9. Latschüelfurgga	4.10. Latschüelfurgga	10.10. Latschüelfurgga
Soldanella pusilla	9.10. Dorftaälli	8.9. Latschüelfurgga	4.10. Latschüelfurgga	-
Geum montanum	19.8. Strelaberg	8.9. Chilche Berg	4.10. Chilche Berg	10.10. Chilche Berg
Ranunculus Grenierianus	19.8. Strelaberg	-	-	11.10. Dorfberg
Nardus stricta	8.10. Dorftälli	8.9. Chilche Berg	4.10. Chilche Berg	10.10. Chilche Berg
Carex sempervirens(S)	19.8. Strelaberg	-	4.10. Chilche Berg	10.10. Chilche Berg
Gentiana Kochiana	19.8. Strelaberg	-	3.10. Latschüelfurgga	10.10. Latschüelfurgga
Helictotrichon versicolor	-	8.9. Chilche Berg	1.10. Dorftälli	10.10. Chilche Berg
Luzula multiflora	-	8.9. Chilche Berg	4.10. Chilche Berg	11.10. Chilche Berg(3)
Antennaria dioeca	-	-	4.10. Chilche Berg	-
Pulsatilla sulphurea	19.8. Strelaberg	-	2.10. Parsennmeder	-
Sagina Linnaei	-	-	-	11.10. Strelapass
Veronica alpina	-	-	-	11.10. Strelapass
Arabis coerulea	20.8. Haupter-Tälli	-	-	11.10. Strelapass
Ranunculus alpestris	19.8. Strelapass	8.9. Strelapass	3.10. Strelapass	11.10. Strelapass
Salix retusa	-	8.9. Strelapass	1.10. Strelapass	-
Hutchinsia alpina	-	8.9. Strelapass	3.10. Strelapass	-
Saxifraga caesia	-	9.9. Schiawang	3.10. Schiawang	11.10. Schiawang
Dryas octopetala	20.8. Haupter-Tälli	8.9. Strelapass	3.10. Schiawang	-
Carex firma	-	9.9. Strelapass	3.10. Schiawang	11.10. Schiawang
Gentiana Clusii	19.8. Strelapass	-	1.10. Schiawang	11.10. Schiawang
Helianthemum alpestre	-	-	1.10. Strelapass	-
Anthyllis alpestris	19.8. Strelapass	-	1.10. Strelapass	10.10. Strelapass
Sesleria coerulea	19.8. Strelapass	8.9. Strelapass	3.10. Strelapass	11.10. Strelapass
Leontopodium alpinum	9.10. Schiawang	-	-	11.10. Schiawang
Carex sempervirens (K)	3.9. Schiawang	9.9. Schiawang	3.10. Schiawang	11.10. Schiawang
Scabiosa lucida	20.8. Schatzalp	8.9. Strelapass	2.10. Parsennmeder	-

1),2), 3): Im Labor geerntete Samen: *Hieracium alpinum*: 28.7.1977 und 18.10.1978; *Luzula multiflora*: 29.5.1978

wurden zuerst in Zürich auf Zeitungspapier getrocknet, nach einem Monat in Glasbehälter umgefüllt und 20 Tage bei Zimmertemperatur, anschliessend 30 Tage in einer Klimakammer (Temperatur: 5°C, Feuchtigkeit: 60%, Dauerdunkelheit) und schliesslich in einem Kühlschrank bei 4°C aufbewahrt.

3.4. *Keimungsversuche*

Für die Untersuchungsserien (Tab. 2, S. 31) wurden nur die besten Samen der jeweiligen Arten ausgewählt. Bei den Gräsern war es zu Beginn der Arbeit schwierig, die vollen von den leeren Karyopsen zu unterscheiden. Es ist daher möglich, dass bei den ersten Versuchsserien einige leere Karyopsen in die Petrischalen gerieten.

