

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

Herausgeber: Geobotanisches Institut, Stiftung Rübél (Zürich)

Band: 73 (1980)

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

Autor: Fossati, Alessandro

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: 28.11.2025

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

**Keimverhalten und frühe Entwicklungsphasen
einiger Alpenpflanzen**

**Germinating behaviour and early developmental
phases in some Alpine plants**

von Alessandro FOSSATI

1980

Ai miei genitori

*Mais les graines sont invisibles.
Elles dorment dans le secret de la terre
jusqu'à ce qu'il prenne fantaisie à l'une
d'elles de se réveiller...
Alors elle s'étire et pousse d'abord
timidement vers le soleil une ravissante
petite brindille inoffensive...*

SAINT-EXUPERY

Inhalt

Vorwort	5
1. Einleitung	7
2. Der sexuelle Fortpflanzungszyklus mit besonderer Berücksichtigung der alpinen Bedingungen	9
2.1. Produktion und Verbreitung der Samen	9
2.2. Keimruhe	12
2.3. Keimbedingungen	19
2.4. Keimung	21
2.5. Keimlings- und Jungpflanzenstadium	23
3. Material und Methoden	26
3.1. Liste und Gruppierung der untersuchten Arten	26
3.2. Ernte	28
3.3. Aufbewahren des Samenmaterials	28
3.4. Keimungsversuche	30
3.5. Beobachtung der Keimlings- und Jungpflanzenentwicklung	37
3.6. Untersuchung der inneren Samenstruktur	37
4. Keimverhalten und frühe Entwicklungsphasen der einzelnen Arten	39
4.1. Legende zu den Tabellen	39
4.2. Silikatarten	41
4.3. Karbonatarten	88
5. Vergleich des Keimverhaltens und der frühen Entwicklungsphasen	144
5.1. Spontane Keimung unter kontrollierten Bedingungen	144
5.2. Keimverhalten und Samenalter (kontrollierte Bedingungen)	149
5.3. Samenbehandlungen und ihre Wirkungen auf Keimungsrate und Keimungsverlauf (kontrollierte Bedingungen)	151
5.4. Keimlings- und Jungpflanzenentwicklung unter kontrollierten Bedingungen	158
5.5. Keimung, Keimlings- und Jungpflanzenentwicklung im Felde	161
6. Diskussion	170
Zusammenfassung - Résumé - Summary - Riassunto	181
Literaturverzeichnis	187

Vorwort

Die vorliegende Arbeit entstand in den Jahren 1976-79 am Geobotanischen Institut der ETH, Stiftung Rübel, in Zürich. Sie wurde durch den Schweizerischen Nationalfonds unterstützt, dem ich zu grossem Dank verpflichtet bin.

All jenen, die mir bei der Durchführung der Arbeit halfen, möchte ich hier meinen herzlichen Dank aussprechen. In erster Linie danke ich Herrn Prof. Dr. E. Landolt und Frau Prof. Dr. K. Urbanska-Worytkiewicz, unter deren Leitung die Arbeit entstand, für die Hilfe im Labor und im Felde sowie für die Beratung und Aufmunterung durch Diskussionen und Ratschläge.

Herrn L. Vetterli gilt mein Dank für die grosse Hilfe bei der praktischen Durchführung der Versuche und bei der Charakterisierung der Standortsansprüche der einzelnen Arten. Frau A. Hegi schulde ich einen speziellen Dank für das Kontrollieren vieler Versuche und für die Zeichnungen. Frau E. Wohlmann fertigte die graphischen Darstellungen an. Frau K. Weilenmann stellte mir unveröffentlichte Angaben zur Verfügung und stand mir, zusammen mit Herrn B. Krüsi, mit sprachlichen Korrekturen zur Seite. Frau M. Siegl und Herr E. Schäffer kontrollierten gelegentlich die Versuche. Herr M. Seidl pflegte die Pflanzen im Gewächshaus, Herr H. Sigg und Herr R. Graf photographierten die Versuche, Frau A. Honegger besorgte die Reinschrift. Die Mitarbeiter der "Alpinen Gruppe" unseres Institutes, Herr PD Dr. A. Gigon, Frau R. Dickenmann, Frau B. Egger, Herr E. Meisterhans, Herr O. Schwank und Herr G. Zumbühl, halfen mir bei den Feldarbeiten und sorgten während der "Davoser Jahre" für freundliche und heitere Stimmung im Hause der Familie Rüesch. Ihnen allen sei herzlich gedankt.

Frau L. König vom Institut für spezielle Botanik der ETH danke ich für die Hilfe bei der Bereitstellung der Herbarbögen, Frau B. Heller in Davos für die Erlaubnis, die Versuchsflächen auf ihrem Grundbesitz einzurichten.

Ganz besonders danke ich Frau G. Rabuffetti für die Uebersetzung von italienischen Abschnitten sowie für die Reinschrift ins Deutsche der ersten Fassung.

1. Einleitung

Die Pflanzen der alpinen Stufe, die äusserst extremen Standortsbedingungen ausgesetzt sind, bieten wichtige und interessante Untersuchungsobjekte im Rahmen der Geobotanik. Zahlreiche Arbeiten bestehen über Vegetationen und Standortfaktoren in den Alpen (u.a. BRAUN-BLANQUET und JENNY 1926, SCHROETER 1926, BRAUN-BLANQUET 1969, ELLENBERG 1978).

Um die Beziehungen in der alpinen Oekologie möglichst gut zu erfassen, sind Untersuchungen über die Fortpflanzung durch Samen von grosser Bedeutung. Keimungs- und Jungpflanzenstadien sind die kritischen Phasen im Pflanzenleben überhaupt. Für die alpine Stufe deutet BLISS (1971) an, dass "the upper limit of the species is controlled by a low reproductive capacity (seedling establishment)".

Im Laufe der Evolution haben sich die Pflanzen sowohl morphologisch als auch physiologisch an die Umweltfaktoren angepasst. Auch im Keimverhalten findet man solche Anpassungsformen, z.B. berichten schon KINZEL (1913-20) und LÜDI (1932) über "Licht-, Dunkel- und Frostkeimer". Detaillierte Untersuchungen über das Phänomen der Keimruhe in der alpinen Stufe wurden allerdings erst in letzter Zeit vor allem in den amerikanischen Rocky Mountains durchgeführt (u.a. PELTON 1956, AMEN 1965, 1967, BONDE 1965a,b). AMEN (1966) analysierte in seinem Bericht über Verbreitung und Funktion der Keimruhe bei den alpinen Pflanzen die verschiedenen Keimruheursachen und wies auf mögliche ökologische Zusammenhänge hin. Spärlich sind dagegen in der Literatur Angaben über die ersten Entwicklungsphasen der Jungpflanzen (v.a. SOYRINKI 1938, 1939, WAGER 1938, BLISS 1956, BONDE 1968, ZUBER 1968).

In der vorliegenden Arbeit werden Keimverhalten und Entwicklungsphasen der Jungpflanzen ausgewählter Arten aus den Schweizer Alpen untersucht, um einerseits Keimungspotential und -strategien, andererseits Durchsetzungskraft und Anpassungsfähigkeit der Keimlinge zu erfassen. Die Untersuchungen wurden sowohl unter kontrollierten Laborbedingungen als auch unter natürlichen Standortverhältnissen im Felde durchgeführt.

Das Keimverhalten wurde im Labor auf Fliesspapier, auf steriler Gartenerde, auf Silikat- und Karbonatboden getestet. Im Felde wurden Aussaaten an drei verschiedenen Standorten, jeweils auf Silikat- und Karbonatboden sowie auf

nackter und vegetationsbedeckter Bodenoberfläche durchgeführt. Dort wo Keimruhe auftrat, wurde im Labor versucht, sie mit künstlichen Behandlungsmethoden zu brechen. Die innere Samenstruktur wurde untersucht um eventuelle Beziehungen zu bestimmten Keimruhetyphen aufzuklären. Die Entwicklung der Pflanzen konnte im Labor in mehreren Fällen bis zur Blüte beobachtet werden. Im Felde dauerten die Beobachtungen zwei Jahre. In der Diskussion wird versucht, die Ergebnisse in einen Zusammenhang mit der Oekologie und der ökologischen Genetik der verschiedenen Arten zu bringen.

2. Der sexuelle Fortpflanzungszyklus mit besonderer Berücksichtigung der alpinen Bedingungen

2.1. Produktion und Verbreitung der Samen

Blühen. - In der alpinen Zone stellt die rasche Blüten- und Fruchtentwicklung der Arten eine Anpassung an die kurze Vegetationsperiode dar. Dieses schnelle Blühen, kurz nach der Schneeschmelze, ist aber nur dann möglich, wenn die Blütenanlagen bereits im Vorjahr gebildet wurden und als Knospen erfolgreich überwinterten (BLISS 1971). Ueberwinternde Blütenanlagen wurden bei frühblühenden Arten in den Zentralalpen (SCHRÖTER 1926), in den englischen Gebirgen (RAVEN und WALTERS 1956), in den Rocky Mountains (SPOMER 1964) und in Neuseeland (MARK 1970) beobachtet, ausserdem bei einigen Gräsern Alaskas (HODGSON 1966). SØRENSEN (1941) berichtete, dass etwa 92% der Blütenpflanzen Nordostgrönlands überwinterte Blütenanlagen aufweisen. MOONEY und BILLINGS (1961) haben in ihren Studien über *Oxyria digyna* nachgewiesen, dass das Blühen vom Photoperiodismus abhängt und temperaturbedingten Schwankungen unterliegt. Die Autoren beschreiben die alpinen Arten als Langtagspflanzen, von denen keine bei einer Photoperiode kürzer als 12 Stunden blüht. BLISS (1971) berichtet ausserdem, dass bei einer gegebenen Photoperiode eine Temperaturerhöhung eine beschleunigte Blütenentwicklung zur Folge hat.

Bestäubung. - Im Alpengebiet erfolgt die Bestäubung hauptsächlich durch Insekten, bedeutend seltener durch den Wind. Die niedrigen Temperaturen beschränken jedoch die Insektenaktivität auf eine Zeitspanne von wenigen Wochen und auch dann hauptsächlich auf die Sonnenstunden (MANI 1962). Daher sind die insektenbestäubten Pflanzen visuell ausgesprochen attraktiv, verfügen über Locksignale (leuchtende Farben, Duftstoffe u.a.), bieten den Insekten viel feste und flüssige Nahrung und darüber hinaus oft auch Schutz, Unterschlupf und Wärme (KEVAN 1972). Ausser der beschränkten Aktivität der Bestäuber können Schwankungen und Grenzen einer erfolgreichen Bestäubung auch durch starke Winde und heftige Regenfälle beeinflusst werden (GRUBB 1977).

Samenbildung. - In höheren Lagen kann die Samenbildung je nach mehr oder minder günstiger Wetterlage erfolgen oder ausbleiben, auch nach einer reichen Blüte (HOLWAY und WARD 1965). Die Zahl der lebensfähigen Samen kann

sogar in verhältnismässig günstigen Jahren gering sein (BILLINGS und MOONEY 1968). BLISS (1956) stellte fest, dass die Samenbildung mit extremer werdendem Standort im selben Gebiet abnimmt, so dass z.B. Arten die in Wiesen zahlreiche Samen hervorbrachten, an windexponierten Kanten oder unter spät schmelzenden Schneebänken wenige oder gar keine Samen trugen. MARK (1965) beobachtete im Rahmen seiner Untersuchungen über *Chionochoa rigida*, wie das Samengewicht bei dieser Art mit zunehmender Höhe deutlich abnimmt. Im allgemeinen aber bilden die Gebirgssippen, im Vergleich zu nahverwandten Tieflandsippen, grössere Samen (LANDOLT 1967).

Nach SALISBURY (1942) kann die Konkurrenz manchmal bei der Samenbildung wichtiger sein als die klimatischen und edaphischen Faktoren selbst; der Autor hebt als besonderen Aspekt der Konkurrenz die Tatsache hervor, dass diese eine Verzögerung in der geschlechtlichen Reife bewirken kann, und führt u.a. das Beispiel der *Gentiana lutea* an, die bei fehlender Konkurrenz nach 10 Jahren, bei vorhandener Konkurrenz jedoch manchmal erst nach 20-30 Jahren blüht.

Das Samenpotential einer Art kann durch Verluste verringert werden, hervorgerufen durch samenfressende Insekten und Vögel sowie durch Pilz- und Bakterienbefall (GRUBB 1977). Auf diesem Gebiet verfügt man jedoch bisher nur über mangelhafte Informationen.

Die genannten Faktoren können auch erklären warum bedeutende jährliche Schwankungen in der Produktion der Samen bei den verschiedenen Arten auftreten.

In der alpinen Stufe reifen Samen je nach Art, von Ende Juli bis Ende Oktober. Sie können sich dann entweder nackt oder zusammen mit bestimmten Organen von der Mutterpflanze trennen: bei *Anthyllis alpestris* bleiben z.B. die Früchte im Kelch und fallen mit ihm zusammen auf den Boden (MÜLLER 1955).

Samenverbreitung. - Mannigfaltige Mechanismen regeln die räumliche Verbreitung der Samen und werden von MÜLLER (1955, 1977) eingehend beschrieben.

Die Alpenpflanzen bestehen hauptsächlich aus Windwanderern (59,5%, VOGLER 1901). Viele Samen dieser Gruppe besitzen entweder besondere Vorrichtungen, die ihre Sinkgeschwindigkeit in der Luft verringern oder sie werden ballistisch durch den Wind verbreitet (KERNER von MARILAUN 1891). Im ersten Fall kann es sich um einen langen Federschweif (*Pulsatilla sulphurea*, *Geum montanum*, *Dryas octopetala*), pinselartige Haarschöpfe (*Salix*) oder einen Pappus

handeln, wie es bei einem Grossteil der Kompositen zutrifft, im zweiten Fall ist es normalerweise der Stengel, der sich zur Fruchtreife versteift und im Wind elastisch wirkt, so dass die in einer Kapsel enthaltenen Samen bei jedem Windstoss ausgestreut werden (*Gentiana Clusii* und *G. Kochiana*).

Viele Pflanzen werden durch Tiere, vor allem durch Vögel und Säuger verbreitet. Das kann auf verschiedene Weise geschehen: die Samen heften sich mittels schleimiger Drüsenhaare, Haken (*Ranunculus*) oder kleiner Dornen an das Fell oder Gefieder der Tiere und werden so herumgetragen und gelegentlich wieder abgestreift, oder sie werden von den Tieren gefressen und dann mit dem Kot keimfähig wieder ausgeschieden (*Ranunculus montanus*, *Potentilla erecta*, *Phleum alpinum*). Weitere Tierverbreiter sind mit einem Elaiosom versehen und die Verbreitung erfolgt durch Ameisen (*Carex ornithopoda*, *Thesium alpinum*), andere sind fleischig, die Vögel fressen das Fruchtfleisch und speien den Steinkern aus. Ausserdem können Früchte und Samen durch Tiere an einem Platz gespeichert und dann vergessen werden. Einige besitzen Lockmittel wie Düfte und leuchtende Farben.

Mehrere Pflanzen entwickeln ihrerseits die Verbreitungseinheiten auf einem offenen Fruchtblatt (*Caltha palustris*) oder auf elastischen Hebelmechanismen (*Thlaspi*), so dass ihre Keime von Regentropfen abgespült bzw. weggeschleudert werden können. Samen von Alpenpflanzen werden zudem gelegentlich durch Bäche über weite Strecken ins Tal geschwemmt (*Dryas octopetala*, *Linaria alpina*).

Während der vier Jahre, in denen ich das Material für die vorliegende Arbeit gesammelt habe, konnte ich auch im Alpengebiet selbst feststellen, was PORSILD (1951) über einige arktische Arten geschrieben hat: in vielen Fällen erfolgen Reife und Trennung der Samen von der Mutterpflanze erst nach dem ersten Schneefall im Herbst, die Samen können später beim Abrutschen des Schnees im Winter weggetragen werden.

Lebensfähigkeit der Samen. - Neben der räumlichen Verbreitung spielt auch die zeitliche Verbreitung eine wesentliche Rolle. Es ist eine bekannte Tatsache, dass die Lebensdauer der Samen von Art zu Art verschieden ist und dass sich diese Unterschiede in der Anzahl lebender Samen im Boden widerspiegeln (GRUBB 1977).

Die Lebensfähigkeit der Samen ist nicht nur von genetischen Faktoren abhängig. Auch Umweltfaktoren, denen die Mutterpflanze unterworfen ist, können

die Lebensdauer der Samen beeinflussen. HARRINGTON (1960) wies nach, dass Pflanzen, die unter ungünstigen Nährstoffbedingungen wachsen, mangelhaft Samen produzieren. AMEN (1965) stellte bei den Populationen von *Luzula spicata* in den Central Rocky Mountains fest, dass die Lebensfähigkeit der Samen mit zunehmender Höhe der untersuchten Standorte abnimmt. Im allgemeinen weisen jedoch die Samen der Alpenpflanzen eine hohe Lebensfähigkeit auf (AMEN 1966), die gemäss BILLINGS und MOONEY (1968) bei Dauerfrost im Boden sehr lange erhalten werden kann.

2.2. Keimruhe

Definition. - EVENARI (1956) definiert die Keimruhe als einen Zustand in dem der lebende Samen trotz der für das vegetative Wachstum günstigen Feuchtigkeits-, Temperatur- und Sauerstoffbedingungen nicht keimt.

Gemäss AMEN (1968) befindet sich ein Samen im Keimruhezustand, wenn gewisse Bedingungen ein weiteres Wachstum und die Entwicklung solange unterbinden, bis dem System ein bestimmter Faktor (Auslöser) zugeführt wird. Diese Bedingungen können aktive oder passive Inhibitionen sowie Undurchlässigkeit der Schale sein, was den Stoffwechsel vermindert. Während dieses Stadiums bleiben Wachstumspotential und biologische Integrität des Samens jedoch erhalten. VILLIERS (1972, 1975) unterscheidet drei klar voneinander abgegrenzte Fälle: die *eigentliche Keimruhe*, die *Quieszenz* und die *sekundäre Keimruhe* und definiert sie wie folgt:

- *Keimruhe*: Vorübergehender Entwicklungsstillstand, bei dem der Samen aufgrund seiner Struktur oder seiner chemischen Zusammensetzung über einen oder mehrere Mechanismen verfügt, die seine Keimung verhindern.
- *Quieszenz*: Vorübergehender Entwicklungsstillstand, der nur auf ungünstigen Umweltbedingungen beruht.
- *Sekundäre Keimruhe*: Während der Samenquellung sekundär durch ungünstige Keimungsbedingungen aufgedrängte Keimruhe.

Keimruhetypen. - Die Gründe für die Keimruhe sind verschiedener Art und ebenso verschieden sind die Klassifizierungen in der Fachliteratur (u.a. CROCKER 1916, NIKOLAEVA 1969 zit. in VILLIERS 1972). Die Auslösefaktoren liegen im allgemeinen entweder im Embryo, der rudimentär unreif oder physiologisch in-

aktiv sein kann, oder in der Samenschale, die mechanisch schwer zu durchbrechen oder für Wasser oder Gase undurchlässig sein kann, oder auch im Vorhandensein von Inhibitoren (keimungshemmenden Stoffen). In mehreren Fällen treten Kombinationen von Keimruhetypen auf.

- *Rudimentärer oder unreifer Embryo*. Der Embryo ist zum Zeitpunkt der Trennung von der Mutterpflanze noch nicht voll ausgebildet: In einigen Fällen, wie z.B. bei den von IVES (1923) untersuchten Samen von *Ilex opaca* oder bei den von mir untersuchten Samen von *Ranunculus alpestris* (Abb. 2, S. 34) besteht der Embryo aus zahlreichen meristematischen Zellen, seine Organe sind jedoch noch nicht ausdifferenziert. Weitere Arten besitzen Embryos, die zum Zeitpunkt der Verbreitung schon ausdifferenziert, jedoch sehr klein und vom Endosperm umhüllt sind; deswegen müssen sie nach der Quellung noch einige Zeit im Samen weiterwachsen, bevor sie keimungsfähig werden. Dies ist u.a. der Fall bei einigen *Viburnum*- (GIERSBACH 1937a) und *Fraxinus*-Arten (STEINBAUER 1937) sowie bei einigen von mir untersuchten alpinen Arten (vgl. FOSSATI 1976).
- *Physiologisch inaktiver Embryo*. Der Embryo ist voll ausgebildet aber das embryonale Enzymsystem noch inaktiv. Zu dieser Gruppe sollen auch die Samen gehören, die eine Stratifikationsperiode oder eine Nachreifezeit bei niedrigen Temperaturen benötigen (BARTON 1965a, VILLIERS 1972). Dieser Keimruhetyp tritt oft gleichzeitig mit dem Vorhandensein von Inhibitoren im Embryo auf. Werden solche Embryos freigelegt und mit H₂O gespült, erfolgt häufig eine Keimung. Dagegen verharren auch freigelegte und in feuchter Umgebung aufbewahrte Embryos in Keimruhe, solange kein Wasserverlust der Gewebe erfolgt und somit das Auswaschen von Substanzen aus dem Embryo unmöglich ist (VILLIERS 1972).
- *Undurchlässigkeit der Samenschale*. Während der Entwicklung des Samens bildet sich eine wasser- bzw. gasundurchlässige Samenschale. Typisch ist der Fall zahlreicher Leguminosen; ihre Samen sind mit einem hygroskopischen Ventil, dem sogenannten Hilum, versehen, das sich bei Trockenheit öffnet und bei Feuchtigkeit sofort wieder schliesst und somit das Eindringen von Wasser und folglich die Keimung verhindert (HYDE 1954). Das Beseitigen dieses Hindernisses führt zur sofortigen Keimung. Auch bei der Keimungsempfindlichkeit gegenüber hohen oder niedrigen Wasserspannungen, die bei vie-

len Arten nachgewiesen wurde, stellt die Samenschale einen bedeutenden Faktor dar. Es wurde nachgewiesen, dass mit der Entfernung der Schale auch diese Empfindlichkeit verschwindet (OGAWARA und ONO 1960, zit. in KOLLER et al. 1962).

Bei anderen Arten beruht die Keimruhe auf der Undurchlässigkeit der Samenschale für Gase, insbesondere Sauerstoff, und dadurch entstehende, teilweise anaeroben Bedingungen im Innern des Samens (AMEN 1968). CROCKER (1906) hat nachgewiesen, dass bei *Xanthium pennsylvanicum* die Samenschale eine Barriere gegen die Sauerstoffverbreitung im Samen darstellt. Bei Entfernung oder Beschädigung derselben sowie bei Zunahme des Sauerstoffpartialdrucks in der Umwelt erfolgt die Keimung. Dasselbe gilt für die Samen vieler Gramineen (VILLIERS 1972, 1975), die eine Nachreifezeit in trockenem Zustand benötigen (BARTON 1965b). Häufig wurde jedoch schon gezeigt, dass die Wirkungen der Schale auf die in ihr enthaltenen Inhibitoren zurückzuführen oder zumindest mit ihnen gekoppelt sind (BLACK und WAREING 1959, WAREING und SAUNDERS 1971).

- *Mechanisch schwer zu durchbrechende Samenschale.* Der Embryo kann die zu harte Samenschale aus eigenen Kräften nicht durchbrechen und ohne die Einwirkung von äusseren Faktoren nicht keimen. Dieser Keimruhetyp ist in letzter Zeit sehr umstritten. VILLIERS (1972) ist der Ansicht, dass die Ursache in vielen Fällen eher bei einem physiologisch inaktiven Embryo oder beim Vorhandensein von Inhibitoren zu suchen ist. Auch WAREING und SAUNDERS (1971) erachten es für unwahrscheinlich, dass das Ueberwinden der Keimruhe auf irgendwelche direkten Veränderungen in der Beschaffenheit der Samenschale zurückgeht, sondern eher auf eine grössere Fähigkeit des Embryos, die Samenschale zu durchbrechen. BARTON (1965a) gibt genaue Anweisungen, wie das durch die Samenschale dargestellte Hindernis beseitigt werden kann, nämlich durch Behandlung mit konzentrierter Schwefelsäure, durch Ritzen der Samenschale oder durch Bakterien und Pilze, falls die Samen bei warmer Temperatur auf einer feuchten Unterlage inkubiert werden.
- *Inhibitoren.* WAREING und SAUNDERS (1971) fassen die durch Versuche gewonnenen Nachweise dafür, dass Hormone bei der Kontrolle der Keimruhe eine Rolle spielen in drei Kategorien zusammen: a) Beobachtungen weisen direkt darauf hin, dass in bestimmten Fällen ein übertragbarer hormoneller Anreiz vorhanden sein muss, damit die Keimruhe erfolgt oder unterbleibt. b) Es

lassen sich manchmal Beziehungen zwischen einer Veränderung des endogenen Spiegels eines bestimmten Hormons und dem Zustand der Keimruhe feststellen.

c) Viele Beobachtungen haben gezeigt, dass exogene Hormone einen Einfluss auf das Auftreten oder Ausbleiben der Keimruhe ausüben können. Inhibitoren wurden nicht nur im Perikarp, sondern auch in Testa, Endosperm und im Embryo selbst, d.h. in allen Samenteilchen gefunden (WAREING und SAUNDERS 1971).

Meistens handelt es sich um flüchtige Stoffe, die sich in ihrem Chemismus stark voneinander unterscheiden. EVENARI (1949) gibt eine lange Liste von Inhibitoren an, die aus mehr als hundert Pflanzenarten isoliert wurden: Aldehyde, Alkaloide, ungesättigte Laktone und Säuren, Äthylen, Kumin, Dormin usw. Die Samen verschiedener Pflanzenarten sind gegenüber den gleichen Inhibitoren meist nicht gleich empfindlich. Zudem ist auch anzunehmen, dass in mehreren Fällen die Keimruhe gleichzeitig von mehreren Stoffen und deren Konzentrationsverhältnissen beeinflusst wird (AMEN 1968).

Die vegetativen Organe der Pflanzen können oft auch Stoffe enthalten, die als allelopathische Inhibitoren wirken. Betroffen werden dann die Samen, die sich in der Nachbarschaft dieser Pflanzen befinden. Die Hemmstoffe besitzen in diesem Fall eher einen ökologischen als einen physiologischen Charakter (KONIS 1947, BONNER 1950, BOULLAND 1967), weil sie möglicherweise um die Mutterpflanze herum ein gewisses freies Areal sichern. Beispiele allelopathischer Keimhemmung werden auch von DELEUIL (1951) und McPHERSON und MÜLLER (1969) berichtet. In einigen Fällen kommt es sogar zur Keimhemmung durch erwachsene Individuen derselben Art (WEBB et al. 1967, McNAUGHTON 1968, FRIEDMAN und ORSHAN 1975).

- *Kombinierte Keimruhe*. Die Schwierigkeit, einer bestimmten Art einen Keimruhetyp zuzuordnen, besteht darin, dass ein Keimruhemechanismus das Vorhandensein eines anderen nicht ausschließt und ein Samen Kombinationen mehrerer solcher Mechanismen aufweisen kann. *Fraxinus excelsior* (VILLIERS und WAREING 1964) besitzt bei der Trennung von der Mutterpflanze einen ausdifferenzierten aber noch sehr kleinen Embryo, dessen Wachstum im Samen bei warmer Temperatur relativ schnell erfolgt, obwohl es durch ein Perikarp, das die Sauerstoffzufuhr einschränkt, behindert wird. Aber auch wenn der Embryo ausgewachsen ist, zeigt er eine Keimruhe und benötigt eine Stratifikationsperiode, bevor er keimfähig wird. In diesem Fall liegen einerseits Sauerstoffmangel, andererseits ein zuerst unreifer und dann physiologisch

inaktiver Embryo vor, alles Faktoren, die zur Verlängerung der effektiven Keimruheperiode des Samens beitragen.

Oekologische Bedeutung der Keimruhe. - Sie wird von AMEN (1963, 1966, 1974) klar definiert: bei ungünstigen Wachstumsbedingungen werden in einem lebensfähigen, aber sich im Keimruhezustand befindenden Samen sowohl die Lebensfähigkeit als auch das Differenzierungspotential des Individuums erhalten, wenn auch in einem scheinbar leblosen Zustand ("kryptobiotische Phase"). Tatsächlich besteht das Hauptziel der verschiedenen Keimruhemechanismen darin, die Keimung auf günstige Perioden zu beschränken, um das Ueberleben eines möglichst grossen Teils der Keimlinge zu sichern. Die Samen, die eine Stratifikationsperiode benötigen, verfügen über ein Kontrollsystem, das eine Keimung nur bei nachwinterlichen Bedingungen zulässt, wodurch vor allem die Gefahr des Erfrierens verringert wird (VILLIERS 1975).

Keimruhemechanismen wie z.B. die in einigen Samen enthaltenen wasserlöslichen Inhibitoren, die eine sehr grosse Regenmenge ertragen bevor sie ausgewachsen sind, dehnen die Keimungsperiode der Population über eine lange Zeitspanne aus. Somit werden einerseits Ueberbevölkerung durch Keimlinge und andererseits hohe Verluste als Folge ungünstiger Bedingungen nach einer massiven Keimung vermieden.

Zwei Systeme von Regulierungsmechanismen der Keimung werden von KOLLER (1960) anhand der wasserundurchlässigen Samenschalen beschrieben: entweder kann die Wasserundurchlässigkeit unregelmässig und über eine lange Zeit hin von der Samenpopulation verschwinden, oder sie kann unter Einwirkung eines bestimmten Umweltfaktors gleichzeitig bei fast der ganzen Population verschwinden. Im ersten Fall würden sich zufällig auftretende, für die Keimung ungünstige Bedingungen weniger stark auswirken. Im zweiten Fall würden besondere Standorte begünstigt.

Arten, die eine Keimruhe aufweisen, sind *in der alpinen Stufe* häufig. Nach PELTON (1956) weisen von den 18 von ihm untersuchten Arten 50% Keimruhe auf, nach BLISS (1958) von den 26 von ihm untersuchten Arten 25%.

Wie bei den Tieflandarten scheinen die Ursachen für die Keimruhe bei den Alpenpflanzen unterschiedlich zu sein, die häufigsten dürften jedoch mit der Samenschale zusammenhängen. Tatsächlich ist es im Labor bei mehreren Alpenpflanzen gelungen, durch Skarifikation die Keimruhe zu brechen oder die Keimrate zu erhöhen (PELTON 1956, AMEN und BONDE 1964, AMEN 1965, 1966, 1967,

BELL und AMEN 1970, FOSSATI 1976 und die vorliegende Arbeit). AMEN (1966) erklärt diesen Keimruhetyp durch einen offensichtlichen Zusammenhang zwischen Skarifikation und den normalerweise durch Solifluktion und Wind an den Standorten dieser Arten verursachten Reibungen. Eine zusätzliche Skarifikationsmöglichkeit ist in der Natur durch die Verdauungswirkung der epiphytischen Pilze gegeben; PELTON (1956) meint, dass während der natürlichen Stratifikationszeit im Winter die Pilze die Samenschale soweit aufweichen können, dass im folgenden Frühling eine Keimung ermöglicht wird. Die Samen bestimmter Arten werden auch von Weidetieren und Vögeln gefressen und unterliegen damit der Wirkung der Magensäuren, was ebenfalls einer chemischen Skarifikation der Schale entspricht.

MIROV (1936) hat bei seinen Untersuchungen einen direkten Zusammenhang zwischen der Meereshöhe und der Anzahl Pflanzen, die eine Stratifikation benötigen, festgestellt. KINZEL (1913, 1915, 1920) und LÜDI (1932) bezeichneten verschiedene Arten als "Frostkeimer"; das Kältebedürfnis für die Samenkeimung scheint jedoch in der alpinen Stufe nicht sehr häufig aufzutreten. AMEN (1966) führt diese Tatsache auf die isolierende Wirkung der Schneedecke und auf die kurze Vegetationsperiode der meisten Alpenpflanzen zurück. Nach Aussage von AMEN wäre eine temperaturabhängige Keimruhe unter solchen Bedingungen für das Ueberleben der Samen nicht von Vorteil. In einigen Fällen konnten jedoch bestimmte Stratifikationsbehandlungen experimentell als nützlich nachgewiesen werden (GIERSBACH 1937b, SCHROEDER und BARTON 1939, FAVARGER 1953, PELTON 1956, AMEN und BONDE 1964, BIANCO und BULARD 1976b).

In der alpinen Stufe erfolgt die Keimung normalerweise nicht früher als eine Woche nach der Schneeschmelze (SÖYRINKI 1938, 1939, SØRENSEN 1941); diese Tatsache kann mit der Bodentemperatur, die sich tagsüber auf 10-15^oC erhöht, aber auch mit der Strahlungsstärke in Verbindung gebracht werden, wenn man bedenkt, dass 5 cm Schnee bestenfalls 30%, 20 cm nur noch 5% des Lichtes durchdringen lassen (TRANQUILLINI 1957). Dass Licht und Temperatur gekoppelt wirken können, d.h. dass bestimmte Lichtbedingungen von gewissen Temperaturen in ihrer Wirkung gesteigert, vermindert, eliminiert oder qualitativ geändert werden können, wurde auch von KOLLER et al. (1962) gezeigt.

Das Muster der Lichtempfindlichkeit bei Samen von Alpenpflanzen ist wenig bekannt, da die Lichtverhältnisse für die verschiedenen alpinen Standorte noch nicht systematisch untersucht wurden (AMEN 1966). Bei den Laboruntersu-

chungen, wo die Samen in parallelen Serien bei Licht und Dunkelheit getestet wurden (BLISS 1958, MOONEY und BILLINGS 1961, SAYERS und WARD 1966, FOSSATI 1976), keimte der grössere Teil der Arten besser bei Licht. Es konnte auch nachgewiesen werden, dass bestimmte Arten auf verschiedene Sektoren des Lichtspektrums oder auf phosphoreszierendes Licht positiv reagieren (KINZEL 1907, 1908a,b, BIANCO 1972, BIANCO und PELLEGRIN 1973, BIANCO und BULARD 1974 1976a). Ein Beispiel dafür stellt die von AMEN und BONDE (1974) untersuchte *Carex ebenea* vom Colorado Front Range dar, die bei fluoreszierendem und hellrotem Licht am besten keimt; die amerikanischen Autoren erklären diese Verhaltensweise als ökologische Anpassung: bekanntlich nimmt das Verhältnis von hellrotem zu dunkelrotem Licht vom Sommer bis zum Herbst ab; da die Samen von *Carex ebenea* im Spätsommer oder Anfang Herbst reifen, ist im Winterhalbjahr zu wenig hellrotes Licht vorhanden, so dass die Samen erst im Frühjahr keimen können.

Die Wirkungen des Lichtes können weiter in bestimmten Fällen durch die Zufuhr von Gibberellinsäuren ersetzt werden: BIANCO und PELLEGRIN (1973) haben gezeigt, dass bei Samen von *Loiseleuria procumbens* durch die Anwendung von fluoreszierendem Licht zum Teil eine Keimung hervorgerufen werden kann, während diese bei Dunkelheit ausbleibt. Die Zufuhr von verschiedenen Gibberellinsäuren in genau festgelegten Konzentrationen kann hingegen, auch bei Dunkelheit, zu einer vollständigen Keimung der Samen führen.

In bestimmten Fällen kann die einzelne Pflanze verschiedene Keimruhetypen aufweisen; sogar aus derselben Blüte gehen häufig Samen mit unterschiedlichem Keimruhegrad hervor, und es ist eine bekannte Tatsache, dass sich bei den Kompositen die Keimungsmerkmale der Samen der gleichen Pflanze voneinander unterscheiden (VILLIERS 1972). AMEN (1966) stellte anhand von alpinen Pflanzen aus den Rocky Mountains die Hypothese auf, dass die Keimruhe den Arten nicht nur Ueberleben und Fortdauer, sondern möglicherweise auch eine wichtige oder dominante Stellung in der Gemeinschaft sichert: die meisten von ihm untersuchten Arten, die Keimruhe aufwiesen, gehören zu den dominierenden Arten der alpinen Pflanzengesellschaften. Er nimmt deswegen an, dass die Keimruhe zur Organisation und Zusammensetzung der Pflanzengesellschaft beiträgt.

2.3. Keimbedingungen

BILLINGS und MOONEY (1968) stellen fest, dass die Keimruhe und somit der Zeitpunkt der Keimung in der arktischen und alpinen Vegetationszone von der Tundra-Umwelt und ihren niedrigen Temperaturen gesteuert werden. Diese Feststellung wird von CHABOT und BILLINGS (1972) erweitert: diese Autoren betrachten die Feuchtigkeit - und damit das Wasser - sowie die Temperatur als primäre und sekundäre, andere limitierende Faktoren als tertiäre Steuerungselemente.

Wasser. - Zum Zeitpunkt der Verbreitung enthalten die Samen normalerweise wenig Wasser. In diesem Zustand sind sie nicht keimfähig, weil sich ein Grossteil der lebenswichtigen biochemischen Prozesse im wässrigen Milieu abspielt. Sie müssen zunächst Wasser aufnehmen, und zwar - artspezifisch - mehr oder weniger viel (HUNTER und ERIKSON 1952); Wasser ist also für die Keimung unerlässlich.

Einige Untersuchungen haben weiter ergeben, dass die Keimung in bestimmten Fällen von den verschiedenen Feuchtigkeitsmengen abhängt (TEVIS 1958); in der Mehrzahl dieser Fälle ist anzunehmen, dass in der Natur der Regen eine Wirkung auf die Keimung ausübt, indem er zur Auswaschung von löslichen Hemmstoffen beiträgt (KOLLER 1955).

Temperatur (s. auch S. 17). - Biochemische und biophysikalische Aenderungen werden im Embryo von verschiedenen Temperaturen ausgelöst. Die Arten weisen spezifische Temperaturoptima auf (HESS 1974). Es wurde z.B. nachgewiesen, dass die optimale Keimungstemperatur der Alpenpflanzen im Labor zwischen 20°C und 30°C liegt (SAYERS und WARD 1966, BILLINGS und MOONEY 1968, CHABOT und BILLINGS 1972). *Gewm turbinatum*, aus den Rocky Mountains, keimt schnell (zu mehr als 50% innerhalb 3 Tagen) bei täglich zwischen 5°C und 15°C schwankenden Temperaturen. BLISS (1971) bezeichnete dieses Verhalten als Anpassung, die eine schnelle Keimung im Sommer ermöglicht, wenn das verfügbare Bodenwasser oft nur auf kurze Zeiträume beschränkt ist. Nach AMEN (1966) liegt kein Beweis dafür vor, dass Samen von Alpenpflanzen bei konstanten Temperaturen unter 10°C keimen können. HARPER (1965) deutete seinerseits an, dass doch ein gewisser Prozentsatz einer Samenpopulation an die Keimung bei niedrigen Temperaturen besonders angepasst sein könnte. CHABOT und BIL-

LINGS (1972) sind der Ansicht, dass, obwohl die durch niedrige Temperaturen hervorgerufene Verlangsamung des Stoffwechsels eine ausreichende Erklärung für die Nichtkeimung bei niedrigen Temperaturen darstellen könnte, die von HARPER angedeutete Möglichkeit geprüft werden sollte.

Alternierende Temperaturen wirken sich während der Keimungszeit sehr günstig aus. SAYERS und WARD (1966) haben festgestellt, dass bei den alpinen Pflanzen durch einen Wechsel von 10°C in der Nacht und 20°C am Tag die höchste Keimungsrate erzielt wird. Dies lässt sich nach TOOLE et al. (1956) damit erklären, dass die intermediären Atmungsprodukte, die bei höherer Temperatur erzeugt werden und sich für die Keimung bei dieser Temperatur als ungünstig erweisen, bei tieferen Temperaturen als Promotoren wirken können.

Nach KOLLER (1962) brauchen viele Arten zuerst eine Aktivierungsperiode bei tiefer Temperatur und dann eine Periode mit mittlerer Temperatur für die eigentliche Keimung.

Eine Wirkung üben auch tiefe Temperaturen auf bereits gequollene Samen aus: die Stratifikation kann einerseits zur Vermeidung von "physiologischen Zwergen" (COME 1970) und andererseits zur Aufhebung von Inhibitoren führen. Die Gibberellinsäure ersetzt möglicherweise die Kälteeinwirkung. Es wird deshalb angenommen, dass die Kälteeinwirkung eine Erhöhung des endogenen GA₃-Spiegels induziert (HESS 1974).

Schliesslich kann Kälte auch bewirken, dass die Samenschale weicher wird (COME 1970).

Sauerstoff. - Die Bereitstellung der für die Keimung notwendigen Energie aus der Atmung setzt Sauerstoff voraus. Das Vorhandensein von Sauerstoff in der Umgebung und im Samen stellt also in der Regel eine der Keimbedingungen dar.

THORNTON (1935) hat gezeigt, dass der ganze Samen (mit Schale) 50-60mal mehr Sauerstoff benötigt als der nackte Embryo. Daraus lässt sich schliessen, dass die Samenschale der Sauerstoffdiffusion einen grossen Widerstand entgegengesetzt. Der Autor meint, dass die Keimruhe u.a. von einem Sauerstoffmangel zu einem gewissen Zeitpunkt der Ontogenie induziert wird. Sauerstoff ist in Wasser nur schwer löslich. Bilden sich um den Samen Wasserfilme, so können sie zu einem Sauerstoffmangel innerhalb des Samens führen und somit einen Keimverzug verursachen (COME 1970).

Eine Wirkung von Sauerstoff als Promotor ist ebenfalls bekannt. Im Samen

sind nämlich Hemmstoffe nachgewiesen worden, die durch Oxydation ihre Wirkung verlieren (BLACK 1956, WAREING und FONDA 1956). DAVIS (1930) zeigte an *Xanthium*-Samen, dass ein zu schwacher Sauerstoffpartialdruck eine sekundäre Keimruhe zur Folge haben kann.

Licht (s. auch S. 17). - Ueber die Lichtempfindlichkeit von Samen sind viele Arbeiten veröffentlicht worden, u.a. jene von CHOUARD (1954), EVENARI (1956, 1965) und ROLLIN (1963, 1966, 1968). Die Untersuchungen haben zu einer Unterteilung der Samen in drei Gruppen geführt: die positiv lichtempfindlichen Samen (70%), deren Keimung durch Weisslicht begünstigt wird; die negativ lichtempfindlichen Samen (25%), deren Keimung durch Licht gehemmt und durch Dunkelheit begünstigt wird; und die nicht lichtempfindlichen Samen (5%), die bei Tageslicht und bei Dunkelheit gleich gut keimen. Diese Gruppierung gilt für ganze und frisch geerntete Samen, die bei normalen Temperatur- und Feuchtigkeitsbedingungen inkubiert werden. Werden sie dagegen trocken aufbewahrt, kann die Photoempfindlichkeit verloren gehen (COME 1970). Nach BARTON (1965a) kann die Lichtempfindlichkeit ausserdem von Faktoren wie Alter der Samenschale, Temperatur, Vorhandensein gewisser Lösungen usw. abhängen. ROLLIN (1956) sowie BLACK und WAREING (1959) zeigten, dass in der Samenschale Hemmstoffe photochemisch reagieren und inaktiviert werden.

2.4. Keimung

Definition. - Im allgemeinen wird im Labor ein Samen als gekeimt betrachtet, wenn die Radicula die Samenschale durchbrochen hat. Diese Definition wird auch im Rahmen dieser Arbeit für die Versuche in Petrischalen verwendet. Vom physiologischen Standpunkt aus gesehen, bedeutet das Durchbrechen der Samenschale durch die Radicula den Endpunkt des Keimungsprozesses (EVENARI 1957). In der Zeitspanne zwischen Quellung und Durchbrechen der Samenschale hat im Embryo eine irreversible Veränderung stattgefunden: vor der Verlängerung der Radicula kann nämlich der Samen ohne Schaden wieder entwässert werden; findet aber die Entwässerung erst nach Beginn des Wachstums statt, dann ist der Embryo, ausser in seltenen Ausnahmen, bereits tot. COME (1970) berichtet, dass mehrere Autoren diese irreversible Veränderung als die beste Charakterisierung der Keimung betrachten.

Die aus dem Samen austretende Radicula sorgt zuerst für die Befestigung des Keimlings im Boden. Bei den dikotylen Pflanzen wächst das Hypokotyl aus der Samenschale heraus, während die Kotyledonen zum grössten Teil noch darin stecken. Schliesslich zieht die sich beim weiteren Wachsen steigernde Spannung die Kotyledonen aus der Samenschale heraus, worauf der Keimling die Blätter zur Assimilation ausbreitet und ein selbständiges Leben beginnt. Bei den monokotylen Pflanzen tritt nach der Hauptwurzel - in einigen Fällen vor ihr - das einzige Keimblatt mit seinem Scheidenteil aus dem Samen heraus. Der Teil, der im Samen bleibt, dient als Saugorgan und führt dem Keimling die im Endosperm gespeicherten Reservestoffe zu. Dieser schiebt ziemlich bald sein erstes Blatt aus dem Scheidenteil des Kotyledons hervor (STRASBURGER et al. 1911).

In der *alpinen Stufe* ist die Zeitspanne, in der die Umweltbedingungen eine Keimung zulassen, sehr kurz. Die höchste Keimungsrate lässt sich normalerweise zu Beginn des Sommers feststellen (SÖYRINKI 1938, 1939, SØRENSEN 1941). Die in diesem Zeitraum, direkt nach der Schneeschmelze, keimenden Samen verfügen über einige Monate Zeit um Wurzeln zu schlagen, die ihnen die Nahrungsaufnahme ermöglichen und vor allem die Festigkeit während des folgenden Winters sichern. Risikoreicher und weniger vorteilhaft ist hingegen die Herbstkeimung, da die Keimlinge am Ende der Vegetationsperiode fast sofort ungünstigen Bedingungen ausgesetzt sind (s. Kap. 2.5., S. 23). BILLINGS und MOONEY (1968) stellten fest, dass in Hochlandtundren, wo im Spätsommer die Keimung grösstenteils durch den Mangel an Bodenfeuchtigkeit verhindert wird, die meisten Arten Samen ohne Keimruhe bilden. In Nasswiesen hingegen, wo sich die Bodenfeuchtigkeit lange hält, weisen viele der wichtigsten Arten eine Keimruhe auf (AMEN 1966).

Auch in der alpinen Stufe sind die Keimungsstrategien unterschiedlich. Einige Arten weisen einen verspäteten und verlängerten Keimungstyp auf (u.a. BONDE 1965 a,b); für andere dürfte z.B. die Hypothese von HESS (1974) zutreffen, nach der innere, temperaturabhängige Regulationen die Samenkeimung bei Eintritt einer niedrigen Temperatur unterbinden und sie erst später, nach Einwirkung der niedrigen Temperaturen über eine bestimmte, längere Zeitspanne hinaus zulassen.

2.5. Keimlings- und Jungpflanzenstadium

Keimlings- und Jungpflanzenphase stellen zweifellos die kritischsten und entscheidenden Zeitabschnitte im Lebenszyklus einer Pflanze dar, da sie gegenüber Umwelteinflüssen äusserst empfindlich sind. Nach CAVERS und HARPER (1967) sowie HAWTHORN und CAVERS (1976) ist anzunehmen, dass die grössten Unterschiede in der Häufigkeit einer Art an verschiedenen Standorten nicht auf die Keimung, sondern auf die unterschiedliche Ueberlebensrate der Keimlinge zurückzuführen sind und dass das Fehlen einer Art in einem bestimmten Biotop wenigstens teilweise an ihrer Unfähigkeit liegt, in diesem Biotop das Keimlingsstadium zu überleben. Die Autoren stellten fest, dass die Keimlinge eine grössere Sterblichkeit aufwiesen als erwachsene Pflanzen, und dies vor allem in den ersten Wochen, im Kotyledonenstadium oder kurz danach. CAVERS und HARPER (1967) haben in ihren Versuchen festgestellt, dass dort, wo Winterraussaaten durchgeführt worden waren, in den Monaten März und April eine Fülle von Keimlingen auftraten. Im späten Juni oder im Juli waren jedoch die meisten Keimlinge zugrunde gegangen. Ein zweiter Schub von Keimlingen folgte im späten Juli und im August, doch nur wenige überlebten Herbst und Winter. In der alpinen Stufe bestimmt die Unfähigkeit der Keimlinge sich zu etablieren die obere Verbreitungsgrenze einer Art (BLISS 1971).

WAGER (1938) stelle fest, dass die Sterblichkeit der weniger als 5 Jahre alten Jungpflanzen in der alpinen Stufe ca. 50% pro Jahr beträgt. Auch nach ZUBER (1968) gehen dort durchschnittlich mehr als die Hälfte der Keimlinge eines Sommers, die bis in den Herbst überleben, während des Winters zugrunde. Seiner Ansicht nach sind Frosthebungen und Gleitbewegungen des Bodens die Ursachen dafür. Die Frostwirkung, die oft zur Entwurzelung und Auswaschung der kleinen Pflanzen sowie zur physiologischen Austrocknung des Bodens führt, wird auch von BLISS (1971) und MILES (1973) für die hohe Sterblichkeit von Keimlingen und Jungpflanzen während des ersten Winters verantwortlich gemacht. Obwohl die Pflanzen in der alpinen Stufe der Alpen im Sommer nur selten der Trockenheit ausgesetzt sind (TRANQUILLINI 1964), können für die Jungpflanzen am Anfang ihres Entwicklungsstadiums, solange ihre Wurzeln noch sehr kurz sind, schon wenige niederschlagsfreie Tage tödlich sein. Weniger ausgeprägt sind diese Gefahren an Standorten mit einer geschlossenen

Pflanzendecke, die den Neuankömmlingen Schutz vor Frost und Solifluktion bietet. Nach BILLINGS und MOONEY (1968) könnte dies die Beobachtungen von GRIGGS (1956) in den Rocky Mountains erklären, wo Keimlinge vieler alpiner Arten in Polstern von *Silene acaulis* und ähnlichen Pflanzen häufiger auftreten und besser überleben als auf nacktem Boden. Im allgemeinen jedoch neigen geschlossene Gesellschaften dazu, neuen Pflanzen das Eindringen mittels Samen zu verwehren (CAVERS und HARPER 1967). Besonders in keimungsgünstigen Jahren führen die Licht-, vor allem aber die Wurzelkonkurrenz der Keimlinge untereinander sowie zwischen Keimlingen und ausgewachsenen Pflanzen zu einer erhöhten Keimlingssterblichkeit, insbesondere während der stärksten Wachstumsperioden (HAWTHORN und CAVERS 1976). Aus diesem Grunde sind die sogenannten "safe sites" - kleine offene Nischen, wo sich die Keimlinge etablieren können - von grosser Bedeutung (u.a. HARPER et al. 1961). Die äusserst geringe Keimlingsdichte in geschlossenen Gesellschaften lässt sich auch damit erklären, dass "safe sites" dort nur selten anzutreffen sind (MILES 1973). Einen weiteren limitierenden Faktor der Keimlingsdichte sind weidende Tiere. Ihr Einfluss wurde in bezug auf Wald und Grasland untersucht (SALISBURY 1942, CONNELL 1971, HARPER 1969, MILES 1974). Daten für die alpine Stufe liegen nicht vor, es ist aber anzunehmen, dass auch dort Pflanzenfresser, vor allem Nager, aber auch Vögel und niedere Tiere, wenigstens zum Teil eine selektive Rolle spielen.

Unter den limitierenden Faktoren seien auch die natürlichen intraspezifischen Selektionsprozesse erwähnt, ob sie nun stabilisierend (bei konstanter Umwelt) oder richtungsweisend (bei progressiver Umweltveränderung) sind.

Das Keimlingswachstum erfolgt in der alpinen Stufe unter natürlichen Bedingungen sehr langsam, am Ende der ersten Vegetationsperiode ist die Pflanze bei fast allen Arten noch winzig klein. Nach BILLINGS und MOONEY (1968) dient die erste Vegetationsperiode im Feld vornehmlich der Entwicklung des Wurzelsystems, da dies für das Ueberleben des Keimlings wegen der im Spätsommer in vielen alpinen Regionen stark austrocknenden Bodenoberfläche wichtig ist.

WAGER (1938) stellte fest, dass Jungpflanzen von *Luzula spicata* nach einem Jahr nur vier kleine Blätter aufwiesen, bei *Saxifraga oppositifolia* war das Wachstum so langsam, dass sich die Blätter erst im zweiten Jahr entwickelten. BONDE (1968) verglich die Jungpflanzen im ersten und dritten Sommer und

beobachtete dabei, dass die Anzahl der Blätter ziemlich konstant blieb (3 bis 3,8); nach zweimonatigem Aufenthalt im Gewächshaus vergrößerte sich die Blattzahl bei den gleichen Individuen von 3,8 auf 15 pro Pflanze und es entwickelten sich sogar Seitentriebe.

Ueber die Bedingungen, die die Entwicklung einer Pflanze vom Keimlings- bis zum Erwachsenenstadium braucht, ist wenig bekannt. Obwohl Keimlingsstadium und nachfolgende Entwicklungsphasen der Pflanze eng zusammenhängen, weisen verschiedene Autoren (u.a. MILES 1974, GRUBB 1977) darauf hin, dass bei mehreren Arten die optimalen Bedingungen für diese beiden Lebensphasen verschieden sein können.

Abiotische und biotische Umweltfaktoren beeinflussen den weiteren Verlauf der Pflanzenentwicklung. SCOTT und BILLINGS (1964) bewiesen, dass das Zusammenspiel mehrerer Faktoren ausschlaggebend ist und kein einzelner Faktor vorherrscht. In Untersuchungen von einwöchiger Dauer über die Wirkung bestimmter Umweltfaktoren auf das Jungpflanzenwachstum stellte BLISS (1956) fest, dass sich kaum Zusammenhänge herstellen lassen, da in einer so kurzen Zeitspanne die ausschlaggebenden Umweltbedingungen oft verwischt sind.