3.4.1. *Keimungsversuche in Petrischalen*

Für die Versuche wurden Petrischalen von 10 cm Durchmesser verwendet. Pro Petrischale wurden je 25 Samen auf eine Schicht feuchtes Fliesspapier gegeben (Ausnahme: bei den 1976 durchgeführten Keimungsserien je 20 Samen pro Petrischale) und anschliessend in einer Klimakammer inkubiert. In der Klimakammer herrschten während der ganzen Untersuchungsdauer folgende Bedingungen:

Trockentemperatur	: Tag 20°C, Nacht 10°C	
Feuchttemperatur	: Tag 17,3°C, Nacht 8,7°C	
Feuchtigkeit	: 80%	
Licht	: 16 Stunden	1½ Std. Morgendämmerung (3 Stufen) 13 Std. Tag (25000 Lux) 1½ Std. Abenddämmerung (3 Stufen)

Mit Ausnahme der Gibberellinserien (S. 35) wurden die Schalen je nach Bedarf mit Brunnenwasser begossen. Die Samen wurden dreimal in der Woche kontrolliert und belüftet, das Auftreten neuer Keimlinge notiert. Es wurden keine Massnahmen gegen Pilzkontaminationen getroffen.
Die Versuchsdauer, auf die sich die Resultate in Kapitel 5 (S. 144ss.) stützen betrug 100 Tage. Um einen besseren Ueberblick über die Keimung der einzelnen Arten zu erhalten, wurden die Serien jedoch im allgemeinen länger beobachtet.

Tabelle 2. Ueberblick über die durchgeführten Untersuchungen.

Arten	Keimung unter kontrollierten Bedingungen					Keimung im Felde	Entwicklung unter kontr. Bedingungen			Entwicklung im Felde
	1)	2)	GAR	SIL	KAR		GAR	SIL	KAR	
Sesleria disticha	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Hieracium alpinum	*			*	*		*	*	*	
Senecio carniolicus	*									
Cardamine alpina	*	*	*	*	*		*	*	*	
Salix herbacea	*		*	*	*		*			
Gnaphalium supinum	*	*		*	*	*	*	*	*	*
Soldanella pusilla	*	*		*	*	*	*	*	*	*
Geum montanum	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Ranunculus Grenierianus	*	*	*	*	*					
Nardus stricta	*	*	*	*	*		*	*	*	
Carex sempervirens (S)	*	*		*	*	*				*
Gentiana Kochiana	*	*	*	*	*	*				*
Helictotrichon versicolor	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Luzula multiflora	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Antennaria dioeca	*			*	*			*	*	
Pulsatilla sulphurea	*	*	*	*	*	*		*	*	*
Sagina Linnaei	*			*	*			*	*	
Veronica alpina	*			*	*			*	*	
Arabis coerulea	*	*		*	*			*	*	
Ranunculus alpestris	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Salix retusa	*	*		*	*		*	*	*	
Hutchinsia alpina	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Saxifraga caesia	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Dryas octopetala	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Carex firma	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Gentiana Clusii	*	*	*	*	*	*	*			*
Helianthemum alpestre	*			*	*	*		*	*	*
Anthyllis alpestris	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Sesleria coerulea	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Leontopodium alpinum	*			*	*			*	*	
Carex sempervirens (K)	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Scabiosa lucida	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*

1) Keimung ohne Vorbehandlung in Petrischlalen; 2) Samenvorbehandlung in Petrischalen;
GAR = Aussaat auf steriler Gartenerde; SIL = Aussaat auf Silikat; KAR = Aussaat auf Karbonat

3.4.1.1. *Versuche ohne Samenbehandlung*

Die Samen wurden direkt aus dem Kühlschrank in die feuchten Petrischalen gelegt und in die Klimakammer gebracht. Die Resultate der spontanen Keimung (Kap. 5.1, S.144) beziehen sich auf die im Januar nach der Ernte auf Fliessband ausgelegten Samen.

3.4.1.2. *Versuche mit Samenbehandlung*

Tabelle 3. Samenbehandlungen

Temperaturvorbehandlungen	30, 60, 100 Tage bei +4°C (Samen feucht) 1, 5, 30, 60, 100 Tage bei -15°C (Samen feucht) 1, 5 Tage bei -15°C (Samen trocken)
Skarifikation	Mechanische Skarifikation mit Rasierklinge Mechanische Skarifikation mit Glaspapier Chemische Skarifikation mit H_2SO_4 conc
Wachstumshormonbehandlung	Kontinuierliche Gibberellinsäurebehandlung (GA_3) Gibberellinsäurevorbehandlung
2 kombinierte Faktoren	Mechan. Skarifikation mit Klinge + GA_3 Chem. Skarifikation mit H_2SO_4 Konz. + GA_3

a) Temperaturvorbehandlungen

- *Bei +4°C (Samen in feuchtem Zustand)*: Die Samen wurden während 30, 60 bzw. 100 Tagen in feuchtem Zustand in einem Kühlschrank bei +4°C eingelagert. Während der Lagerzeit wurden sie einmal pro Woche belüftet und eventuelle Keimungen notiert. Wo es nötig schien, wurden sie begossen. Nach dieser Vorbehandlung wurden sie in die Klimakammer gebracht.
- *Bei -15°C (Samen in feuchtem Zustand)*: Vor der Inkubation in der Klimakammer wurden die Samen während 1, 5, 30, 60 bzw. 100 Tagen in einem Tiefkühlschrank bei -15°C eingelagert. Die Petrischalen waren mit Wasser gefüllt, so dass die Samen während der Lagerzeit von Eis umgeben waren (Abb. 1, S. 33). Anschliessend wurden die Petrischalen in die Klimakammer überführt. Sobald das Eis geschmolzen war, wurde das überschüssige Wasser abgesaugt.

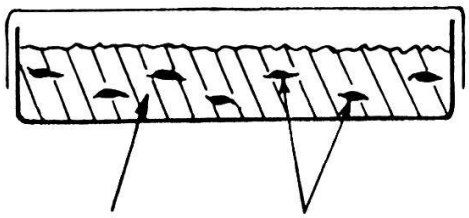

Abbildung 1. Petrischale im Tiefkühlschrank

- *Bei -15°C (Samen in trockenem Zustand)*: Vor der Inkubation in der Klimakammer wurden die Samen während 1 bzw. 5 Tagen in trockenem Zustand in Papiersäckchen in einem Tiefkühlschrank bei -15° C eingelagert.

b) Skarifikation (Ritzen der Schale)

- *Mechanische Skarifikation mit Klinge*: Die Samenschalen wurden nach einer Quellungszeit der Samen von einigen Stunden bei Zimmertemperatur mit einer Rasierklinge in der Region der Mikropyle geritzt (Abb. 2, S. 34).
  Bei *Anthyllis alpestris* wurden zwei Varianten erprobt: die Hilum- und die Testaskarifikation (Abb. 19, S.153). Bei der ersten Variante wurde das Hilumgewebe entfernt, bei der zweiten die Testa in der Kotyledonenregion geritzt. Bei den Gräsern wurden die Karyopsen einzig von den Spelzen befreit. Nach dieser Vorbehandlung wurden die Samen in der Klimakammer inkubiert.
- *Mechanische Skarifikation mit Glaspapier*: Die trockenen Samen wurden zwischen zwei Schichten Glaspapier gerade solange gerieben, bis zwar die Frucht- bzw. Samenwand Risse, der Embryo aber noch keine Verletzungen aufwies. Für *Gnaphalium supinum* wurde sehr feines, für die anderen Samen mittelgrobes Glaspapier verwendet. Anschliessend wurden die Samen in die Petrischalen gegeben, mit Brunnenwasser begossen und in der Klimakammer inkubiert.
- *Chemische Skarifikation mit konzentrierter Schwefelsäure*: Die Samen von vier Arten wurden mit H_2SO_4 conc. behandelt. Die Dauer der Säurebehandlung wurde so angesetzt, dass die äusseren Samenstrukturen grösstenteils zersetzt, die Embryonen aber noch unbeschädigt erschienen: für *Geum montanum*

Carex sempervirens und *Gentiana Clusii* je 5 Minuten, für *Gnaphalium supinum* 50 Sekunden. Darauf wurden die Samen während 5 Stunden unter fliessendem Wasser gewaschen und anschliessend in die Klimakammer gebracht.