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 Standortansprüche 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 mit langer Schneebedeckung wachsen

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

Diese Arten wachsen hauptsächlich in schwach geneigten und infolge der Zufuhr Lage 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 versicolor*
- *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		
<i>Sesleria disticha</i>	20.8. Hauptertälli			8.9. Latschüelfurgga			4.10. Latschüelfurgga			10.10. Latschüelfurgga		
<i>Hieracium alpinum</i>	-			8.9. Latschüelfurgga			4.10. Latschüelfurgga (1)			- (2)		
<i>Senecio carniolicus</i>	9.10. Salezer Horn			-			-			11.10. Station Höhenweg		
<i>Cardamine alpina</i>	-			8.9. Latschüelfurgga			-			11.10. Latschüelfurgga		
<i>Salix herbacea</i>	9.10. Dorftälli			8.9. Latschüelfurgga			3.10. Steintälli			10.10. Latschüelfurgga		
<i>Gnaphalium supinum</i>	9.10. Dorftälli			8.9. Latschüelfurgga			4.10. Latschüelfurgga			10.10. Latschüelfurgga		
<i>Soldanella pusilla</i>	9.10. Dorftaälli			8.9. Latschüelfurgga			4.10. Latschüelfurgga			10.10. Latschüelfurgga		
<i>Geum montanum</i>	19.8. Strelaberg			8.9. Chilche Berg			4.10. Chilche Berg			10.10. Chilche Berg		
<i>Ranunculus Grenierianus</i>	19.8. Strelaberg			-			-			11.10. Dorfborg		
<i>Nardus stricta</i>	8.10. Dorftälli			8.9. Chilche Berg			4.10. Chilche Berg			10.10. Chilche Berg		
<i>Carex sempervirens</i> (S)	19.8. Strelaberg			-			4.10. Chilche Berg			10.10. Chilche Berg		
<i>Gentiana Kochiana</i>	19.8. Strelaberg			-			3.10. Latschüelfurgga			10.10. Latschüelfurgga		
<i>Helictotrichon versicolor</i>	-			8.9. Chilche Berg			1.10. Dorftälli			10.10. Chilche Berg		
<i>Luzula multiflora</i>	-			8.9. Chilche Berg			4.10. Chilche Berg			11.10. Chilche Berg (3)		
<i>Antennaria dioeca</i>	-			-			4.10. Chilche Berg			-		
<i>Pulsatilla sulphurea</i>	19.8. Strelaberg			-			2.10. Parsennmeder			-		
<i>Sagina Linnaei</i>	-			-			-			11.10. Strelapass		
<i>Veronica alpina</i>	-			-			-			11.10. Strelapass		
<i>Arabis coerulea</i>	20.8. Haupter-Tälli			-			-			11.10. Strelapass		
<i>Ranunculus alpestris</i>	19.8. Strelapass			8.9. Strelapass			3.10. Strelapass			11.10. Strelapass		
<i>Salix retusa</i>	-			8.9. Strelapass			1.10. Strelapass			-		
<i>Hutchinsia alpina</i>	-			8.9. Strelapass			3.10. Strelapass			-		
<i>Saxifraga caesia</i>	-			9.9. Schiawang			3.10. Schiawang			11.10. Schiawang		
<i>Dryas octopetala</i>	20.8. Haupter-Tälli			8.9. Strelapass			3.10. Schiawang			-		
<i>Carex firma</i>	-			9.9. Strelapass			3.10. Schiawang			11.10. Schiawang		
<i>Gentiana Clusii</i>	19.8. Strelapass			-			1.10. Schiawang			11.10. Schiawang		
<i>Helianthemum alpestre</i>	-			-			1.10. Strelapass			-		
<i>Anthyllis alpestris</i>	19.8. Strelapass			-			1.10. Strelapass			10.10. Strelapass		
<i>Sesleria coerulea</i>	19.8. Strelapass			8.9. Strelapass			3.10. Strelapass			11.10. Strelapass		
<i>Leontopodium alpinum</i>	9.10. Schiawang			-			-			11.10. Schiawang		
<i>Carex sempervirens</i> (K)	3.9. Schiawang			9.9. Schiawang			3.10. Schiawang			11.10. Schiawang		
<i>Scabiosa lucida</i>	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 { 1 1/2 Std. Morgendämmerung (3 Stufen)
13 Std. Tag (25000 Lux)
1 1/2 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
		*	*								
<i>Sesleria disticha</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
<i>Hieracium alpinum</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
<i>Senecio carniolicus</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
<i>Cardamine alpina</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
<i>Salix herbacea</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
<i>Gnaphalium supinum</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
<i>Soldanella pusilla</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
<i>Geum montanum</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
<i>Ranunculus Grenierianus</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
<i>Nardus stricta</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
<i>Carex sempervirens (S)</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
<i>Gentiana Kochiana</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
<i>Helictotrichon versicolor</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
<i>Luzula multiflora</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
<i>Antennaria dioeca</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
<i>Pulsatilla sulphurea</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
<i>Sagina Linnaei</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
<i>Veronica alpina</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
<i>Arabis coerulea</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
<i>Ranunculus alpestris</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
<i>Salix retusa</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
<i>Hutchinsia alpina</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
<i>Saxifraga caesia</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
<i>Dryas octopetala</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
<i>Carex firma</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
<i>Gentiana Clusii</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
<i>Helianthemum alpestre</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
<i>Anthyllis alpestris</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
<i>Sesleria coerulea</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
<i>Leontopodium alpinum</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
<i>Carex sempervirens (K)</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
<i>Scabiosa lucida</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	

1) Keimung ohne Vorbehandlung in Petrischalen; 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 ₂ SO ₄ conc
Wachstumshormonbehandlung	Kontinuierliche Gibberellinsäurebehandlung (GA ₃) Gibberellinsäurevorbehandlung
2 kombinierte Faktoren	Mechan. Skarifikation mit Klinge + GA ₃ Chem. Skarifikation mit H ₂ SO 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.

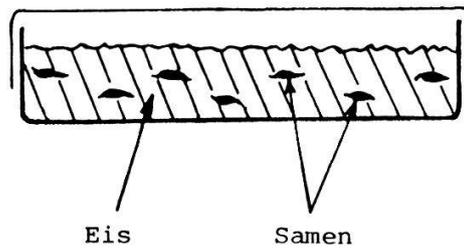


Abbildung 1. Petrischale im Tiefkühlschrank

- 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 zerlegt, 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.

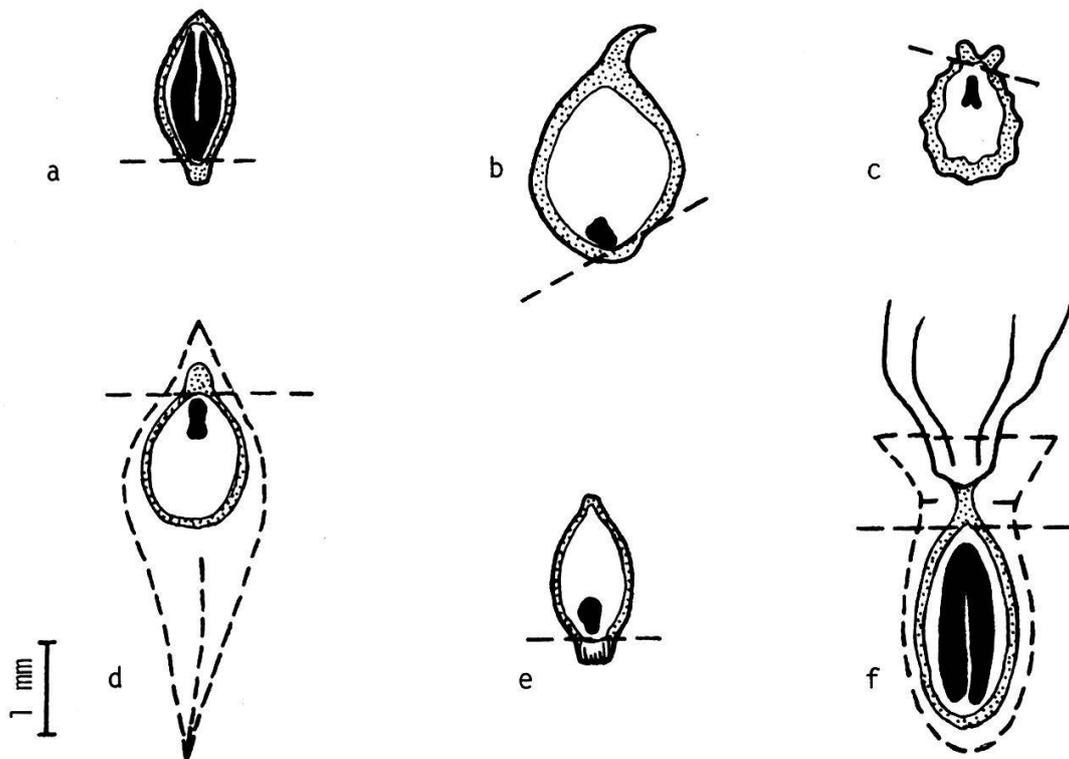


Abbildung 2. Mechanische Skarififikation mit Rasierkline (Schnittebenen)

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 (5×10^{-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 (5×10^{-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 $17^{\circ}C$, Nacht $10^{\circ}C$

Feuchttemperatur : Tag $13,7^{\circ}C$, Nacht $7,4^{\circ}C$

Feuchtigkeit : 70%

Licht : 16 Stunden { 1/2 Std. Morgendämmerung (3 Stufen)
13 Std. Tag (20000 Lux)
1/2 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 eingezäunt.

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 fotografiert.

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/H₂O 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 Hämalanmethode 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), H₂O dest. (10 Minuten), Hämalan (12-15 Minuten), H₂O 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.

4. Keimung und frühe Entwicklungsphasen der einzelnen Arten

4.1. Legende zu den Tabellen

4.1.1. Keimung unter kontrollierten Bedingungen

1) keine	:	keine künstliche Behandlung
2) 30 T/+4°C/feucht	:	30tägige
3) 60 T/+4°C/feucht	:	60tägige
4) 100 T/+4°C/feucht	:	100tägige
5) 1 T/-15°C/feucht	:	24stdige
6) 5 T/-15°C/feucht	:	5tägige
7) 30 T/-15°C/feucht	:	30tägige
8) 60 T/-15°C/feucht	:	60tägige
9) 100 T/-15°C/feucht	:	100tägige
10) 1 T/-15°C/trocken	:	1tägiges
11) 5 T/-15°C/trocken	:	5tägiges
12) Skar (H ₂ SO ₄)	:	chemische Skarifikation der Schale mit Konz. Schwefelsäure
13) Skar (Glaspapier)	:	mechanische Skarifikation der Schale mit Glaspapier
14) Skar (Klinge)	:	mechanische Skarifikation der Schale mit Rasierklinge
15) Skar Hilum (Klinge)	:	nur bei <i>Anthyllis alpestris</i> : Entfernung des Hilums mit Rasierklinge
16) Skar Testa (Klinge)	:	nur bei <i>Anthyllis alpestris</i> : mechanische Skarifikation der Schale (Testa) mit Rasierklinge
17) Skar (Spelzen)	:	nur bei Gramineen: Entfernung aller Spelzen
18) GA ₃	:	Dauerbehandlung mit Gibberellinsäure
19) GA ₃ → H ₂ O	:	1-wöchige Vorbehandlung mit Gibberellinsäure
20) Skar (H ₂ SO ₄) + GA ₃	:	wie bei 12)
21) Skar (Klinge) + GA ₃	:	wie bei 14)
22) Skar Hilum (Klinge) + GA ₃	:	wie bei 15)
23) Skar Testa (Klinge) + GA ₃	:	wie bei 16)
24) GAR	:	Aussaat auf steriler Bodenerde
25) SIL - KK	:	Aussaat auf Silikatboden in der Klimakammer
26) KAR - KK	:	Aussaat auf Karbonatboden " "
27) SIL - Gew	:	Aussaat auf Silikatboden im Gewächshaus
28) KAR - Gew	:	Aussaat auf Karbonatboden im Gewächshaus
29) SIL - Gew (GA ₃)	:	wie bei 27) + einwöchige Vorbehandlung mit Gibberellinsäure
30) KAR - Gew (GA ₃)	:	wie bei 28) plus 1-wöchige Vorbehandlung mit Gibberellinsäure

4.1.2. Keimung im Felde

- 1) SIL : Versuchsfläche auf Silikatboden
- 2) KAR : " auf Karbonatboden
- 3) SHang : " in Südhanglage
- 4) Kuppe : " in Kuppenlage
- 5) Schtä : " in Schneetälchenlage
- 6) Ve : Vegetationsbedeckt (Vegetation 0,5-1 cm über Boden abgeschnitten)
- 7) Na : Nackter Boden
- 8) - : Fläche zum Zeitpunkt der Kontrolle schneebedeckt

4.1.3. Entwicklung unter kontrollierten Bedingungen

- 1) Ta : Alter der Pflanzen (in Tagen)
- 2) Bl : Anzahl der Blätter
- 3) H : Höhe
- 4) Ø : grösster Durchmesser von oben gesehen
- 5) Be : Allgemeine Bemerkungen
- 6) K : Kotyledonblatt (Monokotyledonen) bzw. Kotyledonen (Dikotyledonen)
- 7) ∞ : Die Pflanze zeigt mehr als 20 Blätter
- 8) Ro : Kleine, jedoch schon gut ausgebildete typische Rosette aus 6-7 oder mehr Blättern (also nicht nur 3-4)
- 9) NRo : Nebenrosetten
- 10) Ae : Aeste, Triebe
- 11) Ho : Kleiner, jedoch deutlich erkennbarer Horstansatz (15-20 oder mehr Blätter)
- 12) Kn : Knoten (*Pulsatilla sulphurea*)
- 13) - : Bei *Pulsatilla sulphurea*: keine lebenden oberirdischen Teile, bei *Salix retusa*: alle Blätter verloren
- 14) Au : Ausläufer
- 15) Kr : Pflanze beginnt zu kriechen
- 16) Ka : Kalkausscheidungen sichtbar (*Saxifraga caesia*)
- 17) Ch : Chloroseerscheinungen
- 18) Δ : Vegetative Phase gut ausgebildet ("ausgewachsen"); potentiell könnte die Pflanze in die sexuelle Fortpflanzungsphase eintreten (auf Erfahrungen aus diversen Laboruntersuchungen und Beobachtungen in der Natur gestützte, jedoch subjektive Betrachtung)
- 19) F : Blüte
- 20) † : Alle beobachteten Individuen gestorben
- 21) (T) : In Töpfe versetzt
- 22) (G) : Von der Klimakammer ins Gewächshaus transportiert
- 23) (Ga) : In den Garten versetzt
- 24) KKam : Klimakammer
- 25) Gew : Gewächshaus

4.1.4. Entwicklung im Felde

- 1) K : Kotyledonenblatt (Monokotyledonen) bzw. Kotyledonen (Dikotyledonen)
- 2) † : Alle beobachteten Individuen gestorben
- 3) - : Fläche zum Zeitpunkt der Kontrolle schneebedeckt

4.2. Die Silikatarten

4.2.1. Arten, die an windexponierten Orten vorkommen

4.2.1.1. *Sesleria disticha* (Wulfen) Pers.

Vorkommen. - Im Gebiet kommt die Art nur an extremen Standorten vor, entweder auf stark humosen Böden an Windkanten mit sehr kurzer Schneebedeckung (Vegetationsperiode ca. 4 Monate) oder an steilen, schattigen Lagen. Sie kann dichte Horste bilden.

Nach BRAUN-BLANQUET (1969) Charakterart des *Caricetum curvulae*.

a) Keimung

Tabelle 4. Keimungsrate von *Sesleria disticha* unter kontrollierten Bedingungen (Legende s.S. 39)

Serie	Ernte-jahr	Behandlungen	Anzahl Samen	Start	Dauer (Tage)	Versuchstage					End. %
						10.	20.	30.	50.	100.	
1	1975	keine	60	1.76	140	0	0	3	17	25	25
2	1975	keine	50	1.78	140	0	0	0	2	36	56
3	1976	keine	60	1.77	130	0	0	0	3	22	35
4	1976	keine	50	4.77	120	0	0	2	2	28	38
5	1976	keine	50	1.78	140	0	0	0	6	24	42
6	1976	keine	50	5.78	150	0	0	6	18	46	52
7	1976	keine	50	1.79	150	0	0	0	0	12	24
8	1976	GA ₃	50	4.77	120	0	0	0	0	2	2
9	1976	SKAR(Spelzen)	50	5.78	150	0	0	4	20	52	66
10	1977	keine	50	1.78	120	0	0	0	0	2	2
11	1978	keine	50	1.79	150	0	0	0	14	22	40
12	1976	GAR	100	4.77	500	0	1	1	6	10	11
13	1977	SIL-KK	100	1.78	500	0	1	2	2	2	4
14	1977	KAR-KK	100	1.78	500	0	0	0	2	2	5
15	1978	SIL-Gew	100	3.79	350	0	3	4	4	4	4
16	1978	KAR-Gew	100	3.79	350	0	0	1	2	2	8

Keimung unter kontrollierten Bedingungen (Tab. 4). - In den *Petrischalen* begann die Keimung ohne Samenvorbehandlungen durchschnittlich nach 15-30 Tagen und schritt dann ziemlich regelmässig fort bis zum Versuchsabbruch. In

den ersten beiden Jahren (später nicht mehr) schien die Keimungsrate mit zunehmender Aufbewahrungsdauer anzusteigen (Serien 3, 4, 5, 6). Das Entfernen aller Spelzen (Skarifikation, Serie 9) brachte ein leichtes Ansteigen der Keimungsrate mit sich; GA₃ (Serie 8) hingegen zeigte keinerlei positive Wirkung. Leichter Pilzbefall war bei den Serien 10 und 11 zu verzeichnen; grössere Pilzinfektionen traten von der sechsten Woche an bei den Serien 4 und 8 auf, ohne jedoch (jedenfalls bei Serie 4) die weitere Keimung zu beeinträchtigen.

In den *Saatschalen* war die Keimungsrate im Durchschnitt niedriger als in den *Petrischalen*. Es ist zu bemerken, dass nur in den ersten 200 Tagen nach der Aussaat auskeimende Samen zu beobachten waren (gesamte Beobachtungsdauer 350 bzw. 500 Tage).

Tabelle 5. Keimungsrate von *Sesleria disticha* im Felde (Legende s.S. 40)
 Erntejahr : 1977 Aussaat: Oktober 1977
 Anzahl Samen: 100 Dauer : 2 Jahre

Fläche	Vorhandene Keimlinge								Total Keimungen 1978+1979
	Juli 1978	Aug. 1978	Sep. 1978	Okt. 1978	Juli 1979	Aug. 1979	Sep. 1979	Okt. 1979	
1 SIL-SHang-Ve	*	*	*	*	*	*	*	*	*
2 SIL-SHang-Na	0	0	0	0	4	5	5	6	6
3 KAR-SHang-Ve	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4 KAR-SHang-Na	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5 SIL-Kuppe-Ve	0	0	0	0	0	0	0	1	1
6 SIL-Kuppe-Na	0	0	0	0	1	2	4	4	4
7 KAR-Kuppe-Ve	0	0	0	0	0	2	2	2	2
8 KAR-Kuppe-Na	0	0	0	0	2	6	11	11	11
9 SIL-Schtä-Ve	-	0	0	-	0	5	5	-	5
10 SIL-Schtä-Na	-	0	0	-	3	3	3	-	3
11 KAR-Schtä-Ve	-	0	0	5	2	2	2	2	5
12 KAR-Schtä-Na	-	0	1	3	4	4	4	4	4

* nicht kontrollierbar

Keimung im Felde (Tab. 5). - *Sesleria disticha* keimte vor allem während des zweiten Sommers nach der Aussaat und zwar überall ausser auf den Karbonat-Südhang-Flächen (Serie 3 und 4). Die Silikat-Südhang-Fläche war auf dem vegetationsbedeckten Teil (Serie 1) aufgrund der Vegetationsdichte nicht kontrollierbar. Die beobachteten Keimungsraten waren mit denjenigen aus den Saatschalenversuchen im Labor vergleichbar.

Verluste: Im allgemeinen erwiesen sich die Keimlinge als widerstandsfähig, mindestens während des Sommers. Was hingegen den ersten Winter anbelangt, wies eine der beiden berücksichtigten Schneetälchen-Flächen keine Verluste auf (Serie 12), während bei der anderen, wahrscheinlich aufgrund von Bodenbewegung und Auswaschung, die Sterblichkeit mehr als 50% betrug (Serie 11).

b) Entwicklung der Keimlinge

Tabelle 6. Entwicklung von *Sesleria disticha* unter kontrollierten Bedingungen (Legende s.S. 40)

Petri → GAR (KKam → Gew); 6 beobachtete Pflanzen; Ernte: 1976; Start: März-Juni 1977; Dauer: 350 Tage																			
Ta	1-3	10	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	200	250	300	350			
Bl	K	K+1	K+2	K+3	13	∞											∞		
H				2	4	5	6	7	8	8	8	9	9	12	13		15		
∅					2	4	6	8	9	11	12	13	13	13	13		15		
Be		(T)			(G)		Ho				Δ						F		
SIL (KKam); 3 beobachtete Pflanzen; Ernte: 1976; Start: Januar-April 1978; Dauer 500 Tage																			
Ta	1-3	10	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	200	250	300	350	400	450	500
Bl	K	K+1	K+2	K+3	K+4	K+6	10	12	15	16	∞								
H						2	2,5	3	4	4	4	5	5	7,5	8	9	12	12	15
∅								2	3	4	4	5	7	8	10	11	13	13	15
Be										Ho									Δ
KAR (KKam); 5 beobachtete Pflanzen; Ernte: 1976; Start: Januar-April 1978; Dauer: 500 Tage																			
Ta	1-3	10	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	200	250	300	350	400	450	500
Bl	K	K	K+1	K+2	K+2	K+3	K+4	8	9	11	11	14	∞						
H				1	1	2	2	2	2	3	3	3,5	4	5	5	6	7	8	12
∅										1	1	1	2	3	5	5	6	7,5	7,5
Be															Ho				Δ

Entwicklung unter kontrollierten Bedingungen (Tab. 6). - Gartenerde: Die Keimlinge entwickelten sich rasch. Das Umtopfen (T) erfolgte während der ersten Woche. Nach 45 Tagen wurden die Töpfe von der Klimakammer ins Gewächshaus (G) gebracht. Am Ende des 2. Monats zeigten die Jungpflanzen mehr als 20 etwa 5 cm lange Blätter; ein richtiger Horstansatz (Ho) wurde jedoch erst gegen Mitte des 3. Monats ausgebildet. Zwischen dem 4. und dem 5. Monat konnten die Pflanzen als gut ausgewachsen (Δ) betrachtet werden; Blüten (F) traten etwa nach dem ersten Lebensjahr auf.

Silikat: Auf Silikatboden schritt die Entwicklung der Keimlinge anfangs schnell voran; mit der Zeit verlangsamte sie sich jedoch, und erst nach 4 Monaten entwickelten sich die ersten Horstansätze (Ho). Eine gut ausgebildete vegetative Phase (Δ) wurde erst gegen den 10. Monat erreicht. Während der ersten 500 Tage konnte keine Blütenentwicklung beobachtet werden.

Karbonat: Auf Karbonatboden erfolgte die Entwicklung bereits von Anfang an langsamer als bei den andern Serien. Ein kleiner Horstansatz (Ho) zeigte sich erst gegen Ende des 7. Monats und eine einigermaßen gut ausgebildete vegetative Phase (Δ) war erst nach ca. 15 Monaten zu beobachten. Während der ersten 500 Tage war keine Blütenentwicklung erfolgt.

Die *Sterberate* der Keimlinge war im Labor relativ gering (weniger als 10%). Ausfälle traten ausschliesslich bei der Gartenerde-Serie auf und zwar als Folge des Versetzens von Petrischalen in Töpfe.

Tabelle 7. Entwicklung von *Sesleria disticha* im Felde (Legende s.S.40)

Serie	Fläche	Anzahl Keimlinge	Sep. 1978	Okt. 1978	Juli 1979	Aug. 1979	Sep. 1979	Okt. 1979
2	SIL-SHang-Na	4			K+1	K+2	K+3	K+4
5	SIL-Kuppe-Ve	1						K+1
6	SIL-Kuppe-Na	3			K	K	K+1	K+2
7	KAR-Kuppe-Ve	2				K+1	K+3	K+3
8	KAR-Kuppe-Na	6			K	K+1	K+2	K+3
9	SIL-Schtä-Ve	5				K	K+2	-
10	SIL-Schtä-Na	3			K	K+1	K+2	-
11	KAR-Schtä-Ve	2		K	K+1	2	2	3
12	KAR-Schtä-Na	3	K	K+1	2	2	3	3

Entwicklung im Felde (Tab. 7). - Die Entwicklung der beobachteten Keimlinge erfolgte sehr langsam. Mitte Oktober 1979 waren sowohl die im Sommer 1978 als auch die im Sommer 1979 gekeimten Pflanzen noch sehr klein (Höhe und Durchmesser kleiner als 1 cm) und hatten nur 4 winzige Blätter (inkl. Kotyledonenblatt). In den Flächen 1, 3 und 4 konnten keine Beobachtungen durchgeführt werden (vgl. Tab. 5, S. 42).

4.2.1.2. *Hieracium alpinum* L.

Vorkommen. - Im Gebiet kommt die Art nur an extremen Standorten vor, entweder auf gut entwickelten, sehr sauren Böden in windexponierten Kuppenlagen (Vegetationsperiode etwa 4 Monate) oder in steilen Schattenlagen. Die Individuen dieser Art wachsen einzeln.

a) Keimung

Tabelle 8. Keimungsrate von *Hieracium alpinum* unter kontrollierten Bedingungen (Legende s.S. 39)

Serie	Ernte-jahr	Behandlungen	Anzahl Samen	Start	Dauer (Tage)	Versuchstage					End. %
						10.	20.	30.	50.	100.	
1	1976	keine	60	1.77	75	0	12	27	30	32	32
2	1976	keine	50	1.78	120	0	16	22	24	24	24
3	1977	keine	50	1.78	120	0	22	44	72	82	82
4	1977*	keine	50	1.79	60	44	92	92	92	94	94
5	1978*	keine	50	1.79	130	8	16	38	72	88	92
6	1977	SIL-KK	100	1.78	500	0	15	26	36	40	51
7	1977	KAR-KK	100	1.78	500	0	15	33	41	46	47
8	1978*	SIL-Gew	100	3.79	350	7	27	27	27	27	28
9	1978*	KAR-Gew	100	3.79	350	0	29	31	34	42	50

* Im Labor geerntete Samen

Keimung unter kontrollierten Bedingungen (Tab. 8). - In den *Petrischalen* keimte *Hieracium alpinum* ziemlich rasch und zeigte eine sehr hohe Keimungsrate. Die einzigen Ausnahmen bildeten die Serien 1 und 2; die Qualität der 1976 geernteten Samen war nicht sehr gut. Aus diesen beiden Serien gingen grösstenteils verkrüppelte Keimlinge hervor, und die Samen wurden sehr rasch und sehr stark von Pilzen befallen. Nach einem Monat waren die Schalen fast vollständig infiziert. Auch bei den Serien 3, 4 und 5 trat bereits nach 15-20 Tagen Pilzbefall auf, jedoch weniger ausgeprägt und ohne negative Folgen für die weiteren Keimungen.

In den *Saatschalen* war die Keimungsrate zwar tiefer als in den Petrischalen, aber immer noch relativ hoch. Die eher niedrige Keimungsrate auf Silikatboden im März 1979 (Serie 8) lässt sich möglicherweise auf die eher schlechte Qualität des Bodens zurückführen. Alle Samen keimten in den ersten 200 Tagen nach der Aussaat.

b) Entwicklung der Keimlinge

Tabelle 9. Entwicklung von *Hieracium alpinum* unter kontrollierten Bedingungen (Legende s.S. 40)

Petri → GAR (KKam → Gew); 4 beobachtete Pflanzen; Ernte: 1976; Start: Januar-Februar 1977; Dauer: 170 Tage													
Ta	1-2	10	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	170
Bl	K	K	K+1	2	3	4	6	7	13	13	18	∞	∞
H						2	3	5	10	14	14	14	14
∅				1	1	1,5	2,5	3	8	14	14	14	14
Be			(T)				Ro	(G)	Δ				F

SIL (KKam); 5 beobachtete Pflanzen; Ernte 1977; Start: Januar 1978; Dauer: 240 Tage														
Ta	1-2	10	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	200	240
Bl	K	K+1	K+2	K+2	K+2	4	6	6	9	13	14	15	18	∞
H			1	1,5	1,5	2	3	4	6	7	8	9	9	9
∅			1	1	2	2	5	5	9	10	11	14	14	14
Be							Ro			Δ				F

KAR (KKam); 5 beobachtete Pflanzen; Ernte: 1977; Start: Januar 1978; Dauer: 300 Tage															
Ta	1-2	10	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	200	250	300
Bl	K	K+1	K+2	K+2	K+2	3	3	4	5	7	7	10	12	∞	∞
H						1	1	1,5	2,5	3	3	6	7	7	8
∅							1,5	1,5	2,5	4	4	5	9	10	11
Be										Ro			Δ		F

Entwicklung unter kontrollierten Bedingungen (Tab. 9). - Gartenerde: Die Entwicklung verlief, trotz des Versetzens in Töpfe (T) während der zweiten Woche, sehr schnell. Am dritten Blatt erschienen die ersten Haare. Gut ausgebildete, grössere Rosetten (Ro) bildeten sich nach etwa 2½ Monaten. Am Anfang des dritten Monats wurden die Pflanzen ins Gewächshaus (G) gebracht, und nach zwei Wochen konnten sie als vegetativ gut ausgebildet (Δ) betrachtet werden. Sie wiesen ein Dutzend, ca. 10 cm lange Blätter auf, welche beidseitig mit zahlreichen, bis zu 1 cm langen Haaren besetzt waren. Die Blüten (F; ca. 25 cm hoch) erschienen 5½ Monate nach der Aussaat. Die gebildeten Samen wurden für weitere Keimungsversuche verwendet.

Silikat: Auf Silikatboden verlief die Entwicklung während der ersten 3 Monate genauso wie bei der Gartenerde-Serie. Danach wurde sie jedoch langsamer: erst

am Ende des 4. Monats konnten die Pflanzen als vegetativ gut ausgewachsen (Δ) betrachtet werden. Die Blüten (F; ca. 25-30 cm hoch) erschienen erst am Ende des 8. Monats nach der Aussaat. Die gebildeten Samen wurden für weitere Keimungsversuche verwendet.

Karbonat: Auf Karbonatboden verlief die Entwicklung am Anfang bedeutend langsamer als bei den beiden andern Serien. Die jungen Pflanzen schlugen nur schwer Wurzeln, und von einer mehr oder weniger gut ausgebildeten Rosette (Ro) konnte man erst nach 4 Monaten sprechen. Das Grün der Blätter war sehr hell (keine Chloroseerscheinung!). Gegen Ende des 7. Monats zeigten sich die Blätter schön und gesund, und die Pflanzen konnten als vegetativ gut entwickelt (Δ) bezeichnet werden. Blüten (F; bis 30 cm hoch) traten erst 10 Monate nach der Aussaat auf. Die gebildeten Samen wurden für weitere Keimungsversuche verwendet.

Die *Sterblichkeit* der Keimlinge war sehr niedrig (weniger als 10%) und trat nach dem Versetzen in Töpfe (bei der Gartenerdeserie) oder aber im Laufe der ersten zwei Monate auf.

4.2.1.3. *Senecio carniolicus* Willd.

Vorkommen. - Im Gebiet besiedelt die Art sehr unterschiedliche, immer aber extreme Standorte. Sie wächst entweder auf gut entwickelten Böden in eher exponierten Lagen mit kurzer Schneebedeckung oder in Schattenlagen mit kürzerer Vegetationszeit. Die Art meidet alle Böden, die auch nur geringfügig mit Ca versorgt sind. Die Individuen wachsen einzeln, stellenweise allerdings sehr dicht. Nach BRAUN-BLANQUET (1969) Charakterart des *Caricetum curvulae*

a) Keimung

Tabelle 10. Keimungsrate von *Senecio carniolicus* unter kontrollierten Bedingungen (Legende s.S. 39)

Serie	Ernte-jahr	Behandlungen	Anzahl Samen	Start	Dauer (Tage)						End. %
						10.	20.	30.	50.	100.	
1	1975	keine	60	1.76	120	2	3	3	3	3	3
2	1978	keine	50	1.79	44	40	86	96	100		100

Keimung unter kontrollierten Bedingungen (Tab. 10). - Die Qualität der 1975 gesammelten Samen (Serie 1) erwies sich als sehr schlecht: sie wurden rasch von Pilzen befallen und zeigten praktisch keine Keimung. Ganz anders die 1978 geernteten Samen (Serie 2): sie keimten sehr rasch und zu 100% innert 44 Tagen (kein Pilzbefall).

4.2.2. Arten, die an Orten mit langer Schneebedeckung wachsen

4.2.2.1. *Cardamine alpina* Willd.

Vorkommen. - Im Gebiet kommt diese Art in windgeschützten Schneetälchen in Zufuhrlage mit ausgesprochen kurzer Vegetationsperiode (1,5-3 Monate) vor. Die Individuen von *Cardamine alpina* wachsen oft dicht beieinander und bilden so eigentliche Rasen. Nach BRAUN-BLANQUET (1975) Charakterart des *Salicion herbaceae*.

a) Keimung

Tabelle 11. Keimungsrate von *Cardamine alpina* unter kontrollierten Bedingungen (Legende s.S. 39)

Serie	Ernte-jahr	Behandlungen	Anzahl Samen	Start	Dauer (Tage)	Versuchstage					End. %
						10.	20.	30.	50.	100.	
1	1976	keine	60	1.77	150	2	5	12	16	73	92
2	1976	keine	50	1.78	120	6	38	56	62	94	94
3	1976	keine	50	5.78	150	0	32	50	66	86	88
4	1976	keine	50	1.79	110	2	34	56	72	98	100
5	1976	GA ₃	50	5.78	150	8	62	78	84	86	86
6	1978	keine	50	1.79	150	6	12	14	20	46	56
7	1976	GAR	100	3.77	500	0	0	0	0	8	20
8	1976	SIL-KK	100	1.78	500	0	39	48	50	54	61
9	1976	KAR-KK	100	1.78	500	0	56	66	68	72	72
10	1976	SIL-Gew	100	3.79	350	0	8	12	12	13	28
11	1976	KAR-Gew	100	3.79	350	0	32	35	38	40	44

Keimung unter kontrollierten Bedingungen (Tab. 11). - *Cardamine alpina* keimte in *Petrischalen* im allgemeinen ziemlich rasch und wies eine sehr hohe Keimungsrate auf. Sogar die Keimungsrate der 1978 nicht voll ausgereiften geernteten Samen (Serie 6) überstieg 50%. GA₃ beschleunigte den Keimungsverlauf, erhöhte jedoch nicht das Endergebnis (vgl. Serien 3 und 5).

In den *Saatschalen* erfolgte die Keimung während der ersten 300 Tage nach der Aussaat.

b) Entwicklung der Keimlinge

Tabelle 12. Entwicklung von *Cardamine alpina* unter kontrollierten Bedingungen
(Legende s.S. 40)

Petri → GAR (KKam → Gew); 6 beobachtete Pflanzen; Ernte: 1976; Start: Januar-März 1977; Dauer: 105 Tage														
Ta	1-2	10	15	30	45	60	75	90	105					
Bl	K	K	K+2	3	5	10	20	∞	∞					
H							1	1,5	2					
∅					2	4	4	5	6					
Be		(T)					Ro(G)	Δ	F					
SIL (Gew); 5 beobachtete Pflanzen; Ernte: 1976; Start: März 1979; Dauer 135 Tage														
Ta	1-2	10	15	30	45	60	75	90	105	120	135			
Bl	K	K+1	K+1	K+2	K+4	K+6	9	15	∞		∞			
H					1	1	1,5	2	2	3	3			
∅					1	1	2	3	5,5	7	7,5			
Be						Ro		Δ			F			
KAR (Gew); 5 beobachtete Pflanzen; Ernte: 1976; Start: März 1979; Dauer 230 Tage														
Ta	1-2	10	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	200	230
Bl	K	K+1	K+1	K+2	K+4	7	12	15	∞					∞
H				1	1	1	1,5	1,5	2	2	2	2,5	2,5	2,5
∅				1	2,5	2,5	4	4	7	7	7	7	7	7
Be						Ro		Δ						F

Entwicklung unter kontrollierten Bedingungen (Tab. 12). - Gartenerde. Die Entwicklung erfolgte sehr schnell, trotz des Versetzens in Töpfe während der ersten Woche: gut ausgebildete Rosetten (Ro) nach 2 Monaten, vegetativ gut entwickelte Pflanzen (Δ) nach 3 Monaten und Blüten (F) nach 3 1/2 Monaten. Am Ende des zweiten Monats wurden die Pflanzen ins Gewächshaus gebracht (G). Nach der Blüte bildeten die Pflanzen Früchte; daraufhin erfolgte erneut eine starke vegetative Entwicklung: die einzelnen Rosetten bildeten jeweils mehr als 60 gestielte, ungeteilte, ovale ganzrandige, bis 3,5 cm lange Blätter (nach 150 Tagen: Höhe etwa 3,5 cm, ∅ etwa 7 cm).

Silikat (Abb. 3). Die vegetative Entwicklung erfolgte auf Silikatboden ähnlich wie bei der Gartenerde-Serie; die Blüten (F) erschienen jedoch erst im

Laufe des 5. Monats. Nach der Fruchtbildung verstärkte sich die vegetative Entwicklung auch hier.

Karbonat (Abb. 3). *Cardamine alpina* entwickelte sich auf Karbonatböden ähnlich wie bei den anderen beiden Serien; die Pflanzen blühten (F) jedoch erst während des 8. Monats.

Die Sterblichkeit war im allgemeinen gering (unter 10%) und trat entweder im Anschluss an das Versetzen in Töpfe (Gartenerde-Serie) oder während der ersten 1½ Lebensmonate (Silikat und Karbonat) auf.



Abbildung 3. Entwicklung von *Cardamine alpina* im Gewächshaus auf Silikat und auf Karbonat.

4.2.2.2. *Salix herbacea* L.

Vorkommen. - Im Gebiet kommt die Art häufig auf schwach geneigten Schneeböden, in windgeschützten, nicht stark besonnten Lagen, aber auch auf steilen, fließenden Böden in Nordlagen vor. Die Art bevorzugt eher kürzere Vegetationsperioden (1,5-3,5 Monate) und meidet früh ausapernde Südhänge. Die Art ist zum Teil bestandesbildend. Nach BRAUN-BLANQUET (1975) Charakterart des *Salicetum herbaceae*.

a) Keimung

Tabelle 13. Keimung von *Salix herbacea* unter kontrollierten Bedingungen (Legende s.S. 39)

Serie	Ernte-jahr	Behandlungen	Anzahl Samen	Start	Dauer (Tage)						End. %
						10.	20.	30.	50.	100.	
1	1975	keine	60	1.76	120	0	0	0	0	0	0
2	1975	keine	50	1.78	120	0	0	0	0	0	0
3	1976	keine	60	1.77	110	0	12	22	28	43	43
4	1976	keine	50	1.78	120	0	2	4	6	6	6
5	1976	keine	50	1.79	130	0	0	2	2	2	2
6	1977	keine	50	1.78	120	32	48	58	62	62	62
7	1978	keine	50	1.79	130	36	38	40	40	46	48
8	1976	GAR	100	3.77	600	0	0	0	0	0	0
9	1978	SIL-Gew	100	3.79	350	2	4	4	4	4	4
10	1978	KAR-Gew	100	3.79	350	1	1	1	1	1	1

Keimung unter kontrollierten Bedingungen (Tab. 13). - In den *Petrischalen* liess sich im ersten Jahr nach der Ernte im allgemeinen eine gute Keimung beobachten. Die 1975 geernteten Samen (Serie 1 und 2) stellten eine Ausnahme dar: sie wiesen keinerlei Anzeichen von Keimung auf und wurden sofort von Pilzen befallen (starke Infektion bereits nach ca. 20 Tagen). Nach 15-30 Tagen musste auch bei den Serien 3, 4 und 6 erheblicher Pilzbefall festgestellt werden. Die Keimungsrate verringerte sich deutlich mit zunehmender Dauer der Aufbewahrung (vgl. Serien 3, 4, 5).

In den *Saatschalen* war die Keimungsrate sehr niedrig auf Silikat- und Karbonatboden (Serien 9 und 10) und gleich Null auf steriler Gartenerde (Serie 8). Die Samen keimten nur in den ersten 20 Tagen nach der Aussaat.

Keimung im Felde. - Während der ersten beiden Jahre war trotz der guten Samenqualität (vgl. Serie 6 im Labor) keine Keimung festzustellen. Die beiden Silikat-Schneetälchen-Flächen waren schlecht kontrollierbar, da im Boden viele Aeste und Zweige derselben Art eingewachsen waren, deren jüngsten beblätterten Triebe nur schwer von Keimlingen zu unterscheiden waren. Kotyledonen wurden in keinem Fall beobachtet.

b) Entwicklung der Keimlinge

Tabelle 14. Entwicklung von *Salix herbacea* unter kontrollierten Bedingungen (Legende s.S. 40)

Petri → GAR (KKam → Gew); 4 beobachtete Pflanzen; Ernte: 1976; Start: Januar 1977; Dauer: 750 Tage																		
Ta	0	10	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	200	250	300	350	500	750
B1	K	K	1	2	4	4	6	7	10	12	15	20	-	-	∞			∞
H										2	2	3	4	4	4	4	4	4-5
∅										(1)	(1)	(1)	(5)	(8)	(15)	(15)	(30)	(50)
Ae										2-3	3	3	3-4	3-5	3-6	5-8	6-10	~20
Be		(T)					(G)			Ae				Kr	Δ	(Ga)		F

Entwicklung unter kontrollierten Bedingungen (Tab. 14). - Gartenerde. Die Pflanzen, die während der zweiten Woche aus den Petrischalen in Töpfe verpflanzt wurden (T), zeigten eine sehr langsame Entwicklung. Nach 2½ Monaten wurden sie aus der Klimakammer ins Gewächshaus (G) gebracht. Auch die weitere Entwicklung verlief sehr langsam: hin und wieder fiel ein verdorrtes Blatt ab, das durch ein neues ersetzt wurde. Nach 4 Monaten bildeten sich die ersten Aeste (Ae), aber vom 6. Monat an verloren die Pflanzen alle Blätter. Nach dem 9. Monat wiesen die Aeste neue Knospen auf und begannen zu kriechen (Kr); einen Monat später bildeten sich mehr oder weniger gleichzeitig, 15-25 neue, runde bis ovale, kahle, am Rande sehr leicht gezähnte, höchstens 1,5 cm lange Blätter. Zu diesem Zeitpunkt wurden die Pflanzen als vegetativ gut entwickelt (Δ) betrachtet. Blüten (F) bildeten sich jedoch erst mehr als 25 Monate nach der Keimung und nachdem die Pflanzen schon seit 13 Monaten im Garten (Ga) waren. Die *Sterblichkeit* auf Gartenerde war sehr hoch (mehr als 60%) und trat sowohl nach dem Versetzen in Töpfe als auch während der ersten 3-4 Monate nach der Keimung auf.

Silikat. - Auf Silikatboden entwickelte sich *Salix herbacea* noch langsamer als auf Gartenerde (5 kleine Blätter am Ende des 5. Monats). Die Jungpflanzen starben alle zwischen dem 6. und 7. Monat.

Karbonat. - Auf Karbonatboden starben alle Keimlinge ausnahmslos während des Kotyledonenstadiums, ohne auch nur ein einziges Blatt gebildet zu haben.

4.2.2.3. *Gnaphalium supinum* L.

Vorkommen. - Im Gebiet ist die Art verbreitet und häufig. Sie hat ihren Verbreitungsschwerpunkt auf stark versauerten "Schneeböden" in windgeschützter Lage mit eher kurzer, 2-4monatiger Vegetationsperiode. Bei geringer Deckung kommt sie auch an Standorten mit kurzer Schneebedeckung vor. Unter günstigen Bedingungen kann die Art rasenbildend sein. Nach BRAN-BLANQUET (1975) Charakterart des *Salicion herbaceae*.

a) Keimung

Tabelle 15. Keimungsrate von *Gnaphalium supinum* unter kontrollierten Bedingungen (Legende s.S. 39)

Serie	Ernte-jahr	Behandlungen	Anzahl Samen	Start	Dauer (Tage)	Versuchstage					End. %
						10.	20.	30.	50.	100.	
1	1975	keine	60	1.76	140	3	33	63	72	80	88
2	1975	keine	20	6.76	100	20	35	45	75	80	80
3	1975	keine	50	4.77	105	24	38	48	86	92	92
4	1975	keine	50	6.78	140	18	26	42	50	62	66
5	1975	keine	50	1.79	130	24	48	64	80	86	86
6	1975	30T/+4°/feucht	40	6.76	90	33	40	40	40	43	43
7	1975	5T/-15°/feucht	40	6.76	90	24	43	63	80	85	85
8	1975	5T/-15°/trocken	40	6.76	90	3	23	43	55	65	65
9	1975	1T/-15°/feucht	40	6.76	90	30	35	58	58	58	58
10	1975	1T/-15°/trocken	40	6.76	90	8	38	50	60	65	65
11	1975	SKAR (H ₂ SO ₄)	40	6.76	90	0	0	0	0	0	0
12	1975	SKAR (H ₂ SO ₄)+GA ₃	40	6.76	90	0	0	0	0	0	0
13	1975	SKAR (Klinge)	20	6.76	40	60	75	90	95		95
14	1975	SKAR (Klinge)+GA ₃	20	6.76	50	60	70	75	75		75
15	1975	SKAR (Glaspapier)	20	6.76	40	0	25	25	25		25
16	1975	GA ₃	40	6.76	30	50	95	97,5			97,5
17	1975	GA ₃	50	4.77	105	32	72	76	92	96	96
18	1976	keine	50	4.77	105	2	26	52	58	60	60
19	1976	keine	50	1.78	120	0	10	36	40	40	40
20	1977	keine	50	1.78	140	2	6	16	18	44	50
21	1978	keine	50	1.79	150	4	8	18	40	54	60
22	1977	SIL-KK	100	1.78	500	0	0	5	6	12	16
23	1977	KAR-KK	100	1.78	500	0	38	44	44	50	51
24	1975	SIL-Gew	100	3.79	350	0	6	7	7	7	7
25	1975	KAR-Gew	100	3.79	350	9	22	24	24	29	31

Keimung unter kontrollierten Bedingungen (Tab. 15). - *Gnaphalium supinum* keimte in Petrischalen ohne Vorbehandlung rasch. Die Keimungsrate war hoch. Temperaturvorbehandlungen brachten keine sichtbaren Verbesserungen. Durch GA₃-Behandlung (Serien 16 und 17) und Skarififikation mit Rasierklinge (Serie 13) hingegen liess sich sowohl eine Erhöhung der Keimungsrate als auch eine Beschleunigung des Keimungsverlaufes erzielen (vor allem während der ersten 20-30 Tage). Die chemische Skarififikation mit H₂SO₄ hingegen (Serien 11 und 12) hatte den Tod aller Samen zur Folge, Die 1976 geernteten Samen waren von schlechter Qualität und zeigten nicht nur eine niedrige Keimungsrate, sondern bildeten auch sehr schwache Keimlinge, die bald abstarben. Pilzbefall trat nur vereinzelt auf (Serien 6, 13, 15) und nur in einem Fall in grösserem Ausmass (Serie 19).

In den Saatschalen war die Keimung jeweils erheblich niedriger als in den Petrischalen. Die Keimung erfolgte in den ersten 150 Tagen nach der Aussaat.

Tabelle 16. Keimungsrate von *Gnaphalium supinum* im Felde (Legende s.S. 40)
 Erntejahr : 1977 Aussaat: Oktober 1977
 Anzahl Samen: 100 Dauer : 2 Jahre

Serie	Fläche	Vorhandene Keimlinge								Total Keimungen 1978+1979
		Juli		Aug.		Sep.		Okt.		
		1978	1978	1978	1978	1979	1979	1979	1979	
1	SIL-SHang-Ve	0	0	0	0	6	6	13	13	13
2	SIL-SHang-Na	0	0	1	1	22	34	30	30	34
3	KAR-SHang-Ve	0	0	0	0	14	5	0	0	14
4	KAR-SHang-Na	0	0	0	0	17	10	4	2	17
5	SIL-Kuppe-Ve	0	0	0	0	75	75	75	75	75
6	SIL-Kuppe-Na	1	0	0	0	15	21	8	6	22
7	KAR-Kuppe-Ve	100	100	75	55	55	55	55	55	100
8	KAR-Kuppe-Na	85	65	45	30	10	6	3	3	85
9	SIL-Schtä-Ve	-	14	10	-	20	20	20	-	24
10	SIL-Schtä-Na	-	100	50	-	50	50	23	-	100
11	KAR-Schtä-Ve	-	0	0	0	17	17	17	11	17
12	KAR-Schtä-Na	-	0	0	0	1	1	1	1	1

Keimung in Felde (Tab. 16). - In allen Flächen konnten Keimlinge beobachtet werden, in einigen sogar in grösserer Zahl. Die Keimung fand allerdings teilweise erst im zweiten Sommer nach der Aussaat statt. Die höchste Keimungsrate wurde in den Flächen auf Kuppen (Serien 7 und 8), sowie in Schneetälchen auf Silikatboden (Serie 10) beobachtet. Zwischen den Keimungsraten auf Silikat-

und Karbonatboden liess sich ebensowenig ein gesicherter Unterschied feststellen wie zwischen denjenigen auf vegetationsbedeckten und nackten Flächen. Eine Ausnahme bildete die nackte Fläche im Karbonat-Schneetälchen (Serie 12), wo ein einziger Samen während der beiden Beobachtungsjahre keimte.

Verluste: Aufgrund der Bodenbewegung oder Austrocknung der obersten Bodenschichten war die Sterberate während beider Sommer sehr hoch, besonders in den vegetationslosen Flächen. Auf allen Flächen verdorrten viele Keimlinge während des Sommers. Keimlingsverluste während des ersten Winters wurden hingegen nur auf einer einzigen Fläche in Kuppenlage (Serie 8) beobachtet. Hier waren die Verluste beträchtlich. Am Ende des zweiten Sommers lebten von den 497 *Gnaphalium supinum*-Keimlingen auf den 12 Versuchsflächen nur noch 239, also weniger als 50%.

b) Entwicklung der Keimlinge

Tabelle 17. Entwicklung von *Gnaphalium supinum* unter kontrollierten Bedingungen (Legende s.S. 40)

Petri → GAR (KKam → Gew); 6 beobachtete Pflanzen; Ernte: 1975; Start: Mai 1977; Dauer: 200 Tage													
Ta	1-2	10	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	200
B1	K	K	2	4	6	9	12	20	∞				∞
H							1	1	1	1,5	1,5	2	3
∅						1	2	2,5	2,5	2,5	2,5	3	4,5
NRo												1	2-3
Be			(T)			Ro		(G)				Δ	F

SIL (Gew); 3 beobachtete Pflanzen; Ernte: 1975; Start: April 1979; Dauer 135 Tage											
Ta	1-2	10	15	30	45	60	75	90	105	120	135
B1	K	K+1	K+4	6	12	18	20	∞			∞
H					1	1,5	2	3	3,5	4	4
∅					1	2	2	3	3,5	3,5	3,5
NRo								1	1	4-6	4-6
Be					Ro			Δ			F

KAR (Gew); 5 beobachtete Pflanzen; Ernte: 1975; Start: März 1979; Dauer: 300 Tage															
Ta	1-2	10	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	200	250	300
B1	K	K+2	K+2	K+4	K+6	12	18	20	∞					∞	-
H						1	2	3	3,5	3,5	3,5	4,5	4,5	4,5	-
∅						1	2	3	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	-
NRo								1	1	2-3	2-3	5	5	5	-
Be						Ro		Δ						Ch	†

Entwicklung unter kontrollierten Bedingungen (Tab. 17). - Gartenerde.

Anschliessend an eine Anpassungsphase nach dem Versetzen in Töpfe (T) entwickelten sich die Jungpflanzen ziemlich rasch: ausgebildete Rosetten (Ro) nach 2 Monaten, vegetativ gut entwickelte Pflanzen (Δ) nach 5 Monaten, Blüten nach 6 1/2 Monaten (F). 3 1/2 Monate nach der Keimung wurden die Töpfe ins Gewächshaus (G) gebracht. Die Blätter, schmal lanzettlich und beiderseits filzig behaart, entwickelten sich bis zu einer Länge von 2-2,5 cm. Nach der Blüte setzten die Pflanzen ihre vegetative Entwicklung fort und die Rosetten wurden sehr kompakt.

Silikat (Abb. 4). Auf Silikatboden verlief die Entwicklung wesentlich rascher als auf Gartenerde: Rosetten (Ro) nach 1 1/2 Monaten, vegetativ gut entwickelte Pflanzen (Δ) nach 3 Monaten und Blüten (F) bereits nach 4 1/2 Monaten.

Karbonat (Abb. 4). Während der ersten Monate entwickelten sich die Jungpflanzen auf Karbonatboden mehr oder weniger parallel zu denen auf Silikatboden. Später jedoch trugen die Pflanzen auf Karbonatunterlage nicht nur keine Blüten, sondern begannen Chloroseerscheinungen aufzuweisen. Im Verlauf des 9.-10. Monats starben alle Pflanzen ab. Die *Sterblichkeit* in den anderen Serien betrug anfangs 15-20% und trat vor allem nach dem Versetzen in Töpfe (Gartenerdeserie) oder während der ersten 1 1/2 Entwicklungsmonate auf.

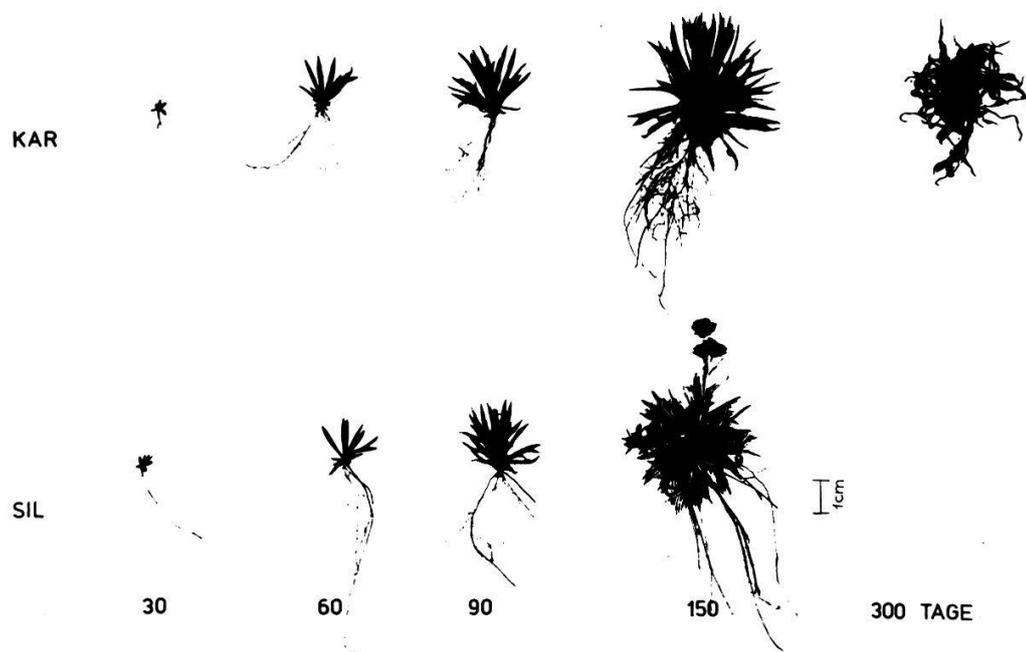


Abbildung 4. Entwicklung von *Gnaphalium supinum* im Gewächshaus auf Silikat- und auf Karbonatboden

Tabelle 18. Entwicklung von *Gnaphalium supinum* im Felde (Legende s.S. 40)

Serie	Fläche	Anzahl Keiml.	1978				1979			
			Juli	Aug.	Sep.	Okt.	Juli	Aug.	Sep.	Okt.
1	SIL-SHang-Ve	10					K+2	4	6	6
2	SIL-SHang-Na	10			K	K+2	K+4	6	6	6
3	KAR-SHang-Ve	5					K+2	K+2	†	
4	KAR-SHang-Na	2					K	K+2	6	6
5	SIL-Kuppe-Ve	10					K+2	4	6	6
6	SIL-Kuppe-Na	6					K+2	4	6	6
7	KAR-Kuppe-Ve	10	K	K+2	K+2	K+2	4	6	6	6
8	KAR-Kuppe-Na	3	K	K+2	4	6	4	6	6	6
9	SIL-Schtä-Ve	10		K	K+2	-	4	4	6	-
10	SIL-Schtä-Na	10		K	K+2	-	4	6	6	-
11	KAR-Schtä-Ve	10					K	K+2	K+4	4
12	KAR-Schtä-Na	1					K	K+2	K+4	4

Entwicklung im Felde (Tab. 18). Im Felde entwickelten sich die Keimlinge sehr langsam. Sowohl die Individuen, die im Sommer 1978, als auch diejenigen, die erst im Sommer 1979 keimten, zeigten Mitte Oktober 1979 durchschnittlich 6 Blätter (Ausnahme: Serien 11 und 12) und waren immer noch sehr klein (Höhe und Durchmesser der Keimlinge kleiner als 1 cm).

4.2.2.4. *Soldanella pusilla* Baumg.

Vorkommen. - Im Gebiet verbreitet und häufig auf feuchten, kaum je austrocknenden Böden in geschützten Lagen mit unterschiedlich langer Vegetationszeit (1,5-4 Monate). Nach BRAUN-BLANQUET (1948-49) Charakterart des *Salicion herbaceae*.

a) Keimung

Keimung unter kontrollierten Bedingungen (Tab. 19).- In den *Petrischalen* keimte *Soldanella pusilla* relativ schnell. Im allgemeinen keimten die Samen in der ersten 50 Tagen nach der Aussaat. GA₃ hatte keinen Einfluss auf die Keimungsrate, beschleunigte jedoch erheblich den Keimungsverlauf. Im allgemeinen verringerte sich die Keimungsrate mit zunehmender Dauer der Aufbewahrung der Samen (Ausnahme: Serie 5).

Die 1976 geernteten Samen (Serie 3, 4, 5) erwiesen sich als qualitativ schlechter als die aus den anderen Jahren; sie zeigten eine niedrigere Keimungsrate und wurden rasch von Pilzen befallen.

Tabelle 19. Keimungsrate von *Soldanella pusilla* unter kontrollierten Bedingungen (Legende s.S. 39)

Serie	Ernte-jahr	Behandlungen	Anzahl Samen	Start	Dauer (Tage)	Versuchstage					End. %
						10.	20.	30.	50.	100.	
1	1975	keine	60	1.76	140	0	43	70	73	75	75
2	1975	keine	50	1.78	120	0	40	52	64	64	64
3	1976	keine	60	1.77	75	0	15	25	33	37	37
4	1976	keine	50	4.77	105	2	4	14	20	20	20
5	1976	keine	50	1.78	120	0	14	26	28	28	28
6	1977	keine	50	1.78	120	4	34	56	64	68	68
7	1977	keine	50	5.78	150	0	42	56	58	58	58
8	1977	keine	50	1.79	130	0	30	36	40	44	44
9	1977	GA ₃	50	5.78	50	20	60	60	60		60
10	1977	SIL-KK	100	1.78	500	-	6	13	16	24	26
11	1977	KAR-KK	100	1.78	500	-	4	8	18	26	26

In den *Saatschalen* war die Keimungsrate niedriger als in den Petrischalen. Die Keimung erfolgte während der ersten 4 Monate nach der Aussaat.

Keimung im Felde (Tab. 20). - *Soldanella pusilla* keimte nur auf ungefähr der Hälfte der Versuchsflächen, auch hier nur spärlich und hauptsächlich erst während des zweiten Sommers nach der Aussaat. Die Flächen auf Silikatschnee-

Tabelle 20. Keimungsrate von *Soldanella pusilla* im Felde (Legende s.S. 40)

Erntejahr : 1977 Aussaat: Oktober 1977
Anzahl Samen: 100 Dauer : 2 Jahre

Serie	Fläche	Vorhandene Keimlinge								Total Keimungen 1978+1979
		Juli		Aug.		Sep.		Okt.		
		1978	1978	1978	1978	1979	1979	1979	1979	
1	SIL-SHang-Ve	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	SIL-SHang-Na	0	0	0	0	2	8	5	2	8
3	KAR-SHang-Ve	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	KAR-SHang-Na	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	SIL-Kuppe-Ve	-	0	0	0	6	5	5	5	6
6	SIL-Kuppe-Na	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	KAR-Kuppe-Ve	2	0	0	0	0	2	2	2	4
8	KAR-Kuppe-Na	11	6	1	1	1	2	1	0	13
9	SIL-Schtä-Ve	*	*	*	*	*	*	*	*	*
10	SIL-Schtä-Na	*	*	*	*	*	*	*	*	*
11	KAR-Schtä-Ve	-	0	0	0	1	7	7	5	7
12	KAR-Schtä-Na	-	0	0	0	0	0	0	0	0

* nicht kontrollierbar

tälchen (Serie 9 und 10) erbrachten keine aussagekräftigen Resultate, da aus der näheren Umgebung Keimlinge und Jungpflanzen von *Soldanella pusilla* in die Versuchsflächen eingedrungen waren.

Verluste: Die Keimlinge waren im Sommer der Austrocknung, im Winter und im Frühling der Frostwirkung ausgesetzt: am Ende der 2. Vegetationsperiode nach der Aussaat waren von 38 Keimlingen nur noch 14, also weniger als 50%, am Leben.

b) Entwicklung der Keimlinge

Tabelle 21. Entwicklung von *Soldanella pusilla* unter kontrollierten Bedingungen (Legende s.S. 40)

Petri → GAR (KKam → Gew); 6 beobachtete Pflanzen; Ernte: 1975; Start: Februar-Juni 1977; Dauer: 500 Tage																				
Ta	1-2	10	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	200	250	300	350	400	450	500	
Bl	K	K	K	K	1	1	2	4	4	5	5	6	10	15	∞					
H										1	1	1	1,5	2	2	2	2	2	2	2
∅								1	1	1,5	1,5	2	3	4	4	5	5	5	5	5
Be				(T)								(G)	Ro		Δ					
SIL (KKam); 5 beobachtete Pflanzen; Ernte: 1975; Start: Januar 1978; Dauer: 500 Tage																				
Ta	1-2	10	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	200	250	300	350	400	450	500	
Bl	K	K	K	K+1	K+1	K+2	K+3	K+4	K+5	6	8	9	12	20	∞					
H											1	1,5	2,5	3	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5
∅								1	1	1,5	2	2,5	4,5	5,5	6	7	7	7	7	7
Be											Ro				Δ					
KAR (KKam); 5 beobachtete Pflanzen; Ernte: 1975; Start: Januar 1978; Dauer: 500 Tage																				
Ta	1-2	10	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	200	250	300	350	400	450	500	
Bl	K	K	K	K+1	K+2	K+2	K+3	K+7	10	10	10	10	12							
H																	1	2	2	2
∅															1	1	1	1,5	1,5	1,5
Be																				Ro

Entwicklung unter kontrollierten Bedingungen (Tab. 21). - Gartenerde. Die Entwicklung erfolgte sehr langsam. Die Jungpflanzen wurden in Petrischalen gezogen, nach 15-30 Tagen in Töpfe versetzt (T), und nach 5 Monaten ins Gewächshaus (G) gebracht. Gut ausgebildete Rosetten (Ro) konnten jedoch erst

nach etwa 7 Monaten beobachtet werden. Nach 10 Monaten waren die Pflanzen vegetativ gut entwickelt (Δ) und hatten mehr als 20 gestielte, rundliche, an der Basis nierenförmig eingebuchtete, bis 2 cm lange Blätter. Während der ganzen Beobachtungszeit (500 Tage) entwickelten sich die Pflanzen nicht mehr weiter. In diesem Zeitraum kamen sie auch nicht zur Blüte.

Silikat. Auch auf Silikatboden verlief die Entwicklung sehr langsam und mit jener auf Gartenerde ziemlich vergleichbar. Gut ausgebildete Rosetten (Ro) waren schon nach 4 1/2 Monaten, vegetativ gut entwickelte Pflanzen (Δ) jedoch erst nach 10 Monaten zu beobachten. Während des zweiten Lebensjahres verdorrten viele der unteren Blätter. Die Pflanzen blühten nicht und waren am Ende der Beobachtungsperiode (500 Tage) in eher schlechtem Zustand.

Karbonat. Hier erfolgte die Entwicklung äusserst langsam. Die Pflanzen blieben immer sehr klein, mit gelblichen Blättern, und starben, mit zwei Ausnahmen, zwischen dem 150. und dem 250. Tag. Die überlebenden Pflanzen gediehen erst nach dem 400. Tag etwas besser. Am Ende der Beobachtungsperiode (500 Tage) waren die Pflanzen immer noch sehr klein.

Die *Sterblichkeit* war sehr hoch bei der Gartenerde-Serie im Anschluss an die Versetzung in Töpfe, und bei der Karbonatboden-Serie während der ersten 6-7 Lebensmonate (ca. 75%). Keine Verluste waren hingegen bei der Silikatboden-Serie zu beobachten.

Tabelle 22. Entwicklung von *Soldanella pusilla* im Felde (Legende s.S. 40)

Serie	Fläche	Anzahl Keimlinge	Juli 1979	Aug. 1979	Sep. 1979	Okt. 1979
2	SIL-SHang-Na	2	K	K	K	K
5	SIL-Kuppe-Ve	5	K	K+2	K+2	K+3
7	KAR-Kuppe-Ve	2	K	K	1	2
8	KAR-Kuppe-Na	1	K	K	K+1	K+1
11	KAR-Schtä-Ve	5	K	K	K	K+2

Entwicklung im Felde (Tab. 22). - Die Entwicklung erfolgte sehr langsam im Felde. Am Ende der ersten Vegetationsperiode waren die Keimlinge sehr klein und wiesen ausser den Kotyledonen nur 0-3 Blättchen auf.

Entwicklungsbeobachtungen konnten nur auf 5 Flächen durchgeführt werden (vgl. Tab. 20, S. 58).

4.2.3. Arten, die an Orten mit kurzer Schneebedeckung wachsen

4.2.3.1. *Geum montanum* L.

Vorkommen. - Im Gebiet verbreitet und häufig auf frischen bis feuchten, gut entwickelten Böden in unterschiedlichen Lagen mit unterschiedlich langen Vegetationsperioden. Die Art meidet nur extreme Schneetälchen, windgefegte Kuppen und Standorte mit fliessenden Böden. Die Individuen wachsen einzeln und bilden keine Ausläufer.

Nach BRAUN-BLANQUET (1969) Charakterart der *Caricetalia curvulae*.

a) Keimung

Keimung unter kontrollierten Bedingungen (Tab. 23). - In den *Petrischalen* keimten die Samen von *Geum montanum* spontan im ersten Monat eher langsam, später jedoch schneller. Da die Rate der spontanen Keimung schon hoch war, war es praktisch unmöglich, sie durch Vorbehandlungen noch weiter zu erhöhen. Durch die verschiedenen Skarifikationsmethoden, vor allem aber durch chemische Skarifikation mit H_2SO_4 (Serien 10 und 11), gelang es jedoch, den Keimungsverlauf wesentlich zu beschleunigen. Pilzbefall trat nur auf bei den Samen von 1975 (Serien 2, 3, 12, 15: leichter Befall; Serien 1, 5, 6, 7, 8, 9: starke Infektion nach 50 Tagen) und von 1977 (Serie 25: starke Infektion nach 15 Tagen).

In den *Saatschalen* erfolgte die Keimung ebenfalls nur langsam. Ausserdem war auch die Keimungsrate ziemlich niedrig. In einigen Fällen erfolgte die Keimung erst zwischen dem 200. und 250. Tag

Tabelle 23. Keimungsrate von *Geum montanum* unter kontrollierten Bedingungen
(Legende s.S. 39)

Serie	Ernte- jahr	Behandlungen	Anzahl Samen	Start	Dauer (Tage)	Versuchstage					%
						10.	20.	30.	50.	100.	
1	1975	keine	60	1.76	140	0	0	0	3	23	25
2	1975	keine	40	5.76	145	0	5	10	15	52	70
3	1975	keine	50	1.78	140	0	0	0	4	18	26
4	1975	keine	50	1.79	150	0	0	2	10	46	78
5	1975	30T/+4 ^o /feucht	40	5.76	115	0	5	10	12	37	42
6	1975	5T/-15 ^o /feucht	40	5.76	140	0	0	5	17	55	62
7	1975	5T/-15 ^o /trocken	40	5.76	140	0	0	0	10	52	75
8	1975	1T/-15 ^o /feucht	40	5.76	140	0	0	2	10	35	45
9	1975	1T/-15 ^o /trocken	40	5.76	140	0	2	2	15	40	50
10	1975	SKAR(H ₂ SO ₄)	40	5.76	100	55	67	70	70	70	70
11	1975	SKAR(H ₂ SO ₄)+GA ₃	40	5.76	100	60	67	67	75	75	75
12	1975	SKAR(Klinge)	20	5.76	120	0	10	20	40	85	85
13	1975	SKAR(Klinge)+GA ₃	20	5.76	120	0	10	20	30	55	55
14	1975	SKAR(Glaspapier)	20	5.76	100	20	45	70	70	70	70
15	1975	GA ₃	40	5.76	140	0	0	2	15	42	60
16	1975	SKAR(Klinge)	50	1.79	150	0	4	6	14	58	80
17	1976	keine	50	1.78	140	0	0	6	16	62	82
18	1976	keine	50	6.79	140	0	0	4	28	66	86
19	1976	100T/-15 ^o /feucht	50	6.79	140	0	0	0	0	2	2
20	1976	60T/-15 ^o /feucht	50	6.79	140	0	0	0	0	0	0
21	1976	30T/-15 ^o /feucht	50	6.79	140	0	0	2	4	14	22
22	1976	100T/+4 ^o /feucht	50	6.79	140	8	12	16	28	54	62
23	1976	100T/+4 ^o /feucht	60	6.79	140	4	4	8	26	50	60
24	1976	30T/+4 ^o /feucht	50	6.79	140	0	4	14	30	40	44
25	1977	keine	50	1.78	140	0	2	2	2	32	64
26	1978	keine	50	1.79	150	0	0	6	38	80	96
27	1978	SKAR(Klinge)	50	1.79	150	2	6	12	42	78	86
28	1976	GAR	100	4.77	500	0	0	0	3	4	11
29	1976	SIL-KK	100	1.78	500	0	0	0	3	11	15
30	1976	KAR-KK	100	1.78	500	0	0	1	4	6	10
31	1978	SIL-Gew	100	3.79	350	0	2	3	3	3	5
32	1978	KAR-Gew	100	3.79	350	0	0	3	5	10	14

Tabelle 24. Keimungsrate von *Geum montanum* im Felde (Legende s.S. 40)

Erntejahr : 1977 Aussaat: Oktober 1977
Anzahl Samen: 100 Dauer : 2 Jahre

Serie	Fläche	Vorhandene Keimlinge								Total Keimungen 1978+1979
		Juli 1978	Aug. 1978	Sep. 1978	Okt. 1978	Juli 1979	Aug. 1979	Sep. 1979	Okt. 1979	
1	SIL-SHang-Ve	12	40	45	45	45	45	45	45	45
2	SIL-SHang-Na	30	13	10	7	6	6	6	6	30
3	KAR-SHang-Ve	23	10	10	5	5	5	5	7	25
4	KAR-SHang-Na	85	65	45	44	25	22	22	18	85
5	SIL-Kuppe-Ve	0	60	60	60	60	60	60	60	60
6	SIL-Kuppe-Na	11	50	45	40	25	25	25	25	50
7	KAR-Kuppe-Ve	100	80	55	53	43	40	39	39	100
8	KAR-Kuppe-Na	75	90	48	48	48	48	48	48	90
9	SIL-Schtä-Ve	-	18	16	-	1	1	1	-	18
10	SIL-Schtä-Na	-	5	10	-	4	1	1	-	10
11	KAR-Schtä-Ve	-	85	55	51	38	38	29	29	85
12	KAR-Schtä-Na	-	45	3	3	2	2	1	1	45

Keimung im Felde (Tab. 24). - *Geum montanum* keimte schon im ersten Sommer sehr rasch und relativ zahlreich auf allen Versuchsflächen. Die Keimungsrate war auf den Flächen in Kuppenlage am höchsten und auf den nackten Versuchsflächen höher als auf den vegetationsbedeckten.

Verluste. Auf einem Grossteil der Flächen war sowohl während des Sommers infolge von Bodenbewegung und Austrocknung als auch während des Winters infolge Frostwirkung eine erhöhte Sterblichkeit zu verzeichnen. Am Ende der 2. Vegetationsperiode nach der Aussaat waren mehr als 40% der Keimlinge gestorben. Nur in zwei vegetationsbedeckten Versuchsflächen auf Silikatboden (Serien 1 und 5) überlebten alle Keimlinge bis zum Ende der Beobachtungszeit.

b) Entwicklung der Keimlinge

Entwicklung unter kontrollierten Bedingungen (Tab. 25). - *Gartenerde*. Die Entwicklung verlief sehr langsam am Anfang. Die Keimlinge wurden in Petrischalen gezogen, 10-30 Tage nach der Keimung in Töpfe (T) versetzt und nach etwa 5 Monaten ins Gewächshaus (G) gebracht. Die ersten Blätter waren sehr klein, ungeteilt und behaart. Erst nach dem 6. bis 9. Blatt (70.-90. Tag) entwickelten sich etwas grössere, unbehaarte und typisch geteilte Blätter. Schön ausgebildete, grössere Rosetten (Ro) waren erst Ende des 3. Monats,

Tabelle 25. Entwicklung von *Geum montanum* unter kontrollierten Bedingungen
(Legende s.S. 40)

Petri → GAR(KKam → Gew); 5 beobachtete Pflanzen; Ernte: 1976; Start: Juni-August 1977; Dauer: 250 Tage																
Ta	1-2	10	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	200	250		
Bl	K	K	K+2	K+4	K+4	5	6	8	8	8	10	10	13	15		
H												1	2	2,5	2,5	
∅								2,5	2,5	2,5	3	5	10	12		
Be			(T)					Ro				(G)	Δ	F		
SIL (Gew); 5 beobachtete Pflanzen; Ernte: 1976; Start: April 1979; Dauer: 350 Tage																
Ta	1-2	10	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	200	250	300	350
Bl	K	K	K+1	K+2	K+3	K+6	K+6	K+6	6	8	8	10	10	10	10	10
H												1	1	1	1	1
∅				1	1	1,5	1,5	1,5	3	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	5
Be										Ro						
KAR (Gew); 5 beobachtete Pflanzen; Ernte: 1976; Start: April 1979; Dauer: 350 Tage																
Ta	1-2	10	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	200	250	300	350
Bl	K	K+1	K+1	K+2	K+2	K+6	K+6	10	11	11	12	12	12	12	12	14
H								1	1	1	2	2	2	2	2	2
∅				1	1	3	3	5,5	6,5	6,5	6,5	7	8	8	8	8
Be										Ro						

vegetativ gut entwickelte Pflanzen (Δ) nach 4 Monaten zu beobachten. Die Pflanzen blühten während ihres 9. Lebensmonats, entwickelten sich dann vegetativ weiter und bildeten stark verholzte, unterirdische Teile, an denen eine weitere Rosettenbildung möglich war.

Silikat. Auf Silikatboden verlief die Entwicklung eher langsam, jedoch ähnlich wie auf der Gartenerde. Gut ausgebildete, grössere Rosetten (Ro) traten erst am Ende des 4. Monats auf. Am Ende der Beobachtungszeit (350 Tage) konnten die Pflanzen noch nicht als vegetativ voll entwickelt betrachtet werden.

Karbonat. Hier ging die Entwicklung etwas schneller vor sich als auf Silikatboden. Grössere Blätter zeigten sich schon am Ende des 2. Monats und gut ausgebildete, grössere Rosetten (Ro) waren bereits Ende des 3. Monats vorhanden. Trotzdem konnten auch bei dieser Serie die Pflanzen am Ende der Beobachtungszeit (350 Tage) noch nicht als vegetativ voll entwickelt werden.

Bei allen drei Untersuchungsserien starben während der Beobachtungszeit praktisch keine Pflanzen ab.

Tabelle 26. Entwicklung von *Geum montanum* im Felde (Legende s.S. 40)

Serie	Fläche	Anzahl Keimlinge	Juli	Aug.	Sep.	Okt.	Juli	Aug.	Sep.	Okt.
			1978	1978	1978	1978	1979	1979	1979	1979
1	SIL-SHang-Ve	10	K	2	3	3	4	4	5	6
2	SIL-SHang-Na	6	K	2	3	3	3	4	5	6
3	KAR-SHang-Ve	5	K	2	3	3	4	4	4	4
4	KAR-SHang-Na	10	K	2	3	3	3	4	4	4
5	SIL-Kuppe-Ve	10		K+2	2	3	3	4	4	5
6	SIL-Kuppe-Na	10	K	2	2	3	3	3	3	3
7	KAR-Kuppe-Ve	10	K	2	2	3	3	4	4	5
8	KAR-Kuppe-Na	10	K	2	3	3	3	4	4	5
9	SIL-Schtä-Ve	1		K	K+1	-	K+1	K+1	K+2	-
10	SIL-Schtä-Na	1		K	K	-	K+3	5	5	-
11	KAR-Schtä-Ve	10		K	K+3	3	3	4	4	4
12	KAR-Schtä-Na	1		K	3	4	2	2	2	2

Entwicklung im Felde (Tab. 26). - Die Entwicklung erfolgte sehr langsam. Die Keimlinge zeigten nach dem ersten Sommer nur 3, sehr kleine, stark behaarte Blätter, nach dem zweiten Sommer höchstens 6 Blätter. Der Durchmesser der Jungpflanzen betrug am Ende des zweiten Sommers ca. 0,5 cm (Abb. 5).

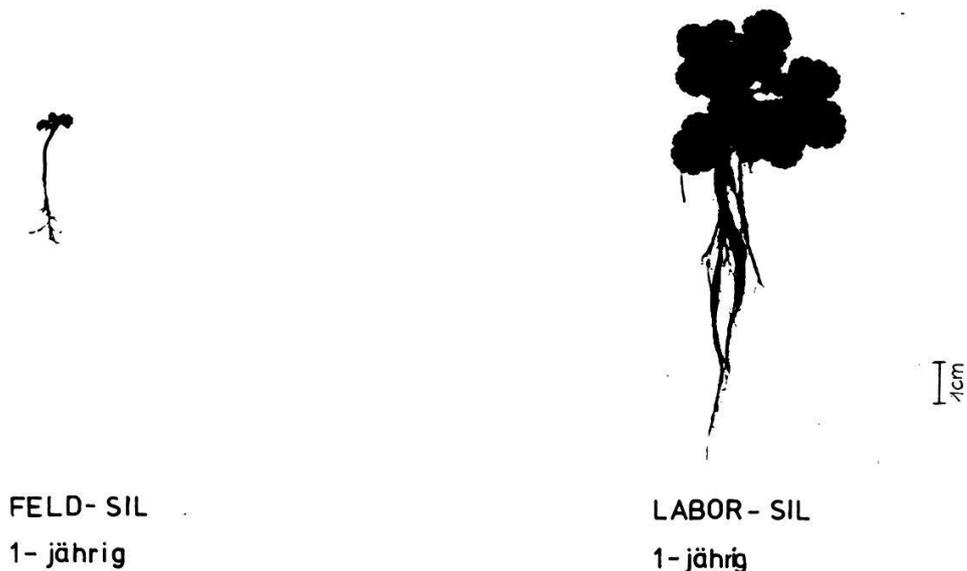


Abbildung 5. Entwicklung von *Geum montanum* im Felde und im Gewächshaus (auf Silikatboden)

4.2.3.2. *Ranunculus Grenierianus* Jord.

Vorkommen. - Im Gebiet verbreitet und häufig auf gut entwickelten, frischen Böden an windgeschützten, flachen bis steilen Standorten mit eher langer Vegetationszeit (3-5 Monate). Diese Art erträgt lange Schneebedeckung gut, Trockenheit hingegen relativ schlecht. Die Individuen wachsen einzeln, seltener in Gruppen.

a) Keimung

Tabelle 27. Keimungsrate von *Ranunculus Grenierianus* unter kontrollierten Bedingungen (Legende s.S. 39)

Serie	Ernte-jahr	Behandlungen	Anzahl Samen	Start	Dauer (Tage)	Versuchstage					End. %
						10.	20.	30.	50.	100.	
1	1975	keine	60	1.76	120	0	0	0	2	8	10
2	1975	keine	50	1.78	120	0	0	0	0	2	2
3	1975	keine	50	5.78	150	0	0	0	0	0	2
4	1975	SKAR(Klinge)	50	5.78	150	0	0	0	0	0	2
5	1975	SKAR(")+GA ₃	50	5.78	150	0	0	0	2	12	12
6	1975	GA ₃	50	5.78	150	0	0	2	6	14	16
7	1978	keine	50	1.79	150	0	0	0	0	20	30
8	1975	GAR	100	3.77	500	0	0	0	0	0	0
9	1975	SIL-KK	100	1.78	500	0	0	0	0	0	0
10	1975	KAR-KK	100	1.78	500	0	0	0	0	0	0

Keimung unter kontrollierten Bedingungen (Tab. 27). - In den *Petrischalen* war ein deutlicher Unterschied in dem Keimverhalten zwischen den 1975 und den 1978 geernteten Samen zu beobachten. Die niedrige Keimungsrate der 1975 geernteten Samen liess sich jedoch vor allem mit Gibberellinsäure (Serien 5 und 6) merklich erhöhen. Alle Serien mit 1975 geernteten Samen wiesen starke Pilzinfektionen auf, nicht aber diejenige mit 1978 geernteten Samen (Serie 7). In den *Saatschalen* erfolgte keinerlei Keimung.

4.2.3.3. *Nardus stricta* L.

Vorkommen. - Im Gebiet verbreitet und sehr häufig auf mittleren, mageren, frischen bis feuchten Böden an nicht extremen Standorten mit mittellanger Vegetationsperiode (4 Monate). *Nardus stricta* wird durch extensive Weidenbenützung gefördert, hat ihre Hauptverbreitung in der subalpinen Stufe, wächst in dichten und festen Horsten und ist in Weiden stellenweise bestandesbildend.

a) Keimung

Tabelle 28. Keimungsrate von *Nardus stricta* unter kontrollierten Bedingungen
(Legende s.S. 39)

Serie	Ernte- jahr	Behandlungen	Anzahl Samen	Start	Dauer (Tage)	Versuchstage					End. %
						10.	20.	30.	50.	100.	
1	1975	keine	60	1.76	120	0	0	0	0	0	0
2	1975	keine	50	1.78	120	0	0	0	0	0	0
3	1976	keine	60	1.77	130	0	0	0	2	5	7
4	1976	keine	50	1.78	120	0	0	0	8	16	16
5	1976	keine	50	5.78	150	0	0	0	0	2	2
6	1976	SKAR(Spelzen)	50	5.78	150	0	0	0	8	18	18
7	1977	keine	50	1.78	120	0	0	0	0	0	0
8	1978	keine	50	1.79	150	0	0	2	2	12	14
9	1978	keine	50	6.79	140	0	0	2	2	8	8
10	1978	SKAR(Spelzen)	25	1.79	130	0	4	4	4	12	12
11	1978	100T/-15°/feucht	50	6.79	140	0	0	0	2	4	4
12	1978	60T/-15°/feucht	50	6.79	140	0	0	0	0	4	6
13	1978	30T/-15°/feucht	50	6.79	140	0	0	0	6	10	14
14	1978	100T/+4°/feucht	50	6.79	140	10	12	12	12	12	12
15	1978	60T/+4°/feucht	50	6.79	140	10	14	14	14	14	14
16	1978	30T/+4°/feucht	50	6.79	140	4	6	8	8	8	8
17	1976	GAR	100	4.77	500	0	0	0	0	0	0
18	1978	SIL-Gew	100	3.79	350	0	0	0	0	1	4
19	1978	KAR-Gew	100	3.79	350	0	0	0	1	1	1

Keimung unter kontrollierten Bedingungen (Tab. 28). - In den *Petrischalen* keimten die 1975 und 1977 geernteten Samen gar nicht, die 1976 und 1978 geernteten nur langsam und spärlich. Eine mehr oder weniger lange Stratifikation bei +4°C (Serien 14, 15, 16) beschleunigte den Keimungsverlauf, aber kaum die Keimungsrate (vgl. Serie 9). Die Behandlung mit tieferer Temperatur (-15°C) war nur dann erfolgreich, wenn sie kurzfristig angewendet wurde (Serie 13). Das Entfernen der Spelzen ergab unterschiedliche Resultate (vgl. Serie 5 mit 6 und Serie 8 mit 9). Die 1975 und 1977 geernteten Samen zeigten immer einen raschen und starken Pilzbefall. Auch bei den 1976 geernteten Samen war regelmässig leichter Pilzbefall zu beobachten. Von den 1978 geernteten Samen wiesen hingegen nur die Serien 8, 14, 15 und 16 erheblichen Pilzbefall auf.

In den *Saatschalen* war die Keimungsrate sehr klein und bei der Aussaat in steriler Gartenerde sogar gleich Null.

b) Entwicklung der Keimlinge

Tabelle 29. Entwicklung von *Nardus stricta* unter kontrollierten Bedingungen (Legende s.S. 40)

Petri → GAR (KKam → Gew); 4 beobachtete Pflanzen; Ernte: 1976; Start: Februar-April 1977; Dauer: 350 Tage																
Ta	1	10	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	200	250	300	350
Bl	K	K	K	K+1	K+2	K+3	7	12	16	∞						
H				1	2	3	4,5	6	8	9	10	11	11	11	11	11
∅									4	6	10	15	15	15	15	15
Be				(T)			(G)		Ho			Δ				
SIL (Gew); 1 beobachtete Pflanze; Ernte: 1978; Start: Mai 1979; Dauer: 350 Tage																
Ta	1	10	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	200	250	300	350
Bl	K	K	K	K+1	K+2	K+3	K+4	4	9	12	19	∞				
H				1	1	1,5	2	3	4	4	5	6	7,5	7,5	7,5	7,5
∅									2	2	3	3,5	6,5	6,5	8	9,5
Be																Ho Δ
KAR (Gew); 1 beobachtete Pflanze; Ernte: 1978; Start: April 1979; Dauer: 350 Tage																
Ta	1	10	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	200	250	300	350
Bl	K	K	K	K+1	K+3	K+4	K+5	9	11	18	18	∞				
H								2	3	4	4	4	6	6	6	6
∅								2	2	2	2,5	3	4	5,5	5,5	5,5
Be																

Entwicklung unter kontrollierten Bedingungen (Tab. 29). - Gartenerde. *Nardus stricta* entwickelte sich in Gartenerde anfänglich nur zögernd, später jedoch sehr rasch. Die Pflanzen wurden zwischen dem 30. und 40. Tag nach der Keimung aus Petrischalen in Töpfe (T) versetzt und zu Beginn des 4. Monats ins Gewächshaus (G) gebracht. Am Ende des 4. Monats hatten sich kleinere Horstansätze (Ho) gebildet, und nach einem weiteren Monat waren die Pflanzen vegetativ gut entwickelt (Δ). Sie zeigten mehr als 30 zerstreut behaarte, ca. 10 cm lange Blätter. Bis zum Ende der Beobachtungszeit (350 Tage) konnte jedoch keine Blütenbildung beobachtet werden.

Silikat. Der einzige überlebende Keimling der Serie auf Silikatboden entwickelte sich langsamer als die Keimlinge auf Gartenerde. Von einem kleinen Horstansatz konnte man erst während des 10. Monats sprechen und erst am Ende der Beobachtungszeit (350 Tage) konnte die Pflanze als vegetativ voll entwickelt (Δ) bezeichnet werden.

Karbonat. Auch hier keimte nur ein Samen. Die Entwicklung verlief noch langsamer als auf den beiden anderen Bodentypen, so dass am Ende der Beobachtungszeit (350 Tage) kein Horstansatz vorhanden war.

4.2.3.4. *Carex sempervirens* Vill. (Silikat)

Vorkommen. - Im Gebiet verbreitet und häufig auf mageren, frischen bis feuchten Böden an Standorten mit einer Vegetationsperiode von ca. 4 Monaten. Die Art meidet Schneetälchen, windexponierte Lagen und Standorte mit fliessendem Boden. Sie kommt, ausser auf Silikat, auch auf Ca-Schiefer und Dolomit vor. *Carex sempervirens* bildet dichte und feste Horste.

a) Keimung

Tabelle 30. Keimungsrate von *Carex sempervirens* (Silikat) unter kontrollierten Bedingungen (Legende s.S. 39)

Serie	Ernte-jahr	Behandlungen	Anzahl Samen	Start	Dauer (Tage)	Versuchstage					End. %
						10.	20.	30.	50.	100.	
1	1975	keine	60	1.76	120	0	0	0	0	0	0
2	1975	keine	50	1.78	120	0	0	0	0	2	2
3	1977	keine	50	1.78	120	0	0	0	0	0	0
4	1977	keine	50	5.78	150	0	0	0	0	2	2
5	1977	keine	50	1.79	130	0	0	0	0	0	0
6	1977	SKAR(Klinge)	25	5.78	150	0	0	0	0	0	0
7	1977	SKAR(Klinge)+GA ₃	25	6.78	125	0	0	0	4	8	8
8	1978	keine	50	1.79	130	0	0	0	4	4	4
9	1977	SILL-KK	100	1.78	500	0	0	0	0	0	0
10	1977	KAR-KK	100	1.78	500	0	0	0	0	0	0
11	1977	SIL-Gew	100	3.79	350	0	0	0	0	0	0
12	1977	KAR-Gew	100	3.79	350	0	0	0	0	0	0

Keimung unter kontrollierten Bedingungen (Tab. 30). - *Carex sempervirens* (Silikat) keimte in *Petrischalen* nur selten und wenn überhaupt, dann nur mit einer geringen Keimungsrate. Ein Einschnitt in die Mikropylenregion, gekoppelt mit der Zufuhr von GA₃ (Serie 7), bewirkte zwar eine Erhöhung der Keimungsrate, die aber nach wie vor auf einem relativ niedrigen Niveau verblieb. Mit Ausnahme der Serie 1 waren in allen Fällen starke Pilzinfektionen zu verzeichnen.

In den *Saatschalen* war keine Keimung zu beobachten.

Keimung im Felde (Tab. 31). - Nur im Karbonatschneetälchen waren Keimungen zu beobachten (in den Flächen 11 und 12, 2 bzw. 1 Keimling). Die Flächen 1, 3 und 5 waren wegen der Dichte der schon vorhandenen Vegetation nicht kontrollierbar.

Tabelle 31. Keimungsrate von *Carex sempervirens* (Silikat) im Felde
(Legende s.S. 40)

Erntejahr : 1977 Aussaat: Oktober 1977
Anzahl Samen: 100 Dauer : 2 Jahre

Serie	Fläche	Vorhandene Keimlinge								Total Keimungen 1978+1979
		Juli 1978	Aug. 1978	Sep. 1978	Okt. 1978	Juli 1979	Aug. 1979	Sep. 1979	Okt. 1979	
1	SIL-SHang-Ve	*	*	*	*	*	*	*	*	*
2	SIL-SHang-Na	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	KAR-SHang-Ve	*	*	*	*	*	*	*	*	*
4	KAR-SHang-Na	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	SIL-Kuppe-Ve	*	*	*	*	*	*	*	*	*
6	SIL-Kuppe-Na	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	KAR-Kuppe-Ve	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	KAR-Kuppe-Na	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	SIL-Schtä-Ve	-	0	0	-	0	0	0	-	0
10	SIL-Schtä-Na	-	0	0	-	0	0	0	-	0
11	KAR-Schtä-Ve	-	0	1	2	0	0	0	0	2
12	KAR-Schtä-Na	-	0	0	0	0	0	1	1	1

Verluste. Die beiden Keimlinge auf der vegetationsbedeckten Karbonat-Schneetälchen-Fläche starben während des ersten Winters.

b) Entwicklung der Keimlinge

Entwicklung unter kontrollierten Bedingungen. - Gartenerde. Alle Keimlinge starben in den ersten zwei Monaten nach der Keimung (Verpflanzungsschock).

Tabelle 32. Entwicklung von *Carex sempervirens* (Silikat) im Felde
(Legende s.S. 40)

Serie	Fläche	Anzahl Keimlinge	Sep. 1978	Okt. 1978	Juli 1979	Aug. 1979	Sep. 1979	Okt. 1979
1	KAR-Schtä-Ve	2	K+1	K+1	†			
2	KAR-Schtä-Na	1					K+1	K+2

Entwicklung im Felde (Tab. 32). - Die beiden im Spätsommer 1978 gekeimten Individuen (Serie 1) blieben sehr klein und starben während des folgenden Winters. Im Oktober 1979 war nur noch der auf der nackten Karbonat-Schneetälchen-Fläche am Leben; er zeigte jedoch nur 3 winzige Blättchen. Auf den anderen Flächen war keinerlei Keimung festzustellen (vgl. Tab. 31).

4.2.3.5. *Gentiana Kochiana* Perr. et Song.

Vorkommen. - Im Gebiet ziemlich verbreitet auf gut entwickelten, nicht fließenden Böden in sonnigen Lagen mit einer Vegetationsperiode von 3-4 Monaten. Die Art meidet windexponierte Standorte. Die Individuen von *Gentiana Kochiana* wachsen einzeln. Nach BRAUN-BLANQUET (1969) Charakterart der *Caricetalia curvulae*.

a) Keimung

Tabelle 33. Keimungsrate von *Gentiana Kochiana* unter kontrollierten Bedingungen (Legende s.S. 39)

Serie	Ernte-jahr	Behandlungen	Anzahl Samen	Start	Dauer (Tage)	Versuchstage					End. %
						10.	20.	30.	50.	100.	
1	1975	keine	60	1.76	120	0	0	0	0	0	0
2	1975	keine	40	6.76	90	0	0	0	0	0	0
3	1975	keine	50	4.77	120	0	0	0	0	0	0
4	1975	keine	50	1.78	120	0	0	0	0	0	0
5	1975	keine	50	1.79	130	0	0	0	0	0	0
6	1975	GA ₃	40	6.76	90	0	0	12	42	72	72
7	1975	GA ₃	50	4.77	120	0	0	2	8	14	14
8	1975	GA ₃	50	1.79	120	0	0	0	2	6	6
9	1977	keine	50	1.78	120	0	0	0	0	0	0
10	1977	keine	50	5.78	150	0	0	0	0	0	0
11	1977	keine	50	1.79	130	0	0	0	0	0	0
12	1977	GA ₃	50	5.78	150	0	8	14	40	70	70
13	1977	GA ₃	50	1.79	130	0	2	6	6	22	22
14	1977	GA ₃ → H ₂ O	50	1.79	130	0	4	14	30	50	54
15	1978	keine	50	1.79	130	0	0	0	0	0	0
16	1978	keine	50	6.79	140	0	0	0	0	0	0
17	1978	100T/-15°/feucht	50	6.79	140	0	0	0	0	0	0
18	1978	60T/-15°/feucht	50	6.79	140	0	0	0	0	0	0
19	1978	30T/-15°/feucht	50	6.79	140	0	0	0	0	0	0
20	1978	100T/+4°/feucht	50	6.79	140	0	0	0	0	0	0
21	1978	60T/+4°/feucht	50	6.79	140	0	0	0	0	0	0
22	1978	30T/+4°/feucht	50	6.79	140	0	0	0	0	0	0
23	1978	GA ₃	50	1.79	130	0	0	0	0	2	2
24	1978	GA ₃ → H ₂ O	50	1.79	110	0	0	2	2	2	2
25	1975	GAR	200	4.77	600	0	0	0	0	0	0
26	1977	SIL-KK	100	1.78	500	0	0	0	0	0	0
27	1977	KAR-KK	100	1.78	500	0	0	0	0	0	0
28	1977	SIL-Gew (GA ₃)	100	3.79	350	0	0	2	2	2	2
29	1977	KAR-Gew (GA ₃)	100	3.79	350	0	2	3	3	3	3

Keimung unter kontrollierten Bedingungen (Tab. 33). - Sowohl in den Petrischalen als auch in den Saatschalen keimten die Samen von *Gentiana Kochiana* nur bei Behandlung mit GA₃. Leichter Pilzbefall trat bei etwa der Hälfte der Petrischalen-Serien von der 3. Woche an auf (Serien 3, 4, 7, 8, 10, 12, 13, 16, 17, 18, 19, 23).

Tabelle 34. Keimungsrate von *Gentiana Kochiana* im Felde (Legende s.S. 40)

Erntejahr : 1977 Aussaat: Oktober 1977
Anzahl Samen: 100 Dauer : 2 Jahre

Serie	Fläche	Vorhandene Keimlinge								Total Keimungen 1978+1979
		Juli 1978	Aug. 1978	Sep. 1978	Okt. 1978	Juli 1979	Aug. 1979	Sep. 1979	Okt. 1979	
1	SIL-SHang-Ve	0	0	0	0	1	1	1	3	3
2	SIL-SHang-Na	0	0	0	0	23	21	17	18	23
3	KAR-SHang-Ve	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	KAR-SHang-Na	0	0	0	0	4	2	2	2	4
5	SIL-Kuppe-Ve	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	SIL-Kuppe-Na	0	0	0	0	5	3	0	0	5
7	KAR-Kuppe-Ve	0	0	3	3	1	3	2	2	5
8	KAR-Kuppe-Na	0	6	40	14	37	37	36	33	63
9	SIL-Schtä-Ve	-	0	0	-	0	0	0	-	0
10	SIL-Schtä-Na	-	0	0	-	0	0	0	-	0
11	KAR-Schtä-Ve	-	0	0	0	0	31	33	33	33
12	KAR-Schtä-Na	-	0	0	0	0	6	2	2	6

Keimung im Felde (Tab. 34). - Im Felde erfolgte die Keimung erst im Laufe des zweiten Sommers nach der Aussaat und zwar auf 2/3 der Versuchsflächen. Keine Keimung war auf den Versuchsflächen auf Karbonat-Kuppen (Serien 7 und 8) zu beobachten. Auf den Südhangflächen liess sich eine höhere Keimungsrate auf Silikat feststellen, auf den Kuppen- und Schneetälchenflächen hingegen auf Karbonat.

Verluste. Die Sterblichkeit der Keimlinge während des Sommers infolge Austrocknung, Bodenbewegungen und Wegschwemmen der Keimlinge durch Regen war im allgemein ziemlich hoch, besonders extrem jedoch auf den nackten Versuchsflächen. In einem Fall (Serie 7) traten auch während des Winters Verluste auf. Am Ende der zweiten Vegetationsperiode waren jedoch noch etwas mehr als 50% der Individuen am Leben.

b) Entwicklung der Keimlinge

Entwicklung unter kontrollierten Bedingungen. - *Gentiana Kochiana* starb in allen Fällen innerhalb des 3. Monats nach der Keimung. Zu diesem Zeitpunkt trugen die Pflanzen noch die Kotyledonen und zusätzlich 2-4 Blätter.

Tabelle 35. Entwicklung von *Gentiana Kochiana* im Felde (Legende s.S. 40)

Serie	Fläche	Anzahl Keimlinge	Aug.	Sep.	Okt.	Juli	Aug.	Sep.	Okt.
			1978	1978	1978	1979	1979	1979	1979
1	SIL-SHang-Ve	1				K	K+2	K+4	K+4
2	SIL-SHang-Na	10				K	K	K+2	K+2
4	KAR-SHang-Na	2				K	K	K+2	K+2
6	SIL-Kuppe-Na	2				K	K+2	†	
7	KAR-Kuppe-Ve	1		K	K+2	K+2	K+2	K+2	K+2
8	KAR-Kuppe-Na	10	K	K	K	K+2	K+2	K+2	K+2
11	KAR-Schtä-Ve	10					K	K	K+2
12	KAR-Schtä-Na	2					K	K	K+2

Entwicklung im Felde (Tab. 35). - Die Entwicklung erfolgte sehr langsam und die Pflanzen blieben am Ende der zweiten Vegetationsperiode auf dem "Kotyledonen + 2 Blätter" - Stadium stehen (einzige Ausnahme: K+4 bei Serie 1). Auf den Flächen 3, 5, 9 und 10 war keinerlei Keimung festzustellen (vgl. Tab. 34).

4.2.3.6. *Helictotrichon versicolor* (Vill.) Pilger

Vorkommen. - Im Gebiet verbreitet auf mageren, frischen bis feuchten Böden an Standorten mit einer Vegetationsperiode von ca. 4 Monaten. *Helictotrichon versicolor* meidet schattige, steile Hänge mit fließendem Boden und wächst zum Teil horstförmig. Nach BRAUN-BLANQUET (1969) Charakterart der *Caricetalia curvulae*.

a) Keimung

Keimung unter kontrollierten Bedingungen (Tab. 36). - In den *Petrischalen* keimten die 1977 und 1978 geernteten Samen nicht. Die 1976 geernteten Samen hingegen keimten in allen Serien. Die Keimungsrate war mässig und ziemlich unabhängig von der Dauer der Aufbewahrung (vgl. Serien 1, 2, 3, 4, 5). Eine Behandlung mit GA₃ (Serie 6) zeigte keinerlei Wirkung, das Entfernen der

Tabelle 36. Keimungsrate von *Helictotrichon versicolor* unter kontrollierten Bedingungen (Legende s.S. 40)

Serie	Ernte-jahr	Behandlungen	Anzahl Samen	Start	Dauer (Tage)	Versuchstage					End. %
						10.	20.	30.	50.	100.	
1	1976	keine	60	1.77	110	0	2	12	23	27	27
2	1976	keine	50	4.77	120	0	0	14	20	26	26
3	1976	keine	50	1.78	120	0	4	8	18	20	20
4	1976	keine	50	5.78	150	0	2	18	28	30	30
5	1976	keine	50	1.79	120	0	2	8	12	14	14
6	1976	GA ₃	50	4.77	120	0	0	8	10	12	14
7	1976	SKAR(Spelzen)	25	5.78	100	0	28	40	44	44	44
8	1977	keine	50	1.78	120	0	0	0	0	0	0
9	1978	keine	50	1.79	120	0	0	0	0	0	0
10	1976	GAR	100	4.77	500	0	3	7	9	10	10
11	1977	SIL-KK	100	1.78	500	0	0	0	0	0	0
12	1977	KAR-KK	100	1.78	500	0	1	1	1	1	1
13	1976	SIL-Gew	100	3.79	350	0	3	3	3	3	4
14	1976	KAR-Gew	100	3.79	350	0	3	4	4	4	4

Tabelle 37. Keimungsrate von *Helictotrichon versicolor* im Felde (Legende s.S. 40)

Erntejahr : 1977 Aussaat: Oktober 1977
 Anzahl Samen: 100 Dauer : 2 Jahre

Serie	Fläche	Vorhandene Keimlinge								Total Keimungen 1978+1979
		Juli		Aug.		Sep.		Okt.		
		1978	1978	1978	1978	1979	1979	1979	1979	
1	SIL-SHang-Ve	*	*	*	*	*	*	*	*	*
2	SIL-SHang-Na	0	0	0	0	0	2	2	2	2
3	KAR-SHang-Ve	*	*	*	*	*	*	*	*	*
4	KAR-SHang-Na	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	SIL-Kuppe-Ve	*	*	*	*	*	*	*	*	*
6	SIL-Kuppe-Na	0	0	0	0	2	2	2	2	2
7	KAR-Kuppe-Ve	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	KAR-Kuppe-Na	1	1	1	1	2	2	2	2	2
9	SIL-Schtä-Ve	-	0	0	-	0	0	0	-	0
10	SIL-Schtä-Na	-	0	0	-	1	1	1	-	1
11	KAR-Schtä-Ve	-	0	0	0	2	2	2	2	2
12	KAR-Schtä-Na	-	0	0	0	0	0	0	0	0

Spelzen dagegen erhöhte einerseits die Keimungsrate und beschleunigte andererseits auch den Keimungsverlauf (vgl. Serie 7 mit 4). Bei den 1977 (Serie 8) und 1978 (Serie 9) geernteten Samen trat ziemlich starker Pilzbefall auf, bei den 1976 geernteten Samen war nur bei Serie 1 ein leichter Pilzbefall zu verzeichnen.

In den *Saatschalen* erfolgte die Keimung während der ersten 100 Tage nach der Aussaat. Die Keimungsrate war sehr niedrig.

Keimung im Felde (Tab. 37). - Im Felde war - mit einer Ausnahme (Fläche 8) - ein Keimen der Samen erst während des zweiten Sommers nach der Aussaat auf etwa der Hälfte der Flächen zu beobachten. Die Keimungsrate war sehr niedrig. Die Flächen 1, 3 und 5 waren aufgrund der Dichte der vorhandenen Vegetation mit endogenen Keimlingen und Jungpflanzen nicht kontrollierbar.

Verluste. Die Keimlinge erwiesen sich als sehr widerstandsfähig. Während der Beobachtungsperiode konnten keine Verluste festgestellt werden.

b) Entwicklung der Keimlinge

Entwicklung unter kontrollierten Bedingungen (Tab. 38). - *Gartenerde*.

Helictotrichon versicolor entwickelte sich auf Gartenerde sehr rasch. Die Jungpflanzen wurden zwischen dem 5. und 15. Tag aus den Petrischalen in Töpfe (T) versetzt und am Ende des 2. Monats ins Gewächshaus (G) gebracht. Bereits nach 2 1/2 Monaten bildeten sich kleine Horstansätze (Ho), und am Ende des 3. Monats waren die Pflanzen vegetativ gut entwickelt (Δ) und zeigten 20-25 bis 13 cm lange Blätter. Blühende Individuen waren jedoch erst nach mehr als 14 Monaten nach der Keimung zu beobachten.

Silikat. Auf Silikat erfolgte die Entwicklung ziemlich langsam. Die beiden vorhandenen Individuen bildeten erst nach Monaten richtige Horstansätze (Ho) und waren erst zu Beginn des 9. Monats vegetativ gut entwickelt (Δ). Die Pflanzen blieben steril, obschon die Horste gleichmässig weiterwuchsen. Am Ende der Beobachtungsperiode (350 Tage) waren die Horste auf Silikat weiter entwickelt und üppiger ausgebildet als diejenigen auf Karbonat.