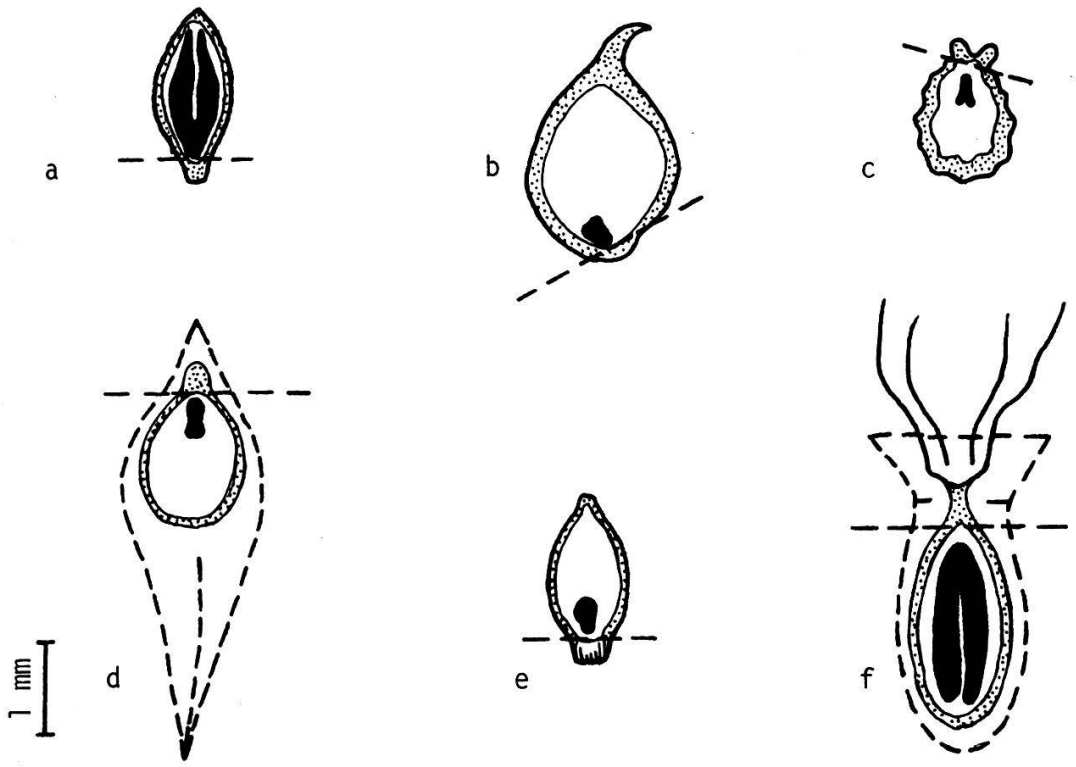

Abbildung 2. Mechanische Skarifikation mit Rasierkline (Schnittebenen)

a) *Gnaphalium supinum*, b) *Ranunculus alpestris*, c) *Gentiana Clusii*, d) *Carex sempervirens*, e) *Luzula multiflora*, f) *Scabiosa lucida*.
(Vgl. auch Abb. 19, S.153, Abb. 21, S.155, Abb. 22, S.155 und Abb. 24, S.157).

c) Behandlung mit Wachstumshormon

- *Kontinuierliche Gibberellinsäurebehandlung*: Die Samen wurden während der ganzen Versuchsdauer in der Klimakammer mit einer wässrigen Lösung von Gibberellinsäure ($5x10^{-3}$Mol/l) alle zwei Tage begossen (Menge nach Bedarf). Das Gibberellinpulver (Gibberellinsäure mit 90% Gibberellin A_3, $C_{19}H_{22}O_6$,

MG = 346,38, Merck Nr. 4128, Fluka AG, Buchs SG) wurde wegen seiner kurzen Beständigkeit in gelöstem Zustand erst unmittelbar vor dem Gebrauch in Wasser aufgelöst.

- *Gibberellinsäurevorbehandlung*: Man liess die Samen in der Klimakammer zuerst in einer GA_3-Lösung ($5x10^{-3}$Mol/l) 6 Tage lang aufquellen. In jede Petrischale wurden 10 ml GA_3-Lösung gegeben, wobei am dritten Tag die Lösung erneuert wurde. Am siebten Tag wurden dann die Samen in neue, mit Wasser befeuchtete Petrischalen gegeben und dort während der ganzen Versuchsdauer nach Bedarf mit Brunnenwasser begossen.

d) Vorbehandlung mit zwei kombinierten Faktoren

- *Skarifikation und kontinuierliche GA_3-Behandlung*: Die Samen wurden vor der Inkubation entweder mechanisch (Klinge) oder chemisch (H_2SO_4 conc.) skarifiziert und dann während der ganzen Versuchsdauer mit einer GA_3-Lösung nach Bedarf begossen.