Karbonat. *Helictotrichon versicolor* entwickelte sich auch auf Karbonatboden ziemlich langsam, aber in den ersten Monaten doch etwas schneller als auf Silikatboden. So bildeten die beiden beobachteten Individuen bereits am Ende des 5. Monats Horstansätze (Ho) und konnten schon am Ende des 7. Monats als vegetativ gut entwickelt (Δ) bezeichnet werden. Auch hier blieben die

Tabelle 38. Entwicklung von *Helictotrichon versicolor* unter kontrollierten Bedingungen (Legende s.S. 40)

Petri → GAR (KKam → Gew); 6 beobachtete Pflanzen; Ernte: 1976; Start: Januar-Februar 1977; Dauer: 450 Tage																		
Ta	1-2	10	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	200	250	300	350	400	450
Bl	K	K	K+1	K+4	11	17	∞											∞
H			2	4	7	10	12	13	14	18	20	20	20	20	20	20	20	20
∅					(2)	(3)	(6)	(11)	(14)	(14)	18	18	25	25	25	25	25	25
Be		(T)				(G)	Ho	Δ										F
SIL (Gew); 2 beobachtete Pflanzen; Ernte: 1976; Start: April 1979; Dauer: 350 Tage																		
Ta	1-2	10	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	200	250	300	350		
Bl	K	K	K+1	K+2	K+3	K+5	K+5	K+6	6	10	18	18	∞					
H			2,5	3	3	4	4	4,5	4,5	5	10	10	12	12	12	13		
∅						(3)	(3)	(3,5)	(3,5)	(3,5)	(6)	(4,5)	(6)	(14)	(14)	17		
Be													Ho	Δ				
KAR (Gew); 2 beobachtete Pflanzen; Ernte: 1976; Start: April 1979; Dauer: 350 Tage																		
Ta	1-2	10	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	200	250	300	350		
Bl	K	K	K+1	K+2	K+3	K+5	K+5	7	7	9	15	20	∞					
H			2,5	4	4	4	4,5	8	8	8	11	11	12	12	12	12		
∅								(4)	(4)	(4)	4,5	8	(14)	(15)	(15)	(15)		
Be												Ho	Δ					

Pflanzen bis zum Ende der Beobachtungszeit (350 Tage) steril. Unter den Keimlingen, die sich als sehr widerstandsfähig erwiesen, liess sich keine *Sterblichkeit* feststellen.

Ein Teil der den Durchmesser der Deckfläche (\emptyset) betreffenden Zahlen ist in Klammern angegeben, da *Helictotrichon versicolor* - jedenfalls zu Anfang der Entwicklung - von oben gesehen, nicht wie üblich eine mehr oder weniger runde, sondern eher eine elliptisch-verlängerte Horstform aufweist. Die Zahlen entsprechen der Längsachse der Ellipse.

Entwicklung im Felde (Tab. 39). - Die Entwicklung verlief sehr langsam und die Pflanzen blieben sehr klein. Die einzige 1978 gekeimte Pflanze (Serie 8) hatte sich langsamer entwickelt als die im nachfolgenden Jahr gekeimten Pflanzen, und im Herbst 1979 war sie von den jüngeren Keimlingen nur schwer zu unterscheiden. Beobachtungen waren nur auf 5 Flächen möglich (vgl. Tab. 37, S. 74).

Tabelle 39. Entwicklung von *Helictotrichon versicolor* im Felde (Legende s.S. 40)

Serie	Fläche	Anzahl Keiml.	Juli	Aug.	Sep.	Okt.	Juli	Aug.	Sep.	Okt.
			1978	1978	1978	1978	1979	1979	1979	1979
2	SIL-SHang-Na	2						K+1	K+2	K+3
6	SIL-Kuppe-Na	2					K+1	K+1	K+2	K+3
8	KAR-Kuppe-Na	1	K	K	K+1	K+1	K+2	K+3	K+4	K+4
10	SIL-Schtä-Na	1					K	K+2	K+2	-
11	KAR-Schtä-Ve	2					K+1	K+1	K+2	K+3

4.2.3.7. *Luzula multiflora* (Retz.) Lej.

Vorkommen. - Im Gebiet ziemlich verbreitet auf meist gut entwickelten Böden in unterschiedlichen, jedoch meist sonnigen Lagen mit einer Vegetationsperiode von über 4 Monaten. Die Art meidet Schneetälchen und windexponierte Standorte. In der alpinen Stufe ist *Luzula multiflora* in keiner Gesellschaft hochstet und bildet nur lückige Populationen, da ihre Hauptverbreitung in tieferen Regionen liegt. Die Individuen wachsen einzeln und bilden keine Ausläufer.

a) Keimung

Keimung unter kontrollierten Bedingungen (Tab. 40). - In den *Petrischalen* keimte *Luzula multiflora* bis auf eine Ausnahme (Serie 5: Samen unreif) immer zu 100 Prozent. Leichter Pilzbefall war bei allen Serien zu beobachten, eine stärkere Infektion (nach der 2. Woche) nur bei Serie 5.

In den *Saatschalen* waren die Keimungsraten recht unterschiedlich. Sie erreichten nur in den im Gewächshaus aufbewahrten Schalen (Serien 15 und 16) das Niveau der *Petrischalenserien*. Die letzten Keimungen waren zwischen dem 200. und dem 250. Tag nach der Aussaat zu beobachten.

Keimung im Felde (Tab. 41). - *Luzula multiflora* keimte im Felde erst im zweiten Sommer und zwar auf fast allen Versuchsflächen. Eine Ausnahme bildete die vegetationsbedeckte Südhangfläche auf Karbonatboden (Serie 3). Im allgemeinen war die Keimungsrate aber sehr niedrig und überschritt nur in drei Flächen (Serien, 2, 5, und 8) das 5%-Niveau.

Verluste. Im Felde traten die Verluste (ca. 22%) vorwiegend im Sommer auf den

Tabelle 40. Keimungsrate von *Luzula multiflora* unter kontrollierten Bedingungen (Legende s.S. 39)

Serie	Ernte-jahr	Behandlungen	Anzahl Samen	Start	Dauer (Tage)	Versuchstage					End. %
						10.	20.	30.	50.	100.	
1	1976	keine	60	1.77	75	0	18	55	83	100	100
2	1976	keine	50	4.77	56	0	40	70	96	100	100
3	1976	keine	50	1.78	46	0	40	82	100		100
4	1976	keine	50	1.79	48	0	52	88	100		100
5	1977	keine	50	1.78	120	0	28	46	58	60	60
6	1978	keine	50	1.79	30	0	54	100			100
7	1978*	keine	50	6.78	19	0	100				100
8	1978*	keine	50	1.79	20	4	100				100
9	1978*	SKAR(Klinge)	25	6.78	19	20	100				100
10	1978*	SKAR(Klinge)+GA ₃	25	6.78	24	32	92	100			100
11	1978*	GA ₃	50	6.78	19	0	100				100
12	1976	GAR	100	4.77	500	0	0	0	7	9	12
13	1977	SIL-KK	100	1.78	500	0	0	21	49	64	65
14	1977	KAR-KK	100	1.78	500	0	0	9	16	18	21
15	1978*	SIL-Gew	100	3.79	75	0	89	98	99	100	100
16	1978*	KAR-Gew	100	3.79	350	0	83	92	94	98	99

* Im Labor geerntete Samen

Tabelle 41. Keimungsrate von *Luzula multiflora* im Felde (Legende s.S. 40)

Erntejahr : 1977 Start: Oktober 1977
Anzahl Samen: 100 Dauer: 2 Jahre

Serie	Fläche	Vorhandene Keimlinge								Total Keimungen 1978+1979
		Juli		Aug.		Sep.		Okt.		
		1978	1978	1978	1978	1979	1979	1979	1979	
1	SIL-SHang-Ve	0	0	0	0	0	0	1	1	1
2	SIL-SHang-Na	1	1	1	1	7	10	4	4	11
3	KAR-SHang-Ve	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	KAR-SHang-Na	0	0	0	0	0	1	1	1	1
5	SIL-Kuppe-Ve	-	0	0	0	15	15	15	19	19
6	SIL-Kuppe-Na	0	0	0	0	0	1	2	1	2
7	KAR-Kuppe-Ve	2	2	4	4	0	0	0	0	4
8	KAR-Kuppe-Na	10	27	27	27	30	30	25	25	30
9	SIL-Schtä-Ve	-	0	0	-	0	0	3	-	3
10	SIL-Schtä-Na	-	0	1	0	0	2	5	-	6
11	KAR-Schtä-Ve	-	0	0	0	0	2	3	3	3
12	KAR-Schtä-Na	-	0	0	0	0	2	1	1	2

nackten Flächen auf (Bodenbewegung, Austrocknung und Wegschwemmen der Keimlinge bei Regen). Nur in einem Fall war während des Winters ein Verlust zu verzeichnen (Serie 7). Bedeutende Unterschiede zwischen Silikat und Karbonat liessen sich nicht feststellen.

b) Entwicklung der Keimlinge

Tabelle 42. Entwicklung von *Luzula multiflora* unter kontrollierten Bedingungen (Legende s.S. 40)

Petri → GAR (KKam → Gew); 6 beobachtete Pflanzen; Ernte: 1976; Start: Januar 1977; Dauer: 400 Tage																			
Ta	1-2	10	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	200	250	300	350	400		
Bl	K	K	K+1	K+2	K+3	K+4	7	10	∞								∞		
H				1	2	3	4	4	4,5	5	6	9	10	10	10		10		
∅					2	4	4	5	7	10	14	20	24	24	24		24		
Be		(T)				(G)		Ho	Δ								F		
SIL (KKam); 5 beobachtete Pflanzen; Ernte: 1976; Start: Januar 1978; Dauer: 500 Tage																			
Ta	1-2	10	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	200	250	300	350	400	450	500
Bl	K	K+1	K+2	K+3	K+5	K+7	15	∞											
H			1	1	1,5	3,5	4	4	4,5	4,5	5	5	5	6	6	6,5	7	10	10
∅					2	3	6	7	8	8	9	9	10	11	11	11	12	14	18
Be							Ho	Δ											
KAR (KKam); 5 beobachtete Pflanzen; Ernte: 1976; Start: Januar 1978; Dauer: 500 Tage																			
Ta	1-2	10	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	200	250	300	350	400	450	500
Bl	K	K	K+1	K+2	K+2	K+3	K+3	K+3	K+4	K+4	K+5	7	10	14	∞				
H												1	3	4	4,5	7	7	7,5	9
∅												1	4	5	7	10	12	13	16
Be														Ho	Δ				

Entwicklung unter kontrollierten Bedingungen (Tab. 42). - Gartenerde. Auf Gartenerde entwickelte sich *Luzula multiflora* rasch. Die Keimlinge wurden 7-15 Tage nach der Keimung von den Petrischalen in Töpfe versetzt (T) und nach 2½ Monaten ins Gewächshaus (G) gebracht. Während des 4. Monats bildeten die Pflanzen einen gut ausgebildeten Horstansatz (Ho), und etwa 10 Tage später konnten die Pflanzen als vegetativ gut entwickelt (Δ) bezeichnet werden. Während ihres 14. Lebensmonats blühten (F) die Pflanzen. Nach der Blüte entwickelten sie sich vegetativ weiter und wurden dann in den Garten verpflanzt. Während des 3. Lebensjahres wies jedes Individuum 30-40 Blüten auf (Höhe der Blüten ca. 35 cm).

Silikat (Abb. 6). *Luzula multiflora* entwickelte sich auf Silikatboden etwa gleich rasch wie auf Gartenerde. Die Pflanzen blieben hier jedoch bis zum Ende der Beobachtungszeit (500 Tage) steril.

Karbonat (Abb. 6). Auf Karbonat hingegen war die Entwicklung sehr langsam. Während der ersten 5 Monate blieben die Individuen sehr klein und hatten eine gelbliche Farbe. Erst vom 6. Monat an begannen sie besser zu wachsen. Als vegetativ gut entwickelt (Δ) konnte man sie erst am Ende des 10. Monats bezeichnen. Bis zum Ende der Beobachtungszeit (500 Tage) konnte keine Blütenbildung beobachtet werden.

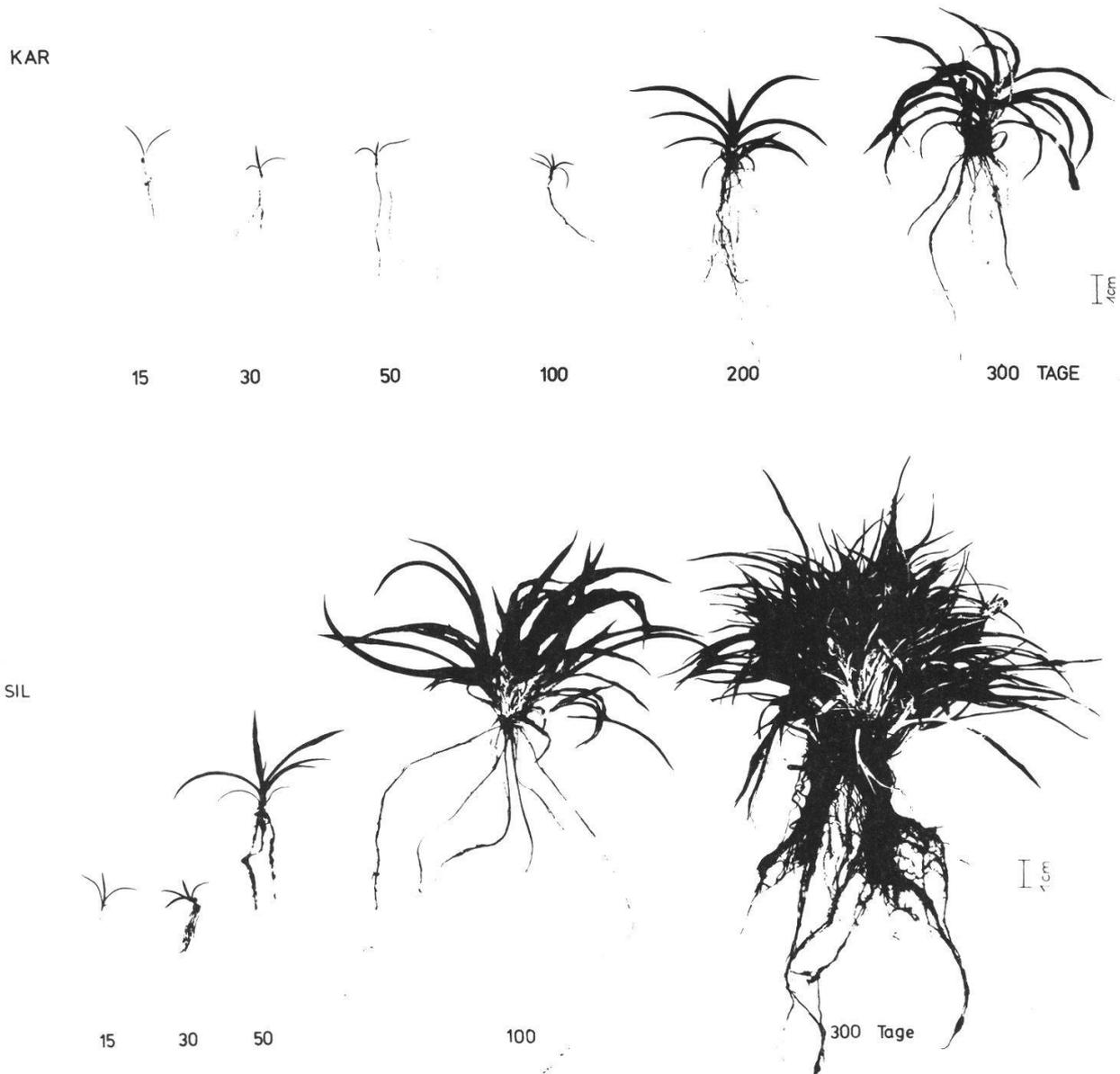


Abbildung 6. Entwicklung von *Luzula multiflora* in der Klimakammer auf Silikat und auf Karbonat.

Alle Versuchsserien wiesen keine *Verluste* auf, obschon die Keimlinge sichtlich Schwierigkeiten hatten im Karbonatboden Wurzeln zu schlagen.

Tabelle 43. Entwicklung von *Luzula multiflora* im Felde (Legende s.S. 40)

Serie	Fläche	Anzahl Keiml.	Juli	Aug.	Sep.	Okt.	Juli	Aug.	Sep.	Okt.
			1978	1978	1978	1978	1979	1979	1979	1979
1	SIL-SHang-Ve	1							K+1	K+1
2	SIL-SHang-Na	1	K	K+1	K+3	K+3	2	4	4	5
4	KAR-SHang-Na	1						K+1	K+3	K+3
5	SIL-Kuppe-Ve	10					K+1	K+3	K+4	K+4
6	SIL-Kuppe-Na	1						K	K	K+2
7	KAR-Kuppe-Ve	2	K	K+1	K+2	K+2	†			
8	KAR-Kuppe-Na	10	K	K+1	K+2	K+2	2	2	3	4
9	SIL-Schtä-Ve	3							K+1	-
10	SIL-Schtä-Na	2					K+1	K+1	K+2	-
11	KAR-Schtä-Ve	2						K+1	K+1	K+2
12	KAR-Schtä-Na	1						K+1	K+2	K+2

Entwicklung im Felde (Tab. 43). - Im Felde entwickelte sich *Luzula multiflora* sehr langsam. Die Jungpflanzen waren auch am Ende der 2. Vegetationsperiode noch sehr klein. Einzige Ausnahme bildete ein Individuum auf dem nackten Silikatsüdhang mit einer Höhe von 1 cm und einem Durchmesser von ca. 2 cm. Auf der vegetationsbedeckten KAR-Südhangfläche war keine Keimung festzustellen (vgl. Tab. 41, S. 78).

4.2.3.8. *Antennaria dioeca* (L.) Gaertner

Vorkommen. - Die Hauptverbreitung der Art liegt in der subalpinen Stufe. In der alpinen Stufe kommt sie an den wärmsten Stellen vor, auf flachgründigen, häufig steinigen Böden in sonnigen, z.T. exponierten Lagen mit eher langer, 4- 5-monatiger Vegetationsperiode, wo sie offene, nicht beschattete Stellen besiedelt. Die Pflanzen haben oberirdische Ausläufer mit Blattrosetten. Nach BRAUN-BLANQUET (1969) Charakterart der *Caricetea curvulae*.

a) Keimung

Keimung unter kontrollierten Bedingungen (Tab. 44). - In *Petrischalen* keimte *Antennaria dioeca* rasch und ziemlich gut, jedoch nur während der ersten 30 Tage nach der Aussaat. Es trat kein Pilzbefall auf.

Tabelle 44. Keimungsrate von *Antennaria dioeca* unter kontrollierten Bedingungen (Legende s.S. 39)

Serie	Ernte-jahr	Behandlungen	Anzahl Samen	Start	Dauer (Tage)	Versuchstage					End. %
						10.	20.	30.	50.	100.	
1	1977	keine	50	1.78	120	38	46	48	48	48	48
2	1977	SIL-KK	50	1.78	500	0	0	2	2	3	3
3	1977	KAR-KK	50	1.78	500	0	0	5	5	5	5

In den *Saatschalen* hingegen war die Keimungsrate sehr niedrig.

b) Entwicklung der Keimlinge

Tabelle 45. Entwicklung von *Antennaria dioeca* unter kontrollierten Bedingungen (Legende s.S. 40)

SIL (KKam); 2 beobachtete Pflanzen; Ernte: 1977; Start: Januar 1978; Dauer: 400 Tage																	
Ta	1-2	10	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	200	250	300	350	400
Bl	K	K+2	K+2	K+4	K+4	K+5	6	8	13	13	15	17	∞				
H								1	1,5	1,5	2	2	2	2,5	2,5	2,5	2,5
∅								1	1,5	1,5	2	2,5	2,5	2,5	3	5	5
Au														1	2	5	5
Be										Ro				Δ	Au		

KAR (KKam); 3 beobachtete Pflanzen; Ernte: 1977; Start: Januar 1978; Dauer: 350 Tage																
Ta	1-2	10	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	200	250	300	350
Bl	K	K+2	K+2	K+2	K+4	4	5	6	6	6	9	10	20	∞		∞
H										1	1,5	2	2,5	3	3	5
∅										1	1,5	2	4	4,5	5	8
Au														1	1	1
Be										Ro				Δ	Au	F

Entwicklung unter kontrollierten Bedingungen (Tab. 45). - Silikat. *Antennaria dioeca* entwickelte sich auf Silikatboden eher langsam. Nach einer Ruhepause, während der die Keimlinge oberirdisch praktisch nicht wuchsen, traten am Ende des 3. Monats kleine, aber schon gut ausgebildete Rosetten (Ro) auf. Gegen Ende des 7. Monats wiesen die Pflanzen grössere Rosetten aus 20-25 ovalen bis schmal lanzettlichen, stark bis filzig behaarten Blättern auf und konnten als vegetativ gut entwickelt (Δ) bezeichnet werden. Im 9. Monat begannen die

Pflanzen mehrere Ausläufer zu bilden (Au), die ihrerseits Rosetten hervorbrachten. Während der ganzen Beobachtungsperiode von 400 Tagen kam kein Individuum zur Blüte.

Karbonat. Auf Karbonatboden verlief die Entwicklung parallel zu derjenigen auf Silikatboden. Gegen Ende des 7. Monats jedoch wuchsen die Pflanzen auf Karbonatboden plötzlich rasch, übertrafen diejenigen auf Silikat an Ueppigkeit und blühten (F) während des 12. Monats nach der Keimung. Während des 15. Monats waren auch an einer der inzwischen sehr gut bewurzelten Tochterrosetten Blüten zu beobachten.

Die wenigen gekeimten Pflanzen erwiesen sich als ziemlich widerstandsfähig, starb doch während der ganzen weiteren Entwicklung keine einzige ab.

4.2.3.9. *Pulsatilla sulphurea* (L.) DT. et Sarnt.

Vorkommen. - *Pulsatilla sulphurea*, deren Hauptverbreitung in der subalpinen Stufe liegt, kommt im Gebiet auf gut entwickelten, frischen Böden an meist südexponierten, sonnigen Hängen an der unteren Grenze der alpinen Stufe mit einer langen Vegetationsperiode von 4-5 Monaten vor. Die Individuen wachsen einzeln. Nach BRAUN-BLANQUET (1969) Charakterart der *Caricetalia curvulae*.

a) Keimung

Keimung unter kontrollierten Bedingungen (Tab. 46). - In den *Petrischalen* keimte *Pulsatilla sulphurea* im allgemeinen spärlich und langsam. Temperaturbehandlungen (vgl. Serie 9 mit 10, 11, 12, 13, 14 und 15) waren erfolglos. Die Skarifikation der Samen (Serien 4, 16, 19) und die Behandlung mit GA_3 (Serien 18, 21), vor allem aber die Kombination von Skarifikation und GA_3 (Serien 5, 17, 20) beschleunigten den Keimungsverlauf und erhöhten die Keimungsrate beträchtlich. Die Samen von *Pulsatilla sulphurea* wurden schnell und ziemlich stark von Pilzen befallen. Mit Ausnahme der Serien 7, 8, 9, 11, 12, 13, 14, 15 und 19, die nur leichte Pilzinfektionen aufwiesen, waren alle Serien schon innerhalb der ersten 15-30 Tagen nach der Inkubation so stark von Pilzen befallen, dass binnen kurzem alle noch nicht gekeimten Samen zugrunde gingen. Dies war ganz besonders bei den mit GA_3 behandelten Samen (Serien 5, 17, 18, 20) der Fall.

In den *Saatschalen* war die Keimung nur dort gut, wo die Samen vor der Aussaat eine Woche lang in GA_3 inkubiert worden waren (Serien 25, 26). In

Tabelle 46. Keimungsrate von *Pulsatilla sulphurea* unter kontrollierten Bedingungen (Legende s.S. 39)

Serie	Ernte-jahr	Behandlungen	Anzahl Samen	Start	Dauer (Tage)	Versuchstage					End. %
						10.	20.	30.	50.	100.	
1	1975	keine	60	1.76	140	0	0	0	2	17	22
2	1975	keine	50	1.78	140	0	4	6	6	10	10
3	1975	keine	50	1.79	150	0	4	8	12	12	16
4	1975	SKAR(Klinge)	50	1.79	130	0	20	22	24	24	24
5	1975	SKAR(Klinge)+GA ₃	50	1.79	30	0	26	26			
6	1977	keine	50	1.78	140	0	0	2	2	6	6
7	1977	keine	50	5.78	150	0	0	0	0	0	0
8	1977	keine	50	1.79	150	0	0	0	0	4	6
9	1977	keine	50	6.79	140	0	0	8	8	10	14
10	1977	100T/-15°/feucht	50	6.79	140	0	0	0	2	6	6
11	1977	60T/-15°/feucht	50	6.79	140	0	0	0	8	8	8
12	1977	30T/-15°/feucht	50	6.79	140	0	0	2	10	10	14
13	1977	100T/+4°/feucht	50	6.79	140	0	0	0	0	0	0
14	1977	60T/+4°/feucht	50	6.79	140	0	0	0	0	0	0
15	1977	30T/+4°/feucht	50	6.79	140	0	2	2	2	2	2
16	1977	SKAR(Klinge)	50	5.78	150	0	2	4	4	4	4
17	1977	SKAR(Klinge)+GA ₃	50	5.78	50	0	38	62	64		64
18	1977	GA ₃	50	5.78	50	0	26	52	52		52
19	1977	SKAR(Klinge)	50	1.79	130	4	20	24	26	26	26
20	1977	SKAR(Klinge)+GA ₃	50	1.79	100	0	46	52	52	52	52
21	1977	GA ₃ → H ₂ O	50	1.79	110	0	14	38	46	48	48
22	1975	GAR	70	3.77	500	0	0	0	0	0	6
23	1977	SIL-KK	100	1.78	500	0	0	0	0	0	0
24	1977	KAR-KK	100	1.78	500	0	0	0	0	0	0
25	1977	SIL-Gew (GA ₃)	100	3.79	350	0	23	29	29	29	29
26	1977	KAR-Gew (GA ₃)	100	3.79	350	0	24	29	30	30	32

steriler Gartenerde keimten nur wenige Samen und zwar etwa ein Jahr nach der Aussaat zwischen dem 350. und 420. Tag.

Keimung im Felde (Tab. 47). - Ausser auf den beiden Silikat-Schneetälchenflächen (Serien 9 und 10) keimte *Pulsatilla sulphurea* schon im ersten Sommer nach der Aussaat, jedoch nur spärlich. Während des zweiten Sommers konnten keine weiteren Keimungen verzeichnet werden.

Verluste. Die zahlenmässige Verringerung der Keimlinge im September und Oktober ist bei *Pulsatilla sulphurea* nicht nur auf Tod oder Auswaschung, sondern auch auf die Tatsache zurückzuführen, dass am Ende des Sommers die oberirdischen Teile der Pflanzen vertrockneten und erst im nächsten Frühjahr wieder

Tabelle 47. Keimungsrate von *Pulsatilla sulphurea* im Felde (Legende s.S. 40)

Erntejahr : 1977 Aussaat: Oktober 1977
 Anzahl Samen: 100 Dauer : 2 Jahre

Serie	Fläche	Vorhandene Keimlinge								Total Keimungen 1978+1979
		Juli 1978	Aug. 1978	Sep. 1978	Okt. 1978	Juli 1979	Aug. 1979	Sep. 1979	Okt. 1979	
1	SIL-SHang-Ve	4	0	0	0	0	3	4	4	4
2	SIL-SHang-Na	1	0	0	0	0	0	0	0	1
3	KAR-SHang-Ve	11	7	1	1	6	4	4	4	11
4	KAR-SHang-Na	16	8	2	2	2	2	1	1	16
5	SIL-Kuppe-Ve	0	0	11	8	10	10	11	11	11
6	SIL-Kuppe-Na	0	3	4	4	2	2	1	1	4
7	KAR-Kuppe-Ve	8	8	8	2	6	6	2	2	8
8	KAR-Kuppe-Na	6	8	4	6	5	4	2	2	8
9	SIL-Schtä-Ve	-	0	0	-	0	0	0	-	0
10	SIL-Schtä-Na	-	0	0	-	0	0	0	-	0
11	KAR-Schtä-Ve	-	0	10	4	7	10	6	6	10
12	KAR-Schtä-Na	-	13	6	2	9	9	5	5	13

neu austrieben. Es war daher schwierig festzustellen, ob ein Keimling schon im Sommer oder erst während des Winters abstarb, da die genaue Verlusthöhe sich erst während der folgenden Vegetationsperiode ermitteln liess. Von den 86 während des ersten Sommers beobachteten Jungpflanzen wiesen im folgenden Jahr 55 ein Blättchen (evtl. 2) auf. Die Verluste zwischen der ersten und der zweiten Vegetationsperiode betragen ca. 35%.

b) Entwicklung der Keimlinge

Entwicklung unter kontrollierten Bedingungen (Tab. 48). - *Silikat*. Die Entwicklung von *Pulsatilla sulphurea* auf Silikatboden war sehr langsam und eigenartig: Die Plumula funktionierte nie, obwohl die Mikrotomschnitte eine normale Embryomorphologie aufwiesen (vgl. Abb. 24, S.157). Die Keimlinge wiesen zuerst 2 ovale Kotyledonen auf, die anfangs etwa je 0,6-0,8 cm lang waren und mit der Zeit bis auf etwa je 1,2-1,4 cm Länge anwuchsen. Während der ersten Monate erfolgte keine weitere Entwicklung. In der Mitte des zweiten Monats jedoch bildete der Stengel in Bodenhöhe eine Verdickung, eine Art Knoten (Kn). Aus diesem Knoten heraus - und nicht wie üblich zwischen den Kotyledonen! - wuchs in der Mitte des 3. Monats das erste Blatt. Dieses Blatt, im Umriss dreieckig, dreiteilig, jeder Teil kurzgestielt und fiederteilig, entwickelte sich bis zu einem Durchmesser von 1,5 cm. Am Ende des 3. Monats

Tabelle 48. Entwicklung von *Pulsatilla sulphurea* unter kontrollierten Bedingungen (Legende s.S. 40)

SIL (Gew); 5 beobachtete Pflanzen; Ernte: 1977; Start: März 1979/GA ₃ -Vorbehandlung; Dauer: 350 Tage																
Ta	2	10	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	200	250	300	350
Bl	K	K	K	K	K	K	K+1	K+1	1	1	-	-	-	-	-	1
H		1,5	1,5	2	3	3	3,5	3,5	1,5	1,5	-	-	-	-	-	3
Ø							2	2	2	2	-	-	-	-	-	2
Be					Kn											
KAR (Gew); 5 beobachtete Pflanzen; Ernte: 1977; Start: März 1979/GA ₃ -Vorbehandlung; Dauer: 350 Tage																
Ta	2	10	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	200	250	300	350
Bl	K	K	K	K	K	K	K+1	K+1	1	2	2	2	-	-	-	1
H		1,5	1,5	2	2,5	2,5	3	3	1,5	2	2	2	-	-	-	2,5
Ø				1,5	2	2	2	2	2	2	2	3	-	-	-	2
Be				Kn												

vertrockneten die Kotyledonen und einen Monat später auch das einzige Blatt, so dass die Pflanze am Ende des 5. Monats keine lebenden oberirdischen Teile mehr aufwies. Erst während des 12. Monats, am Ende der Beobachtungszeit, erschien ein neues, ähnliches, jedoch grösseres Blatt.

Karbonat. Auf Karbonatboden entwickelte sich *Pulsatilla sulphurea* sehr langsam und ähnlich wie auf Silikat. In den meisten Fällen zeigte sich jedoch zu Beginn des 5. Monats noch ein zweites Blatt (Abb. 7), das dem ersten ähnlich

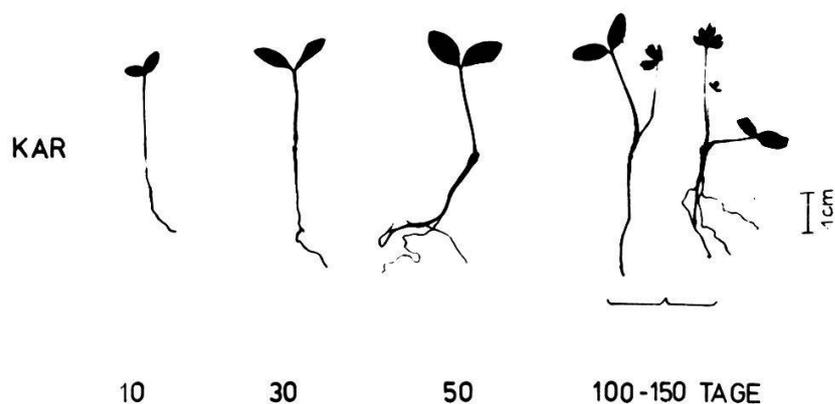


Abbildung 7. Entwicklung von *Pulsatilla sulphurea* im Gewächshaus (Karbonat).

war und am selben Punkt entsprang wie das erste, also im Knoten! Die Blätter vertrockneten beide während des 6. Monats. Auch hier wurde erst gegen Ende der Beobachtungszeit (350 Tage) ein neues, grösseres Blatt gebildet. Die *Sterblichkeit* der Keimlinge betrug etwa 20% und trat während des Kotyledonenstadiums auf.

Tabelle 49. Entwicklung von *Pulsatilla sulphurea* im Felde (Legende s.S. 40)

Serie	Fläche	Anzahl Keiml.	Juli	Aug.	Sep.	Okt.	Juli	Aug.	Sep.	Okt.
			1978	1978	1978	1978	1979	1979	1979	1979
1	SIL-SHang-Ve	3	K				1	1	1	1
2	SIL-SHang-Na	1	K				†			
3	KAR-SHang-Ve	4	K	K	K	K	1	1	2	
4	KAR-SHang-Na	1	K	K	K	K	1	1	1	
5	SIL-Kuppe-Ve	8			K	K	1	1	1	1
6	SIL-Kuppe-Na	1		K	K	K	1	1	1	1
7	KAR-Kuppe-Ve	2	K	K	K	K	1	1	1	
8	KAR-Kuppe-Na	2	K	K	K	K	1	1	1	
11	KAR-Schtä-Ve	6			K	K	1	1	2	
12	KAR-Schtä-Na	5		K	K	K	1	1	2	

Entwicklung im Felde (Tab. 49). - Im Felde entwickelte sich *Pulsatilla sulphurea* äusserst langsam. Während des ersten Sommers bildeten die Keimlinge nur die etwa 0,5 cm über die Bodenoberfläche emporragenden Kotyledonen, die Ende Oktober gelb wurden und vertrockneten (bei den Serien 1 und 2 vertrockneten die Kotyledonen bereits Ende Juli). Zu Beginn der zweiten Vegetationsperiode erschien ein kleines, 1 cm über die Bodenoberfläche emporragendes Blatt, in einigen seltenen Fällen noch ein zweites. Da die Kotyledonen und ihr Stiel schon im Spätsommer 1978 vertrocknet waren, ist auch in diesem Fall anzunehmen, dass die Blätter einem tieferen Punkt der Hypokotylachse entsprossen sind. Am Ende des zweiten Sommers wurden auch diese Blätter wieder gelb und starben ab.

4.3. Die Karbonatarten

4.3.1. Arten, die an Orten mit langer Schneebedeckung wachsen

4.3.1.1. *Sagina Linnaei* Presl.

Vorkommen. - *Sagina Linnaei* ist im Gebiet sowohl auf Dolomit- als auch auf Silikatgestein häufig und bevorzugt feinerdereiche Schneeböden in Zufuhrlagen, in schwach geneigten oder ebenen, windgeschützten, ständig durchfeuchteten Schneetälchen mit (besonders auf Dolomit) sehr kurzer 2-3-monatiger Vegetationsperiode. *Sagina Linnaei* bildet lockere und zum Teil auch dichte Rasen. Nach BRAUN-BLANQUET (1975) Charakterart der *Salicetea herbaceae*.

Alle Samen wurden von Pflanzen auf Karbonatboden geerntet.

a) Keimung

Tabelle 50. Keimungsrate von *Sagina Linnaei* unter kontrollierten Bedingungen (Legende s.S. 39)

Serie	Ernte-jahr	Behandlungen	Anzahl Samen	Start	Dauer (Tage)	Versuchstage					End. %
						10.	20.	30.	50.	100.	
1	1978	keine	50	1.79	17	34	100				100
2	1978	SIL-Gew	100	3.79	130	0	16	19	21	24	25
3	1978	KAR-Gew	100	3.79	130	0	21	31	44	44	45

Keimung unter kontrollierten Bedingungen (Tab. 50). - In *Petrischalen* keimte *Sagina Linnaei* zu hundert Prozent innert 17 Tagen. Es war kein Pilzbefall zu beobachten.

In den *Saatschalen* konnten die Beobachtungen nur 130 Tage lang erfolgen, da dann auch die Samen der zweiten Generation zu keimen begannen.

b) Entwicklung der Keimlinge

Entwicklung unter kontrollierten Bedingungen (Tab. 51). - *Silikat-Karbonat* (Abb. 8). Die Entwicklung verlief sehr schnell und auf beiden Substraten sehr ähnlich: schöne Rosetten (Ro) traten bereits nach 1/2 Monaten auf, am Ende des 2. Monats waren die Pflanzen vegetativ gut entwickelt (Δ). Zu diesem

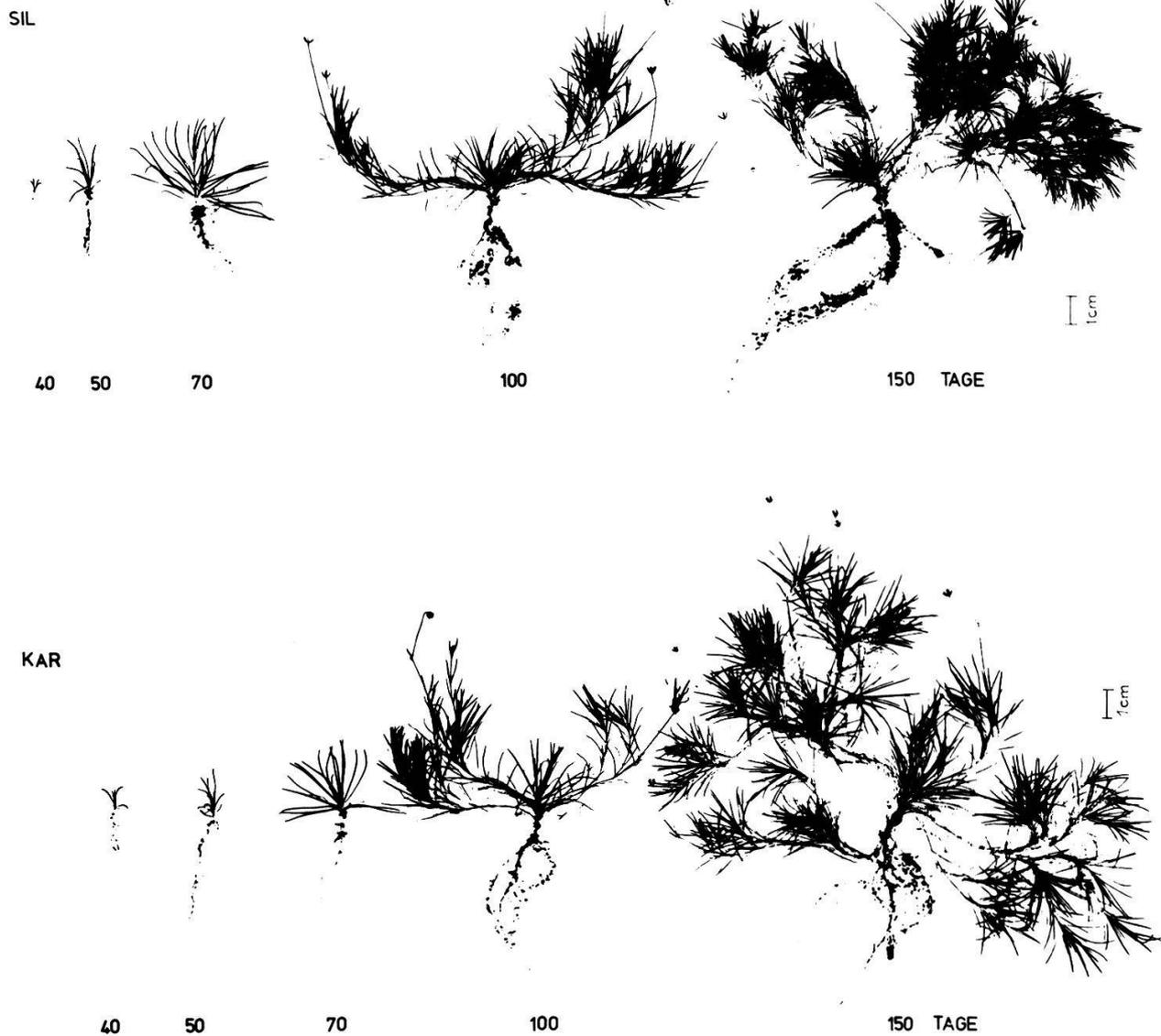


Abbildung 8. Entwicklung von *Sagina Linnaei* im Gewächshaus (auf Silikat- und Karbonatboden)

Zeitpunkt begann der Stengel, oft wurzelnd, zu kriechen (Kr). Die Pflanzen blühten (F) auf Silikatboden am Ende des 3. Monats und auf Karbonatboden in der Mitte des 4. Monats. Nach der Blüte entwickelten sie sich zu einem sehr dichten, geschlossenen Rasen. Bei den beiden Versuchsserien waren keine *Verluste* festzustellen.

Tabelle 51. Entwicklung von *Sagina Linnaei* unter kontrollierten Bedingungen
(Legende s.S. 40)

SIL (Gew); 5 beobachtete Pflanzen; Ernte: 1978; Start: März 1979; Dauer: 90 Tage									
Ta	1	10	15	30	45	60	75	90	
Bl	K	K+2	K+2	K+4	K+6	15	∞	∞	
H					1	2	3,5	3,5	
∅					1	2	3,5	11	
Be					Ro	Δ	Kr	F	
KAR (Gew); 5 beobachtete Pflanzen; Ernte: 1978; Start: März 1979; Dauer: 105 Tage									
Ta	1	10	15	30	45	60	75	90	105
Bl	K	K+2	K+2	K+4	K+6	15	∞	∞	∞
H					1	2	3,5	3,5	3,5
∅					1	2	3,5	9	11
Be					Ro	Δ	Kr	F	F

4.3.1.2. *Veronica alpina* L.

Vorkommen. - Im Gebiet sowohl auf Dolomit- als auch auf Silikatgestein ziemlich häufig, auf feinerdereichen Schneeböden in Zufuhrlagen, in schwach geneigten oder ebenen, windgeschützten, ständig durchfeuchteten Schneetälchen mit einer kurzen bis sehr kurzen Vegetationsperiode von 2-3 Monaten. Die Individuen wachsen einzeln.

Nach BRAUN-BLANQUET (1975) Charakterart der *Salicetea herbaceae*.

Alle untersuchten Samen wurden von Pflanzen auf Karbonatboden geerntet.

a) Keimung

Tabelle 52. Keimungsrate von *Veronica alpina* unter kontrollierten Bedingungen
(Legende s.S. 39)

Serie	Ernte-jahr	Behandlungen	Anzahl Samen	Start	Dauer (Tage)	Versuchstage					End. %
						10.	20.	30.	50.	100.	
1	1978	keine	50	1.79	50	48	80	80	80		80
2	1978	SIL-Gew	100	3.79	150	0	44	47	47	50	53
3	1978	KAR-Gew	100	3.79	150	1	36	45	46	48	53

Keimung unter kontrollierten Bedingungen (Tab. 52). - In *Petrischalen*

keimte *Veronica alpina* sehr gut und innerhalb der ersten 50 Tage. In keinem Fall traten Pilzinfektionen auf.

In den *Saatschalen* war die Keimungsrate niedriger als in den Petrischalen, aber immer noch recht gut. Nach 150 Tagen mussten die Beobachtungen abgebrochen werden, da schon die Samen der zweiten Generation zu keimen begannen.

b) Entwicklung der Keimlinge

Tabelle 53. Entwicklung von *Veronica alpina* unter kontrollierten Bedingungen (Legende s.S. 40)

SIL (Gew); 5 beobachtete Pflanzen; Ernte: 1978; Start: März 1979; Dauer: 135 Tage											
Ta	1	10	15	30	45	60	75	90	105	120	135
Bl	K	K	K	K+2	K+4	K+8	18	20	∞		∞
H					1	1,5	3,5	3,5	3,5	5	5
∅					1	1,5	3	5	9	10	10
Be							Kr			Δ	F

KAR (Gew); 5 beobachtete Pflanzen; Ernte: 1978; Start: März 1979; Dauer: 135 Tage											
Ta	1	10	15	30	45	60	75	90	105	120	135
Bl	K	K	K	K+2	K+6	8	18	20	∞		∞
H					1	1,5	3,5	3,5	3,5	5	5
∅					1	1,5	3	5	10	15	15
Be							Kr			Δ	F

Entwicklung unter kontrollierten Bedingungen (Tab. 53). - Silikat-Karbonat (Abb. 9, S. 92). *Veronica alpina* entwickelte sich sehr schnell auf beiden Substraten und sehr ähnlich. Zunächst bildeten die Pflanzen einige sehr kleine ovale Blätter. Nach 2½ Monaten war der Stengel halbkriechend und nur an seinem Ende aufgerichtet. In der Mitte des 4. Monats entwickelten sich weitere Sprosse, die am selben Punkt entsprangen wie der bereits vorhandene Stengel. Am Ende des 4. Monats waren die Pflanzen vegetativ gut ausgebildet (Δ) und begannen 15 Tage später zu blühen (F). Nach der Blüte setzte sich das vegetative Wachstum fort.

Bei beiden Serien starben keine Pflanzen ab.

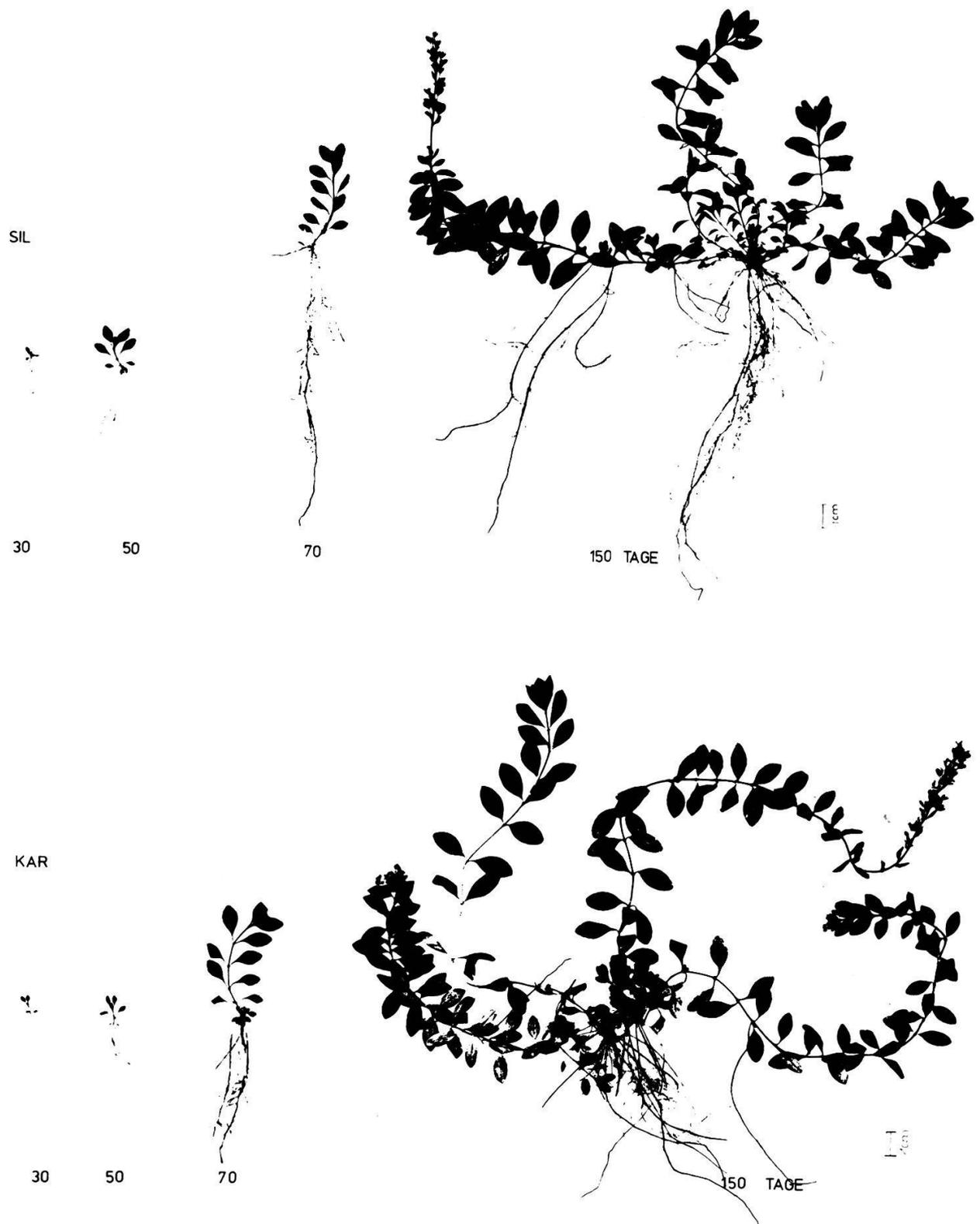


Abbildung 9. Entwicklung von *Veronica alpina* im Gewächshaus (auf Silikat und Karbonat)

4.3.1.3. *Arabis coerulea* All.

Vorkommen. - Im Gebiet ziemlich verbreitet, aber nicht häufig. *Arabis coerulea* besiedelt nie austrocknende, feinerdereiche Schneeböden in Zufuhrlagen in windgeschützten, ebenen bis schwach geneigten Schneetälchen mit einer extrem kurzen Vegetationsperiode von 2-3 Monaten. Sie wächst sogar auf Rohböden. Die Individuen entwickeln verzweigte, dünne, unterirdische Stolonen, die Tochterrosetten bilden. Nach BRAUN-BLANQUET (1975) Charakterart des *Arabidetum coeruleae*.

a) Keimung

Tabelle 54. Keimungsrate von *Arabis coerulea* unter kontrollierten Bedingungen (Legende s.S. 39)

Serie	Erntejahr	Behandlungen	Anzahl Samen	Start	Dauer (Tage)	Versuchstage					End. %
						10.	20.	30.	50.	100.	
1	1975	keine	60	1.76	120	0	0	0	0	0	0
2	1978	keine	50	1.79	130	0	0	0	0	0	0
3	1978	GA ₃	50	1.79	150	6	12	14	16	18	40
4	1978	SIL-Gew(GA ₃)	100	3.79	350	6	8	8	8	8	8
5	1978	KAR-Gew(GA ₃)	100	3.79	350	14	14	14	14	14	17

Keimung unter kontrollierten Bedingungen (Tab. 54). - In *Petrischalen* keimten die Samen ohne Vorbehandlung gar nicht. Die Zufuhr von GA₃ (Serie 3) bewirkte eine relativ hohe Keimungsrate. Pilzbefall war in keinem Fall zu beobachten.

In den *Saatschalen* war die Keimungsrate niedriger als in den *Petrischalen*, obwohl die verwendeten Samen vor der Aussaat eine Woche lang in GA₃ inkubiert worden waren.

b) Entwicklung der Keimlinge

Entwicklung unter kontrollierten Bedingungen (Tab. 55). - *Silikat*. Auf Silikatboden entwickelte sich *Arabis coerulea* rasch. Am Ende des 3. Monats zeigten die Pflanzen bereits gut ausgebildete Rosetten (Ro) mit bis zu 3,5 cm langen, wenig gezähnten, praktisch unbehaarten, länglich-ovalen Blättern. Nach weiteren 15 Tagen konnten die Pflanzen als vegetativ gut entwickelt (Δ)

Tabelle 55. Entwicklung von *Arabis coerulea* unter kontrollierten Bedingungen
(Legende s.S. 40)

SIL (Gew); 5 beobachtete Pflanzen; Ernte: 1978; Start: März 1979; Dauer: 350 Tage																
Ta	1	10	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	200	250	300	350
Bl	K	K	K+1	K+3	K+4	K+6	K+8	12	∞							∞
H				1	1	1,5	3,5	3,5	4,5	6,5	6,5	6,5	6,5	7,5	7,5	7,5
∅					1	2	3	4	5	6	6	9	9	10	10	10
Au											1	2	4	4	4	4
Be								Ro	Δ		Au					F
KAR (Gew); 5 beobachtete Pflanzen; Ernte: 1978; Start: März 1979; Dauer: 350 Tage																
Ta	1	10	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	200	250	300	350
Bl	K	K+2	K+3	K+4	K+8	12	∞									
H			1	2	3	4	5	5	8	8	8	8	8	8	8	8
∅				2,5	4	4	6	6	10	13	13	15	15	15	15	15
Au									1	3	3	3	5	5	5	5
Be								Ro	Δ		Au					NRo

bezeichnet werden. In der Mitte des 5. Monats begannen sich 5-10 cm von der Mutterpflanze entfernt die ersten Tochterrosetten zu bilden, die mit der Mutterpflanze durch unterirdische Stolonen (Au) verbunden waren. Während des 12. Monats, am Ende der Beobachtungsperiode, blühte eine der Pflanzen (F) und trug Früchte.

Karbonat. Auch auf Karbonatboden verlief die Entwicklung sehr schnell. Gut ausgebildete Rosetten (Ro) waren nach zwei Monaten, vegetativ gut entwickelte Pflanzen (Δ) nach 2½ Monaten (Blattlänge ca. 4,5-5 cm) und Nebenrosetten (NRo) nach 4½ Monaten zu beobachten. Die Pflanzen blieben jedoch bis zum Ende der Beobachtungszeit (350 Tage) steril.

Bei keiner der beiden Serien traten Verluste auf.

4.3.1.4. *Ranunculus alpestris* L.

Vorkommen. - Im Gebiet verbreitet auf unterschiedlich entwickelten Böden mit langer Schneebedeckung: sowohl auf feuchten, ruhenden, nie austrocknenden Schuttböden, als auch auf eher feinerdereichen Böden in windgeschützten, meist schwach geneigten bis ebenen Zufuhrlagen mit einer kurzen bis sehr kurzen Vegetationsperiode von 3,5 Monaten. Die Individuen wachsen einzeln.

Nach BRAUN-BLANQUET (1948-49) Charakterart der *Arabidetalia coeruleae*.

a) Keimung

Tabelle 56. Keimungsrate von *Ranunculus alpestris* unter kontrollierten Bedingungen (Legende s.S. 39)

Serie	Ernte-jahr	Behandlungen	Anzahl Samen	Start	Dauer (Tage)	Versuchstage					End. %
						10.	20.	30.	50.	100.	
1	1975	keine	60	1.76	120	0	0	0	0	0	0
2	1975	keine	50	4.77	120	0	0	0	0	0	0
3	1975	keine	50	1.78	120	0	0	0	0	0	0
4	1975	GA ₃	50	4.77	120	0	0	0	0	0	0
5	1976	keine	60	1.76	110	0	0	5	25	40	40
6	1976	keine	50	4.77	120	0	0	6	10	28	30
7	1976	keine	50	1.78	120	0	0	0	0	0	0
8	1976	GA ₃	50	4.77	120	0	0	6	16	18	18
9	1977	keine	50	1.78	140	0	0	6	16	24	28
10	1977	keine	50	5.78	150	0	0	2	4	6	6
11	1977	keine	50	6.79	140	0	0	0	0	0	0
12	1977	SKAR(Klinge)	50	5.78	150	0	0	4	8	10	12
13	1977	SKAR(Klinge)+GA ₃	50	5.78	150	0	0	4	4	6	6
14	1977	GA ₃	50	5.78	150	0	0	0	2	4	4
15	1978	keine	50	1.79	130	0	28	68	76	76	76
16	1975	GAR	100	3.77	500	0	0	0	0	0	7
17	1977	SIL-KK	100	1.78	500	0	0	0	0	5	8
18	1977	KAR-KK	100	1.78	500	0	0	0	4	6	6
19	1978	SIL-Gew	100	3.79	350	0	0	0	4	9	10
20	1978	KAR-Gew	100	3.79	350	0	0	0	5	13	15

Keimung unter kontrollierten Bedingungen (Tab. 56). - In den Petrischalen waren die Keimungsraten der in den verschiedenen Jahren geernteten Samen sehr unterschiedlich. Keine Keimung zeigten die Samen von 1975, eine relativ geringe Keimung diejenigen von 1977, eine gute Keimung die von 1976 und eine sehr gute Keimung die von 1978. Nach einem Jahr Aufbewahrung wiesen auch die Samen von 1976 und 1977 keine Keimung mehr auf (Serien 7 und 11). Skarifika-tion in der Mikropylenregion hatte eine Erhöhung der Keimungsrate gegenüber der Kontrollserie (vgl. Serien 12 und 10) zur Folge. Die Vorbehandlung mit GA₃ (Serien 4, 8, 13, 14) blieb erfolglos. Zwischen dem 5. und dem 15. Tag zeigte sich bei den Serien 1-10 starker Pilzbefall. Bei den anderen 5 Serien

war nur vereinzelt leichter Pilzbefall zu beobachten.

In den *Saatschalen* erfolgte die Keimung sehr langsam und spärlich. Die letzten Samen keimten erst ca. 250 Tage nach der Aussaat.

Tabelle 57. Keimungsrate von *Ranunculus alpestris* im Felde (Legende s.S.40)

Erntejahr : 1977 Aussaat: Oktober 1977
Anzahl Samen: 100 Dauer : 2 Jahre

Serie	Fläche	Vorhandene Keimlinge								Total Keimungen 1978+1979
		Juli 1978	Aug. 1978	Sep. 1978	Okt. 1978	Juli 1979	Aug. 1979	Sep. 1979	Okt. 1979	
1	SIL-SHang-Ve	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	SIL-SHang-Na	0	0	1	1	0	0	0	0	1
3	KAR-SHang-Ve	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	KAR-SHang-Na	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	SIL-Kuppe-Ve	-	0	0	0	0	0	0	0	0
6	SIL-Kuppe-Na	-	0	0	0	0	0	0	0	0
7	KAR-Kuppe-Ve	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	KAR-Kuppe-Na	0	0	1	1	4	6	5	5	6
9	SIL-Schtä-Ve	-	0	0	-	0	0	0	-	0
10	SIL-Schtä-Na	-	0	0	-	0	0	0	-	0
11	KAR-Schtä-Ve	-	0	0	1	5	9	6	6	9
12	KAR-Schtä-Na	-	0	0	1	9	12	10	10	12

Keimung im Felde (Tab. 57). - Im Felde keimte *Ranunculus alpestris* nur auf 4 Flächen und auch hier ziemlich spärlich. Die höchste Keimungsrate wurde auf der Schneetälchenfläche auf Karbonatboden beobachtet (Serie 12).

Die *Sterblichkeit* war mit 25% für Feldverhältnisse ziemlich gering. Die Verluste traten mit einer Ausnahme (Serie 2) ausschliesslich im Sommer auf und waren auf Bodenbewegungen und Austrocknung mit nachfolgendem Wegschwemmen der Keimlinge beim ersten Regen zurückzuführen.

b) Entwicklung der Keimlinge

Entwicklung unter kontrollierten Bedingungen (Tab. 58). - *Gartenerde*.

Ranunculus alpestris entwickelte sich auf Gartenerde sehr schnell. Die Keimlinge wurden zwischen dem 10. und 20. Tag nach der Keimung aus den Petrischalen in Töpfe versetzt (T) und nach 2 1/2 Monaten ins Gewächshaus (G) gebracht. Anfangs entwickelten die Pflanzen sehr kleine, 2-3 mm lange, rundliche, nur andeutungsweise 3-teilige Blätter. Einen Monat später bildeten sich

Tabelle 58. Entwicklung von *Ranunculus alpestris* unter kontrollierten Bedingungen (Legende s.S. 40)

Petri → GAR (KKam → Gew); 5 beobachtete Pflanzen; Ernte: 1976; Start: Februar 1977; Dauer: 135 Tage												
Ta	1	10	15	30	45	60	75	90	105	120	135	
Bl	K	K	K	K+1	2	3	4	5	7	8	8	
H							1	1	1	2	3	
∅									2,5	3	3,5	
Be			(T)				(G)		Ro	Δ	F	

SIL (KKam); 5 beobachtete Pflanzen; Ernte: 1977; Start: März-April 1978; Dauer: 500 Tage																				
Ta	1	10	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	200	250	300	350	400	450	500	
Bl	K	K	K+1	K+2	K+3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	6	8	16	
H																		1,5	2	
∅																			1	2
Be																			Ro	Δ

KAR (KKam); 5 beobachtete Pflanzen: Ernte: 1977; Start: Februar-März 1978; Dauer: 300 Tage															
Ta	1	10	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	200	250	300
Bl	K	K	K+1	K+1	K+2	K+2	K+3	K+3	5	6	6	7	12	16	20
H									1	1	1,5	1,5	2	2,5	4
∅										1	1	2,5	3	4	6
Be												Ro	Δ	F	

die Rosetten (Ro) aus immer noch kleinen, jedoch schon typisch tief 3-5-teiligen Blättern. Am Ende des 4. Monats waren die Pflanzen vegetativ gut entwickelt (Δ) und nach weiteren 15 Tagen erschienen die ersten Blüten (F). Nach der Blüte entwickelten sich die Rosetten noch weiter und wurden kompakter.

Silikat. Auf Silikatboden blieben die Pflanzen lange sehr klein und gelblich, ohne zu wachsen. Erst nach mehr als einem Jahr zeigten vereinzelte Pflanzen eine gewisse Entwicklung und erst am Ende der Beobachtungsperiode nach 500 Tagen konnten sie als vegetativ gut entwickelt (Δ) betrachtet werden.

Karbonat. Auf Karbonatboden entwickelten sich die Jungpflanzen zwar schneller als auf Silikat, jedoch deutlich langsamer als diejenigen auf Gartenerde. Erst am Ende des 5. Monats konnte man von schön ausgebildeten Rosetten (Ro) sprechen, und erst während des 7. Monats waren die Pflanzen vegetativ gut entwickelt (Δ). Die Pflanzen blühten während des 10. Monats nach der Keimung. Die *Sterblichkeit* war auf Gartenerde und Silikatboden mit 25% für Laborver-

hältnisse ziemlich hoch, auf Karbonatboden hingegen mit weniger als 10% relativ gering. Die Verluste traten bei der Gartenerdeserie vor allem anschließend an das Versetzen in Töpfe und bei den anderen Serien während des ersten Lebensjahres auf.

Tabelle 59. Entwicklung von *Ranunculus alpestris* im Felde (Legende s.S. 40)

Serie	Fläche	Anzahl Keimlinge	Sept. 1978	Okt. 1978	Juli 1979	Aug. 1979	Sep. 1979	Okt. 1979
2	SIL-SHang-Na	1	K	K+2	†			
8	KAR-Kuppe-Na	1	K	K+1	K+1	1	1	2
11	KAR-Schtä-Ve	5		K	K+1	K+1	K+1	K+1
12	KAR-Schtä-Na	5		K	K+1	K+1	K+1	K+1

Entwicklung im Felde (Tab. 59). - Im Felde entwickelten sich die wenigen Keimlinge sehr langsam und die überlebenden waren auch am Ende der zweiten Vegetationsperiode noch sehr klein.

4.3.1.5. *Salix retusa* L.

Vorkommen. - Im Gebiet häufig auf wenig entwickelten, skelettreichen, feuchten Böden in eher geschützten Lagen mit kurzer, 3-4-monatiger Vegetationszeit. *Salix retusa* kann auch auf basenreichem Silikatgestein gedeihen. Die Individuen bilden Aeste, die sich auf der Bodenoberfläche ausbreiten und Wurzeln treiben.

Nach BRAUN-BLANQUET (1975) Charakterart des *Salicetum retusoreticulatae*.

a) Keimung

Keimung unter kontrollierten Bedingungen (Tab. 60). - In den *Petrischalen* zeigte *Salix retusa* eine relativ niedrige Keimungsrate. Eine verlängerte Aufbewahrung wirkte sich bei den 1976 geernteten Samen (Serien 1, 2, 3) negativ auf die Keimungsrate aus, bei den 1977 geernteten (Serien 4, 5, 6) hingegen positiv. GA₃ (Serien 7 und 8) erhöhte die Keimungsrate und beschleunigte den Keimungsverlauf erheblich. Leider mussten die Versuche mit Serie 8 schon nach einem Monat wegen einer starken Pilzinfektion abgebrochen werden. Grössere Infektionen nach ca. einem Monat (bei Serie 3 sogar schon nach wenigen Tagen)

Tabelle 60. Keimungsrate von *Salix retusa* unter kontrollierten Bedingungen
(Legende s.S. 39)

Serie	Ernte- jahr	Behandlungen	Anzahl Samen	Start	Dauer (Tage)	Versuchstage					End. %
						10.	20.	30.	50.	100.	
1	1976	keine	50	9.76	45	6	20	22	26		26
2	1976	keine	60	1.77	100	0	2	3	13	18	18
3	1976	keine	50	1.78	120	0	0	0	0	0	0
4	1977	keine	50	1.78	120	10	14	16	16	16	16
5	1977	keine	50	5.78	150	12	22	22	22	26	26
6	1977	keine	50	1.79	130	6	10	20	26	30	30
7	1977	GA ₃	50	5.78	150	50	54	54	56	66	70
8	1977	GA ₃	50	1.79	30	26	32	32			32
9	1977	SIL-KK	100	1.78	500	0	0	0	1	1	7
10	1977	KAR-KK	100	1.78	500	0	1	1	3	3	8
11	1977	SIL-Gew(GA ₃)	100	3.79	350	7	8	8	8	8	8
12	1977	KAR-Gew(GA ₃)	100	3.79	350	12	19	19	19	19	19

waren ebenfalls bei den Serien 2, 3 und 4 zu beobachten. Leichter Pilzbe-
fall trat bei Serie 6 auf. Serie 1, die noch direkt am Tag der Ernte in Davos
inkubiert und am folgenden Tag nach Zürich in die Klimakammer transportiert
worden war, musste nach 45 Tagen wegen eines Klimakammerdefekts abgebrochen
werden.

In den *Saatschalen* war die Keimungsrate niedrig, konnte jedoch durch
Inkubation der Samen vor der Aussaat in GA₃ leicht erhöht werden.

Keimung in Felde. - Während der beiden Beobachtungsjahre war keinerlei Kei-
mung festzustellen.

b) Entwicklung der Keimlinge

Entwicklung unter kontrollierten Bedingungen (Tab. 61). - *Gartenerde.* Die
Entwicklung verlief relativ schnell. Die Keimlinge wurden zwischen dem 15.
und dem 30. Tag nach der Keimung aus den Petrischalen in Töpfe versetzt (T)
und in der Mitte des 4. Monats ins Gewächshaus gebracht (G). Am Ende des 4.
Monats bildeten sich die ersten Aeste (Ae), die bald zu kriechen begannen
(Kr) und mehrere typische, ovale, glänzende Blätter aufwiesen; am Ende des
5. Monats konnten die Pflanzen als vegetativ gut entwickelt (Δ) bezeichnet
werden. Nach dem Versetzen in den Garten (Ga), entwickelten sich die Pflanzen
weiter, bildeten 4-5 grosse, holzige, kriechende Hauptäste und blühten (F)
25 Monate nach der Keimung.

Tabelle 61. Entwicklung von *Salix retusa* unter kontrollierten Bedingungen
(Legende s.S. 40)

Petri → GAR (KKam → Gew); 3 beobachtete Pflanzen; Ernte: 1976; Start: Januar-Februar 1977; Dauer: 750 Tage																		
Ta	1	10	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	200	250	300	350	500	750
Bl	K	K	K	2	3	5	6	7	9	13	18	∞						∞
H								1	1	2	3	3	1	1	1	1	1	1
∅										3	(10)	(15)	(25)	(28)	(33)	(35)	(38)	(40)
Ae										2	2	3-4	4	4	4	4	4	4-5
Be				(T)					(G)	Ae	Kr	Δ				(Ga)		F
SIL (KKam); 3 beobachtete Pflanzen; Ernte: 1977; Start: Februar-April 1978; Dauer: 500 Tage																		
Ta	1	10	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	200	250	300	350	400	500
Bl	K	K	K+1	K+2	K+2	-	3	3	3	-	3	4	5	5	5	5	-	-
H																	1	1
∅																	1	-
KAR (KKam); 4 beobachtete Pflanzen; Ernte: 1977; Start: Februar-April 1978; Dauer: 500 Tage																		
Ta	1	10	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	200	250	300	350	400	500
Bl	K	K	K+1	K+2	K+2	K+2	-	3	3	-	4	5	8	10	12	15	-	-
H													1	1	1	1	1	1
∅															1	1	1	-
Ae																1	1	1
Be																Ae		

Silikat. Auf Silikatboden entwickelte sich *Salix retusa* langsam und nur unvollständig. Von Zeit zu Zeit verloren die Pflanzen alle Blätter, bildeten danach aber wieder neue. Am Ende der Beobachtungsperiode (nach 500 Tagen) waren alle oberirdischen Pflanzenteile vertrocknet.

Karbonat. Auf Karbonatboden verlief die Entwicklung von *Salix retusa* zwar etwas rascher als auf Silikatboden, aber immer noch sehr langsam. Die Pflanzen verloren ebenfalls von Zeit zu Zeit alle Blätter. Am Ende der Beobachtungsperiode (nach 500 Tagen) begann der kleine holzige Stengel kräftiger zu werden und sich zu verzweigen. Blätter trug er keine, doch waren mehrere Knospen zu erkennen.

Die *Sterblichkeit* war bei allen drei Serien während der ersten 6-7 Entwicklungsmonate mit 20-25% ziemlich hoch.

4.3.1.6. *Hutchinsia alpina* (L.) R.Br.

Vorkommen. - Im Gebiet verbreitet auf lange schneebedeckten, nie austrocknenden, unterschiedlich entwickelten Böden, auf feuchtem, ruhendem bis leicht bewegtem Feinschutt, auf Schutt und auf Rohböden mit wenig oder ohne Humus, in windgeschützten Lagen mit kurzer bis sehr kurzer Vegetationsperiode von 2-4 Monaten. Die Individuen wachsen einzeln.

a) Keimung

Tabelle 62. Keimungsrate von *Hutchinsia alpina* unter kontrollierten Bedingungen (Legende s.S. 39)

Serie	Ernte-jahr	Behandlungen	Anzahl Samen	Start	Dauer (Tage)	Versuchstage					End. %
						10.	20.	30.	50.	100.	
1	1976	keine	60	1.77	150	0	12	18	22	37	48
2	1976	keine	50	4.77	120	4	8	10	12	32	40
3	1976	keine	50	1.78	140	4	24	28	30	50	58
4	1976	keine	50	1.79	150	4	24	36	50	70	84
5	1976	GA ₃	50	4.77	56	28	64	92	98	100	100
6	1977	keine	50	1.78	140	14	18	22	30	38	50
7	1977	keine	50	1.79	150	12	18	26	46	76	92
8	1976	GAR	100	4.77	500	0	4	4	5	5	5
9	1977	SIL-KK	100	1.78	500	0	44	45	45	50	56
10	1977	KAR-KK	100	1.78	46	0	94	97	100		100
11	1977	SIL-Gew	100	3.79	350	27	53	55	59	65	81
12	1977	KAR-Gew	100	3.79	50	51	88	92	100		100

Keimung unter kontrollierten Bedingungen (Tab. 62). - In den *Petrischalen* keimte *Hutchinsia alpina* langsam, aber regelmässig und gut. Eine verlängerte Aufbewahrung wirkte sich sowohl auf den 1976 als auch auf den 1977 geernteten Samen positiv aus (Serien 1, 3, 4 bzw. 6 und 7). GA₃-Behandlung (Serie 5) erhöhte die Keimungsrate und beschleunigte den Keimungsverlauf beträchtlich. Es traten keine Pilzinfektionen auf.

Mit Ausnahme der Serie auf steriler Gartenerde war die Keimungsrate in den *Saatschalen* sehr hoch; auf Karbonatboden (Serien 10 und 12) keimten ausnahmslos alle Samen und zwar schneller als in den *Petrischalen*.

Tabelle 63. Keimungsrate von *Hutchinsia alpina* im Felde (Legende s.S. 40)

Erntejahr : 1977 Aussaat: Oktober 1977
 Anzahl Samen: 100 Dauer : 2 Jahre

Serie	Fläche	Vorhandene Keimlinge								Total Keimungen 1978+1979
		Juli 1978	Aug. 1978	Sep. 1978	Okt. 1978	Juli 1979	Aug. 1979	Sep. 1979	Okt. 1979	
1	SIL-SHang-Ve	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	SIL-SHang-Na	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	KAR-SHang-Ve	0	0	0	0	26	16	15	15	26
4	KAR-SHang-Na	9	9	7	7	18	18	18	18	20
5	SIL-Kuppe-Ve	-	0	0	0	0	0	0	0	0
6	SIL-Kuppe-Na	-	0	0	0	0	0	0	0	0
7	KAR-Kuppe-Ve	13	7	7	7	37	37	37	37	43
8	KAR-Kuppe-Na	58	62	58	53	64	64	78	78	87
9	SIL-Schtä-Ve	-	0	0	-	0	0	0	-	0
10	SIL-Schtä-Na	-	0	0	-	0	0	0	-	0
11	KAR-Schtä-Ve	31	20	19	36	36	36	36	36	48
12	KAR-Schtä-Na	-	41	40	31	50	53	64	64	74

Keimung im Felde (Tab. 63). - Die Resultate waren sehr auffällig: bis auf eine Ausnahme keimte *Hutchinsia alpina* bereits während des ersten Sommers auf allen Karbonatflächen gut bis sehr gut. Auf Silikatboden hingegen keimte kein einziger Samen.

Verluste. Die Sterblichkeit war auf den nackten Versuchsflächen ebenso gering wie auf den vegetationsbedeckten (unter 20%). Verluste traten nur im Sommer auf (Bodenbewegung und Austrocknung mit nachfolgender Wegschwemmung beim ersten Regen).

b) Entwicklung der Keimlinge

Entwicklung unter kontrollierten Bedingungen (Tab. 64). - Gartenerde.

Hutchinsia alpina entwickelte sich auf Gartenerde sehr schnell. Die Jungpflanzen wurden während der zweiten Woche nach der Keimung aus den Petrischalen in Töpfe verpflanzt (T) und nach 45 Tagen ins Gewächshaus (G) gebracht. Zu diesem Zeitpunkt zeigten die Pflanzen bereits gut ausgebildete Rosetten (Ro). Die ersten 6-9 Blätter waren klein, gestielt, unterteilt, oval und ganzrandig; das 7. bis 10. Blatt zeigte bereits die typische, bis auf den Mittelnerv fiederteilige Form, jederseits mit 1-5 ovalen bis lanzettlichen Abschnitten. Am Ende des 2. Monats waren die Pflanzen vegetativ gut entwickelt (Δ) und einen Monat später blühten sie (F).

Tabelle 64. Entwicklung von *Hutchinsia alpina* unter kontrollierten Bedingungen (Legende s.S. 40)

Petri → GAR (KKam → Gew); 6 beobachtete Pflanzen; Ernte: 1976; Start: Februar-März 1977; Dauer: 90 Tage								
Ta	1	10	15	30	45	60	75	90
Bl	K	K	K+2	K+5	12	20	∞	∞
H				1,5	3,5	5	6	6
∅				(2)	5	7	9	11
Be			(T)		Ro	Δ		F
					(G)			

SIL (Gew); 2 beobachtete Pflanzen; Ernte: 1977; Start: März 1979; Dauer: 350 Tage																
Ta	1	10	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	200	250	300	350
Bl	K	K+2	K+2	K+3	K+4	K+5	10	12	18	18	20	∞				
H					1	1	2	2	4	4	4,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5
∅					1	1	2	2	3,5	3,5	6	8	8	8	8	8
Be							Ro				Δ					

KAR (Gew); 5 beobachtete Pflanzen; Ernte: 1977; Start: März 1979; Dauer: 90 Tage								
Ta	1	10	15	30	45	60	75	90
Bl	K	K+2	K+3	K+4	K+6	12	∞	∞
H		1	1	2	3	4	6	7
∅				2,5	3	3	6	8
Be						Ro	Δ	F

Silikat (Abb. 10, S.104). Auf Silikatboden entwickelten sich die meisten Pflanzen lediglich bis zum K+4- oder K+6-Stadium oder starben gar vorher ab. Nur zwei Individuen entwickelten sich weiter, bildeten typische Blätter, zeigten nach 2 1/2 Monaten eine gut ausgebildete Rosette (Ro) und konnten während des 5. Monats als vegetativ gut ausgebildet (Δ) bezeichnet werden. Sie kamen jedoch bis am Ende der Beobachtungszeit von 350 Tagen nicht zur Blüte.

Karbonat (Abb. 10, S.104). Auf Karbonatboden entwickelte sich *Hutchinsia alpina* - wie auf Gartenerde - sehr schnell. Eine Pflanze blühte sogar schon 2 Monate nach der Keimung.

Die *Sterblichkeit* der Pflanzen war auf Gartenerde und auf Karbonat mit weniger als 5% sehr gering, auf Silikatboden hingegen mit mehr als 75% äusserst hoch.

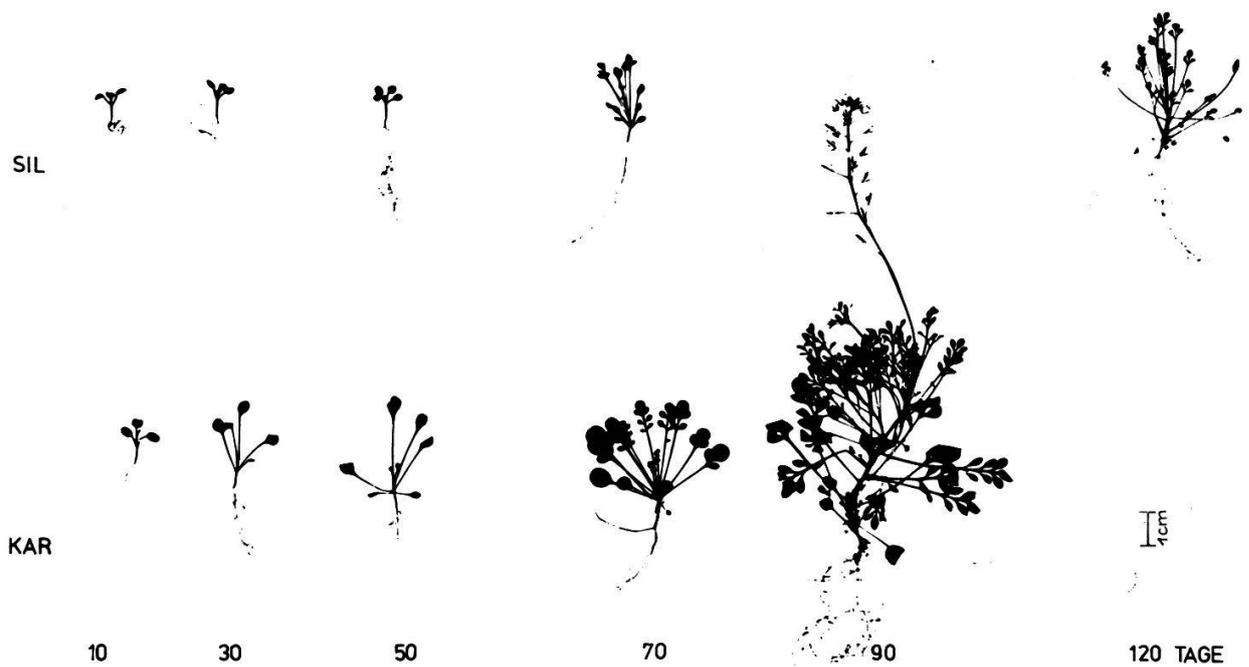


Abbildung 10. Entwicklung von *Hutchinsia alpina* im Gewächshaus
(auf Silikat- und Karbonatboden)

Tabelle 65. Entwicklung von *Hutchinsia alpina* im Felde (Legende s.S. 40)

Serie	Fläche	Anzahl Keiml.	Juli 1978	Aug. 1978	Sep. 1978	Okt. 1978	Juli 1978	Aug. 1978	Sep. 1978	Okt. 1978
3	KAR-SHang-Ve	10					K	K+4	6	8
4	KAR-SHang-Na	10	K	K+2	K+4	K+6	8	10	14	18
7	KAR-Kuppe-Ve	10	K	K+2	K+2	K+4	K+5	6	6	6
8	KAR-Kuppe-Na	10	K	K+2	K+2	K+4	6	6	8	10
11	KAR-Schtä-Ve	10		K	K+2	K+4	K+4	6	6	10
12	KAR-Schtä-Na	10		K	K+2	K+4	K+4	6	8	9

Entwicklung im Felde (Tab. 65). - Im Felde entwickelte sich *Hutchinsia alpina* zwar langsam (Abb. 11, S.105), aber doch bedeutend schneller als die anderen untersuchten Pflanzenarten. Am Ende der zweiten Vegetationsperiode (bei Serie 4 schon am Ende der ersten) wiesen die Jungpflanzen kleine, dunkelgrüne bis dunkelrote, kompakte Rosetten aus ebenfalls kleinen, jedoch dicken, teilweise schon fiederteiligen Blättern auf. In manchen Fällen erreichten die Rosetten



Abbildung 11. Unterschiedliche Entwicklung von *Hutchinsia alpina* im Feld und im Gewächshaus (auf Karbonat)

in den Flächen auf Karbonatunterlage einen Durchmesser von knapp 1 cm. Auf den Silikat-Flächen war dagegen keine Keimung festzustellen (vgl. Tab. 63, S.102).

4.3.2. Arten, die an Orten mit kurzer Schneebedeckung wachsen

4.3.2.1. *Saxifraga caesia* L.

Vorkommen. - Im Gebiet verbreitet und häufig auf schlecht entwickelten, skelettreichen Böden, auf ruhendem, trockenem Schutt und an Felsen in stark unterschiedlichen, jedoch sonnigen Lagen mit langer, 4-5-monatiger Vegetationsperiode. *Saxifraga caesia* meidet sowohl oberflächlich entkalkte als auch humusreiche Böden, bevorzugt eher trockene bis ausgesprochen trockene Standorte und bildet dichte und feste Polster.

Nach BRAUN-BLANQUET (1969) Charakterart des *Caricetum firmae*.

a) Keimung

Tabelle 66. Keimungsrate von *Saxifraga caesia* unter kontrollierten Bedingungen (Legende s.S. 39)

Serie	Ernte-jahr	Behandlungen	Anzahl Samen	Start	Dauer (Tage)	Versuchstage					End. %
						10.	20.	30.	50.	100.	
1	1976	keine	60	1.77	130	0	0	5	8	17	17
2	1976	keine	50	4.77	120	0	0	2	8	12	12
3	1976	keine	50	1.79	130	0	0	2	2	4	4
4	1976	GA ₃	50	1.77	120	0	0	4	8	8	8
5	1977	keine	50	1.78	120	0	14	72	84	88	88
6	1978	keine	50	1.79	130	0	2	30	44	60	62
7	1976	GAR	100	3.77	600	0	0	0	0	0	0
8	1977	SIL-KK	100	1.78	500	0	0	0	0	0	0
9	1977	KAR-KK	100	6.78	500	0	0	0	0	0	0
10	1978	SIL-Gew	100	3.79	350	0	0	0	1	1	1
11	1978	KAR-Gew	100	3.79	350	0	0	0	1	1	2

Keimung unter kontrollierten Bedingungen (Tab. 66). - In den *Petrischalen* verhielten sich die Samen der verschiedenen Jahrgänge sehr unterschiedlich: spärlich und langsam keimten die 1976 geernteten Samen (serien 1, 2, 3), gut die aus dem Jahr 1978 (Serie 6) und optimal und sehr schnell diejenigen aus dem Jahr 1977 (Serie 5). Eine verlängerte Aufbewahrung wirkte sich ungünstig auf die Keimungsrate aus (vgl. Serien 1, 2, 3). Zufuhr von GA₃ zeigte keine positive Wirkung. Pilzbefall war fast nirgends zu beobachten.

In den *Saatschalen* war praktisch keine Keimung zu beobachten.

Keimung im Felde (Tab. 67). - Ausgekeimte Samen waren nur auf drei Versuchsf lächen auf Karbonatboden (Serien 7, 8, 11) zu beobachten und auch in diesen Fällen war die Keimungsrate sehr spärlich.

Verluste. Die im Sommer 1978 gekeimten Keimlinge (Serien 7 und 8) überlebten die erste Vegetationsperiode nicht (Austrocknung mit nachfolgendem Wegschwemmen beim ersten Regen).

b) Entwicklung der Keimlinge

Entwicklung unter kontrollierten Bedingungen (Tab. 68). - *Gartenerde.* Auf Gartenerde entwickelte sich *Saxifraga caesia* ziemlich schnell. Die Keimlinge

Tabelle 67. Keimungsrate von *Saxifraga caesia* im Felde (Legende s.S.40)

Erntejahr : 1977 Aussaat: Oktober 1977
 Anzahl Samen: 100 Dauer : 2 Jahre

Serie	Fläche	Vorhandene Keimlinge								Total Keimungen 1978+1979
		Juli 1978	Aug. 1978	Sep. 1978	Okt. 1978	Juli 1979	Aug. 1979	Sep. 1979	Okt. 1979	
1	SIL-SHang-Ve	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	SIL-SHang-Na	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	KAR-SHang-Ve	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	KAR-SHang-Na	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	SIL-Kuppe-Ve	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	SIL-Kuppe-Na	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	KAR-Kuppe-Ve	3	0	0	0	0	0	0	0	3
8	KAR-Kuppe-Na	2	5	0	0	0	0	0	0	5
9	SIL-Schtä-Ve	-	0	0	-	0	0	0	-	0
10	SIL-Schtä-Na	-	0	0	-	0	0	0	-	0
11	KAR-Schtä-Ve	-	0	0	0	0	1	1	1	1
12	KAR-Schtä-Na	-	0	0	0	0	0	0	0	0

wurden zwischen dem 15. und 25. Tag nach der Keimung aus den Petrischalen in Töpfe versetzt (T) und am Ende des 3. Monats ins Gewächshaus (G) gebracht. Vom Ende des 2. Monats an begannen die sehr kleinen Blätter deutliche Kalkausscheidungen (Ka) aufzuweisen. Nach 2 1/2 Monaten hatten die Pflanzen je eine kleine, aber sehr schön ausgebildete Rosette (Ro) aus sich dicht dachziegelartig überdeckenden, sehr kleinen, aber festen Blättchen gebildet. Am Ende des 4. Monats wiesen die Pflanzen 1-2 winzige Nebenrosetten (NRo) auf und waren trotz geringer Grösse vegetativ gut entwickelt (Δ). Zwei Pflanzen blühten (F), jedoch erst im 3. Lebensjahr, nachdem sie bereits ein Jahr im Garten (Ga) eingepflanzt waren. Sie wiesen je 10-15 Blüten auf.

Silikat. Auf Silikat verlief die Entwicklung langsam. Die Keimlinge wurden zwischen dem 20. und dem 30. Tag aus den Petrischalen in Töpfe versetzt (T). Erst in der Mitte des 4. Monats begannen die Blätter Kalk (Ka) auszuscheiden, und erst am Ende des 4. Monats bildete sich eine winzige Rosette (Ro). Die Pflanzen konnten, obwohl sie gegen Ende des 7. Monats 1-2 winzige Nebenrosetten (NRo) bildeten, erst nach einem Lebensjahr als vegetativ gut entwickelt (Δ) bezeichnet werden.

Tabelle 68. Entwicklung von *Saxifraga caesia* unter kontrollierten Bedingungen (Legende s.S. 40)

Petri → GAR (KKam → Gew); 4 beobachtete Pflanzen; Ernte: 1976; Start: Februar-Juni 1977; Dauer: 750 Tage																		
Ta	1-2	10	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	200	250	350	450	500	750
Bl	K	K	K	K+2	K+4	6	10	15	20	∞								∞
H										1	1	1	1,5	2	2	2	2	2
∅										1	1	1	2	3	3	3	4	5
NRo										2	2	2	2	2	2	2	2	2
Be			(T)			Ka	Ro	(G)		Δ (NRo)						(Ga)		F
Petri → SIL (KKam); 5 beobachtete Pflanzen; Ernte: 1976; Start: Februar 1978; Dauer: 350 Tage																		
Ta	1-2	10	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	200	250	300	350		
Bl	K	K	K	K+2	K+2	K+4	K+4	K+4	6	8	10	11	15	20	∞			
H																	1	
∅																	1	
NRo													2	2	2		2	
Be			(T)						Ka	Ro				NRo			Δ	
KAR (Gew); 1 beobachtete Pflanze; Ernte: 1976; Start: April 1979; Dauer: 350 Tage																		
Ta	1-2	10	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	200	250	300	350		
Bl	K	K	K	K+2	K+4	5	6	7	8	9	9	14	16	18	18	∞		
H																	1	
∅																	1	
NRo																	-	
Be									Ka	Ro							Δ	

Karbonat. Auf Karbonatboden verlief die Entwicklung ziemlich langsam. Nach 2½ Monaten begannen die Blätter Kalk (Ka) auszuschleiden, und bereits nach 3 Monaten bildeten die Pflanzen erste kleine, aber schön ausgebildete Rosetten (Ro). Es konnten jedoch keine Nebenrosetten beobachtet werden und erst nach einem Lebensjahr konnte die Pflanze, ähnlich wie auf Silikat, als vegetativ gut ausgebildet (Δ) bezeichnet werden.

Die *Sterblichkeit* im Anschluss an das Versetzen in Töpfe war bei der Gartenerdeserie trotz der Kleinheit der Keimlinge mit weniger als 10% gering, bei den anderen Serien waren keine Verluste zu verzeichnen.

Die Keimlinge der Serien Silikat-Gewächshaus und Karbonat-Klimakammer starben während der ersten Lebensmonate ohne dass es ihnen gelungen wäre Wurzeln zu schlagen.

Tabelle 69. Entwicklung von *Saxifraga caesia* im Felde (Legende s.S. 40)

Serie	Fläche	Anzahl Keiml.	Juli 1978	Aug. 1978	Sep. 1978	Okt. 1978	Juli 1979	Aug. 1979	Sep. 1979	Okt. 1979
7	KAR-Kuppe-Ve	3	K	†						
8	KAR-Kuppe-Na	2	K	K	†					
11	KAR-Schtä-Ve	1					K	K+3	K+4	

Entwicklung im Felde (Tab. 69). - Der einzige im Oktober 1979 noch vorhandene Keimling war, obwohl scheinbar bei guter Gesundheit, sehr klein. Nur auf einem Viertel der Flächen waren Samen ausgekeimt und auch dort nur sehr wenige (vgl. Tab. 67, S. 107).

4.3.2.2. *Dryas octopetala* L.

Vorkommen. - Im Gebiet verbreitet und häufig, eher auf schlecht entwickelten, kalk- und skelettreichen Böden und auf ruhendem Schutt an stark unterschiedlichen Standorten mit mittlerer Vegetationsperiode von ca. 3 Monaten. Die Art, die auch auf kalkreichem Silikat anzutreffen ist und praktisch nur Schneetälchen meidet, kann auch auf oberflächlich entkalkten Böden vorkommen, da ihre zum Teil mehrere Meter langen Wurzeln die Ca-Versorgung sicherstellen können. Die Individuen breiten sich kriechend aus.

Nach BRAUN-BLANQUET (1969) Charakterart der *Elyno-Seslerietea*.

a) Keimung

Keimung unter kontrollierten Bedingungen (Tab. 70). - In den *Petrischalen* veränderte sich das Keimverhalten von *Dryas octopetala* mit den verschiedenen Erntejahren: es war gut bei den Jahrgängen 1975 und 1976, sehr gut bei den Samen von 1977. Der Keimungsverlauf von *Dryas octopetala* wurde durch Skarifikation der Samen (Serien 11, 12, 13) beschleunigt, während GA_3 -Behandlung (Serien 6 und 10) keinerlei Wirkung zeigte. Bei den Samen von 1975 und 1976 traten regelmässig Pilze auf: leichter Befall bei den Serien 1 und 5, starker Befall von der 3. Woche an bei den Serien 2, 3, 4 und 6.

In den *Saatschalen* war die Keimungsrate von *Dryas octopetala* sowohl auf Silikat- (Serien 15 und 17) als auch auf Karbonatboden (Serien 16 und 18) hoch. Alle Samen keimten während der ersten 200 Tage nach der Aussaat.

Tabelle 70. Keimungsrate von *Dryas octopetala* unter kontrollierten Bedingungen (Legende s.S. 39)

Serie	Ernte-jahr	Behandlungen	Anzahl Samen	Start	Dauer (Tage)	Versuchstage					End. %
						10.	20.	30.	50.	100.	
1	1975	keine	60	6.76	140	2	22	32	40	48	50
2	1975	keine	50	1.78	140	0	12	26	46	66	66
3	1976	keine	60	1.77	130	0	10	12	28	45	47
4	1976	keine	50	4.77	120	4	44	56	68	72	72
5	1976	keine	50	1.78	120	2	26	28	48	52	52
6	1976	GA ₃	50	4.77	120	4	44	62	62	62	62
7	1977	keine	50	1.78	120	0	36	42	58	90	90
8	1977	keine	50	5.78	150	26	74	90	94	94	94
9	1977	keine	50	1.79	25	52	96	100			100
10	1977	GA ₃	50	5.78	50	24	90	90	94		94
11	1977	SKAR(Klinge)+GA ₃	50	5.78	12	95	100				100
12	1977	SKAR(Klinge)	50	5.78	10	100					100
13	1977	SKAR(Klinge)	50	1.79	10	100					100

14	1976	GAR	100	4.77	500	0	0	0	0	0	2
15	1977	SIL-KK	100	1.78	500	0	22	37	67	73	80
16	1977	KAR-KK	100	1.78	500	0	22	28	36	43	43
17	1977	SIL-Gew	100	3.79	350	0	40	42	44	48	48
18	1977	KAR-Gew	100	3.79	350	0	57	61	62	64	64

Tabelle 71. Keimungsrate von *Dryas octopetala* im Felde (Legende s.S.40)

Erntejahr : 1977 Aussaat: Oktober 1977
 Anzahl Samen: 100 Dauer : 2 Jahre

Serie	Fläche	Vorhandene Keimlinge								Total Keimungen 1978+1979
		Jul	Aug.	Sep.	Okt.	Jul	Aug.	Sep.	Okt.	
		1978	1978	1978	1978	1979	1979	1979	1979	
1	SIL-SHang-Ve	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	SIL-SHang-Na	1	0	0	0	0	0	0	0	1
3	KAR-SHang-Ve	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	KAR-SHang-Na	4	0	0	0	0	0	0	0	4
5	SIL-Kuppe-Ve	-	0	0	0	0	1	1	1	1
6	SIL-Kuppe-Na	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	KAR-Kuppe-Ve	12	8	4	2	2	2	3	3	12
8	KAR-Kuppe-Na	24	15	15	12	4	4	5	5	24
9	SIL-Schtä-Ve	-	0	0	-	0	0	0	-	0
10	SIL-Schtä-Na	-	0	0	-	0	0	0	-	0
11	KAR-Schtä-Ve	-	18	18	18	4	3	1	1	18
12	KAR-Schtä-Na	-	15	2	2	1	0	0	0	15

Keimung im Felde (Tab. 71). - Die Keimung erfolgte während des ersten Sommers (Ausnahme: Serie 5) und mit ziemlich geringer Quote. Keimlinge zeigten sich auf 5 Karbonatflächen und auf 2 Silikatflächen, auf letzteren jedoch jeweils nur ein Individuum.

Verluste. Die Sterblichkeit, sowohl im Sommer (Bodenbewegung und Austrocknung mit nachfolgendem Wegschwemmen beim ersten Regen), als auch im Winter (Frostwirkungen), war auf den nackten wie auch auf den vegetationsbedeckten Versuchsflächen ziemlich hoch: von den 75, während der beiden Vegetationsperioden gekeimten Keimlingen, waren am Ende der Beobachtungsperiode nur noch 10 (ca. 13%) am Leben.

b) Entwicklung der Keimlinge

Tabelle 72. Entwicklung von *Dryas octopetala* unter kontrollierten Bedingungen (Legende s.S. 40)

Petri → GAR (KKam → Gew); 6 beobachtete Pflanzen; Ernte: 1975; Start: Februar-März 1977; Dauer: 450 Tage																			
Ta	1-2	10	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	200	250	300	350	400	450	
Bl	K	K	K+2	K+3	4	4	6	8	12	17	∞							∞	
H									1	1	2	2	2,5	2,5	4	4,5	5	8	
∅									2	4	(6)	(12)	(16)	(30)	(33)	(40)	(46)		
Au												1	2	4	4	4	4	4	
Be				(T)								Kr	Δ					F	
SIL (KKam); 5 beobachtete Pflanzen; Ernte: 1977; Start: Januar 1978; Dauer: 500 Tage																			
Ta	1-2	10	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	200	250	300	350	400	450	500
Bl	K	K	K+1	K+2	K+3	K+4	K+4	K+4	5	6	6	7	8	9	10	13	15	∞	
H														1	1	1	1,5	1,5	1,5
∅														1	1,5	2	2	2,5	3
KAR (KKam); 5 beobachtete Pflanzen; Ernte: 1977; Start: Januar 1978; Dauer: 500 Tage																			
Ta	1-2	10	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	200	250	300	350	400	450	500
Bl	K	K	K+1	K+2	K+3	K+4	K+4	5	5	6	6	7	12	18	∞				
H								1	1	1	1	1,5	1,5	2	4,5	5	5,5	9	12
∅													1,5	2,5	(15)	(30)	(50)	(60)	(70)
Au														2	4	10	15	20	30
Be														Kr	Δ				

Entwicklung unter kontrollierten Bedingungen (Tab. 72). - Gartenerde. Die Keimlinge wurden zwischen dem 15. und dem 25. Tag nach der Keimung aus den Petrischalen in Töpfe versetzt (T) und nach 45 Tagen ins Gewächshaus gebracht (G). Bereits die ersten gebildeten Blätter waren von typischer Form: oberseits kahl, dunkelgrün und glänzend, unterseits weiss und filzig behaart, mit nach unten umgebogenem Rand. Diese Blätter waren allerdings nur 4-5 mm lang. Am Ende des 5. Monats begannen die Individuen auf dem Boden kriechende Aeste (Kr) zu bilden, die sich später bewurzelten. Während des 7. Monats hatten die Pflanzen 5-14 cm lange Aeste mit mehreren 1,5-2 cm langen Blättern entwickelt und konnten als vegetativ gut entwickelt bezeichnet werden (Δ). 15 Monate nach der Keimung kamen einige Pflanzen zur Blüte (F).

Silikat (Abb. 12). Auf Silikatboden entwickelten sich die Pflanzen sehr langsam und nur unvollständig. Sie befanden sich im allgemeinen in gutem Gesundheitszustand, aber sie blieben während der ganzen Beobachtungszeit (500 Tage) klein und bildeten keine kriechenden Zweige.

Karbonat (Abb. 12). Auf Karbonatboden verlief die Entwicklung im Vergleich zur Gartenerde-Serie sehr langsam: erst während des 9. Monats begannen die Pflanzen zu kriechen (Kr), und erst am Ende des 10. Monats konnten sie als vegetativ gut entwickelt (Δ) bezeichnet werden. Während der Beobachtungsperiode von 500 Tagen kam kein Individuum zur Blüte.

Bei keiner der Versuchsserien traten *Verluste* auf.

Tabelle 73. Entwicklung von *Dryas octopetala* im Felde (Legende s.S.40)

Serie	Fläche	Anzahl Keiml.	Juli	Aug.	Sep.	Okt.	Juli	Aug.	Sep.	Okt.
			1978	1978	1978	1978	1979	1979	1979	1979
2	SIL-SHang-Ve	1	K	†						
4	KAR-SHang-Na	4	K	†						
5	SIL-Kuppe-Ve	1						K+1	K+3	5
7	KAR-Kuppe-Ve	3	K	K+2	K+3	K+3	K+3	K+3	3	4
8	KAR-Kuppe-Na	5	K	K+2	K+3	1	2	4	5	6
11	KAR-Schtä-Ve	1		K	K+1	K+2	3	3	3	3
12	KAR-Schtä-Na	1		K	1	2	1	†		

Entwicklung im Felde (Tab. 73). - Im Felde entwickelte sich *Dryas octopetala* sehr langsam. Am Ende der zweiten Vegetationsperiode waren die Pflanzen noch



Abbildung 12. Entwicklung von *Dryas octopetala* in der Klimakammer auf Silikat und auf Karbonat

sehr klein. In einigen Fällen (Serien 7 und 8) neigten die älteren Blätter zum Vertrocknen.

Auf den Flächen 1, 3, 6, 9 und 10 war keine Keimung festzustellen (vgl. Tab. 71, S.110).

4.3.2.3. *Carex firma* Host.

Vorkommen. - Im Gebiet verbreitet und häufig auf stark unterschiedlichen, oft skelettreichen, wenig entwickelten Böden in allen Lagen. *Carex firma* weist eine sehr grosse Standortsamplitude auf und kann auch an vernässten Standorten bestandesbildend auftreten. Sie meidet nur die extremsten Schneetälchen. Sie bildet dichte und feste Horste.

Nach BRAUN-BLANQUET (1969) Charakterart des *Caricetum firmae*.

a) Keimung

Tabelle 74. Keimungsrate von *Carex firma* unter kontrollierten Bedingungen (Legende s.S. 39)

Serie	Ernte-jahr	Behandlungen	Anzahl Samen	Start	Dauer (Tage)	Versuchstage					End. %
						10.	20.	30.	50.	100.	
1	1976	keine	60	1.77	150	0	0	3	8	13	17
2	1976	keine	50	4.77	120	0	0	2	4	6	6
3	1976	keine	50	1.78	120	0	0	0	2	8	8
4	1976	GA ₃	50	4.77	120	0	0	0	4	8	8
5	1977	keine	50	1.78	120	0	4	14	18	20	20
6	1977	keine	50	5.78	150	0	6	16	22	30	30
7	1977	keine	50	1.79	150	0	10	24	48	58	62
8	1977	keine	50	6.79	140	0	0	12	26	30	30
9	1977	100T/-15°/feucht	50	6.79	140	0	8	10	22	34	36
10	1977	60T/-15°/feucht	50	6.79	140	0	4	12	22	36	36
11	1977	30T/-15°/feucht	50	6.79	140	0	10	18	24	28	30
12	1977	100T/+4°/feucht	50	6.79	140	12	16	18	20	20	20
13	1977	60T/+4°/feucht	50	6.79	140	20	42	44	46	46	46
14	1977	30T/+4°/feucht	50	6.79	140	8	48	52	54	56	56
15	1977	SKAR(Klinge)	25	5.78	125	0	16	28	36	48	48
16	1978	keine	50	1.79	150	0	0	6	8	16	20
17	1976	GAR	100	4.77	500	0	0	0	0	0	0
18	1977	SIL-KK	100	1.78	500	0	0	0	0	0	0
19	1977	KAR-KK	100	1.78	500	0	0	0	0	0	0
20	1977	SIL-Gew	100	3.79	350	0	0	1	4	7	8
21	1977	KAR-Gew	100	3.79	350	0	0	1	2	3	3

Keimung unter kontrollierten Bedingungen (Tab. 74). - In den *Petrischalen* war die Keimungsrate unmittelbar nach der Ernte bei den in den verschiedenen Jahren geernteten Samen mehr oder weniger gleich. Verlängerte Aufbewahrung verminderte die Keimungsrate der 1976 geernteten Samen beträchtlich (vgl. Serien 1, 2, 3), während sie sich auf die Keimungsrate der 1978 geernteten Samen (vgl. Serien 5, 6, 7, 8) eher positiv auswirkte. Kurzzeitige Stratifikation bei +4°C (Serie 13, 14) beschleunigte den Keimungsverlauf und erhöhte die Keimungsrate (vgl. Serie 8 mit 13,14); die anderen Temperaturschwankungen zeigten keine Auswirkungen. Auch das Entfernen aller Spelzen, gekoppelt mit einem Einschnitt in der Mikropylegegend, hatte eine spürbare Erhöhung der Keimungsrate zur Folge (vgl. Serien 16 und 6). Andererseits erreichte keine dieser Serien das Resultat, das mit den Samen desselben Jahrganges 6 Monate früher bzw. 6 Monate später, und ohne Vorbehandlung erzielt worden war (vgl. Serie 7). Leichter Pilzbefall war nur bei den Serien 7 und 16 zu beobachten, eine stärkere Infektion von der 4. Woche an bei Serie 2. In den *Saatschalen* keimten die Samen nur sehr spärlich (Serien 20 und 21) oder gar nicht (Serien 17, 18, 19).

Tabelle 75. Keimungsrate von *Carex firma* im Felde (Legende s.S.40)

Erntejahr : 1977 Aussaat: Oktober 1977
Anzahl Samen: 100 Dauer : 2 Jahre

Serie	Fläche	Vorhandene Keimlinge								Total Keimungen 1978+1979
		Juli 1978	Aug. 1978	Sep. 1978	Okt. 1978	Juli 1979	Aug. 1979	Sep. 1979	Okt. 1979	
1	SIL-SHang-Ve	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	SIL-SHang-Na	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	KAR-SHang-Ve	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	KAR-SHang-Na	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	SIL-Kuppe-Ve	-	0	0	0	0	0	0	0	0
6	SIL-Kuppe-Na	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	KAR-Kuppe-Ve	0	0	0	0	3	4	5	5	5
8	KAR-Kuppe-Na	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	SIL-Schtä-Ve	-	0	0	-	0	0	0	-	0
10	SIL-Schtä-Na	-	0	0	-	0	0	0	-	0
11	KAR-Schtä-Ve	-	0	0	0	0	0	2	2	2
12	KAR-Schtä-Na	-	0	0	0	0	0	2	2	2

Keimung im Felde (Tab. 75). - Nur auf drei Versuchsflächen auf Karbonatboden (Serien 7, 11, 12) waren Keimlinge von *Carex firma* zu beobachten. Auch in diesen Fällen war die Keimungsrate sehr niedrig und die Keimung erfolgte erst während des zweiten Sommers nach der Aussaat.

Verluste. Während des Sommers waren keine Verluste festzustellen, die wenigen Keimlinge schienen widerstandsfähig und bei guter Gesundheit zu sein.

b) Entwicklung der Keimlinge

Tabelle 76. Entwicklung von *Carex firma* unter kontrollierten Bedingungen (Legende s.S. 40)

Petri → GAR (KKam → Gew); 6 beobachtete Pflanzen; Ernte: 1976; Start: Januar-Juni 1977; Dauer: 350 Tage																
Ta	1-2	10	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	200	250	300	350
Bl	K	K	K+1	K+2	K+4	K+5	11	18	∞							
H							2	2	2	2	3	4	4	4	4	4
∅						2,5	2,5	3,5	4	4	4,5	4,5	5	5	5	5
Be			(T)				(G)	Ho			Δ					
SIL (Gew); 2 beobachtete Pflanzen; Ernte: 1977; Start: April 1979; Dauer: 350 Tage																
Ta	1-2	10	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	200	250	300	350
Bl	K	K	K+1	K+2	K+3	K+4	K+4	K+5	6	7	9	9	9	12	12	12
H						1	1	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
∅						1	1	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	2	2	2
KAR (Gew); 2 beobachtete Pflanzen; Ernte: 1977; Start: April 1979; Dauer: 350 Tage																
Ta	1-2	10	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	200	250	300	350
Bl	K	K	K+1	K+2	K+3	K+4	K+4	K+6	6	7	9	9	14	14	14	15
H						1	1	1	1	1	1	1	1,5	2,5	2,5	2,5
∅						1	1	1	1	1	2	2	2,5	3,5	3,5	4

Entwicklung im Labor (Tab. 76). - *Gartenerde*. Auf Gartenerde verlief die Entwicklung von *Carex firma* schnell. Die Keimlinge wurden zwischen dem 7. und dem 30. Tag nach der Keimung aus den Petrischalen in Töpfe versetzt (T) und in der Mitte des 3. Monats ins Gewächshaus (G) gebracht. Die Pflanzen zeigten bereits am Ende des 3. Monats Horstansätze (Ho). In der Mitte des 5. Monats wiesen die Pflanzen ca. 25 ziemlich steife, bis 3 cm lange, kompakt stehende Blätter auf und konnten als vegetativ gut entwickelt (Δ) bezeichnet werden.