3.4.2. *Keimungsversuche in Saatschalen*

Es wurden Eternitschalen (50 x 35 x 6,5 cm) bis 1 cm an den Rand mit Erde gefüllt. Neben steriler Gartenerde (pH ca. 6) wurde Boden von saurem Silikat (pH ca. 5) oder Karbonat (pH ca. 7) aus der Strelapassgegend (2350 m) oberhalb von Davos verwendet. In jeder Schale wurden in parallelen Reihen drei bis vier Arten mit je 100 Samen ausgesät (Ausnahme *Pulsatilla sulphurea* - 70 Samen, *Gentiana Kochiana* und *Gentiana Clusii* - je 200 Samen). Während der ganzen Versuchsdauer wurden die Schalen mit ionenfreiem Wasser begossen. Wie bei den Petrischalenversuchen wurden die Keimlinge dreimal pro Woche gezählt. Moose wurden periodisch entfernt.

Die Schalen wurden in einer Klimakammer und im Gewächshaus untersucht. In der Klimakammer herrschten folgende Bedingungen:

Trockentemperatur	: Tag 17°C, Nacht 10°C	
Feuchttemperatur	: Tag 13,7°C, Nacht 7,4°C	
Feuchtigkeit	: 70%	
Licht	: 16 Stunden	1½ Std. Morgendämmerung (3 Stufen) 13 Std. Tag (20000 Lux) 1½ Std. Abenddämmerung (3 Stufen)

Im Gewächshaus, das im Winter geheizt wurde, sank die Temperatur nie unter +5°C. Im Sommer wurden die Pflanzen vor zu intensiver Strahlung und zu hohen Temperaturen durch Sonnenstoren geschützt. Die relative Luftfeuchtigkeit wurde auf ca. 60-70% gehalten.
Die Schalen mit steriler Gartenerde wurden 300 Tage in die Klimakammer gestellt und anschliessend ins Gewächshaus gebracht. Auf saurem Silikat und Karbonat wurden je zwei Serien untersucht, die eine in der Klimakammer, die andere im Gewächshaus.

3.4.3. *Keimungsversuche im Felde*

Im Sommer 1977 wurden in der Strelapassgegend (2350 m) oberhalb von Davos je drei Versuchsflächen auf Silikat- und Karbonatboden angelegt. Auf jedem der beiden Bodentypen wurde eine Fläche in früh ausapernder, windexponierter Kuppenlage gewählt, eine zweite in einer sehr lange mit Schnee bedeckten Mulde (Schneetälchen), und eine dritte an einem sonnenexponierten Südhang. Die Flächen wurden mit einem 1 m hohen Drahtgitter eingezäumt.
Die Aussaat erfolgte im Herbst 1977. Auf jeder Fläche wurden zweimal je 100 Samen von jeder Art ausgesät: eine erste Serie auf nacktem Boden und eine zweite in die vorher fast auf Bodenhöhe geschnittene Pflanzendecke. Auf den Versuchsflächen mit nacktem Boden wurden Rasenziegel von ca. 15 cm Höhe ausgestochen, die an den Wurzeln haftende Erde abgeschüttelt und wieder auf die Versuchsflächen verteilt. Die ausgesäten Samen wurden ca. 0,5 cm mit der gleichen Erde bedeckt und der Boden leicht angedrückt. Auf den Versuchsflächen mit tiefgeschnittener Pflanzendecke wurden die Pflanzen mit einer Grasschere etwa 0,5 - 1 cm über dem Boden abgeschnitten, so dass die Samen direkt auf die Bodenoberfläche fielen. Anschliessend wurde das abgeschnittene Pflanzenmaterial als Schutz über die Versuchsflächen verteilt.
Der erste Schnee fiel schon am Tag nach der Aussaat und schloss somit die Gefahr einer Samenverwehung durch den Wind aus. Die Kontrollen erfolgten im Sommer 1978 und 1979, einmal pro Monat von Juli bis Oktober. Es wurden jeweils nur die Keimlinge notiert, die zu dem Zeitpunkt auf den jeweiligen Flächen vorhanden waren, ohne Berücksichtigung der Verluste. Die Gesamtzahl der ausgekeimten Samen nach zwei Vegetationsperioden ist jeweils aus der letzten Spalte der Tabellen über die Keimung im Felde (Kap. 4, S. 39ss.) ersichtlich.

Von einigen Versuchsflächen konnten für einzelne Arten Keimungs- und Sterberate nicht ermittelt werden, weil sich dort Jungpflanzen der untersuchten Art aus der Umgebung in den Versuchsflächen entwickelten.