Während der gesamten Beobachtungsperiode von 350 Tagen kam kein Individuum zur Blüte.

Silikat. Auf Silikatboden verlief die Entwicklung sehr viel langsamer als auf Gartenerde. Nach 350 Tagen waren die Individuen sehr klein, aber gesund, und wiesen nicht einmal einen Horstansatz auf.

Karbonat. Obwohl der Entwicklungsverlauf zumindest vom 6. Monat an auf Karbonatboden schneller war als jener auf Silikat, war er dennoch beträchtlich geringer als jener auf Gartenerde. So wiesen auch die Pflanzen dieser Serie nach 350 Tagen noch nicht einmal einen Horstansatz auf.

In allen drei Serien waren keine *Verluste* festzustellen. Die Keimlinge erwiesen sich als sehr widerstandsfähig.

Tabelle 77. Entwicklung von *Carex firma* im Felde (Legende s.S. 40)

Serie	Fläche	Anzahl Keimlinge	Juli 1979	Aug. 1979	Sep. 1979	Okt. 1979
7	KAR-Kuppe-Ve	3	K+1	K+1	K+1	K+3
11	KAR-Schtä-Ve	2			K+1	K+2
12	KAR-Schtä-Na	2			K+1	K+1

Entwicklung im Felde (Tab. 77). - Im Felde entwickelte sich *Carex firma* nur langsam. Am Ende der ersten Vegetationsperiode wiesen die Keimlinge einige wenige Blätter auf.

Beobachtungen waren nur im Sommer 1979 und nur auf 3 Flächen möglich (vgl. Tab. 75, S. 115).

4.3.2.4. *Gentiana Clusii* Perr. et Song.

Vorkommen. - Im Gebiet verbreitet auf unterschiedlich weit entwickelten Böden, zum Teil direkt auf Dolomitgestein, in eher sonnigen Lagen mit meist 3-4 Monaten dauernder Vegetationsperiode. *Gentiana Clusii* meidet Schneetälchen. Die Individuen wachsen einzeln.

Nach BRAUN-BLANQUET (1969) Charakterart des *Caricetum firmae*.

a) Keimung

Keimung unter kontrollierten Bedingungen (Tab. 78). - Sowohl in den Petri-

Tabelle 78. Keimungsrate von *Gentiana Clusii* unter kontrollierten Bedingungen
(Legende s.S. 39)

Serie	Ernte- jahr	Behandlungen	Anzahl Samen	Start	Dauer (Tage)	Versuchstage					End. %
						10.	20.	30.	50.	100.	
1	1975	keine	60	1.76	120	0	0	0	0	0	0
2	1975	keine	60	6.76	120	0	0	0	0	0	0
3	1975	keine	50	4.77	120	0	0	0	0	0	0
4	1975	keine	50	1.78	120	0	0	0	0	0	0
5	1975	keine	50	1.79	120	0	0	0	0	0	0
6	1975	30T/+4°/feucht	40	6.76	60	0	0	0	0	0	0
7	1975	5T/-15°/feucht	40	6.76	90	0	0	0	0	0	0
8	1975	5T/-15°/trocken	40	6.76	90	0	0	0	0	0	0
9	1975	1T/-15°/feucht	40	6.76	90	0	0	0	0	0	0
10	1975	1T/-15°/trocken	40	6.76	90	0	0	0	0	0	0
11	1975	SKAR(H ₂ SO ₄)	40	6.76	90	0	0	0	0	0	0
12	1975	SKAR(Klinge)	20	6.76	90	0	0	0	0	0	0
13	1975	SKAR(Glaspapier)	20	6.76	90	0	0	0	0	0	0
14	1975	SKAR(H ₂ SO ₄)+GA ₃	40	6.76	90	0	0	0	0	0	0
15	1975	SKAR(Klinge)+GA ₃	20	6.76	90	0	10	15	30	40	40
16	1975	GA ₃	40	6.76	90	0	35	58	75	75	75
17	1975	GA ₃	50	4.77	120	0	0	2	6	8	8
18	1975	GA ₃	50	1.79	130	0	0	6	8	10	10
19	1977	keine	50	1.78	120	0	0	0	0	0	0
20	1977	keine	50	5.78	150	0	0	0	0	0	0
21	1977	keine	50	1.79	130	0	0	0	0	0	0
22	1977	GA ₃	50	5.78	150	0	16	30	36	38	38
23	1977	GA ₃	50	1.79	130	0	8	10	12	18	18
24	1977	GA ₃ → H ₂ O	50	1.79	130	0	10	20	28	36	38
25	1978	keine	50	1.79	130	0	0	0	0	0	0
26	1978	keine	50	6.79	140	0	0	0	0	0	0
27	1978	100T/-15°/feucht	50	6.79	140	0	0	0	0	0	0
28	1978	60T/-15°/feucht	50	6.79	140	0	0	0	0	0	0
29	1978	30T/-15°/feucht	50	6.79	140	0	0	0	0	0	0
30	1978	100T/+4°/feucht	50	6.79	140	0	0	0	0	0	0
31	1978	60T/+4°/feucht	50	6.79	140	0	0	0	0	0	0
32	1978	30T/+4°/feucht	50	6.79	140	0	0	0	0	0	0
33	1978	GA ₃	50	1.79	130	0	0	2	4	4	6
34	1975	GAR	200	4.77	500	0	0	0	0	0	0
35	1977	SIL-KK	100	1.78	500	0	0	0	0	0	0
36	1977	KAR-KK	100	1.78	500	0	0	0	0	0	0
37	1977	SIL-Gew (GA ₃)	100	3.79	350	0	0	0	3	3	3
38	1977	KAR-Gew (GA ₃)	100	3.79	350	0	0	1	1	1	1

schalen als auch in den *Saatschalen* keimten nur die mit Gibberellinsäure (GA_3) behandelten Samen. Mit Schwefelsäure (H_2SO_4 conc) skarifizierte Samen keimten auch nach einer anschliessenden Behandlung mit GA_3 nicht. Die Schädigung der Samen durch Schwefelsäure war offensichtlich irreversibel. Pilzinfektionen traten bei etwa der Hälfte der Petrischalen-Serien auf, leichtere bei den Serien 5, 11, 14, 15, 16, 20, 22, 24, 27 und 28, schwerere bei den Serien 6, 17, 18 und 23 etwa 2-3 Wochen nach der Inkubation.

Tabelle 79. Keimungsrate von *Gentiana Clusii* im Felde (Legende s.S. 40)

Erntejahr : 1977 Aussaat: Oktober 1977
Anzahl Samen: 100 Dauer : 2 Jahre

Serie	Fläche	Vorhandene Keimlinge								Total Keimungen 1978+1979
		1978				1979				
		Juli	Aug.	Sep.	Okt.	Juli	Aug.	Sep.	Okt.	
1	SIL-SHang-Ve	0	0	0	0	0	0	3	3	3
2	SIL-SHang-Na	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	KAR-SHang-Ve	0	0	0	0	0	1	1	1	1
4	KAR-SHang-Na	0	0	0	0	1	1	1	1	1
5	SIL-Kuppe-Ve	-	0	0	0	0	0	1	1	1
6	SIL-Kuppe-Na	-	0	0	0	0	0	2	2	2
7	KAR-Kuppe-Ve	0	2	0	0	7	9	16	13	18
8	KAR-Kuppe-Na	0	9	9	9	16	16	16	16	16
9	SIL-Schtä-Ve	-	0	0	-	0	2	0	-	2
10	SIL-Schtä-Na	-	0	0	-	0	3	0	-	3
11	KAR-Schtä-Ve	-	0	0	0	0	26	26	21	26
12	KAR-Schtä-Na	-	0	0	0	0	18	16	16	18

Keimung im Felde (Tab. 79). - *Gentiana Clusii* keimte auf allen Flächen mit Ausnahme des nackten Silikatsüdhanges mehr oder weniger gut. Die Keimung erfolgte grösstenteils erst während des zweiten Sommers nach der Aussaat und auf Karbonat in bedeutend grösserem Umfang als auf Silikat.

Verluste. Die Sterblichkeitsrate war für Feldbedingungen mit weniger als 20% ziemlich gering. Verluste traten ausschliesslich im Sommer infolge von Bodenbewegung und Austrocknung mit nachfolgendem Wegschwemmen der Keimlinge auf und zwar vor allem bei den Versuchsflächen in Kuppenlage auf Silikat sowie bei den 4 Schneetälchenflächen.

b) Entwicklung der Keimlinge

Tabelle 80. Entwicklung von *Gentiana Clusii* unter kontrollierten Bedingungen (Legende s.S. 39)

Petri → GAR (KKam → Gew); 1 beobachtete Pflanze; Ernte: 1975; Start: Mai 1977; Dauer: 750 Tage																			
Ta	1-2	10	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	200	250	300	350	400	500	750
Bl	K	K	K	K	K+2	K+2	K+4	K+6	K+6	K+6	8	8	10	12	14	16	18	20	∞
H								1	1	1	1	2	2,5	2,5	2,5	3	3	6	6
∅												1,5	3	3	3,5	5	6	8	8
Be				(T)								Ro (G)				Δ			F

Entwicklung unter kontrollierten Bedingungen (Tab. 80). - Gartenerde. *Gentiana Clusii* entwickelte sich auf Gartenerde sehr langsam. Der einzige vorhandene Keimling wurde während der 3. Woche nach der Keimung aus der Petrischale in einen Topf (T) versetzt und am Ende des 7. Monats ins Gewächshaus (G) gebracht. Eine kleine, gut ausgebildete Rosette (Ro) war vom 5. Monat an noch in der Klimakammer zu beobachten. Die fein zugespitzten, etwas steifen Blätter wurden grösser und hatten am Ende des 7. Monats eine Länge von 1,5 cm erreicht und später im 11. Monat massen sie 3 cm. Die Pflanze war vegetativ gut entwickelt (Δ) und blühte (F) während des 25. Lebensmonats.

Silikat-Karbonat. Keine Jungpflanze überlebte das K+4-Stadium; alle starben während der ersten 4 Monate nach der Keimung.

Die *Sterblichkeitsrate* betrug bei diesen 3 Serien fast 100%. Die Keimlinge starben während der ersten 3-4 Monate.

Entwicklung im Felde (Tab. 81). - Im Felde entwickelte sich *Gentiana Clusii* langsam und am Ende der Beobachtungsperiode wiesen sogar die am weitesten entwickelten Keimlinge auf Karbonat neben den Kotyledonen nur zwei winzige Blätter auf (einzige Ausnahme: 1 Individuum mit K+4 in Serie 3). Auf Silikat starben die Keimlinge entweder sofort (Serien 9 und 10) oder verblieben im Kotyledonenstadium. Auf der nackten Silikat-Südhangfläche konnte keine Keimung beobachtet werden (vgl. auch Tab. 79, S. 119).

Tabelle 81. Entwicklung von *Gentiana Clusii* im Felde (Legende s.S. 40)

Serie	Fläche	Anzahl Keiml.	Aug.	Sep.	Okt.	Juli	Aug.	Sep.	Okt.
			1978	1978	1978	1979	1979	1979	1979
1	SIL-SHang-Ve	3						K	K
3	KAR-SHang-Ve	1					K	K+2	K+4
4	KAR-SHang-Na	1				K	K	K+2	K+2
5	SIL-Kuppe-Ve	2						K	K
6	SIL-Kuppe-Na	2						K	K
7	KAR-Kuppe-Ve	7				K	K	K+2	K+2
8	KAR-Kuppe-Na	9	K	K	K	K	K	K+2	K+2
9	SIL-Schtä-Ve	2					K	†	
10	SIL-Schtä-Na	3					K	†	
11	KAR-Schtä-Ve	10					K	K	K+2
12	KAR-Schtä-Na	10					K	K	K+2

4.3.2.5. *Helianthemum alpestre* (Jacq.) DC.

Vorkommen. - Im Gebiet verbreitet auf stark unterschiedlichen, humosen bis skelettreichen Böden (seltener auf ruhendem Schutt), in eher sonnigen Lagen mit meistens 3-4-monatiger Vegetationsperiode. *Helianthemum alpestre* meidet Schneetälchen. Die Individuen wachsen einzeln.

Nach BRAUN-BLANQUET (1969) Charakterart des *Seslerion variae*.

a) Keimung

Tabelle 82. Keimungsrate von *Helianthemum alpestre* unter kontrollierten Bedingungen (Legende s.S. 39)

Serie	Ernte-jahr	Behandlungen	Anzahl Samen	Start	Dauer (Tage)	Versuchstage					End. %
						10.	20.	30.	50.	100.	
1	1977	keine	50	1.78	120	2	2	4	4	6	6
2	1977	keine	50	1.79	130	0	2	2	2	2	2
3	1977	SIL-KK	100	1.78	500	0	0	1	2	3	4
4	1977	KAR-KK	100	1.78	500	0	0	1	1	2	3

Keimung unter kontrollierten Bedingungen (Tab. 82). - Sowohl in den *Petri-schalen* als auch in den *Saatschalen* keimte *Helianthemum alpestre* langsam und nur sehr spärlich. Die nach einjähriger Aufbewahrung im Kühl-

schränk bei +4°C, in Petrischalen getesteten Samen (Serie 2) zeigten einen weiteren Rückgang der bereits minimalen Keimungsrate. Bei beiden Serien war ziemlich rasch ein relativ starker Pilzbefall zu beobachten.

Tabelle 83. Keimungsrate von *Helianthemum alpestre* im Felde (Legende s.S.40)

Erntejahr : 1977 Aussaat: Oktober 1977
Anzahl Samen: 100 Dauer : 2 Jahre

Serie	Fläche	Vorhandene Keimlinge								Total Keimungen 1978+1979
		Juli 1978	Aug. 1978	Sep. 1978	Okt. 1978	Juli 1979	Aug. 1979	Sep. 1979	Okt. 1979	
1	SIL-SHang-Ve	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	SIL-SHang-Na	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	KAR-SHang-Ve	0	0	0	0	1	1	0	0	1
4	KAR-SHang-Na	0	0	0	0	1	1	1	0	1
5	SIL-Kuppe-Ve	-	0	0	0	0	0	0	0	0
6	SIL-Kuppe-Na	-	0	0	0	0	0	0	0	0
7	KAR-Kuppe-Ve	0	0	0	0	1	1	1	1	1
8	KAR-Kuppe-Na	4	5	3	3	2	2	2	2	5
9	SIL-Schtä-Ve	-	0	0	-	0	0	0	-	0
10	SIL-Schtä-Na	-	0	0	-	0	0	0	-	0
11	KAR-Schtä-Ve	-	0	0	0	0	0	0	0	0
12	KAR-Schtä-Na	-	1	1	1	0	0	0	0	1

Keimung im Felde (Tab. 83). - Im Felde war eine in allen Fällen nur sehr spärliche Keimung lediglich in 5 Versuchsflächen zu beobachten, teils während des ersten, teils während des zweiten Sommers nach der Aussaat. Die Keimung erfolgte nur auf Karbonat.

Verluste. Die Sterblichkeitsrate war, vor allem auf den nackten Flächen (Serien 4, 8, 12), ziemlich hoch (ca. 75%). Die Verluste traten vor allem während des Sommers (Bodenbewegungen und Austrocknung mit nachfolgender Auswaschung), in zwei Fällen jedoch auch im Winter auf.

b) Entwicklung der Keimlinge

Entwicklung unter kontrollierten Bedingungen (Tab. 84). - *Silikat.* Auf Silikat war die Entwicklung sehr langsam und unvollständig: die Jungpflanzen entwickelten sich nie über das Stadium mit 6 kleinen Blättern hinaus, schienen immer kurz vor dem Vertrocknen zu stehen und starben ausnahmslos gegen Ende der Beobachtungsperiode (500 Tage) ab.

Karbonat. Auf Karbonat verlief die Entwicklung langsam. Die einzige gut ent-

Tabelle 84. Entwicklung von *Helianthemum alpestre* unter kontrollierten Bedingungen (Legende s.S. 40)

SIL (KKam); 4 beobachtete Pflanzen; Ernte: 1977; Start: Januar-Juni 1978; Dauer: 500 Tage																			
Ta	1-2	10	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	200	250	300	350	400	450	500
Bl	K	K	K+2	K+2	4	4	4	4	6	6	6	6	6	6	6	4	4	4	†
H					0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	-
KAR (KKam); 1 beobachtete Pflanze; Ernte: 1977; Start: Januar 1978; Dauer: 500 Tage																			
Ta	1-2	10	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	200	250	300	350	400	450	500
Bl	K	K	K+2	K+4	K+6	6	10	13	20	20	∞								
H						1	1,5	2	3	3	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5
∅											(4)	(6)	(10)	(18)	(28)	(55)	(60)	(75)	(80)
Ae								2	3	3	3	4	4	11	12	15	15	15	15
Be								Ae			Kr								Δ

wickelte Pflanze zeigte am Ende des 3. Monats erste Aeste, die 1/2 Monate länger zu werden und auf dem Boden zu kriechen begannen (Kr). 12 Monate nach der Keimung konnte die Pflanze, mit inzwischen 15, durchschnittlich 25 cm langen Aesten und mehreren lanzettlichen Blättern, als vegetativ gut entwickelt (Δ) bezeichnet werden. Während der restlichen Beobachtungsperiode entwickelte sich die Pflanze vegetativ weiter, kam aber nicht zur Blüte. Die *Sterblichkeitsrate* betrug auf Silikat 100% und auf Karbonat 75%. Die in Tabelle 84 in Klammern angegebenen Zahlen (∅) beziehen sich in diesem Fall auf die durchschnittliche Länge der Aeste. Die 4. Querspalte (Ae) gibt die Zahl der Aeste an.

Tabelle 85. Entwicklung von *Helianthemum alpestre* im Felde (Legende s.S. 40)

Serie	Fläche	Anzahl Keiml.	1978				1979			
			Juli	Aug.	Sep.	Okt.	Juli	Aug.	Sep.	Okt.
3	KAR-SHang-Ve	1					K+2	K+2	†	
4	KAR-SHang-Na	1					K+1	K+2	3	3
7	KAR-Kuppe-Ve	1					K	K+2	K+4	K+4
8	KAR-Kuppe-Na	2	K	K	K+2	K+4	4	5	5	4
12	KAR-Schtä-Na	1		K	K	K+2	†			

Entwicklung im Felde (Tab. 85). - Die Entwicklung erfolgte langsam, am besten auf den Flächen in Kuppenlage (Serien 7 und 8).

Im vegetationsbedeckten Karbonat-Schneetälchen sowie auf allen Silikat-Flächen liess sich keine Keimung feststellen (vgl. Tab. 83, S. 122).

4.3.2.6. *Anthyllis alpestris* (Kit.) Rchb.

Vorkommen. - Im Gebiet verbreitet und häufig auf unterschiedlich weit entwickelten Böden, von ruhendem Schutt bis zu humosen Böden mit einem Optimum bei eher feinerdereichen Substraten, vor allem auf Kalkschiefer, aber auch auf Dolomit. Die Art weist bezüglich Relief und Dauer der Vegetationsperiode eine grosse Amplitude auf: sie meidet nur extreme, feinerdereiche Schneetälchen und stark windexponierte Standorte. Die Individuen wachsen einzeln.

Nach BRAUN-BLANQUET (1969) Charakterart der *Seslerietalia variae*.

a) Keimung

Keimung unter kontrollierten Bedingungen (Tab. 86). - In *Petrischalen* keimte *Anthyllis alpestris* eher langsam und nur spärlich. Die Keimungsrate nahm mit der verlängerten Aufbewahrung (vgl. Serien 1, 3, 4) spürbar ab. Vorbehandlungen der Samen mit GA₃ erhöhte die Keimungsrate und beschleunigte den Keimungsverlauf beträchtlich (vgl. Serie 2 und 5 bzw. 15 und 9). Als nicht minder wirkungsvoll erwies sich die Skarifikation: bei den im Mai 1978 und im Januar 1979 durchgeführten Tests zeigten die 1977 geernteten Samen innerhalb einer Woche eine 100%-ige fast explosionsartige Keimung (vgl. Serie 11 und 12 sowie 13 und 14), während die 1975 geernteten Samen, die ohne Skarifikation nach 130 Tagen eine Keimungsrate von 2% erreichten, nun mit Skarifikation innerhalb von 20 Tagen zu 84% bzw. 88% keimten (vgl. Serie 4 mit 6, 7). Pilzbefall trat bei mehreren Serien auf: grössere Infektionen von den 2. bis 3. Woche an wurden bei den Serien 1-10, 15 und 18 beobachtet.

In den *Saatschalen* war die Keimungsrate niedriger, das Auskeimen der Samen zog sich jedoch über die ganze Versuchsdauer hin.

Keimung im Felde (Tab. 87). - *Anthyllis alpestris* keimte mehr oder weniger spärlich auf allen Flächen, zum Grossteil bereits während des ersten Sommers. Die Keimungsrate war auf Karbonat etwas höher als auf Silikat. Die höchste Keimungsrate war auf den beiden Karbonat-Schneetälchenflächen zu beobachten. *Verluste.* Die vornehmlich im Sommer infolge von Bodenbewegung und Austrocknung

Tabelle 86. Keimungsrate von *Anthyllis alpestris* unter kontrollierten Bedingungen (Legende s.S. 39)

*	Ernte-jahr	Behandlungen	Anzahl Samen	Start	Dauer (Tage)						End. %
						10.	20.	30.	50.	100.	
1	1975	keine	60	1.76	140	15	25	28	30	35	40
2	1975	keine	50	4.77	120	6	8	10	16	20	22
3	1975	keine	50	1.78	140	6	6	10	10	16	20
4	1975	keine	50	1.79	130	0	0	0	0	2	2
5	1975	GA ₃	50	4.77	120	4	12	20	26	28	32
6	1975	SKAR Hilum(Klinge)	25	1.79	20	84	88				88
7	1975	SKAR Testa(Klinge)	25	1.79	20	84	84				84
8	1977	keine	50	1.78	140	8	24	26	26	34	40
9	1977	keine	50	5.78	150	18	26	26	29	36	42
10	1977	keine	50	1.79	130	20	28	34	34	38	38
11	1977	SKAR Testa(Klinge)	25	5.78	7	100					100
12	1977	SKAR Hilum(Klinge)	25	5.78	6	100					100
13	1977	SKAR Testa(Klinge)+GA ₃	25	5.78	7	100					100
14	1977	SKAR Hilum(Klinge)+GA ₃	25	5.78	6	100					100
15	1977	GA ₃	50	5.78	150	28	46	52	58	64	64
16	1977	SKAR Hilum(Klinge)	25	1.79	46	80	92	92	100		100
17	1977	SKAR Testa(Klinge)	25	1.79	72	92	92	92	96	100	100
18	1978	keine	50	1.79	130	5	18	18	20	22	22
19	1978	SKAR Hilum(Klinge)	25	1.79	110	72	84	84	88	96	100
20	1978	SKAR Testa(Klinge)	25	1.79	60	92	92	92	96	100	100
21	1975	GAR	100	3.77	500	0	0	0	1	3	9
22	1977	SIL-KK	100	1.78	500	0	13	14	14	18	21
23	1977	KAR-KK	100	1.78	500	0	14	17	19	19	25
24	1977	SIL-Gew	100	3.79	350	1	11	11	13	22	27
25	1977	KAR-Gew	100	3.79	350	0	9	11	18	26	34

* Serie

mit nachfolgendem Wegschwemmen der Keimlinge auftretenden Verluste waren mit ca. 25% für Feldbedingungen eher gering. 58% dieser Verluste waren auf Silikatflächen, 38% auf Karbonatflächen zu verzeichnen. Grössere Verluste während des Winters wurden nur auf den vegetationsbedeckten Versuchsflächen im Karbonat-Südhang (72%) und auf der Silikat-Kuppe (80%) beobachtet.

b) Entwicklung der Keimlinge

Entwicklung unter kontrollierten Bedingungen (Tab. 88). - Gartenerde. Auf Gartenerde erfolgte die Entwicklung schnell. Die Keimlinge wurden während der zweiten Woche nach der Keimung aus den Petrischalen in Töpfe (T) versetzt und am Ende des ersten Monats ins Gewächshaus (G) gebracht. Zu Beginn der

Tabelle 87. Keimungsrate von *Anthyllis alpestris* im Felde (Legende s.S.40)

Erntejahr : 1977 Aussaat: Oktober 1977
 Anzahl Samen: 100 Dauer : 2 Jahre

Serie	Fläche	Vorhandene Keimlinge								Total Keimungen 1978+1979
		Juli 1978	Aug. 1978	Sep. 1978	Okt. 1978	Juli 1979	Aug. 1979	Sep. 1979	Okt. 1979	
1	SIL-SHang-Ve	0	0	0	0	0	0	1	1	1
2	SIL-SHang-Na	0	1	2	0	1	2	2	2	4
3	KAR-SHang-Ve	2	4	7	7	2	2	3	4	9
4	KAR-SHang-Na	4	6	6	6	9	9	9	10	10
5	SIL-Kuppe-Ve	-	0	5	5	1	1	2	2	5
6	SIL-Kuppe-Na	-	3	0	0	3	4	2	2	7
7	KAR-Kuppe-Ve	2	1	1	2	2	2	3	3	4
8	KAR-Kuppe-Na	4	9	11	8	8	8	8	8	11
9	SIL-Schtä-Ve	-	0	0	-	0	1	1	-	1
10	SIL-Schtä-Na	-	1	4	-	1	2	2	-	6
11	KAR-Schtä-Ve	-	4	4	1	2	7	6	6	10
12	KAR-Schtä-Na	-	4	8	10	5	9	9	9	14

Tabelle 88. Entwicklung von *Anthyllis alpestris* unter kontrollierten Bedingungen (Legende s.S.40)

Petri → GAR (KKam → Gew); 6 beobachtete Pflanzen; Ernte: 1975; Start: Mai 1977; Dauer: 200 Tage																	
Ta	1-2	10	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	200				
Bl	K	K+1	K+1	K+3	5	14	18	20	∞							∞	
H				1	2	5	8	10	10	11	11	11	11				11
∅				1,5	2	4,5	7	9	10	10	10	11				11	
Be	(T)			(G)	Ro			Δ							F		
SIL (Gew); 4 beobachtete Pflanzen; Ernte: 1977; Start: März 1979; Dauer: 350 Tage																	
Ta	1-2	10	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	200	250	300	350	
Bl	K	K+1	K+1	K+2	K+3	K+3	K+5	6	8	11	11	12	∞				
H				1,5	1,5	1,5	5	5	6	7	7	9	7	4,5	4,5	4,5	
∅				1,5	3	3	5	5	8	10	10	15	15	15	15	15	
Be											Ro						Δ
KAR (Gew); 4 beobachtete Pflanzen; Ernte: 1977; Start: März 1979; Dauer: 200 Tage																	
Ta	1-2	10	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	200				
Bl	K	K+1	K+1	K+2	K+3	K+3	14	15	∞							∞	
H				1,5	2	2	6	6	8	10	10	12				12	
∅				1,5	4	4	6	8	12	15	15	15				15	
Be							Ro						Δ				F

Entwicklung bildeten die Jungpflanzen kleinere, nur aus dem ovalen, vergrößerten Endteilblatt bestehende Blätter; vom 10. bis 15. Blatt an traten oft auch 1-4 kleinere, seitliche Teilblätter auf. Am Ende des 2. Monats waren die Rosetten (Ro), einen Monat später die vegetativen Teile der ganzen Pflanze gut ausgebildet (Δ). Die Pflanzen blühten (F) während des 7. Monats. Im 14. Monat wurden die Pflanzen in den Garten (Ga) versetzt, wo sie sich weiter entwickelten und etwa ein Jahr später wieder Blüten zeigten.

Silikat. Auf Silikat erfolgte die Entwicklung wesentlich langsamer, sonst aber ähnlich wie auf der Gartenerde. So konnten die Pflanzen hier erst nach 7 Monaten als vegetativ gut entwickelt (Δ) bezeichnet werden, was auf Gartenerde schon nach 3 Monaten der Fall war, und sie kamen während der ganzen Beobachtungsperiode (350 Tage) nicht zur Blüte.

Karbonat. Auf Karbonat entwickelte sich *Anthyllis alpestris* schnell. Die Pflanzen waren bereits während des 4. Monats vegetativ gut entwickelt (Δ) und blühten schon im 7. Monat nach der Keimung.

Auf Gartenerde und Karbonat waren keine *Verluste* festzustellen, sehr geringe (weniger als 10%) auf Silikat.

Tabelle 89. Entwicklung von *Anthyllis alpestris* im Felde (Legende s.S. 40)

Serie	Fläche	Anzahl Keiml.	Juli 1978	Aug. 1978	Sep. 1978	Okt. 1978	Juli 1979	Aug. 1979	Sep. 1979	Okt. 1979
1	SIL-SHang-Ve	1							K+1	K+1
2	SIL-SHang-Na	2					K	K+1	1	1
3	KAR-SHang-Ve	3	K	K	K+2	K+3	K+4	5	6	7
4	KAR-SHang-Na	5	K	K	K+2	K+3	K+4	5	6	8
5	SIL-Kuppe-Ve	2			K	K+2	K+2	K+2	K+3	3
6	SIL-Kuppe-Na	2					K	K+1	K+2	2
7	KAR-Kuppe-Ve	2	K	K	K+1	K+2	K+3	K+3	K+4	4
8	KAR-Kuppe-Na	8	K	K	K+1	K+2	K+4	K+4	4	5
9	SIL-Schtä-Ve	1						K+1	K+1	-
10	SIL-Schtä-Na	2		K	K	-	K	K	K+1	-
11	KAR-Schtä-Ve	5		K	K+1	K+1	K+2	K+4	K+6	9
12	KAR-Schtä-Na	5		K	K+1	K+1	K+1	K+2	K+3	K+4

Entwicklung im Felde (Tab. 89). - Die Entwicklung erfolgte langsam und verlief auf Silikat anders als auf Karbonat. Auf Karbonat besaßen die Jungpflan-

zen am Ende des zweiten Sommers in einigen Fällen bis zu 9 kleine, einfache Blätter, und einige Individuen auf der Fläche im Karbonatsüdhang wiesen schon einen Durchmesser von 4,5 cm auf. Auf Silikat hingegen zeigten die Jungpflanzen nie mehr als 3 Blätter, und in einigen Fällen waren sogar noch die Kotyledonen vorhanden.

4.3.2.7. *Sesleria coerulea* (L.) Ard.

Vorkommen. - Im Gebiet sehr verbreitet und häufig auf stark unterschiedlichen, zum Teil auch auf oberflächlich entkalkten Böden (GIGON 1971) in eher sonnigen Lagen. Die auf Dolomit sehr hochstete Art weist eine ausserordentlich grosse Standortsamplitude auf und meidet nur sehr windexponierte Lagen sowie extreme Schneetälchen. Sie kann dichte und auf Treppenrasen bandförmige Horste bilden.

Nach BRAUN-BLANQUET (1969) Charakterart der *Elyno Seslerietea*.

a) Keimung

Keimung unter kontrollierten Bedingungen (Tab. 90). - In den *Petrischalen* keimte *Sesleria coerulea* im Durchschnitt sehr gut. Mit verlängerter Aufbewahrung der Samen ging die Keimungsrate zurück (vgl. Serien 2, 4, 6). Die Keimungsrate liess sich im Vergleich zu den Kontrollserien durch Vorbehandlung der Samen mit GA_3 (vgl. Serie 7 mit 3) oder durch das Entfernen der Spelzen (vgl. Serie 8 mit 5) sowie durch einen Grossteil der Temperaturvorbehandlungen (vgl. Serien 12, 13, 14 und 17 mit 11) leicht erhöhen. Auffälliger war die Beschleunigung des Keimungsverlaufs durch Stratifikation bei $+4^{\circ}C$ (vgl. Serien 15, 16 und 17 mit 11) und vor allem durch Skarifikation (vgl. Serie 8 mit 5). Von Pilzen wurden vor allem die 1975 und 1978 geernteten Samen befallen: starke Infektionen traten bereits nach 2 Wochen (1975) oder nach 1 1/2 Monaten (1978) auf. Eine Pilzinfektion (nach 10 Tagen) erlitt auch Serie 8 (Skarifikation).

In den *Saatschalen* war die Keimungsrate relativ hoch bei den Serien in der Klimakammer, eher niedrig bei denjenigen im Gewächshaus. Die Keimung erfolgte während der ersten beiden Monate nach der Aussaat.

Tabelle 90. Keimungsrate von *Sesleria coerulea* unter kontrollierten Bedingungen (Legende s.S. 39)

Serie	Ernte-jahr	Behandlungen	Anzahl Samen	Start	Dauer (Tage)	Versuchstage					End. %
						10.	20.	30.	50.	100.	
1	1975	keine	50	1.78	120	0	12	16	20	34	42
2	1976	keine	60	6.77	100	0	0	15	52	95	95
3	1976	keine	50	4.77	120	0	6	40	64	70	70
4	1976	keine	50	1.78	120	0	16	50	60	66	66
5	1976	keine	50	5.78	150	0	12	48	72	74	74
6	1976	keine	50	1.79	130	0	10	22	28	28	28
7	1976	GA ₃	50	4.77	120	0	16	54	70	78	78
8	1976	SKAR(Spelzen)	50	5.78	50	48	76	84	86		86
9	1977	keine	50	1.78	120	0	36	44	48	50	50
10	1978	keine	50	1.79	130	0	22	52	66	66	66
11	1978	keine	50	6.79	140	0	0	16	22	22	22
12	1978	100T/-15°/feucht	50	6.79	140	0	12	18	34	38	38
13	1978	60T/-15°/feucht	50	6.79	140	0	12	20	32	32	32
14	1978	30T/-15°/feucht	50	6.79	140	0	6	22	36	38	38
15	1978	100T/+4°/feucht	50	6.79	140	14	20	22	22	22	22
16	1978	60T/+4°/feucht	50	6.79	140	4	16	16	16	18	18
17	1978	30T/+4°/feucht	50	6.79	140	10	28	34	34	34	34
18	1976	GAR	100	4.77	500	0	39	70	78	78	78
19	1977	SIL-KK	100	1.78	500	0	38	56	60	60	60
20	1977	KAR-KK	100	1.78	500	0	33	44	53	54	54
21	1978	SIL-Gew	100	3.79	350	0	6	11	19	23	23
22	1978	SIL-Gew	100	3.79	350	0	5	13	17	18	18

Keimung im Felde (Tab. 91). - Mit Ausnahme des nackten Karbonat-Schneetälchens erfolgte die Keimung, in unterschiedlichem Umfang, auf allen kontrollierten Flächen und zwar meist schon im ersten Sommer nach der Aussaat. Die Keimungsrate war auf Karbonat deutlich höher als auf Silikat.

Die vegetationsbedeckten Südhangflächen konnten wegen der Dichte der vorhandenen Vegetation nicht überprüft werden.

Die *Verluste* während der beiden Jahre waren mit ca. 42% relativ hoch und traten vorwiegend im Sommer infolge von Bodenbewegungen und Austrocknung mit nachfolgendem Wegschwemmen der Keimlinge auf. Auf den Schneetälchenflächen (Serien 9, 11, 12) wurden auch Verluste während des Winters festgestellt, die wahrscheinlich auf sehr lange Schneebedeckung zurückzuführen sind.

Tabelle 91. Keimungsrate von *Sesleria coerulea* im Felde (Legende s.S. 40)

Erntejahr : 1977 Aussaat: Oktober 1977
 Anzahl Samen: 100 Dauer : 2 Jahre

Serie	Fläche	Vorhandene Keimlinge								Total Keimungen 1978+1979
		Juli 1978	Aug. 1978	Sep. 1978	Okt. 1978	Juli 1979	Aug. 1979	Sep. 1979	Okt. 1979	
1	SIL-SHang-Ve	*	*	*	*	*	*	*	*	*
2	SIL-SHang-Na	0	4	2	2	3	3	3	3	4
3	KAR-SHang-Ve	*	*	*	*	*	*	*	*	*
4	KAR-SHang-Na	0	0	0	0	11	11	7	7	11
5	SIL-Kuppe-Ve	-	0	0	0	0	0	0	2	2
6	SIL-Kuppe-Na	-	0	0	0	2	2	3	4	4
7	KAR-Kuppe-Ve	1	12	12	16	22	22	17	17	22
8	KAR-Kuppe-Na	15	34	30	28	28	28	32	32	38
9	SIL-Schtä-Ve	-	0	2	-	0	0	0	-	2
10	SIL-Schtä-Na	-	0	0	-	0	0	0	-	0
11	KAR-Schtä-Ve	-	36	20	20	15	15	10	10	36
12	KAR-Schtä-Na	-	36	22	22	20	20	20	15	36

* nicht kontrollierbar

b) Entwicklung der Keimlinge

Entwicklung unter kontrollierten Bedingungen (Tab. 92). - Gartenerde. Auf Gartenerde erfolgte die Entwicklung von *Sesleria coerulea* schnell. Die Keimlinge wurden zwischen dem 4. und dem 10. Tag nach der Keimung aus den Petrischalen in Töpfe (T) versetzt und nach dem ersten Monat ins Gewächshaus (G) gebracht. In der Mitte des 3. Monats zeigten die Pflanzen kleine Horstansätze (Ho), und einen Monat später konnten sie als vegetativ gut entwickelt (Δ) bezeichnet werden. Die Pflanzen blühten (F) am Ende ihres 5. Lebensmonats. Nach der Blüte verlief die Entwicklung weiter. Nachdem die Pflanzen in den Garten versetzt worden waren, hatten sie im 15. Lebensmonat einen Durchmesser von ca. 30 cm und trugen 10 Blüten. Die in Tabelle 92 in Klammern angegebenen Zahlen geben die Länge der Blätter von der eigentlichen Horstbildung an.

Silikat (Abb. 13). Auf Silikat verlief die Entwicklung sehr langsam. Die Jungpflanzen verharrten während des ersten Jahres in einem stationären Zustand: 2-3 grüne und einige trockene Blätter, keinerlei Horstbildung.

Karbonat (Abb. 13). Auf Karbonat erfolgte die Entwicklung im Gegensatz zu Silikat schnell. Bereits am Ende des 3. Monats war ein kleiner Horstansatz (Ho) zu sehen, und noch vor dem Ende des 4. Monats konnten die Pflanzen als

Tabelle 92. Entwicklung von *Sesleria coerulea* unter kontrollierten Bedingungen (Legende s.S. 40)

Petri → GAR (KKam → Gew); 6 beobachtete Pflanzen; Ernte: 1976; Start: Januar-Februar 1977; Dauer: 150 Tage													
Ta	1-2	10	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	
Bl	K	K	K+1	K+3	K+6	11	22	∞					∞
H			(2)	(5)	(6)	(8)	(9)	5	6	7	11	14	
∅				2	2	5	6	7	9	10	14	20	
Be		(T)		(G)			Ho		Δ				F

SIL (Gew); 5 beobachtete Pflanzen; Ernte: 1976; Start: April 1979; Dauer: 350 Tage																
Ta	1-2	10	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	200	250	300	350
Bl	K	K	K+1	K+2	K+2	K+3	K+3	3	3	3	3	3	4	4	4	4
H				3	3	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5
∅						3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Be																

KAR (Gew); 5 beobachtete Pflanzen; Ernte: 1976; Start: April 1979; Dauer: 350 Tage																
Ta	1-2	10	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	200	250	300	350
Bl	K	K	K+1	K+2	K+4	9	11	15	∞							∞
H			3	3,5	3,5	6	6	6,5	10	10	13	13	13	13	13	13
∅						5	5	5,5	9	10	15	16	20	20	20	22
Be								Ho	Δ							F

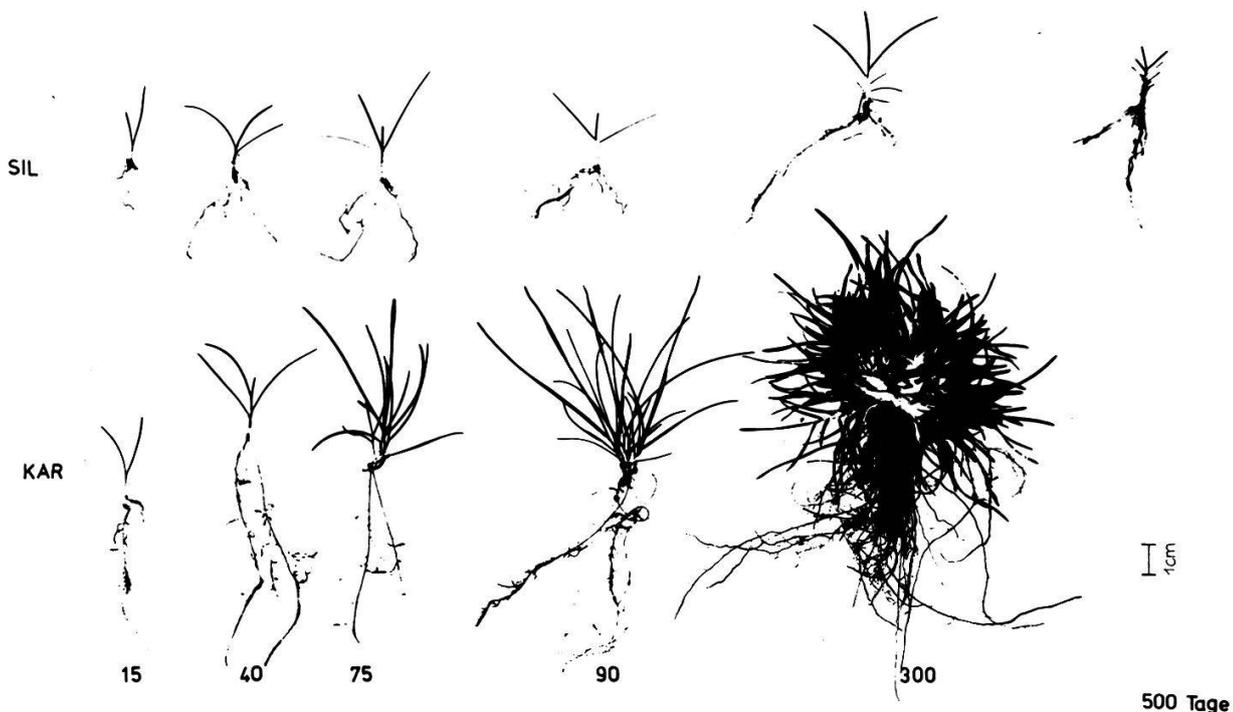


Abbildung 13. Entwicklung von *Sesleria coerulea* im Gewächshaus auf Silikat und auf Karbonat.

vegetativ gut ausgebildet (Δ) bezeichnet werden. Zur Blüte kamen die Pflanzen während des 12. Monats nach der Keimung.

Sterblichkeit. Auf Gartenerde und Karbonat starben keine und auf Silikat trotz der unvollständigen Entwicklung nur weniger als 15% der Keimlinge ab.

Tabelle 93. Entwicklung von *Sesleria coerulea* im Felde (Legende s.S. 40)

Serie	Fläche	Anzahl Keiml.	1978				1979			
			Juli	Aug.	Sep.	Okt.	Juli	Aug.	Sep.	Okt.
2	SIL-SHang-Na	3		K	K+1	K+1	K+1	K+2	K+2	K+3
4	KAR-SHang-Na	7					K	K+1	K+1	K+2
5	SIL-Kuppe-Ve	2								K+1
6	SIL-Kuppe-Na	2					K+1	K+2	K+2	K+3
7	KAR-Kuppe-Ve	10	K	K	K+1	K+1	K+2	K+2	K+3	K+4
8	KAR-Kuppe-Na	10	K	K+1	K+1	K+1	K+2	K+2	K+3	K+4
9	SIL-Schtä-Ve	1			K+1	-	†			
11	KAR-Schtä-Ve	10		K	K+1	K+1	K+2	K+2	K+2	K+2
12	KAR-Schtä-Na	10		K	K+1	K+1	K+2	K+3	K+3	K+4

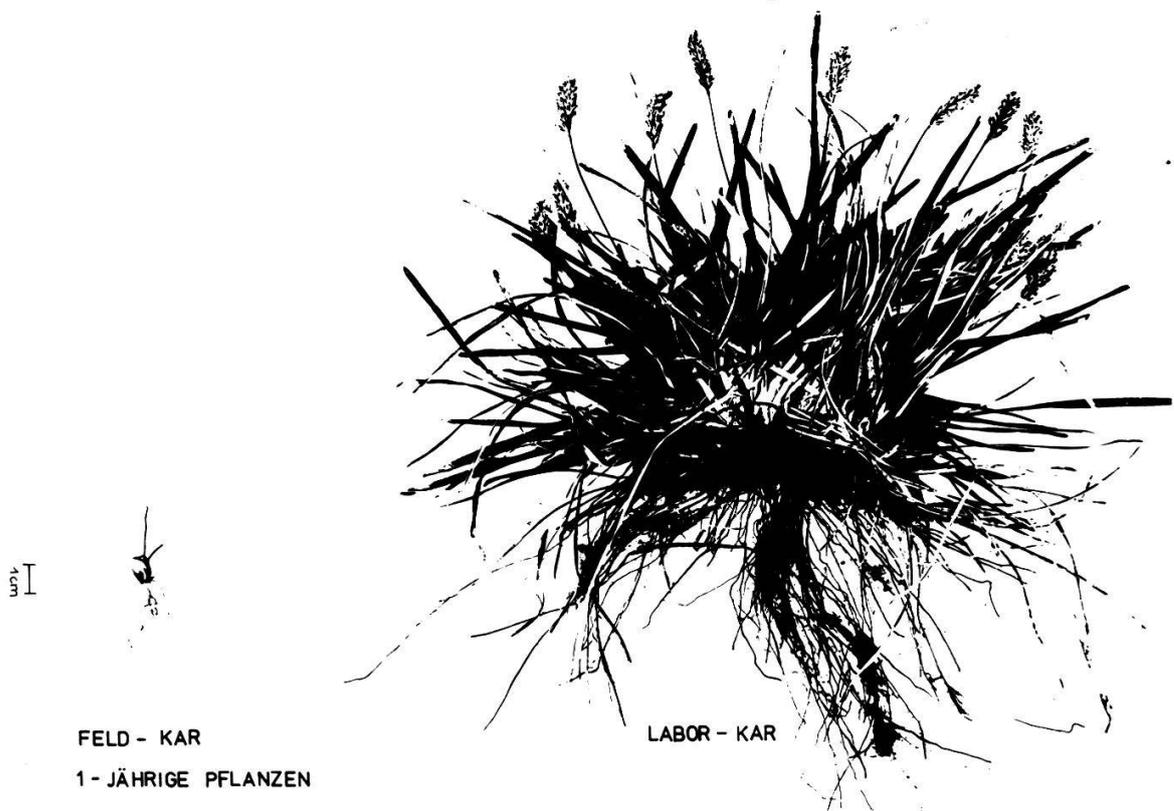


Abbildung 14. Unterschiedliche Entwicklung von *Sesleria coerulea* im Felde und im Gewächshaus (auf Karbonat)

Entwicklung im Felde (Tab. 93). - Im Felde entwickelte sich *Sesleria coerulea* sehr langsam (Abb. 14). Am Ende der zweiten Vegetationsperiode waren die Keimlinge noch sehr klein, wirkten aber kräftig.

Auf den Flächen 1, 2 und 10 konnten keine Beobachtungen durchgeführt werden (vgl. Tab. 91, S.130).

4.3.2.8. *Leontopodium alpinum* Cass.

Vorkommen. - Im Gebiet kommt die Art auf wenig entwickelten, skelettreichen, zeitweise austrocknenden Böden an der unteren Grenze der alpinen Stufe in meist sonnigen Lagen mit langer Vegetationsperiode vor. Die Individuen wachsen einzeln.

Nach BRAUN-BLANQUET (1969) Charakterart des *Seslerio-Semperviretum*.

a) Keimung

Tabelle 94. Keimungsrate von *Leontopodium alpinum* unter kontrollierten Bedingungen (Legende s.S. 39)

Serie	Erntejahr	Behandlungen	Anzahl Samen	Start	Dauer (Tage)	Versuchstage					End. %
						10.	20.	30.	50.	100.	
1	1975	keine	60	1.76	120	33	72	78	85	90	90
2	1975	keine	50	1.78	140	50	74	86	86	90	100
3	1978	keine	25	1.79	15	95	100				100
4	1978	SIL-Gew	25	3.79	350	12	52	52	52	52	56
5	1978	KAR-Gew	25	3.79	350	16	56	56	56	56	56

Keimung unter kontrollierten Bedingungen (Tab. 94). - *Leontopodium alpinum* keimte in den *Petrischalen* rasch und zu einem sehr hohen Prozentsatz. Sogar nach zweijähriger Aufbewahrung keimten die 1975 geernteten Samen innert 140 Tagen noch zu 100% (Serie 2). Es trat keinerlei Pilzbefall auf.

In den *Saatschalen* war die Keimungsrate niedriger, aber immer noch über 50% sowohl auf Silikat als auch auf Karbonat.

b) Entwicklung der Keimlinge

Entwicklung unter kontrollierten Bedingungen (Tab. 95). - *Silikat.* Auf Silikat verlief die Entwicklung von *Leontopodium alpinum* langsam. Die Keimlinge wurden zwischen dem 20. und dem 30. Tag nach der Keimung aus den *Petrischalen*

Tabelle 95. Entwicklung von *Leontopodium alpinum* unter kontrollierten Bedingungen (Legende s.S. 40)

Petri → SIL (KKam); 5 beobachtete Pflanzen; Ernte: 1975; Start: Januar 1978; Dauer: 600 Tage																			
Ta	1	10	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	200	250	300	350	400	500	600
Bl	K	K+2	K+2	K+2	K+2	3	4	5	7	7	7	8	15	18	∞				∞
H									1	1,5	1,5	1,5	2,5	3	4	4,5	4,5	4,5	5
∅								1	1	2	2	2	2,5	4,5	5	7,5	7,5	9	10
Be				(T)						Ro				Δ					F
Petri → KAR (KKam); 5 beobachtete Pflanzen; Ernte: 1975; Start: Januar 1978; Dauer: 600 Tage																			
Ta	1	10	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	200	250	300	350	400	500	600
Bl	K	K+2	K+2	K+2	K+2	4	5	6	7	9	9	10	14	18	∞				∞
H										1	1	2	2,5	3	4	4	5	6	6
∅									1	1,5	1,5	2,5	4	5	6	6	7	9	10
Be				(T)						Ro				Δ					F

in Töpfe versetzt (T). Nach 4 Monaten zeigten sich gut ausgebildete Rosetten (Ro) aus schmal lanzettlichen, filzig behaarten Blättern, und während des 9. Monats konnten sie als vegetativ gut ausgebildet (Δ) bezeichnet werden. Die Pflanzen blühten (F) jedoch erst 20 Monate nach der Keimung.

Karbonat. Auch auf Karbonat verlief die Entwicklung von *Leontopodium alpinum* langsam. Die Keimlinge wurden zwischen dem 20. und dem 30. Tag nach der Keimung aus den Petrischalen in Töpfe (T) versetzt. Die Rosetten waren nach 4 Monaten gut ausgebildet (Ro). Eine gut entwickelte vegetative Phase (Δ) konnte, ähnlich wie bei der Silikatserie, erst während des 8. Monats beobachtet werden. Auch auf Karbonat blühten (F) die Pflanzen erst während des 20. Lebensmonats.

Sterblichkeit. Verluste traten auf Karbonat nicht auf, während sie auf Silikat, wo die Keimlinge nur schwer Wurzeln schlugen, mit mehr als 20% für Laborbedingungen ziemlich hoch waren.

4.3.2.9. *Carex sempervirens* Vill. (Karbonat)

Vorkommen. - Im Gebiet sehr verbreitet und häufig auf unterschiedlichen, meist humusreichen Böden in eher sonnigen, warmen Lagen. *Carex sempervirens* weist eine grosse Standortsamplitude auf, ist auf Dolomit sehr hochstet und

meidet nur windexponierte Standorte und Schneetälchen. In den Treppenrasen an der unteren Grenze der alpinen Stufe ist diese Art häufig dominant. *Carex sempervirens* ist auch auf Silikat sehr häufig. Sie kann dichte, feste und auf Treppenrasen bandförmige Horste bilden.

Nach BRAUN-BLANQUET (1969) Differentialart der *Carex sempervirens*-Variante des *Seslerio-Semperviretum typicum*.

a) Keimung

Tabelle 96. Keimungsrate von *Carex sempervirens* (Karbonat) unter kontrollierten Bedingungen (Legende s.S. 39)

Serie	Ernte-jahr	Behandlungen	Anzahl Samen	Start	Dauer (Tage)	Versuchstage					End. %
						10.	20.	30.	50.	100.	
1	1975	keine	60	1.76	120	0	0	0	0	2	2
2	1975	keine	40	6.76	100	0	0	2	2	2	2
3	1975	keine	50	1.78	120	0	0	0	0	0	0
4	1975	30T/+4°/feucht	40	6.76	90	0	0	0	0	0	0
5	1975	5T/-15°/feucht	40	6.76	90	0	0	0	2	2	2
6	1975	5T/-15°/trocken	40	6.76	90	0	0	0	2	5	5
7	1975	1T/-15°/feucht	40	6.76	90	0	0	0	0	2	2
8	1975	1T/-15°/trocken	40	6.76	90	0	0	0	0	0	0
9	1975	SKAR (H ₂ SO ₄)	40	6.76	90	0	0	2	2	2	2
10	1975	SKAR (H ₂ SO ₄) + GA ₃	40	6.76	90	0	0	0	0	2	2
11	1975	SKAR (Klinge)	20	6.76	90	0	0	0	0	0	0
12	1975	SKAR (Klinge) + GA ₃	20	6.76	90	0	0	0	0	0	0
13	1975	SKAR (Glaspapier)	40	6.76	90	0	0	0	0	0	0
14	1975	GA ₃	40	6.76	90	0	0	0	0	0	0
15	1976	keine	60	1.77	130	0	0	20	48	67	68
16	1976	keine	50	4.77	120	0	0	26	58	80	80
17	1976	keine	50	1.78	120	0	0	22	46	56	56
18	1976	keine	50	5.78	150	0	4	26	54	68	68
19	1976	keine	50	1.79	130	0	10	42	58	62	62
20	1976	GA ₃	50	4.77	120	0	0	16	40	64	64
21	1976	SKAR (Klinge)	25	5.78	150	4	40	64	76	76	76
22	1976	SKAR (Klinge) + GA ₃	25	6.78	125	0	4	32	40	40	40
23	1977	keine	50	1.78	140	0	0	20	34	42	42
24	1978	keine	50	1.79	130	0	0	6	12	14	14
25	1976	GAR	100	4.77	500	0	0	0	0	0	0
26	1977	SIL-KK	100	1.78	500	0	0	0	0	0	0
27	1977	KAR-KK	100	1.78	500	0	1	1	1	1	1
28	1978	SIL-Gew	100	3.79	350	0	0	0	2	2	3
29	1978	KAR-Gew	100	3.79	350	0	0	0	1	1	2

Keimung unter kontrollierten Bedingungen (Tab. 96). - In den *Petrischalen* keimten die in den verschiedenen Jahren geernteten Samen unterschiedlich gut: sehr schlecht die von 1975, mässig die von 1978, ziemlich gut die von 1977 und teilweise sehr gut die von 1976. Die Keimungsrate (Jahrgang 1976) blieb auch bei längerer Aufbewahrungszeit mehr oder weniger konstant (vgl. Serien 15, 16, 17, 18, 19). Die verschiedenen Vorbehandlungen der Samen brachten keine Erhöhung der Keimungsrate. Skarifikation beschleunigte jedoch den Keimungsverlauf während des 1. Monats erheblich (vgl. Serie 21 mit 18). Pilzbefall wurde 1/2 Monate nach der Inkubation bei den Serien 10, 12, 14 und 24 beobachtet, starke Infektionen während des 2. Monats bei den Serien 3, 4 und 9.

In den *Saatschalen* keimten die Samen nicht oder nur sehr spärlich.

Tabelle 97. Keimungsrate von *Carex sempervirens* (Karbonat) im Felde (Legende s.S. 40)

Erntejahr : 1977 Aussaat: Oktober 1977
Anzahl Samen: 100 Dauer : 2 Jahre

Serie	Fläche	Vorhandene Keimlinge								Total Keimungen 1978+1979
		Juli 1978	Aug. 1978	Sep. 1978	Okt. 1978	Juli 1979	Aug. 1979	Sep. 1979	Okt. 1979	
1	SIL-SHang-Ve	*	*	*	*	*	*	*	*	*
2	SIL-SHang-Na	0	0	0	0	1	1	0	0	1
3	KAR-SHang-Ve	*	*	*	*	*	*	*	*	*
4	KAR-SHang-Na	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	SIL-Kuppe-Ve	-	0	0	0	0	0	0	0	0
6	SIL-Kuppe-Na	-	0	0	0	7	1	0	0	7
7	KAR-Kuppe-Ve	0	0	0	0	0	0	1	1	1
8	KAR-Kuppe-Na	0	0	5	5	8	8	8	8	8
9	SIL-Schtä-Ve	-	0	0	-	0	1	3	-	3
10	SIL-Schtä-Na	-	0	0	-	0	0	0	-	0
11	KAR-Schtä-Ve	-	0	0	0	0	8	10	10	10
12	KAR-Schtä-Na	-	0	0	0	0	4	1	1	4

* nicht kontrollierbar

Keimung im Felde (Tab. 97). - Keimlinge - wenn auch im allgemeinen nur wenige - waren auf 7 der 10 kontrollierten Flächen zu beobachten. Ausser auf Fläche 8 erfolgte die Keimung erst während des 2. Sommers nach der Aussaat. Im allgemeinen war die Keimungsrate in den Versuchsflächen auf Karbonat höher als in jenen auf Silikat. Die beiden vegetationsbedeckten Flächen 1 und 3 in Süd-

hanglage konnten wegen der Dichte der vorhandenen Vegetation nicht kontrolliert werden.

Verluste waren nur während des Sommers 1979 und nur auf den Flächen 2, 6 und 12 zu verzeichnen, hier jedoch waren sie sehr hoch. Im allgemeinen waren die Keimlinge widerstandsfähig und gesund.

b) Entwicklung der Keimlinge

Tabelle 98. Entwicklung von *Carex sempervirens* (Karbonat) unter kontrollierten Bedingungen (Legende s.S. 40)

Petri → GAR (KKam → Gew); 6 beobachtete Pflanzen; Ernte: 1976; Start: Januar-Februar 1977; Dauer: 750 Tage																			
Ta	1-2	10	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	200	250	300	350	450	500	750
Bl	K	K	K+1	K+2	K+4	K+6	9	13	∞										∞
H			(2)	(3)	(5)	(6)	(6,5)	(6,5)	3	3	3	5	8	8	8	8	8	10	10
∅									2	3	5	8	9	9	9	10	12	16	20
Be		(T)				(G)				Ho		Δ					(Ga)		F
SIL (Gew); 1 beobachtete Pflanze; Ernte: 1976; Start: April 1979; Dauer: 350 Tage																			
Ta	1-2	10	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	200	250	300	350			
Bl	K	K	K+2	K+3	K+4	K+4	K+5	K+5	K+5	6	6	7	8	9	9	10			
H					2	2	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5			
∅					2	2	2	2	2	2	2	2	2,5	2,5	2,5	2,5			
Be																			
KAR (Gew); 1 beobachtete Pflanze; Ernte: 1976; Start: April 1979; Dauer: 350 Tage																			
Ta	1-2	10	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	200	250	300	350			
Bl	K	K	K+1	K+2	K+3	K+3	K+4	K+4	5	6	8	9	10	12	16	∞			
H					1	1	1,5	1,5	1,5	1,5	2	2	3,5	3,5	3,5	4,5			
∅					1	1	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	2	5	10	10			
Be																	Ho	Δ	

Entwicklung unter kontrollierten Bedingungen (Tab. 98). - Gartenerde. Auf Gartenerde entwickelte sich *Carex sempervirens* (Karbonat) ziemlich schnell. Die Keimlinge wurden zwischen dem 3. und dem 10. Tag nach der Keimung aus den Petrischalen in Töpfe (T) versetzt und am Ende des 2. Monats ins Gewächshaus (G) gebracht. Am Ende des 4. Monats waren Horstansätze (Ho) zu beobachten und am Ende des 5. Monats waren die Pflanzen vegetativ gut entwickelt (Δ). Nachdem sie im 14. Lebensmonat in den Garten (Ga) versetzt worden waren, entwikk-

kelten sich die Pflanzen weiter und blühten (F) ein Jahr später.

Silikat. Auf Silikat erfolgte die Entwicklung sehr langsam. Nach 350 Tagen, am Ende der Beobachtungsperiode, waren die Pflanzen noch sehr klein und wiesen weder eine gut entwickelte vegetative Phase noch einen Horstansatz auf.

Karbonat. Auf Karbonat erfolgte die Entwicklung langsamer als auf Gartenerde, aber schneller als auf Silikat. Während des 10. Monats zeigten die Pflanzen eine Horstansatz (Ho), und im 12. Monat konnten sie als vegetativ gut entwickelt (Δ) bezeichnet werden.

Verluste traten keine auf: die Keimlinge erwiesen sich als sehr widerstandsfähig.

Tabelle 99. Entwicklung von *Carex sempervirens* (Karbonat) im Felde
(Legende s.S. 40)

Serie	Fläche	Anzahl Keimlinge	Sep. 1978	Okt. 1978	Juli 1979	Aug. 1979	Sep. 1979	Okt. 1979
2	SIL-SHang-Na	1			K+1	K+2	†	
6	SIL-Kuppe-Na	1			K+1	K+2	†	
7	KAR-Kuppe-Ve	1					K+1	K+3
8	KAR-Kuppe-Na	5	K+1	K+1	K+2	K+3	K+3	K+3
9	SIL-Schtä-Ve	1				K	K+3	-
11	KAR-Kuppe-Ve	8				K	K	K+1
12	KAR-Kuppe-Na	1				K	K+1	K+2

Entwicklung im Felde (Tab. 99). - Im Felde entwickelte sich *Carex sempervirens* (Karbonat) nur langsam. Die im ersten Sommer nach der Aussaat (1978) aufgetretenen Keimlinge entwickelten sich in ihrem ersten Lebensjahr langsamer als die erst im zweiten Sommer (1979) aufgetretenen, so dass im Oktober 1979, zwei Jahre nach der Aussaat, die zweijährigen Pflanzen schwer von den einjährigen zu unterscheiden waren. Auf den Flächen 1, 3, 4, 5 und 10 konnten keine Beobachtungen durchgeführt werden (vgl. Tab. 97, S. 136).

4.3.2.10. *Scabiosa lucida* Vill.

Vorkommen. - Im Gebiet verbreitet auf häufig gut entwickelten, feinerdereichen, häufig humosen, nicht austrocknenden Böden, vor allem auf Kalkschiefer, jedoch auch auf Silikat, in eher geschützten Lagen mit langer, ca. 4-monatiger

Vegetationsperiode. Die Hauptverbreitung von *Scabiosa lucida* liegt in der subalpinen Stufe. Die Individuen wachsen einzeln.

Nach BRAUN-BLANQUET (1969) Charakterart der *Seslerietalia variaae*.

a) Keimung

Tabelle 100. Keimungsrate von *Scabiosa lucida* unter kontrollierten Bedingungen (Legende s.S. 39)

Serie	Ernte-jahr	Behandlungen	Anzahl Samen	Start	Dauer (Tage)	Versuchstage					End. %
						10.	20.	30.	50.	100.	
1	1975	keine	60	1.76	140	0	12	27	40	45	48
2	1975	keine	50	4.77	120	0	6	6	10	10	10
3	1975	keine	50	1.78	140	0	0	2	6	8	20
4	1975	GA ₃	50	4.77	120	0	0	2	8	18	22
5	1976	keine	50	1.78	120	0	22	36	38	38	38
6	1977	keine	50	1.78	120	20	64	80	90	90	90
7	1977	keine	50	5.78	100	14	80	90	92	98	98
8	1977	keine	50	1.79	30	48	96	98			98
9	1977	SKAR(Klinge)	50	5.78	50	84	96	96	96		96
10	1977	SKAR(Klinge)+GA ₃	50	5.78	14	64	100				100
11	1977	GA ₃	50	5.78	50	22	84	98	98		98
12	1977	SKAR(Klinge)	50	1.79	10	96					96
13	1975	GAR	100	3.77	500	0	0	0	1	2	8
14	1977	SIL-KK	100	1.78	500	0	23	27	30	34	41
15	1977	KAR-KK	100	1.78	500	0	24	31	35	41	52
16	1977	SIL-Gew	100	3.79	350	0	42	49	56	64	69
17	1977	KAR-Gew	100	3.79	350	0	34	36	45	51	62

Keimung unter kontrollierten Bedingungen (Tab. 100). - In den Petrischalen zeigten die in den verschiedenen Jahren geernteten Samen ganz unterschiedliche Keimungsraten: mittlere bis hohe die Samen von 1975 und 1976, sehr hohe die von 1977. Bei den 1975 geernteten Samen wirkte sich eine zweijährige Aufbewahrung deutlich negativ (vgl. Serien 1 und 12), bei den 1978 geernteten Samen eine einjährige Aufbewahrung jedoch positiv (vgl. Serien 6 und 8) auf die Keimungsrate aus. Skarifikation bzw. Vorbehandlung der Samen mit GA₃ beschleunigte den Keimungsverlauf (vgl. Serie 7 mit 9, 11 und 12). Nur kombinierte Vorbehandlung der Samen, Skarifikation und GA₃ (Serie 10), bewirkte eine Keimungsrate von 100%. Pilzbefall trat bei den Serien 2, 3, 4, und 5 auf. In den Saatschalen war die Keimung sowohl auf Silikat als auch auf Kar-

bonat gut, auf steriler Gartenerde hingegen, wo der letzte Samen 450 Tage nach der Aussaat keimte, spärlich und langsam.

Tabelle 101. Keimungsrate von *Scabiosa lucida* im Felde (Legende s.S. 40)

Erntejahr : 1977 Aussaat: Oktober 1977
Anzahl Samen: 100 Dauer : 2 Jahre

Serie	Fläche	Vorhandene Keimlinge								Total Keimungen 1978+1979
		Juli 1978	Aug. 1978	Sep. 1978	Okt. 1978	Juli 1979	Aug. 1979	Sep. 1979	Okt. 1979	
1	SIL-SHang-Ve	0	0	0	0	1	1	3	3	3
2	SIL-SHang-Na	0	8	5	2	5	3	1	1	11
3	KAR-SHang-Ve	27	25	25	20	30	35	35	35	42
4	KAR-SHang-Na	45	82	65	65	65	65	65	65	82
5	SIL-Kuppe-Ve	-	35	51	45	23	23	15	15	51
6	SIL-Kuppe-Na	-	56	45	40	3	3	2	2	56
7	KAR-Kuppe-Ve	11	14	14	10	42	42	42	37	42
8	KAR-Kuppe-Na	78	70	68	60	83	83	97	97	100
9	SIL-Schtä-Ve	-	4	0	-	1	25	25	-	29
10	SIL-Schtä-Na	-	0	11	-	5	5	3	-	11
11	KAR-Schtä-Ve	-	75	50	45	67	72	76	76	100
12	KAR-Schtä-Na	-	100	50	49	60	70	70	70	100

Keimung im Felde (Tab. 101). - *Scabiosa lucida* keimte grösstenteils schon im ersten Sommer nach der Aussaat und zwar auf allen Flächen, aber nicht auf allen gleich gut. So war die Keimungsrate auf Karbonat höher als diejenige auf Silikat; in den Schneetälchenflächen auf Karbonat (Serien 11 und 12) keimten sogar alle ausgesäten Samen.

Verluste. Die mit ca. 32% ziemlich hohen Verluste traten hauptsächlich im Sommer infolge von Bodenbewegung und Austrocknung mit nachfolgendem Wegschwemmen der Keimlinge auf und waren mit ca. 70% auf Silikat wesentlich höher als auf Karbonat mit weniger als 20%. Im Winter waren Verluste - allerdings sehr hohe (über 70%) - nur in den Versuchsflächen in Kuppenlage auf Silikat zu verzeichnen.

b) Entwicklung der Keimlinge

Entwicklung unter kontrollierten Bedingungen (Tab. 102). - Gartenerde. Auf Gartenerde entwickelte sich *Scabiosa lucida* sehr rasch. Die Keimlinge wurden zwischen dem 10. und dem 20. Tag nach der Keimung aus den Petrischalen in

Tabelle 102. Entwicklung von *Scabiosa lucida* unter kontrollierten Bedingungen (Legende s.S. 40)

Petri → GAR (KKam → Gew); 5 beobachtete Pflanzen; Ernte: 1975 Start: Mai-Juni 1977; Dauer: 300 Tage																
Ta	1-2	10	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	200	250	300	
Bl	K	K	K+1	K+2	K+3	5	11	16	20	∞						∞
H				1	1,5	2	5	6	7	8	8	5	5	5		5
∅					2,5	6	11	12	16	16	16	16	18	18		20
Be			(T)		(G)	Ro		Δ								F

SIL (Gew); 5 beobachtete Pflanzen; Ernte: 1977; Start: März 1979; Dauer: 350 Tage																
Ta	1-2	10	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	200	250	300	350
Bl	K	K	K	K+2	K+4	K+6	8	8	12	14	14	18	∞			
H							1	1	2	2	2	2,5	2,5	3	3	3
∅				2	2	2	3	3	5,5	7	7	8	11	13	13	13
Be							Ro									Δ

KAR (Gew); 5 beobachtete Pflanzen; Ernte: 1977; Start: März 1979; Dauer: 200 Tage													
Ta	1-2	10	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	200
Bl	K	K	K	K+2	K+4	K+6	K+8	10	16	∞			∞
H				1	1,5	2,5	4,5	4,5	5,5	9	9	10	15
∅				1,5	2	4	7	10	15	20	22	26	28
Be							Ro		Δ				F

Töpfe versetzt (T) und in der Mitte des 2. Monats ins Gewächshaus (G) gebracht. Am Ende des 2. Monats zeigten die Jungpflanzen gut ausgebildete Rosetten (Ro) und einen Monat später konnten sie als vegetativ gut entwickelt (Δ) bezeichnet werden. Zur Blüte (F) kamen die Pflanzen jedoch erst am Ende des 10. Lebensmonats, nachdem die älteren grundständigen Blätter schon verdorrt waren. Nach der Blüte setzte sich die vegetative Entwicklung der Pflanzen, die im 14. Lebensmonat in den Garten kamen, fort und ein Jahr später zeigten die inzwischen sehr üppig gewordenen Pflanzen 25-30 Blüten.

Silikat. Auf Silikat erfolgte die Entwicklung sehr viel langsamer als auf Gartenerde. Die Rosetten waren zwar schon nach 2 1/2 Monaten ausgebildet, doch konnten die Pflanzen erst viel später, im 9. Monat nach der Keimung, als vegetativ gut entwickelt (Δ) bezeichnet werden. Während der gesamten Beobachtungsperiode von 350 Tagen kam kein Individuum zur Blüte.

Karbonat. Auf Karbonat hingegen entwickelte sich *Scabiosa lucida* recht schnell.

Die Rosetten (Ro) waren nach 2 1/2 Monaten gut ausgebildet, im 4. Monat konnten die Pflanzen, die im Laufe des 7. Lebensmonats blühten (F), als vegetativ gut entwickelt (Δ) bezeichnet werden.

Bei allen drei Serien traten keine *Verluste* auf.



Abbildung 15. Unterschiedliche Entwicklung von *Scabiosa lucida* im Felde und im Gewächshaus (auf Karbonat)

Tabelle 103. Entwicklung von *Scabiosa lucida* im Felde (Legende s.S. 40)

Serie	Fläche	Anzahl Keiml.	Juli	Aug.	Sep.	Okt.	Juli	Aug.	Sep.	Okt.
			1978	1978	1978	1978	1979	1979	1979	1979
1	SIL-SHang-Ve	3					K	K	K	K+2
2	SIL-SHang-Na	1		K	K	K	K	K+2	K+2	K+2
3	KAR-SHang-Ve	10	K	K+3	K+3	K+4	4	4	5	6
4	KAR-SHang-Na	10	K	K+3	K+3	K+4	4	4	5	6
5	SIL-Kuppe-Ve	10		K	K+2	K+3	4	4	4	4
6	SIL-Kuppe-Na	1		K	K+2	K+3	2	2	2	2
7	KAR-Kuppe-Ve	10	K	K+2	K+2	K+3	K+3	K+4	5	6
8	KAR-Kuppe-Na	10	K	K+2	K+2	K+3	K+3	K+4	5	6
9	SIL-Schtä-Ve	10					K	K	K+2	-
10	SIL-Schtä-Na	3			K	-	K	K	K	-
11	KAR-Schtä-Ve	10		K	K+2	K+2	K+3	3	4	6
12	KAR-Schtä-Na	10		K	K+2	K+2	K+3	3	4	6

Entwicklung im Felde (Tab. 103). - Im Felde erfolgte die Entwicklung von *Scabiosa lucida* allgemein langsam (Abb. 15), auf Karbonat jedoch etwas schneller als auf Silikat. So zeigten die Pflanzen am Ende der zweiten Vegetationsperiode auf den Karbonatflächen 4-6 dunkelgrüne bis dunkelrote, behaarte, rosettenbildende Blätter, während sie dagegen auf Silikat, mit einer Ausnahme (Serie 5), höchstens 2 kleine Blätter und in gewissen Fällen noch die Kotyledonen aufwiesen.

5. Vergleich des Keimverhaltens und der frühen Entwicklungsphasen

5.1. Spontane Keimung unter kontrollierten Bedingungen

Das Keimverhalten der untersuchten Arten war sehr unterschiedlich, wobei die Variation nicht nur interspezifisch, sondern manchmal auch intraspezifisch war. Einige Verhaltenstendenzen lassen sich jedoch erkennen, vor allem dort wo die Arten über mehrere Jahre hinaus geerntet und untersucht wurden. Deswegen wurde versucht, die untersuchten Arten nach *verschiedenen Keimverhalten* zu gruppieren (Tab. 104, S. 145). 18 Arten davon wurden mindestens in drei nacheinanderfolgenden Jahren geerntet und untersucht, diese Angaben sind also eher aussagekräftig (vgl. auch Abb. 16, S. 146). Bei den anderen Arten muss die Einteilung in Gruppen dagegen durch weitere Untersuchungen überprüft werden.

Die Artengruppen in Tabelle 104 (S. 145) umfassen Taxa, deren ökologische Ansprüche sich voneinander unterscheiden. Die Arten, die mit einer *kurzen Vegetationsperiode* auskommen können, zählten jedoch, mit Ausnahme von *Arabis coerulea*, entweder zu den guten bis sehr guten oder zu den unregelmässigen Keimern. *Arabis coerulea* gehört mit den zwei *Gentiana*-Arten zu den drei einzigen untersuchten Arten, die ohne Vorbehandlung keine Keimung aufwiesen. Da eine Aussaat von *Arabis coerulea* im Felde nicht möglich war, fehlen Vergleiche in der Natur.

Die auf eine *längere Vegetationsperiode* angewiesenen Arten zeigten sehr unterschiedliches Keimverhalten. Bei *Carex sempervirens* wurden sogar Unterschiede zwischen Populationen aus zwei verschiedenen Substraten beobachtet. Die Silikat-Individuen wiesen entweder keine oder nur minimale Keimung auf, die Karbonat-Individuen zeigten hingegen ein unregelmässiges Keimverhalten, wobei Jahre mit schlechter Keimungsrate mit anderen, in denen relativ schnell keimende Samen gebildet wurden, abwechselten.

Der *Verlauf der Keimung* bildet einen weiteren Aspekt des unterschiedlichen Keimverhaltens. Als Beispiel dienen *Cardamine alpina* und *Soldanella pusilla* (Abb. 17, S. 147), die beide typische Arten der Silikat-Schneetälchen sind und deren Keimungsrate vergleichbar ist. Bei *Cardamine alpina* begann die Keimung sofort nach der Inkubation in der Klimakammer, verlief regelmässig,

Tabelle 104. Keimverhalten der Arten nach ihrer Keimungsrate
(Unterstrichene Arten wurden mindestens in 3 verschiedenen Jahren geerntet und getestet)

Keimverhalten	Silikatartern	Ernte/Keimungsrate%			Karbonatartern	Ernte/Keimungsrate%		
		1975	1976	1977		1978	1975	1976
Keine Keimung	<u>Gentiana Kochiana</u>	0	0	0	0	0	0	0
Keine oder spärliche Keimung	<u>Carex sempervirens</u> SIL	0	0	4				
	<u>Nardus stricta</u> <u>Helictotrichon versicolor</u>	0	5	0	12			
Spärliche Keimung	<u>Sesleria disticha</u>	17	22	2	22			
	<u>Ranunculus Grenierianus</u> <u>Pulsatilla sulphurea</u>	8		6	20	13	20	16
Mässige Keimung		17				18	16	
Gute Keimung	<u>Anthyllis alpestris</u> <u>Hutchinsia alpina</u>	35	37	38	35	37	38	22
	<u>Dryas octopetala</u> <u>Sesleria coerulea</u> <u>Scabiosa lucida</u> <u>Veronica alpina</u> <u>Leontopodium alpinum</u> <u>Sagina Linnaei</u>	75	37	68	48	45	90	66
Sehr unregelmässige Keimung	<u>Ranunculus alpestris</u> <u>Saxifraga caesia</u> <u>Carex sempervirens</u> KAR	0	43	62	46	0	24	76
	<u>Gentiana Clusii</u> <u>Arabis coerulea</u>	23	32	82	80	17	88	60
	<u>Salix herbacea</u> <u>Geum montanum</u> <u>Hieracium alpinum</u> <u>Senecio carniolicus</u>	32	82	100	100	2	42	14
	<u>Carex firma</u> <u>Helianthemum alpestre</u> <u>Salix retusa</u>	3				67	42	14

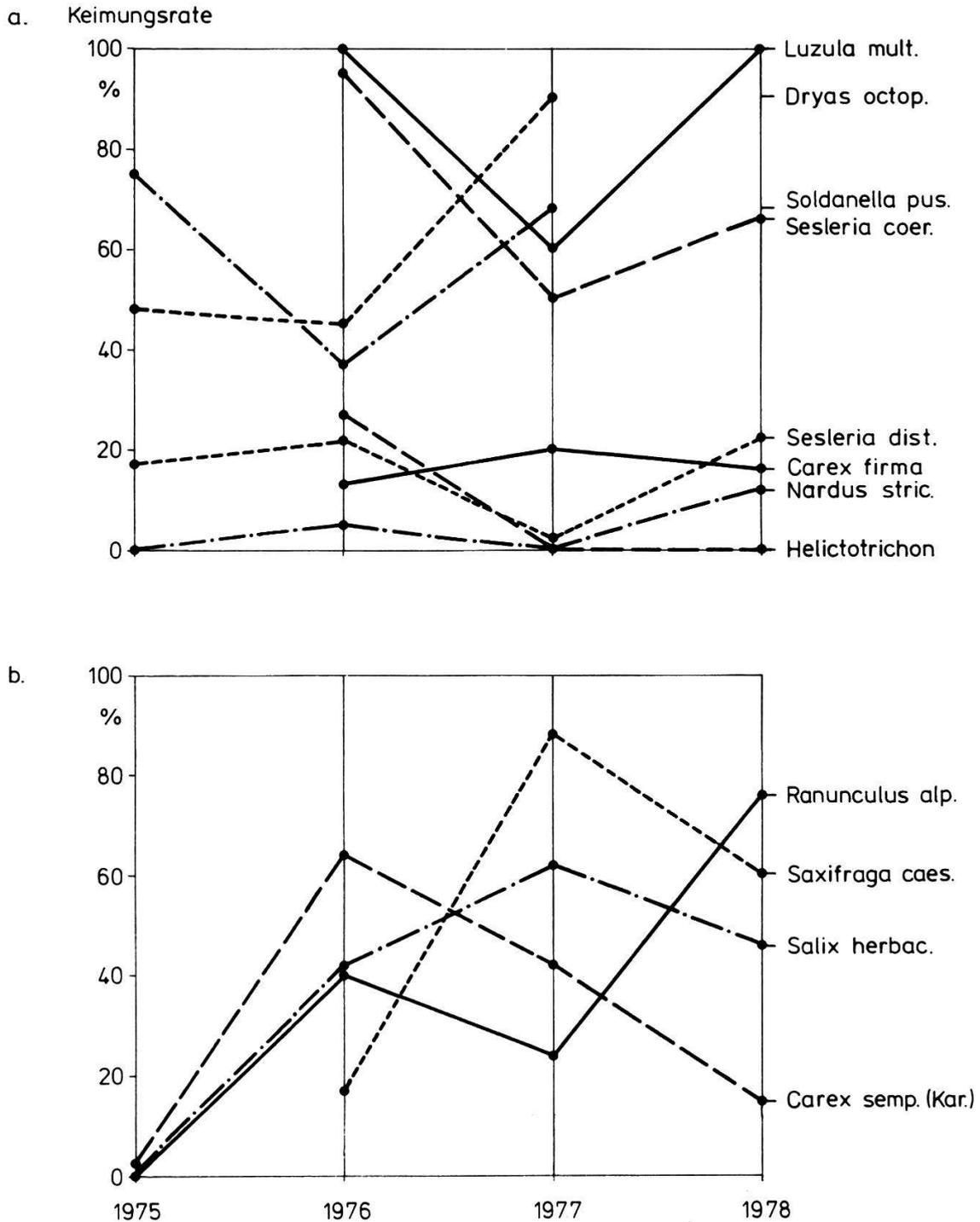


Abbildung 16. Gruppierung der Arten nach der Keimungsrate.
 a) Arten mit entweder \pm tiefer oder \pm hoher Keimungsrate
 b) Arten mit ausgesprochen unregelmässiger Keimungsrate

jedoch während der ersten 50 Tage ziemlich langsam, und erst danach zeigte die Keimungskurve eine erhebliche Steigung. Bei *Soldanella pusilla* begann die Keimung einige Tage später, die Keimungskurve erreichte indessen ihre grösste Steigung bereits zwischen dem 10. und dem 30. Versuchstag. Danach war die Keimung eher spärlich.

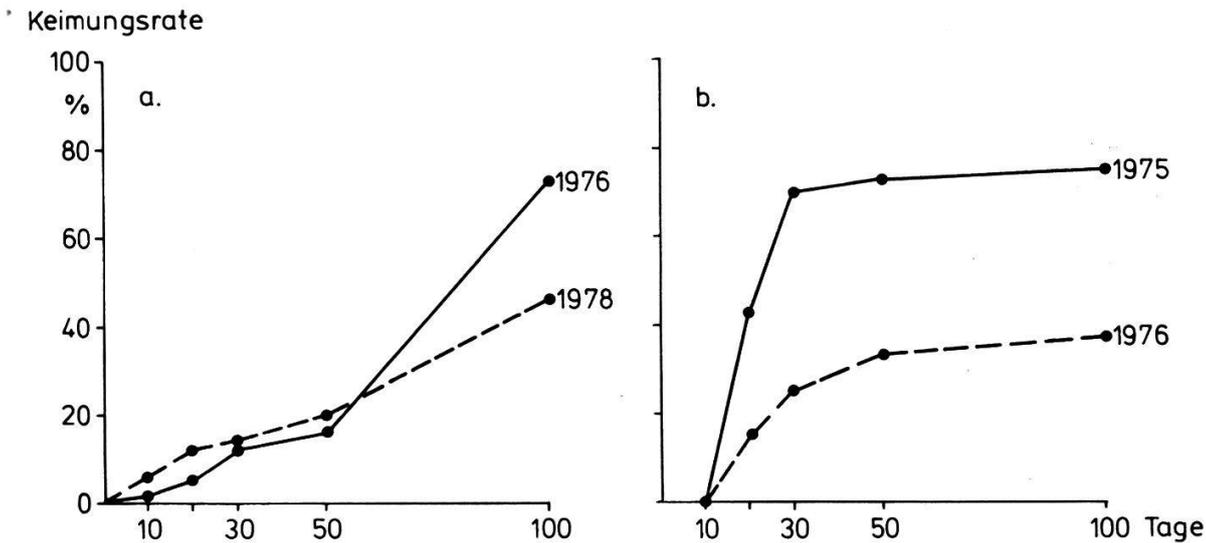


Abbildung 17. Unterschiedlicher Keimungsverlauf bei a) *Cardamine alpina* und b) *Soldanella pusilla*.

Bei den Aussaatversuchen in *Schalen mit verschiedenen Bodentypen* (Tab. 105, S. 148) wurden keine Wiederholungen durchgeführt, die Ergebnisse sind daher mit Vorbehalt zu betrachten. Zudem sind die wechselnden Bedingungen im Gewächshaus nicht genau quantifizierbar. Allgemein kann gesagt werden, dass die Keimungsrate in den Saatschalen viel geringer war als in den Petrischalen mit Fliesspapier. Von 30 untersuchten Arten sind nur *Luzula multiflora*, *Sesleria coerulea* und *Hutchinsia alpina* als Ausnahmen zu betrachten. *Luzula multiflora* in den Silikatbodenserien und *Sesleria coerulea* in allen Klimakammeraussaaten wiesen eine Keimungsrate auf, die mit jener in den Petrischalen vergleichbar war. *Hutchinsia alpina* zeigte auf Silikat- und noch extremer auf Karbonatboden eine sehr viel höhere Keimungsrate als in den Petrischalen. Zwischen den Schalen-Aussaaten in der Klimakammer und jenen im Gewächshaus waren keine grossen Unterschiede festzustellen. Jedoch keimten *Cardamine alpina*, *Gnaphalium supinum*, *Hieracium alpinum* und *Sesleria coerulea* besser in

Tabelle 105. Vergleich der Keimungsrate (nach 100 Tagen) in Petri- und Saatschalen

GAR = sterile Gartenerde; SIL = Silikatboden; KAR = Karbonatboden; KKam = Klimakammer; Gew = Gewächshaus; P = jeweils parallel durchgeführte Klimakammerserie in Petrischalen (Fließpapier)

Arten	1977		1978			1979		
	KKam		KKam			Gew		KKam
	GAR	P	SIL	KAR	P	SIL	KAR	P
<i>Sesleria disticha</i>	10	28	2	2	2	4	2	22
<i>Hieracium alpinum</i>			40	46	82	27	42	88
<i>Cardamine alpina</i>	8	73	54	72	94	13	40	98
<i>Salix herbacea</i>	0	43				4	1	46
<i>Gnaphalium supinum</i>			12	50	44	7	29	86
<i>Soldanella pusilla</i>			24	26	68			
<i>Geum montanum</i>	4		11	6	62	3	10	80
<i>Ranunculus Grenierianus</i>	0		0	0	2			
<i>Nardus stricta</i>	0	5				1	1	12
<i>Carex sempervirens</i> SIL			0	0	0	0	0	0
<i>Gentiana Kochiana</i>	0	0	0	0	0			
<i>Helictotrichon versicolor</i>	10	26	0	1	0	3	4	14
<i>Luzula multiflora</i>	9	100	64	18	60	100	98	100
<i>Antennaria dioeca</i>			3	5	48			
<i>Pulsatilla sulphurea</i>	0		0	0	6			
<i>Sagina Linnaei</i>						24	44	100
<i>Veronica alpina</i>						50	48	80
<i>Ranunculus alpestris</i>	0	0	5	6	24	9	13	76
<i>Salix retusa</i>			1	3	16			
<i>Hutchinsia alpina</i>	5	32	50	100	38	65	100	76
<i>Saxifraga caesia</i>	0	12	0	0	88	1	1	60
<i>Dryas octopetala</i>	0	72	73	43	90	48	64	100
<i>Carex firma</i>	0	6	0	0	30	7	3	58
<i>Gentiana Clusii</i>	0	0	0	0	0			
<i>Helianthemum alpestre</i>			3	2	6			
<i>Anthyllis alpestris</i>	3	20	18	19	34	22	26	38
<i>Sesleria coerulea</i>	78	70	60	54	50	23	18	66
<i>Leontopodium alpinum</i>						52	56	100
<i>Carex sempervirens</i> KAR	0	80	0	1	42	2	1	14
<i>Scabiosa lucida</i>	2	10	34	41	90	64	51	98

der Klimakammer, *Luzula multiflora*, *Scabiosa lucida* und teilweise auch *Helictotrichon versicolor*, *Ranunculus alpestris* und *Anthyllis alpestris* hingegen besser im Gewächshaus.

Carex firma und *Saxifraga caesia* keimten nur im Gewächshaus, obwohl auch hier äusserst spärlich.

Die Keimung erfolgte im allgemeinen besser auf Silikat- und Karbonatboden als auf steriler Gartenerde, mit Ausnahme von *Sesleria disticha*, *Helictotrichon versicolor* und *Scabiosa lucida*.

Vergleicht man nur Silikat und Karbonat, so stellt man keine besonderen Unterschiede fest. Eine etwas bessere Keimung auf Silikat wiesen jedoch *Luzula multiflora* und *Scabiosa lucida*, auf Karbonat *Cardamine alpina*, *Gnaphalium supinum*, *Sagina Linnaei* und *Hutchinsia alpina* auf. Hervorzuheben ist, dass typische Karbonatarten manchmal auf Silikat besser als auf Karbonat keimten und umgekehrt.

5.2. Keimverhalten und Samenalter (kontrollierte Bedingungen)

Das Keimverhalten der verschiedenen Arten mit zunehmendem Samenalter wurde in der vorliegenden Arbeit nur nebenher untersucht (Tab. 106, S. 150). Bei einigen Arten war das Keimverhalten auch nach 2-3-jähriger Samenaufbewahrung konstant: *Gentiana Kochiana* und *G. Clusii* zeigten z.B. immer noch keine Keimung, *Luzula multiflora* und *Leontopodium alpinum* wiesen noch immer sehr hohe Keimungsraten auf. Abnahme der Keimungsrate bei zunehmendem Alter der Samen war bei *Soldanella pusilla* und sehr ausgeprägt bei *Ranunculus alpestris* zu beobachten. Eine entgegengesetzte Tendenz wiesen *Hutchinsia alpina* und in geringerer Masse auch *Dryas octopetala* auf.

In Abbildung 18 (S. 151) ist die Keimung der 1976 geernteten Samen von *Hutchinsia alpina* von drei aufeinanderfolgenden Versuchsjahren dargestellt. In diesem Fall wird mit zunehmendem Alter der Samen nicht nur die Keimungsrate erhöht, sondern auch der Keimungsverlauf beschleunigt.

Tabelle 106. Verschiedene Tendenzen im Keimverhalten mit zunehmendem Samenalter

J₁ = erster Januar nach der Ernte; J₂ = zweiter Januar nach der Ernte, usw; Z₁ = erste Zwischenserie: jeweils im April oder Mai nach J₁; Z₂ = zweite Zwischenserie: jeweils im April oder Mai nach J₂, usw.

Keimverhalten	Art	Ernte	Testzeit - spontane Keimungsrate						
			J ₁	Z ₁	J ₂	Z ₂	J ₃	Z ₃	J ₄
konstant fehlend	<i>Gentiana Kochiana</i>	1975	0	0		0	0		0
		1977	0	0	0				
	<i>Gentiana Clusii</i>	1975	0	0		0	0		0
		1977	0	0	0				
konstant hoch	<i>Luzula multiflora</i>	1976	100	100	100	100			
	<i>Leontopodium alpinum</i>	1975	90				90		
abnehmend	<i>Soldanella pusilla</i>	1975	75					64	
		1976	37	20	28				
		1977	68	58	44				
	<i>Ranunculus alpestris</i>	1976	40	28	0				
		1977	24	6	0				
	zunehmend	<i>Hutchinsia alpina</i>	1976	37	32	50			70
1977			38		76				
<i>Dryas octopetala</i>		1975	48					66	
		1976	45	72	52				
		1977	90	94	100				
unregelmässig	<i>Sesleria disticha</i>	1975	17					36	
		1976	22	28	24	46	12		
	<i>Salix retusa</i>	1976	18		0				
		1977	16	26	30				

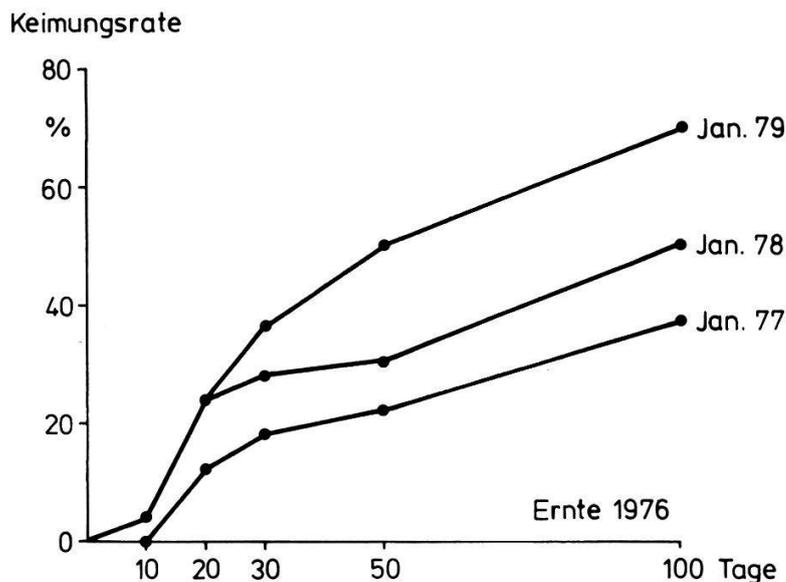


Abbildung 18. Keimung von *Hutchinsia alpina* mit zunehmendem Samenalter

5.3. Samenbehandlungen und ihre Wirkungen auf Keimungsrate und Keimungsverlauf (kontrollierte Bedingungen)

Drei Methoden wurden angewandt: *Stratifikation*, *Skarifikation* und *Behandlung mit Gibberellinsäure* (s. Kap. 3, S. 32 und Tab. 107, S. 152).

Die *Wirkung der drei Behandlungsmethoden auf die Keimungsrate* (Tab. 107) war unterschiedlich. Die *Stratifikation* erwies sich als wenig wirksam, die *Skarifikation* ergab dagegen gute Resultate: 47% der untersuchten Arten reagierten ziemlich gut (+/++) darauf, 24% sogar sehr gut (++)). Ein instruktives Beispiel ist *Anthyllis alpestris* (Abb. 19, S. 153). Die Ursache der langsamen und nur mässigen Keimung dieser Art liegt an der Wasserundurchlässigkeit ihrer Samenschale (s. Kap. 2, S. 10). Wurde die Schale am Samenrücken geritzt oder die Hilumregion entfernt, fand die Keimung sofort statt.

Auf die *Gibberellinsäure* reagierten 40% der Arten zumindest ziemlich gut (+/++), 32% zeigten sogar eine starke Erhöhung der Keimungsrate (++)). Zwei gute Beispiele dafür sind *Gentiana Kochiana* und *G. Clusii* (Abb. 20, S. 153). Die Samenschale dieser Arten ist zwar dick, aber porös und schwammig. Der Embryo hingegen, obwohl morphologisch gut ausdifferenziert, ist noch sehr

Tabelle 107. Wirkung der künstlichen Samenbehandlung mit einem Faktor

Str. = Stratifikation, Skar. = Skarififikation, GA₃ = Gibberellin-säure

- = keine positive Reaktion
- + = fragwürdige bis spärliche Reaktion
- + = mässige bis gute Reaktion
- ++ = gute bis sehr gute Reaktion

Arten	Keimungsrate			Keimungsgeschwindigkeit		
	Str.	Skar.	GA ₃	Str.	Skar.	GA ₃
<i>Sesleria disticha</i>		+	-		-	-
<i>Cardamine alpina</i>			-			++
<i>Gnaphalium supinum</i>	-	++	++	-+	++	++
<i>Soldanella pusilla</i>			-			++
<i>Geum montanum</i>	-	-	-	-	++	-
<i>Ranunculus Grenierianus</i>		-	+		-	+
<i>Nardus stricta</i>	-+	-+		++	-	
<i>Carex sempervirens</i> SIL		-			-	
<i>Gentiana Kochiana</i>	-		++	-		++
<i>Helictotrichon versicolor</i>		++	-		++	-
<i>Luzula multiflora</i>		-	-		-	+
<i>Pulsatilla sulphurea</i>	-	++	++	-	++	++
<i>Arabis coerulea</i>			++			++
<i>Ranunculus alpinus</i>		+	-		-	-
<i>Salix retusa</i>			++			++
<i>Hutchinsia alpina</i>			++			++
<i>Saxifraga caesia</i>			-			-
<i>Dryas octopetala</i>		-	-		++	-
<i>Carex firma</i>	+	+	-	+	+	-
<i>Gentiana Clusii</i>	-	-	++	-	-	++
<i>Anthyllis alpestris</i>		++	+		++	-+
<i>Sesleria coerulea</i>	+	+	-+	+	++	-+
<i>Carex sempervirens</i> KAR	-	-+	-	-	+	-
<i>Scabiosa lucida</i>		-	-		++	-
		+ / ++ = 47%	+ / ++ = 40%		+ / ++ = 59%	+ / ++ = 50%
		++ = 24%	++ = 32%		++ = 47%	++ = 40%
		+ / ++ = 58%			+ / ++ = 79%	
		++ = 38%			++ = 63%	

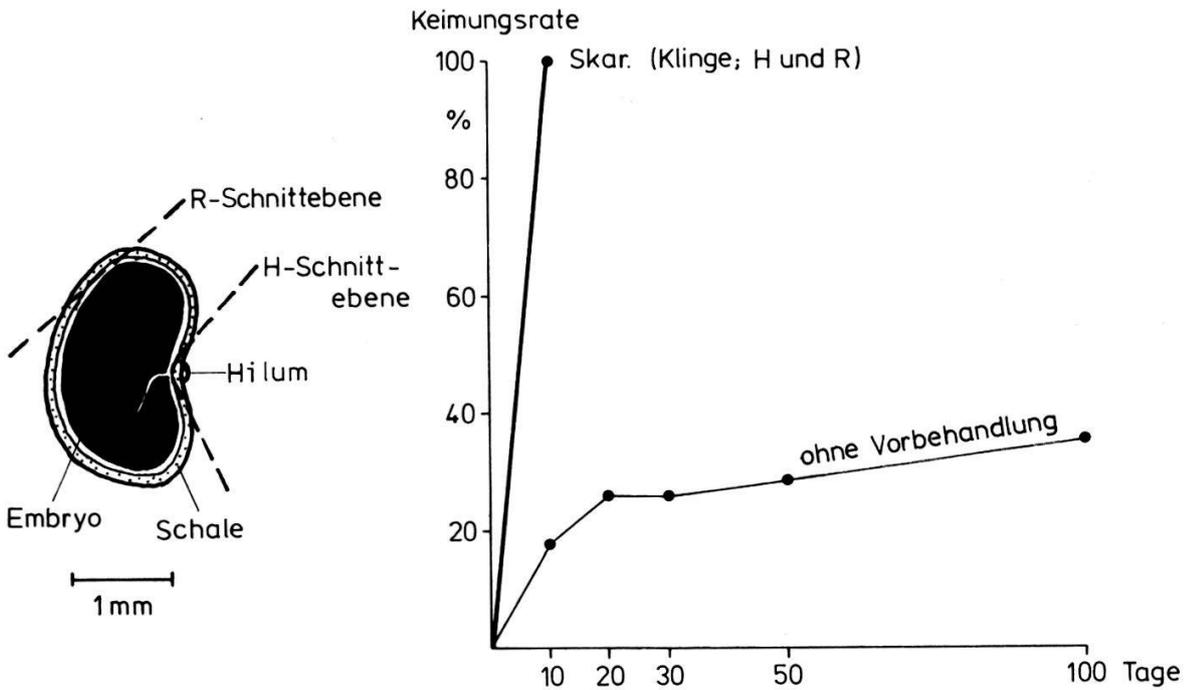


Abbildung 19. *Anthyllis alpestris*: Wirkung der Skarifikation. Links: innere Struktur (R = Skarifikation an Samenrücken, H = Entfernen der Hilumregion). Rechts: Keimungskurven (vgl. Tab. 86, S. 125, Serien 9, 11, 12)

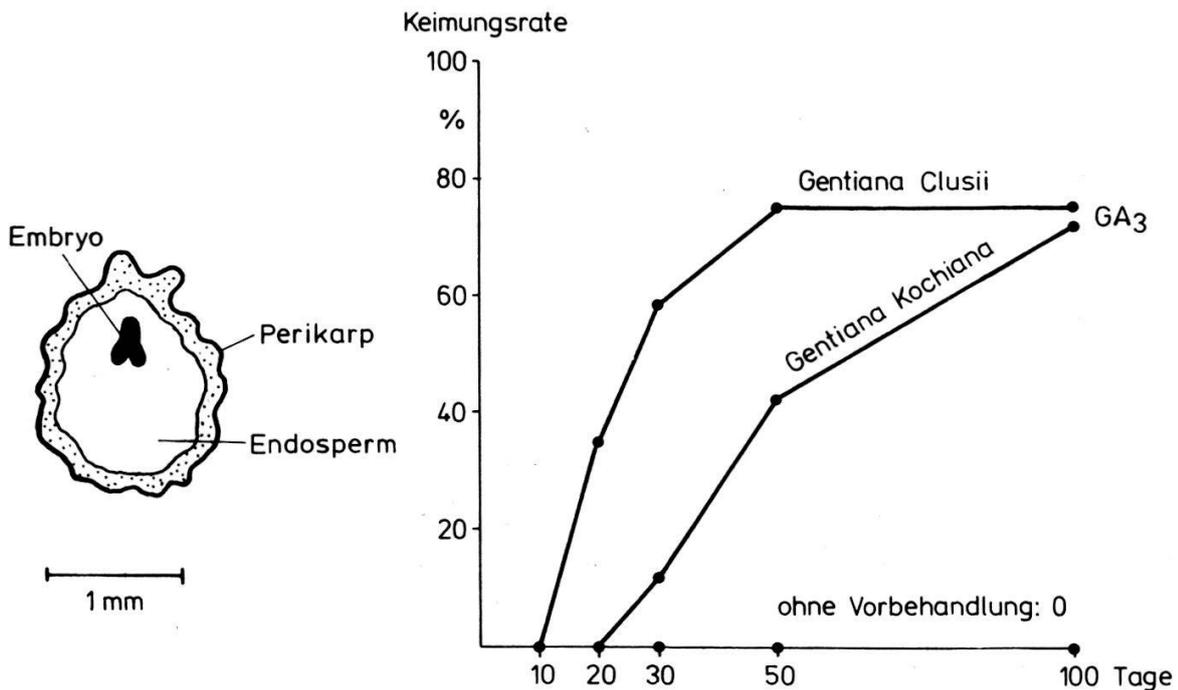


Abbildung 20. *Gentiana kochiana* und *G. clusii*: Wirkung der Gibberellinsäurebehandlung. Links: innere Struktur; Rechts: Keimungskurven. (vgl. Tab. 33, S. 71, Serien 2, 6 und Tab. 78, S. 118, Serien 2, 16).

klein, ganz vom Endosperm umhüllt und nicht keimfähig. In diesen beiden Fällen bewirkte einzig die Behandlung mit GA_3 die Keimung.

Betrachtet man die Wirkung von Skarifikation und GA_3 auf die Keimungsrate, so lässt sich feststellen, dass 58% der Arten auf mindestens eine der beiden Behandlungen ziemlich gut reagierten, 38% sogar sehr gut. Dieses Ergebnis ist umso interessanter als ein Grossteil der Arten, die keine Reaktion zeigten, auch ohne Vorbehandlung eine so hohe Keimungsrate aufwiesen, dass eine weitere Verbesserung praktisch unmöglich war. Zu diesen Arten zählen z.B. *Cardamine alpina* (Kontrolle: 88%), *Dryas octopetala* (Kontrolle: 94%) oder etwa *Luzula multiflora*, welche in beiden Serien zu 100% keimte.

Die *Wirkung der Vorbehandlungen auf den Keimungsverlauf* (Tab. 107, S. 152) zeigte ähnliche Tendenzen wie bei der Keimungsrate. Die Reaktion auf *Stratifikation* war auch in dieser Hinsicht eher gering. Die einzige Ausnahme war *Nardus stricta*, deren Keimungsverlauf stark beschleunigt wurde, nachdem die Karyopsen während 2 oder 3 Monaten bei $+4^{\circ}C$ vorinkubiert worden waren (s. Tab. 28, S. 67). Die Endkeimungsrate wurde jedoch kaum verbessert. Durch *Skarifikation* wurde hingegen die Keimung bei 59% der untersuchten Arten ziemlich bis sehr stark, bei 47% sehr stark beschleunigt. *Dryas octopetala* (Abb. 21) stellt ein Beispiel einer Art dar, bei der durch Skarifikation die schon sehr hohe spontane Keimungsrate kaum erhöht, der Keimungsverlauf jedoch erheblich beschleunigt wurde. Samen von *Dryas octopetala* haben ein eher dickes Perikarp, das der Embryo, obwohl gut entwickelt und ausgewachsen, erst mit der Zeit durchbrechen kann. Wurde ein Teil des Perikarps entfernt, erfolgte die Keimung schon nach 10 Tagen zu 100% (nach 10 Tagen ohne Vorbehandlung: 26%).

Bei *Geum montanum*, dessen Samenstruktur derjenigen von *Dryas octopetala*, mit Ausnahme des um 180° gedrehten Embryos, sehr ähnlich ist, wurde der Keimungsverlauf sowohl durch mechanische als auch durch chemische Skarifikation beschleunigt. Weitaus am wirkungsvollsten erwies sich dabei die chemische Skarifikation (Abb. 22).