3.5. *Beobachtung der Keimlings- und Jungpflanzenentwicklung*

3.5.1. *Entwicklung unter kontrollierten Bedingungen*

Um die Konkurrenz auf ein Minimum zu beschränken, wurden pro Art 5 - 10 Keimlinge in einer Saatschale belassen. Wegen der beschränkten Zahl der Individuen wurde die Entwicklung nur auf Grund von Messdaten oberirdischer Pflanzenteile ausgewertet. In regelmässigen Abständen wurden Blattzahl, Höhe und Durchmesser der Jungpflanzen sowie Anzahl und Länge eventuell vorhandener Triebe und weitere Beobachtungen festgehalten.
Für die Entwicklungsbeobachtungen auf Gartenerde wurden unabhängig von den Keimungsuntersuchungen in Petrischalen Keimlinge gezogen und anschliessend in Saatschalen gepflanzt.
Soweit möglich, wurden jeweils nach 5, 10, 20, 30, 50, 100 usw. Tagen (im Idealfall bis zur Blüte) Individuen der Arten gepresst und die Entwicklungsserien fotographiert.

3.5.2. *Entwicklung im Felde*

Die Beobachtungen im Felde erfolgten viermal pro Vegetationsperiode, gleichzeitig mit der Zählung der Keimlinge. In jeder Versuchsfläche wurden im Maximum je 10 Individuen pro Art in ihrer Entwicklung verfolgt: eine Messung der Höhe und des Durchmessers erwies sich aber wegen der geringen Entwicklung als sinnlos.

3.6. *Untersuchung der inneren Samenstruktur*

Um die innere Struktur der Samen genauer abzuklären, wurden aus etwa 10 Samen pro Art Mikrotomschnitte untersucht. Dazu wurden die Samen zuerst für einige Tage in 60%-igem Alkohol stehen gelassen, dann wurden sie während 3

Stunden in 96%-igem Alkohol und anschliessend während einer Nacht in eine Eosinlösung (Eosin/H_2O dest. 1:10) eingetaucht. Am nächsten Tag wurden die Samen mit 96%-igem Alkohol vom Eosin gereinigt und während einer ganzen Nacht in 100%-igen Alkohol gelegt. Die Ueberführung vom Alkohol ins Chloroform erfolgte am folgenden Tag in vier Schritten: a) 90 Minuten in einem Gemisch von absolutem Alkohol und absolutem Chloroform 3:1; b) 2 Stunden in einem Gemisch von absolutem Alkohol und absolutem Chloroform 1:1; c) 2 Stunden in einem Gemisch von absolutem Alkohol und absolutem Chloroform 1:3; d) in reinem Chloroform mit einigen Stückchen Paraffin.
Die Glasbehälter mit den Samen wurden während einer Nacht bei etwa 30°C stehen gelassen, um das Paraffin sukzessiv im Chloroform aufzulösen. Am folgenden Tag wurde zuerst wieder Paraffin beigefügt, die Glasbehälter wurden dann einen Tag lang gut verschlossen bei 56°C aufbewahrt. Anschliessend wurde wieder Paraffin zugeführt und im Ofen zum Schmelzen gebracht. Sobald sich das Paraffin im Chloroform aufgelöst hatte, wurden die Glasbehälter geöffnet und im Ofen aufbewahrt bis zum Versuchsbeginn. Es wurde darauf geachtet, dass während der Aufbewahrungszeit die Samen immer von flüssigem Paraffin bedeckt waren. Später wurden die Samen in Paraffinblöcke eingebettet und Mikrotomschnitte (15 µ) hergestellt.
Für die Färbung wurde die Hämalaunmethode nach MAYER (1903) angewandt. Die Behandlungszeiten wurden wie folgt modifiziert: Xylol 1 (15 Minuten), Xylol 2 (15 Minuten), abs. Alkohol (10 Minuten), 96% Alkohol (10 Minuten), 50% Alkohol (10 Minuten), H_2O dest. (10 Minuten), Hämalaun (12-15 Minuten), H_2O dest. (10 Minuten), 70% Alkohol (10 Minuten), 96% Alkohol (10 Minuten), abs. Alkohol (10 Minuten), Xylol 1 (15 Minuten) und Xylol 2 (15 Minuten, evtl. auch länger). Die Präparate wurden mit Caedax übergossen und zum Härten während einiger Tage im Ofen bei 56°C aufbewahrt.