Die GA_3 -Behandlung scheint auch den Keimungsverlauf zu beschleunigen: 50% der untersuchten Arten zeigten eine zumindest ziemlich gute, 40% eine sehr gute Reaktion. Dies gilt z.B. für *Soldanella pusilla*, deren Samen einen eher kleinen und vom Endosperm umhüllten Embryo aufweisen. Ohne Vorbehandlung

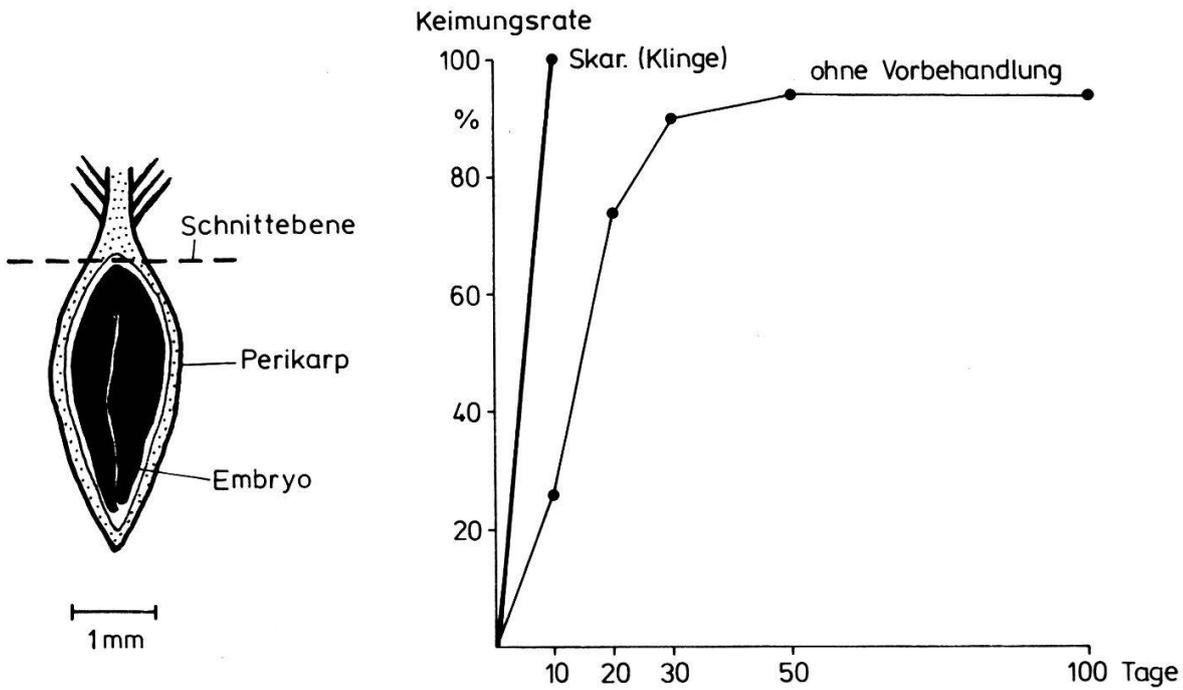


Abbildung 21. *Dryas octopetala*: Wirkung der Skarifikation
 Links: innere Struktur; rechts: Keimungskurven
 (vgl. Tab. 70, S. 110, Serien 8 und 10)

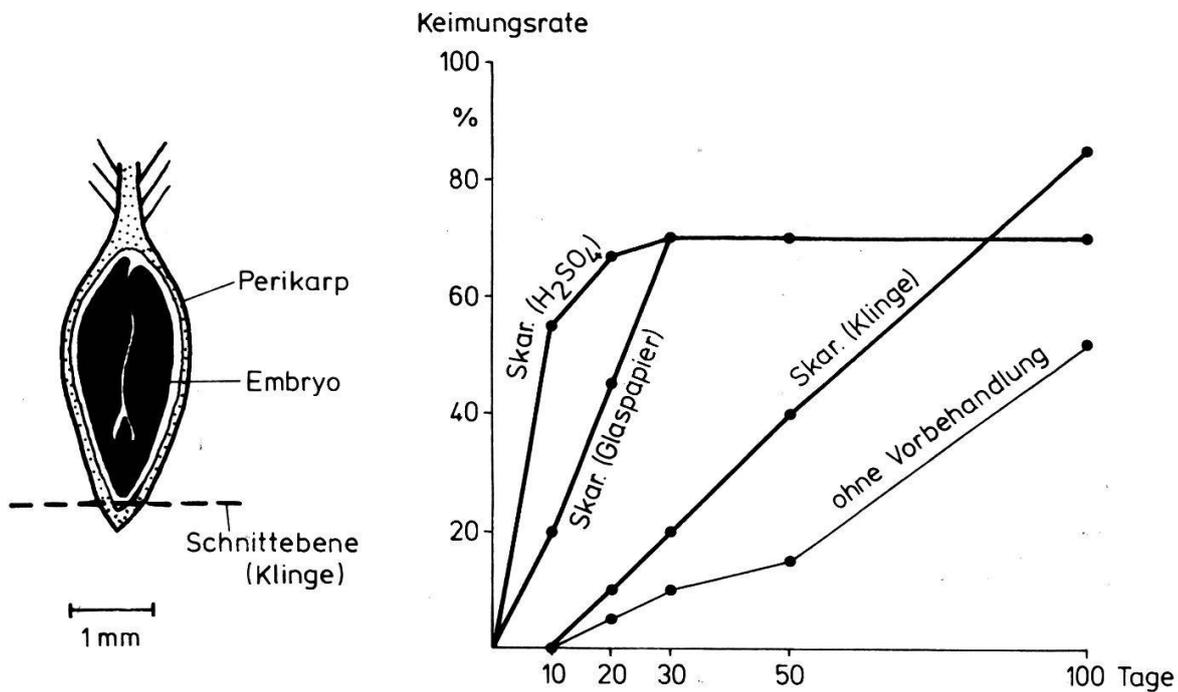


Abbildung 22. *Geum montanum*: Wirkung der Skarifikation
 Links: innere Struktur; rechts: Keimungskurven
 (vgl. Tab. 23, S. 62, Serien 2, 10, 12, 14)

zeigte diese Art eine im allgemeinen ziemlich hohe Keimungsrate, die Keimung trat jedoch erst während der 3. Woche nach Beginn der Inkubation auf. GA_3 -Behandlung hatte eine Verlagerung des Keimungsbeginns auf die ersten Inkubationstage zur Folge (Abb. 23).

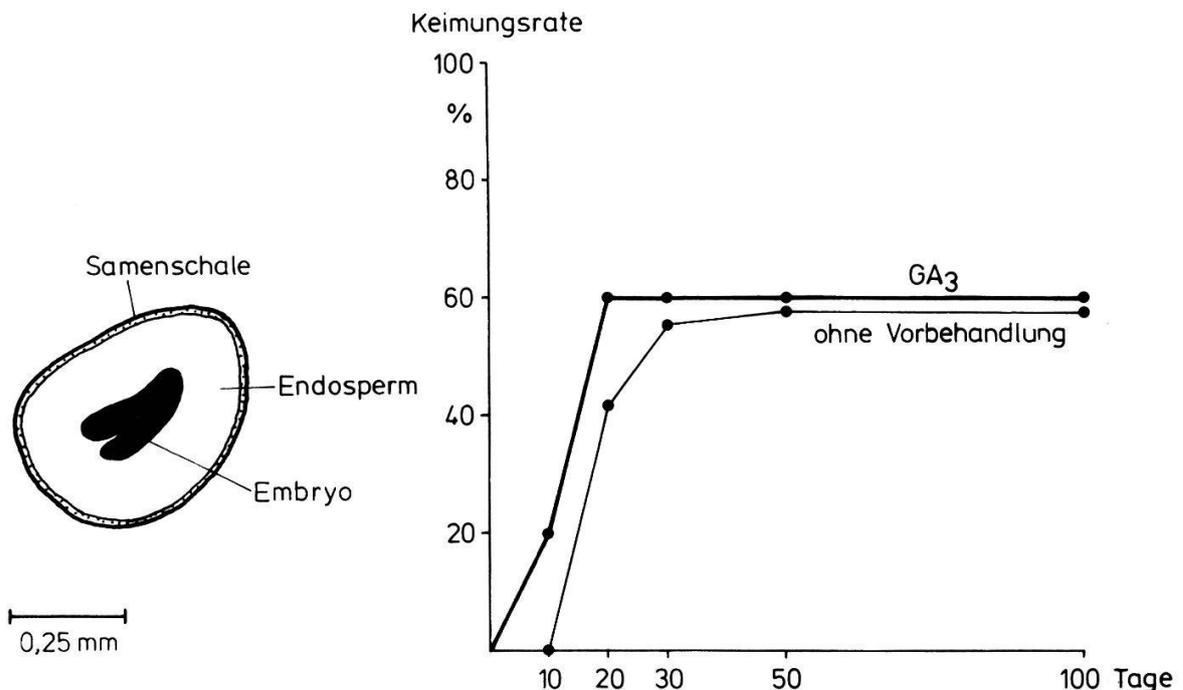


Abbildung 23. *Soldanella pusilla*: Wirkung der Gibberellinsäurebehandlung. Links: innere Struktur; rechts: Keimungskurven. (vgl. Tab. 19, S. 58, Serien 7 und 9)

Durch Skarifikation oder GA_3 -Behandlung wurde der Keimungsverlauf bei 70% der untersuchten Arten mässig bis stark (+/++) und bei 63% sehr stark (++) beschleunigt.

In einigen Fällen wurde auch die Wirkung von zwei kombinierten Faktoren, d.h. Skarifikation und GA_3 -Behandlung untersucht (Tab. 108). In den meisten Fällen war jedoch nicht klar zu unterscheiden, ob die Wirkung einem oder beiden Faktoren zuzuschreiben war.

Einer der wenigen eindeutigen Fälle ist *Pulsatilla sulphurea* (Abb. 24, S.157). Diese Art hat eine dicke und zähe Samenschale, ähnlich wie jene von *Dryas*

Tabelle 108. Wirkung der künstlichen Samenbehandlung mit 2 kombinierten Faktoren (Skar. und GA₃)
 - = keine positive Reaktion
 +- = fragwürdige bis spärliche Reaktion
 + = mässige bis gute Reaktion
 ++ = gute bis extrem gute Reaktion

Arten	Keimungsrate	Keimungsgeschwindigkeit
<i>Gnaphalium supinum</i>	-	++
<i>Geum montanum</i>	-	-
<i>Ranunculus Grenierianus</i>	+	+
<i>Carex sempervirens</i> SIL	+	-
<i>Luzula multiflora</i>	-	+
<i>Pulsatilla sulphurea</i>	++	++
<i>Ranunculus alpestris</i>	-	-
<i>Dryas octopetala</i>	-	++
<i>Gentiana Clusii</i>	++	++
<i>Anthyllis alpestris</i>	++	++
<i>Carex sempervirens</i> KAR	-	-
<i>Scabiosa lucida</i>	-	++

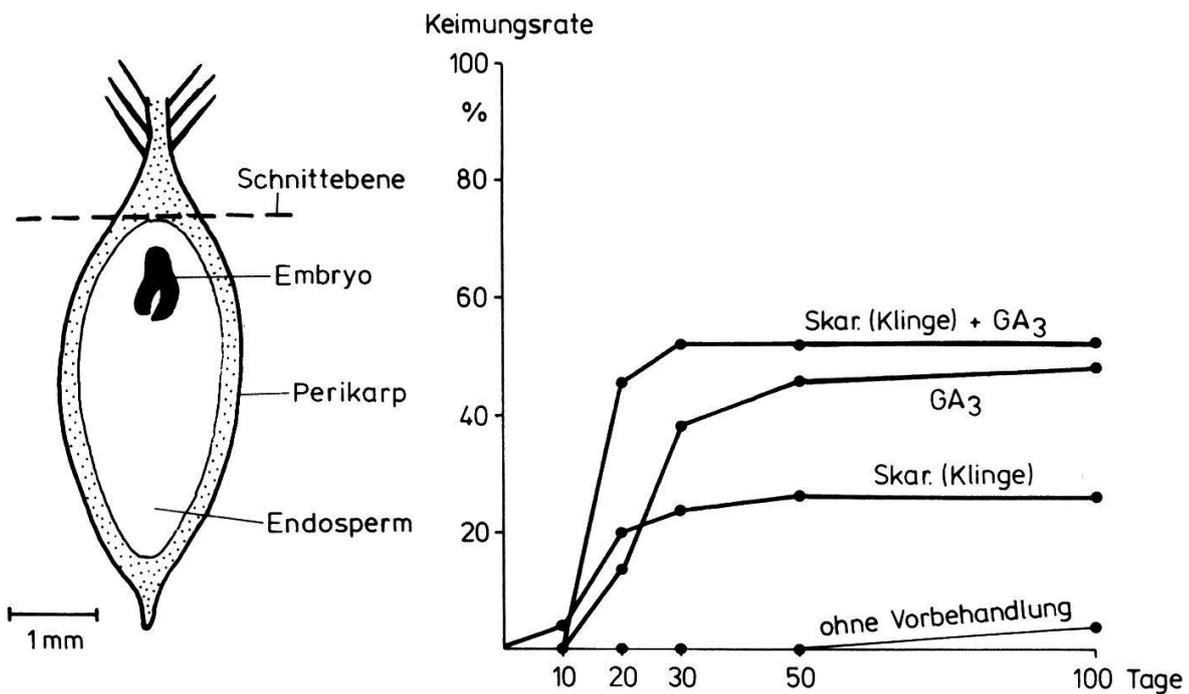


Abbildung 24. *Pulsatilla sulphurea*: Wirkung der verschiedenen Vorbehandlungen
 Links: innere Struktur, rechts: Keimungskurven.
 (vgl. Tab. 46, S.84, Serien 8, 19, 20, 21)

octopetala. Der Embryo ist ausdifferenziert, aber klein und ganz vom Endosperm umhüllt, wie etwa bei den beiden untersuchten *Gentiana*-Arten.

Die spontane Keimung war bei *Pulsatilla sulphurea* gering und verzögert. Skarifikation allein erhöhte die Keimungsrate und beschleunigte den Keimungsverlauf erheblich. GA₃ allein wirkte ähnlich wie Skarifikation allein, hatte aber insbesondere auf die Endrate einen noch günstigeren Einfluss. Am erfolgreichsten aber war die Kombination beider Behandlungen.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass ein Ritzen der Schale oder eine Behandlung mit GA₃ bei vielen alpinen Samen mit grosser Wahrscheinlichkeit sich positiv auf Keimungsrate und/oder Keimungsverlauf auswirkt. Kenntnisse der inneren Samenstruktur können in vielen Fällen einerseits für die Auswahl einer künstlichen Behandlung der Samen nützlich sein, andererseits können sie Hinweise für die Keimungsstrategien der betreffenden Arten in der Natur liefern. Es sei aber betont, dass nicht immer eine direkte Beziehung zwischen der inneren Samenstruktur und einem bestimmten Vorbehandlungstyp besteht.

5.4. Keimlings- und Jungpflanzenentwicklung unter kontrollierten Bedingungen

Gesicherte Aussagen über die Entwicklung der Keimlinge verschiedener Arten auf Grund dieser Arbeit zu machen, ist schwierig, weil die Aussaatenserien nicht wiederholt werden konnten. Ausserdem musste ein Teil der Beobachtungen in einer Klimakammer, ein anderer im Gewächshaus durchgeführt werden. Bei der Entwicklung verschiedener Arten sind allerdings einige Tendenzen zu erkennen.

Wie bereits in Vorversuchen beobachtet (FOSSATI 1979) war das allgemeine Entwicklungsmuster eines Taxons unter gleichen Bedingungen ziemlich konstant. Interspezifisch konnten dagegen klare Unterschiede im Entwicklungsverlauf festgestellt werden (Tab. 109, S. 159). *Cardamine alpina*, *Gnaphalium supinum* und *Hutchinsia alpina* waren auf allen Bodentypen bereits innert 5 Monaten vegetativ gut ausgewachsen. Dagegen entwickelten sich *Soldanella pusilla*, *Geum montanum* und *Dryas octopetala* auf allen Bodentypen ausserordentlich langsam. Beim Grossteil der untersuchten Arten war jedoch die Entwicklung deutlich vom Bodentyp abhängig. Gesamthaft entwickelten sich die meisten der auf allen drei Bodentypen getesteten Arten auf steriler Gartenerde am schnellsten, wo

Tabelle 109. Entwicklung und Blütenbildung auf verschiedenen Flächen

- + = innerhalb 5 Monaten Pflanze vegetativ gut ausgewachsen
 - = Entwicklung: Pflanze nach 5-6 Monaten noch nicht ausgewachsen
 Blütenbildung: keine Blüte im ersten Lebensjahr
 * = Blüte innerhalb des ersten Lebensjahres vorhanden

Arten	Entwicklung			Blütenbildung		
	GAR	SIL	KAR	GAR	SIL	KAR
<i>Sesleria disticha</i>	+	-	-	*	-	-
<i>Hieracium alpinum</i>	+	+	-	*	*	*
<i>Cardamine alpina</i>	+	+	+	*	*	*
<i>Salix herbacea</i>	-			-		
<i>Gnaphalium supinum</i>	+	+	+	*	*	-
<i>Soldanella pusilla</i>	-	-	-	-	-	-
<i>Geum montanum</i>	-	-	-	*	-	-
<i>Nardus stricta</i>	+	-	-	-	-	-
<i>Helictotrichon versicolor</i>	+	-	-	-	-	-
<i>Luzula multiflora</i>	+	+	-	-	-	-
<i>Antennaria dioeca</i>		-	-		-	*
<i>Pulsatilla sulphurea</i>		-	-		-	-
<i>Sagina Linnaei</i>		+	+		*	*
<i>Veronica alpina</i>		+	+		*	*
<i>Arabis coerulea</i>		+	+		*	-
<i>Ranunculus alpestris</i>	+	-	-	*	-	*
<i>Salix retusa</i>	+	-	-	-	-	-
<i>Hutchinsia alpina</i>	+	+	+	*	-	*
<i>Saxifraga caesia</i>	+	-	-	-	-	-
<i>Dryas octopetala</i>	-	-	-	-	-	-
<i>Carex firma</i>	+	-	-	-	-	-
<i>Gentiana Clusii</i>	-			-		
<i>Helianthemum alpestre</i>		-	-		-	-
<i>Anthyllis alpestris</i>	+	-	+	*	-	*
<i>Sesleria coerulea</i>	+	-	+	*	-	*
<i>Leontopodium alpinum</i>		-	-		-	-
<i>Carex sempervirens</i> KAR	+	-	-	-	-	-
<i>Scabiosa lucida</i>	+	-	+	*	-	*

16 der 21 untersuchten Arten sind schon in den ersten 5 Monaten gut entwickelt hatten. Auf Silikat- und Karbonatboden verlief die Entwicklung im allgemeinen etwas langsamer (Tab. 109).

Ein Teil der Arten zeigte keinen Unterschied zwischen der Entwicklung auf Silikat- und derjenigen auf Karbonatboden. Insgesamt liess sich jedoch feststellen, dass die meisten Silikatarten auf Silikatboden besser gedeihen konnten.

ten als auf Karbonatboden und die meisten Karbonatarten besser auf Karbonatboden als auf Silikat (Tab. 110). In bestimmten Fällen war der Einfluss des Bodens schon während der vegetativen Phase der Entwicklung festzustellen; so erfolgte z.B. bei *Luzula multiflora* (Abb. 6, S. 80) die vegetative Entwicklung sehr viel rascher auf Silikat als auf Karbonat, während es bei *Sesleria coerulea* (Abb. 13, S. 131) genau umgekehrt war. Bei anderen Arten wirkte sich die Bodenart erst in späteren Entwicklungsphasen aus, in bestimmten Fällen erst in der reproduktiven Phase. Sowohl *Cardamine alpina* als auch *Gnaphalium supinum* entwickelten sich z.B. zunächst schnell auf beiden Böden, die weitere Entwicklung der beiden Arten war dann jedoch unterschiedlich: *Cardamine alpina* (Abb. 3, S. 50) blühte auf Karbonat erst ca. 4 Monate später als auf Silikat. *Gnaphalium supinum* blühte hingegen nie auf Karbonat, die Pflanzen wiesen mit der Zeit Chloroseerscheinungen auf und starben langsam ab. *Hutchinsia alpina* - die auf Karbonat bereits am Ende des 3. Monats blühte (Abb. 10, S. 104) - zeigte auf Silikat eine extrem hohe Keimlingssterblichkeitsrate. In den seltenen Fällen jedoch, in denen die Keimlinge überlebten, verlief die Entwicklung zuerst verhältnismässig schnell, wenn auch langsamer als auf Kar-

Tabelle 110. Unterschiedliche Entwicklung der Arten auf Silikat- und Karbonatboden

SIL = Entwicklung besser auf Silikat

KAR = Entwicklung besser auf Karbonat

* = Entwicklung gleich gut auf beiden Böden

<i>Sesleria disticha</i>	SIL	<i>Sagina Linnaei</i>	*
<i>Hieracium alpinum</i>	SIL	<i>Veronica alpina</i>	*
<i>Cardamine alpina</i>	SIL	<i>Arabis coerulea</i>	*
<i>Gnaphalium supinum</i>	SIL	<i>Ranunculus alpestris</i>	KAR
<i>Soldanella pusilla</i>	SIL	<i>Salix retusa</i>	KAR
<i>Geum montanum</i>	*	<i>Hutchinsia alpina</i>	KAR
<i>Nardus stricta</i>	SIL	<i>Saxifraga caesia</i>	*
<i>Helictotrichon versicolor</i>	*	<i>Dryas octopetala</i>	KAR
<i>Luzula multiflora</i>	SIL	<i>Carex firma</i>	KAR
<i>Antennaria dioeca</i>	*	<i>Helianthemum alpestre</i>	KAR
<i>Pulsatilla sulphurea</i>	*	<i>Anthyllis alpestris</i>	KAR
		<i>Sesleria coerulea</i>	KAR
		<i>Leontopodium alpinum</i>	*
		<i>Carex sempervirens</i>	KAR
		<i>Scabiosa lucida</i>	KAR

bonat. Später stellte sich aber heraus, dass auch diese Pflanzen immer steril blieben und häufig starben. Ein anderes Beispiel ist *Dryas octopetala*, deren Entwicklung auf beiden Bodentypen sehr langsam war (Abb. 12, S. 113). Vom 6. Lebensmonat an begannen die Jungpflanzen jedoch auf Karbonat besser zu gedeihen und waren innert 4-5 Monaten vegetativ gut entwickelt, während auf Silikat die Entwicklung weiterhin äusserst langsam verlief.

Häufig trat bei den Individuen derselben Art, auch wenn sie in mehrwöchigem Zeitabstand voneinander gekeimt hatten, die Blüte gleichzeitig, in ein bis zwei Schüben, auf. Diese Tatsache könnte die Annahme bestätigen, dass die Pflanzen, sobald sie ein gewisses Stadium der vegetativen Entwicklung erreicht haben, auf einen äusseren Auslöserfaktor angewiesen sind um zu blühen.

5.5. Keimung, Keimlings- und Jungpflanzenentwicklung im Felde

Da nur eine Aussaat durchgeführt werden konnte, haben die vorliegenden Angaben einen beschränkten Informationswert. Im allgemeinen war die Keimung im Felde sowohl bei den Silikat- als auch bei den Karbonatarten wesentlich schlechter als unter kontrollierten Laborbedingungen. Im Durchschnitt aller Feldversuche zeigten 14 der 20 untersuchten Arten während der ersten beiden Vegetationsperioden eine Gesamtkeimungsrate von weniger als 10%. Bei 9 Arten lag sie sogar unter 5% (Tab. 111). Die Silikatarten verhielten sich auf Silikat- und auf Karbonatboden ungefähr gleich. Die Karbonatarten hingegen zeigten auf den verschiedenen Böden ein unterschiedliches Keimverhalten: auf Silikat war ihre Keimungsrate viel geringer als auf Karbonat (10 Arten von 11 keimten zu weniger als 5%). 4 Karbonatarten: *Hutchinsia alpina*, *Saxifraga caesia*, *Carex firma* und *Helianthemum alpestre* keimten auf Silikat überhaupt nicht.

Betrachtet man *alle 20 Arten zusammen*, so stellt man fest, dass die *Sterblichkeit* auf den Silikat- und auf den Karbonatflächen vergleichbar war (Tab. 112, S. 162).

Die Sterblichkeit der *Silikatarten* war aber auf Silikatboden relativ niedrig (34%), auf Karbonatboden eher hoch (61%).

Bei den *Karbonatarten* liess sich genau das Gegenteil feststellen: auf Silikatboden wiesen sie nicht nur eine niedrige Keimungsrate, sondern auch eine

Tabelle 111. Gruppierung der Arten nach ihrer Keimungsrate im Felde

Arten	Flächen	Anzahl Arten						
		0	<5%	5-10%	10-20%	20-40%	40-70%	>70%
alle 20	alle 12	0	9	5	2	1	3	0
	6 SIL	5	10	2	0	2	1	0
	6 KAR	0	9	2	4	2	1	2
9 SIL	6 SIL	1	4	2	0	1	1	0
	6 KAR	0	4	1	2	1	0	1
11 KAR	6 SIL	4	6	0	0	1	0	0
	6 KAR	0	5	1	2	1	1	1

deutlich erhöhte Sterblichkeit (65%) auf, während auf Karbonat ihre Sterblichkeit für alpine Verhältnisse ausnehmend gering war (26%). Der Bodeneinfluss spielte hier offenbar eine bedeutende Rolle.

Ueberlebensraten nach dem 2. Sommer:

	SIL-Boden	KAR-Boden
Silikatpflanzen	66	39
Karbonatpflanzen	35	74

Tabelle 112. Anzahl Keimungen, Verluste und Sterberate auf verschiedenen Böden

1. VP = 1. Vegetationsperiode, 2. VP = 2. Vegetationsperiode,
Win. = Winter nach der 1. Vegetationsperiode

Arten	ausgesät auf		Keimungen			Verluste				Sterberate % nach 2.VP
	Boden	Anzahl Flächen	1.VP	2.VP	Total	1.VP	Win.	2.VP	Total	
alle 20	SIL+KAR	12	2098	865	2963	745	238	250	1233	42
	SIL	6	503	331	834	131	114	106	351	42
	KAR	6	1595	534	2129	614	124	144	882	41
9 SIL	SIL	6	351	261	612	92	39	75	206	34
	KAR	6	777	157	934	401	88	78	567	61
11 KAR	SIL	6	152	70	222	39	75	31	145	65
	KAR	6	818	377	1195	213	36	66	315	26

Keimungs- und Sterberaten der verschiedenen Artengruppen im Verhältnis zur Lage im Gelände sind in Tabelle 113 dargestellt. Die Arten werden zuerst gesamthaft betrachtet, dann nach dem Boden und schliesslich nach der Länge der Vegetationsperiode an ihrem natürlichen Standort gruppiert (s.Kap. 3.1: Gruppierung der Arten).

Tabelle 113. Anzahl Keimungen, Verluste und Sterberate auf verschiedenen Standorten

VP = Vegetationsperiode

Win. = Winter nach 1. Vegetationsperiode

Ku.VP-Arten = Arten, die typisch für Standorte mit kurzer Vegetationsperiode sind

La.VP-Arten = Arten, die auf eine lange Vegetationsperiode angewiesen sind

(weitere Legende s.Tab. 112, S. 162)

Arten	ausgesät auf		Keimungen			Verluste				Sterberate % nach 2.VP
	Gelände	Anzahl Flächen	1.VP	2.VP	Total	1.VP	Win.	2.VP	Total	
alle 20	alle	12	2098	865	2963	715	239	279	1233	42
	Schtäl	4	713	286	999	259	85	97	441	44
	SHang	4	368	223	591	137	26	90	253	43
	Kuppe	4	1017	356	1773	319	128	92	539	39
9 SIL	alle	12	1128	468	1546	463	128	182	773	50
	Schtä	4	306	100	406	133	45	60	238	59
	SHang	4	217	137	354	97	25	63	185	52
	Kuppe	4	605	181	786	233	58	59	350	45
11 KAR	alle	12	970	447	1417	252	111	97	460	32
	Schtä	4	407	186	593	126	40	37	203	34
	SHang	4	151	86	237	40	1	27	68	29
	Kuppe	4	412	175	587	86	70	33	189	32
4 Ku.VP *	alle	12	491	375	866	200	21	123	344	40
	Schtä	4	205	87	292	76	0	40	116	40
	SHang	4	11	122	133	2	1	50	53	40
	Kuppe	4	275	166	441	122	20	33	175	40
15 La.VP *	alle	12	1599	457	2056	515	214	157	886	43
	Schtä	4	500	190	690	183	81	58	322	47
	SHang	4	357	95	452	135	25	40	200	44
	Kuppe	4	742	172	914	197	108	59	364	40

* *Sesleria disticha* wurde wegen ihrer besonderen ökologischen Stellung (s.Kap. 3, S. 26) in diesen 2 Teiltabellen nicht berücksichtigt.

Die Keimungsrate war im allgemeinen auf den im Sommer oft trockenen Südhangflächen am tiefsten. Das Gesamtbild der Sterberate war dagegen an drei verschiedenen Lagen im Gelände mehr oder weniger einheitlich. Es ist zu bemerken, dass die Arten, die auf eine lange Vegetationsperiode angewiesen sind, die höchste Sterberate in den Schneetälchen zeigten (47%). Ausserdem wiesen die Silikatarten im allgemeinen eine höhere Sterberate auf als die Karbonatarten.

Tabelle 114. Unterschiedliche Keimung und Sterberate auf vegetationsbedeckten (Ve) und nackten (Na) Flächen auf Silikatboden

(Legende s.Tab. 112, S. 162)

Arten	ausgesät auf		Keimungen			Verluste				Sterberate % nach 2.VP
	Boden SIL	Anzahl Flächen	1.VP	2.VP	Total	1.VP	Win.	2.VP	Total	
alle 20	alle	3 Ve	214	178	392	16	39	14	69	18
		3 Na	289	153	442	115	75	92	282	64
9 SIL	alle	3 Ve	152	136	288	6	15	1	22	8
		3 Na	199	125	324	86	24	74	184	57
	Schtä	1 Ve	32	18	50	6	15	0	21	42
		1 Na	111	9	120	51	6	30	87	73
	SHang	1 Ve	49	17	66	0	0	0	0	0
		1 Na	33	82	115	24	1	22	47	41
	Kuppe	1 Ve	71	101	172	0	0	1	1	1
		1 Na	55	34	89	11	17	22	50	56
11 KAR	alle	3 Ve	62	42	104	10	24	13	47	45
		3 Na	90	28	118	29	51	18	98	83
	Schtä	1 Ve	6	31	37	4	2	2	8	22
		1 Na	15	5	20	0	10	5	15	75
	SHang	1 Ve	0	7	7	0	0	0	0	0
		1 Na	16	6	22	10	1	5	16	73
	Kuppe	1 Ve	56	4	60	6	22	11	39	65
		1 Na	59	17	76	19	40	8	67	88

Aus dem Vergleich der Ergebnisse der Aussaaten auf *vegetationsbedecktem* bzw. *nacktem Boden* ergaben sich deutliche Unterschiede (s. Tab. 114, S.164 und Tab. 115, S. 166).

Auf *Silikatboden* (Tab. 114) verhielten sich beide edaphischen Artengruppen ähnlich. Die Keimungsrate war auf den nackten Flächen insgesamt höher als auf den vegetationsbedeckten Flächen. Dies wurde jedoch durch eine auf den nackten Flächen gegenüber den vegetationsbedeckten Flächen sehr viel höhere Sterblichkeit kompensiert, so dass am Ende des 2. Sommers mehr Jungpflanzen auf dem vegetationsbedeckten Boden überlebt hatten, als auf dem nackten Boden.

Ueberlebensraten nach dem 2. Sommer auf *Silikatboden*:

Flächen	vegetationsbedeckt	nackt
Silikatpflanzen	92	43
Karbonatpflanzen	55	17

Auf *Karbonatboden* (Tab. 115, S. 166) war die Keimungsrate, ähnlich wie auf Silikatboden, bei beiden edaphischen Artengruppen, auf nackten Flächen höher als auf vegetationsbedeckten. Die Sterberate war hingegen unterschiedlich: bei Silikatarten war sie an allen Lagen im Gelände auf nacktem Boden höher als auf vegetationsbedecktem, während es bei den Karbonatarten gerade umgekehrt war. Am Ende der 2. Vegetationsperiode gab es somit auf vegetationsbedecktem Boden mehr überlebende Jungpflanzen von Silikatarten, auf nacktem Boden dagegen mehr überlebende Jungpflanzen von Karbonatarten.

Ueberlebensraten nach dem 2. Sommer auf *Karbonatboden*:

Flächen	vegetationsbedeckt	nackt
Silikatpflanzen	47	33
Karbonatpflanzen	70	76

Unabhängig vom Substrat war die Sterblichkeit - mit Ausnahme derjenigen der Karbonatarten auf Silikatboden - auf allen nackten Flächen im Sommer höher als im Winter. Auf den vegetationsbedeckten Flächen war sie hingegen unterschiedlich: auf den vegetationsbedeckten Karbonatflächen waren die Verluste - ähnlich wie auf den nackten Flächen - im Sommer grösser als im Winter; auf den vegetationsbedeckten Silikatflächen war dagegen die Wintersterblichkeit am höchsten (Tab. 114, S. 164 und Tab. 115, S. 166).

Tabelle 115. Anzahl Keimungen und Sterberate auf vegetationsbedeckten (Ve) und nackten (Na) Flächen auf Karbonatboden (Legende s. Tab. 112, S. 162)

Arter	ausgesät auf		Keimungen			Verluste				Sterberate % nach 2.VP	
	Boden KAR	Anzahl Flächen	1.VP	2.VP	Total	1.VP	Win.	2.VP	Total		
alle 20	alle	3 Ve	632	295	927	229	57	96	382	41	
		3 Na	963	239	1202	355	64	81	500	42	
9 SIL	alle	3 Ve	353	84	437	146	38	49	233	53	
		3 Na	424	73	497	225	47	62	334	67	
	Schtä	1 Ve	102	62	164	34	19	20	73	44	
		1 Na	61	11	72	42	5	10	57	79	
	SHang	1 Ve	34	16	50	18	5	16	39	78	
		1 Na	101	22	123	55	19	25	99	80	
	Kuppe	1 Ve	217	6	223	94	18	9	121	54	
		1 Na	262	40	302	128	23	27	178	59	
	11 KAR	alle	3 Ve	279	211	490	83	19	47	149	30
			3 Na	539	166	705	130	17	19	166	24
Schtä		1 Ve	182	78	260	55	19	17	91	35	
		1 Na	204	72	276	67	9	13	89	32	
SHang		1 Ve	34	45	79	7	0	17	24	30	
		1 Na	101	28	129	23	0	5	28	22	
Kuppe		1 Ve	63	88	151	21	0	13	34	23	
		1 Na	234	66	300	40	8	1	49	16	

Aehnlich wie bei den Versuchen unter kontrollierten Laborbedingungen wies der *Keimungsverlauf* der verschiedenen Arten auch im Freiland Unterschiede auf. Wegen der allgemein sehr geringen Keimungsrate im Felde war es jedoch nicht möglich, die Keimungsstrategien der verschiedenen Arten genauer abzuklären. So können hier lediglich einige Beispiele extrem verschiedener Verhaltensweisen angeführt werden.

Samen von *Sesleria disticha* und *Helictotrichon versicolor*, die unter kontrollierten Bedingungen eine eher schwache und zögernde Keimung aufwiesen (vgl. Tab. 4, S.41 und Tab. 36, S. 74), keimten auch im Felde äusserst spärlich und meistens erst im zweiten Sommer nach der Aussaat. Die Keimlinge erwiesen sich jedoch als sehr widerstandsfähig. Im Gegensatz dazu keimten *Gnaphalium*

supinum, das sich unter kontrollierten Bedingungen als guter Keimer erwies (vgl. Tab. 15, S. 53), und *Geum montanum*, das unter kontrollierten Bedingungen unterschiedlich gut keimte (vgl. Tab. 23, S. 62), im Felde sehr gut. *Gnaphalium supinum* keimte auf einem Teil der Aussaatflächen bereits zu Beginn des ersten Sommers nach der Aussaat, auf den anderen erst ein Jahr später, *Geum montanum* (Abb. 25) auf allen Flächen zu Beginn der ersten Vegetations-

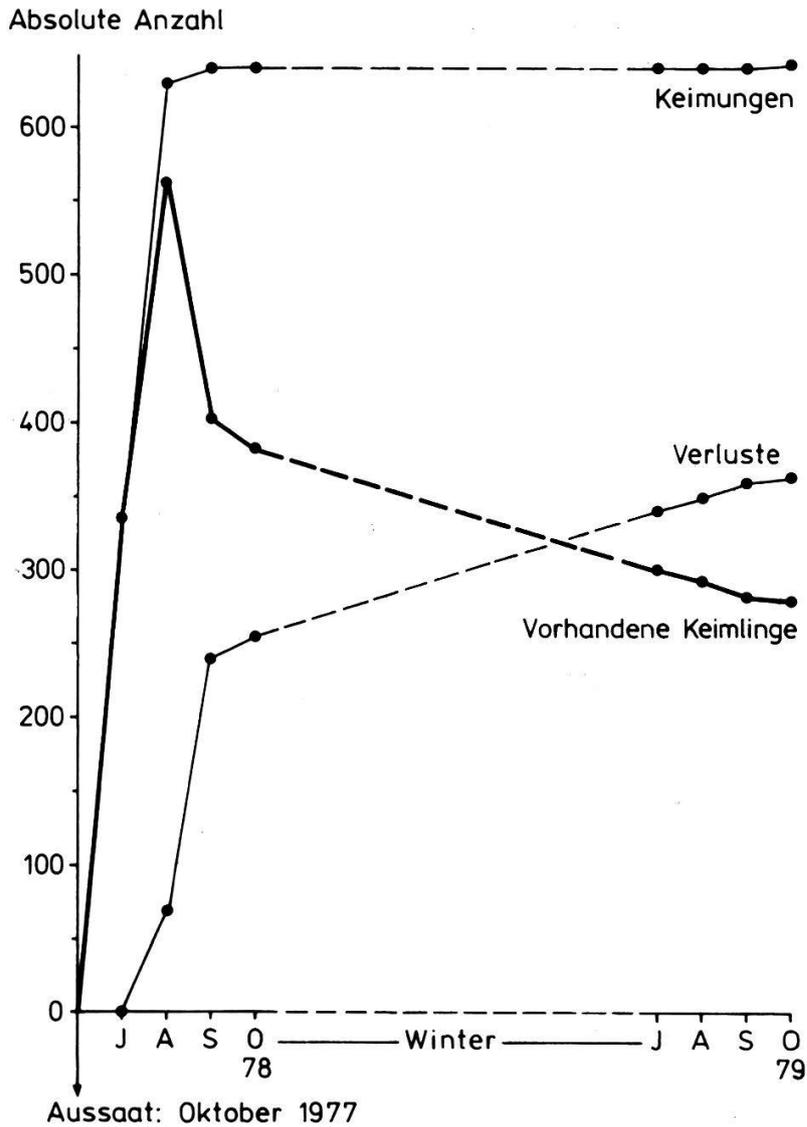


Abbildung 25. Keimungs-, Sterblichkeits- und Ueberlebenskurven von *Geum montanum* im Felde. Alle Aussaaten berücksichtigt. (vgl. Tab. 24, S. 63)

periode. Es ist aber zu bemerken, dass im Gegensatz zu *Sesleria disticha* und *Helictotrichon versicolor*, *Gnaphalium supinum* und *Geum montanum* noch im Verlauf des auf die Keimung folgenden ersten Sommers erhebliche Keimlingsverluste erlitten.

Geum montanum verhielt sich interessanterweise je nach Substrat unterschiedlich (Abb. 26, S. 168). Auf Silikat war die absolute Zahl der Keimlinge mit 213 geringer als auf Karbonat mit 427. Andererseits waren auch die Verluste auf Silikat viel geringer als auf Karbonat (75, d.h. 35% gegenüber 285, d.h. 67%), so dass bereits am Ende des zweiten Sommers die Anzahl der überlebenden Jungpflanzen mit 138 auf Silikat und 142 auf Karbonat auf beiden Bodentypen etwa gleich war. Zudem nahm die Anzahl der Individuen im Laufe der zweiten Vegetationsperiode auf Karbonat weiterhin ab, während sie auf Silikat stabil blieb.

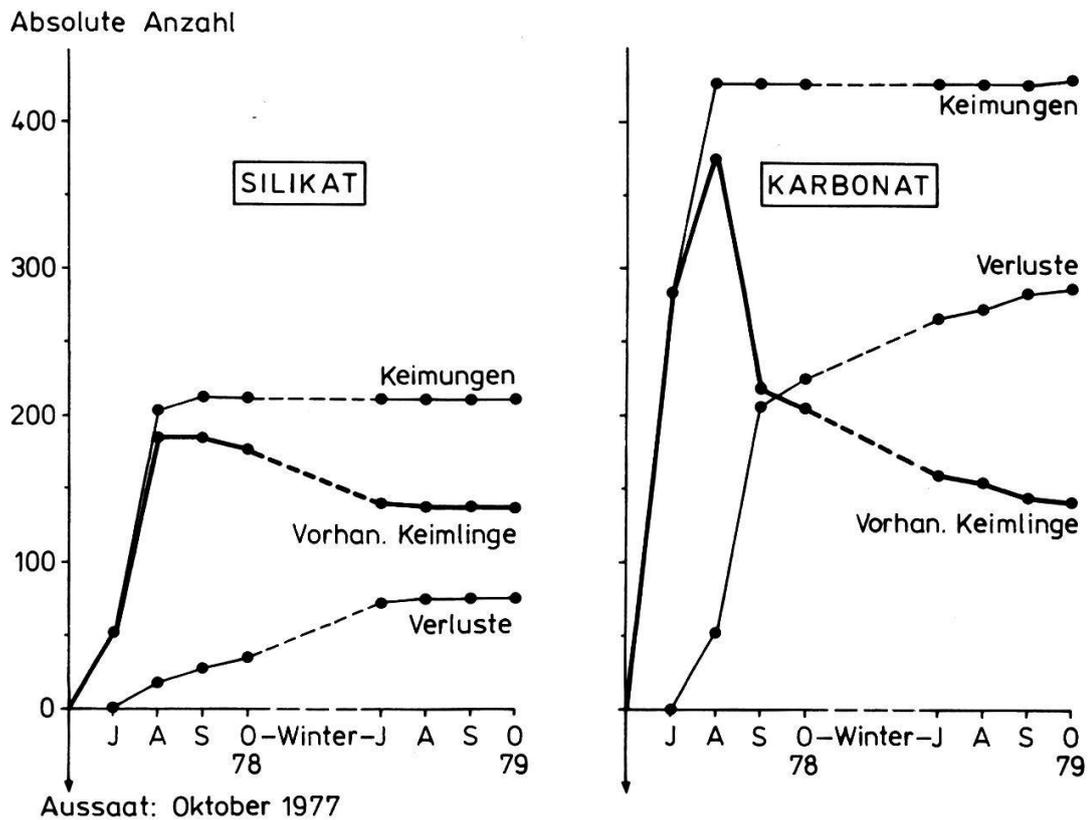


Abbildung 26. Keimungs-, Sterblichkeits- und Ueberlebenskurven von *Geum montanum* im Felde. Unterschiede auf Silikat- und Karbonatboden (vgl. Tab. 24, S. 63)

Verglichen mit den Resultaten aus den Versuchen unter kontrollierten Laborbedingungen war die *Entwicklung der Keimlinge im Felde* sehr langsam (Abb. 5, S. 65, Abb. 11, S. 105, Abb. 14, S. 132 und Abb. 15, S. 142). Am Ende der zweiten Vegetationsperiode zeigten fast alle Arten nur wenige kleine Blätter, und in vielen Fällen waren die Kotyledonen noch vorhanden. Nur die Jungpflanzen von *Anthyllis alpestris* und teilweise diejenigen von *Hutchinsia alpina* wiesen einen Durchmesser von mehr als 1 cm auf. Die Jungpflanzen blieben auf Bodenhöhe.

Wegen der niedrigen Zahl wurden nur in Ausnahmefällen Individuen ausgegraben; dabei liess sich feststellen, dass die Wurzelentwicklung nicht weiter fortgeschritten war als bei den im Labor gezogenen, gleich grossen Individuen. Spezifische Wirkungen der edaphischen Faktoren waren während der zwei ersten Vegetationsperioden kaum bemerkbar.

6. Diskussion

Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit zeigen, dass bereits die ersten Lebensphasen der alpinen Pflanzen grosse Unterschiede aufweisen können. Die Untersuchungen lassen auch vermuten, dass das Verhalten der Samen, Keimlinge und Jungpflanzen in der alpinen Vegetationsstufe manchmal sehr fein abgestimmt sein kann, und zwar nicht nur auf die allgemeinen Standortbedingungen, sondern auch auf verschiedene Mikronischen innerhalb desselben Standortes.

Einige Tendenzen im *Keimverhalten* der untersuchten Arten, die sich vor allem bei den Laborversuchen auf Fliesspapier zeigten, lassen sich teilweise auf allgemeine Standortbedingungen zurückführen. Die Arten, die an Standorten mit *kurzer Vegetationsperiode* anzutreffen sind, wiesen meistens eine ziemlich hohe spontane Keimungsrate auf. Die sehr lange Schneebedeckung, die entsprechend wenig extremen Winterbedingungen, sowie die geringe Konkurrenz begünstigen wahrscheinlich an solchen Standorten eine grosse Produktion rasch keimender Samen. Innerhalb dieser Artengruppe konnten aber einige Unterschiede festgestellt werden, so z.B. zwischen *Cardamine alpina* und *Soldanella pusilla*. Beide Schneetälchenarten wiesen zwar eine eher hohe Keimungsrate auf, unterschieden sich aber voneinander im Keimungsverlauf: bei *Cardamine alpina* verlief die Keimung eher langsam und regelmässig, die Samen von *Soldanella pusilla* keimten dagegen zum grössten Teil schon während der ersten Wochen. Bei Arten, die auf eine *längere Vegetationsperiode* angewiesen sind, sind dagegen grosse Unterschiede im Keimverhalten feststellbar. Hier können sogar intraspezifische Unterschiede im Keimverhalten beobachtet werden. Ein Beispiel dafür bietet *Carex sempervirens*, die in alpinen Rasen auf zwei verschiedenen Substraten vorkommt. Die Silikatindividuen, die im geschlossenen "Nardetum" gedeihen, bilden sehr schlecht bis nicht keimende Samen und vermehren sich praktisch nur vegetativ. Die Karbonatpflanzen vom "Seslerietum" produzieren dagegen in verschiedenen Jahren einmal sehr schlecht, dann wieder relativ schnell keimende Samen, eine Taktik, die sich in offenen Treppenrasen als erfolgreich erweisen kann. Intraspezifische Unterschiede in der Keimungsrate wurden auch bei *Lotus alpinus* von drei verschiedenen Substraten gefunden

(URBANSKA-WORYTKIEWICZ et al. 1979): es stellte sich heraus, dass die Keimung bei den Silikatindividuen ebenfalls schlechter war als bei den Karbonatpflanzen, am besten keimten jedoch die auf Serpentin geernteten Samen.

Ueber den direkten Einfluss der *chemischen Bodeneigenschaften* auf die Keimung bestehen unterschiedliche Meinungen. Nach ZOLLITSCH (1927), ELLENBERG (1958) und KNAPP (1967) übt der Chemismus des Substrates keine entscheidende Wirkung auf die Keimung aus. Die Untersuchungen von WILLIAMS und HARPER (1965), sowie von WILLIAMS (1969), zeigten jedoch, dass verschiedene chemische Stoffe die Keimung bestimmter Arten beeinflussen können. GIGON (1971) stellte an Samen aus den Schweizer Alpen fest, dass die Keimung sowohl auf Silikat als auch auf Karbonat stattfindet und dass eine starke Auswirkung des Substrates erst auftritt, wenn die Samenreserven verbraucht sind. In meinen Aussaaten unter kontrollierten Bedingungen im Labor war die Keimung auf beiden alpinen Böden einigermaßen vergleichbar, was mit den Aussagen von GIGON (1971) übereinstimmt. Im Felde waren dagegen Unterschiede festzustellen: während sich die Silikatarten auf beiden Substraten etwa gleich verhielten, wiesen die Karbonatarten auf Silikat eine geringe Keimungsrate auf. Extrem verhielt sich in dieser Hinsicht *Hutchinsia alpina*. Diese typische Karbonatart keimte bereits im Labor viel besser auf Karbonat- als auf Silikatboden. Im Felde waren die Resultate noch extremer: auf allen Karbonatflächen keimte die Art gut, auf Silikat hingegen überhaupt nicht. Bei *Hutchinsia alpina* sind demzufolge schon in der Keimungsphase entweder eine starke spezifische Intoleranz gegenüber bestimmten Faktoren des Silikatsubstrates oder eine grosse Kalkabhängigkeit - was bei ihrer Entwicklung sicher der Fall ist (vgl. auch MELCHERS 1932, 1939) - zu vermuten.

Bei meinen Feldaussaaten konnte ich feststellen, dass die Keimungsrate auf *nacktem Boden* viel höher war als dort, wo die Pflanzendecke nicht entfernt worden war. Diese klaren Unterschiede könnten auf den Einfluss der vorhandenen Pflanzen zurückgeführt werden. Nach CAVERS und HARPER (1967) wie auch nach KNAPP (1967) kann die Vegetationsdecke durch Wurzel- und Lichtkonkurrenz eine Verminderung der Keimung gegenüber dem unbewachsenen Boden verursachen. Zudem wirken die bereits vorhandenen Individuen möglicherweise allelopathisch und zwar sowohl interspezifisch (u.a. DELEUIL 1951, McPHERSON und MÜLLER 1969) als auch intraspezifisch (WEBB et al. 1967, McNAUGHTON 1968, FRIEDMAN und ORSHAN

1975). Die Mikrotopographie des Keimbettes könnte ihrerseits bereits auf den nackten Flächen durch die relativ grosse Anzahl der dort vorhandenen, untereinander unterschiedlichen Mikronischen eine fördernde Wirkung auf die Keimung ausüben (HARPER et al. 1965, HARPER und BENTON 1966).

Samen aus der alpinen Stufe werden normalerweise als langlebig betrachtet (MARK 1965, BILLINGS und MOONEY 1968). Mit Ausnahme von einigen Angaben bei BONDE (1965a, b), URBANSKA-WORYTKIEWICZ et al. (1979) und WEILENMANN (1980) sind mir keine genaueren Daten über die spontane Keimung alpiner Samen mit *zunehmendem Alter* bekannt. In der vorliegenden Arbeit konnten unterschiedliche Tendenzen beobachtet werden. Neben Arten, deren Keimungsrate im Laufe der 3-4 Jahre konstant blieb, traten andere auf, deren Keimungsrate mit der Länge der Aufbewahrungszeit entweder ab- oder zunahm. Die Ergebnisse sind leider nur unvollständig. Da die Samenbank im Boden von grosser Bedeutung ist (u.a. GRUBB 1977, HARPER 1977, GRIME 1978, RABOTNOV 1978) wären für die alpine Stufe eingehende Untersuchungen sehr interessant.

Das unterschiedliche Keimverhalten der untersuchten Arten wurde häufig durch die *Keimruhe* verursacht. In dieser Hinsicht sind die vorliegenden Ergebnisse mit denen aus den amerikanischen Rocky Mountains vergleichbar (u.a. PELTON 1956, AMEN 1965, 1967, BONDE 1965a, b). Aus dem europäischen Alpenbereich sind wenige Angaben vorhanden (u.a. BIANCO 1972, 1973, BIANCO und BULARD 1974, 1976a, b, BIANCO und PELLEGRIN 1973). Für die Schweizer Alpen sind mir neben den Untersuchungen von LÜDI (1932) nur noch wenige Daten bekannt, vor allem von FAVARGER (1953), FOSSATI (1976), MÜLLER (1977), URBANSKA-WORYTKIEWICZ et al. (1979), WEILENMANN (1980), so dass weitere Untersuchungen erforderlich wären. Meine Ergebnisse bestätigen, dass die Keimruhe von verschiedenen Mechanismen gesteuert wird; dementsprechend erwiesen sich für die Beseitigung der jeweiligen Sperren verschiedene Behandlungsmethoden als geeignet.

Die *mechanische Skarifikation* der Schale ergab sehr gute Resultate, welche mit denen von AMEN und BONDE (1964) sowie von BELL und AMEN (1970) vergleichbar sind. Eindrückliche Wirkungen zeigte die Methode bei *Anthyllis alpestris* bei der sowohl Keimungsrate als auch Keimungsverlauf sehr stark erhöht bzw. beschleunigt wurden. Dass die "harten Samen" der Leguminosen aus den Schweizer Alpen auf die gezielte Skarifikation vor allem am Samenrücken ausserordentlich stark reagieren, wird auch durch die Untersuchungen über *Lotus al-*

pinus (URBANSKA-WORYTKIEWICZ et al. 1979) und über *Trifolium alpinum* (WEILEN-MANN 1980) bestätigt. Wie HARPER und BENTON (1966) zeigten, spielen oft schon unter kontrollierten Bedingungen neben individuellen Sameneigenschaften auch Position und Kontaktfläche des Samens mit dem Substrat für die Keimung eine Rolle. In der Natur könnten die Samenschalen durch Bodenbewegungs- oder Frosteinwirkung an bestimmten Stellen beschädigt und dadurch die Keimung ermöglicht werden.

Die *chemische Skarifikation* mit Schwefelsäure wirkte unterschiedlich. Ein besonders klarer Einfluss zeigte sich bei *Geum montanum*. Ohne Vorbehandlung verlief die Keimung von *Geum montanum* gut, allerdings langsam. Es wird vermutet, dass hier eine leichte Sperre vorliegt, die entweder auf einer dicken Samenschale oder auf chemischen Inhibitoren oder aber auf dem Zusammenspiel beider Elemente beruht. PELTON (1956) berichtet von guten Resultaten der chemischen Skarifikation bei mehreren Arten in Colorado und deutet an, dass diese Behandlungsmethode der natürlichen Verdauungswirkung der epiphytischen Bodenpilze gleichgestellt werden könnte. Pilzinfektionen waren bei bestimmten Arten (z.B. *Pulsatilla sulphurea*) auch in meinen Petrischalenversuchen feststellbar. Ihre Wirkung auf die Keimung sollte jedoch weiter untersucht werden.

Die *Gibberellinsäure* (GA_3) zeigte eine gute, in gewissen Fällen sogar ausschlaggebende Wirkung auf das Keimverhalten bestimmter Arten. *Gentiana Kochiana*, *G. Clusii* und *Arabis coerulea* keimten unter Laborbedingungen nur nach GA_3 -Behandlung. Eine positive Wirkung von GA_3 auf andere europäische *Gentiana*-Arten wird auch von KALLIO und PIROINEN (1959) und MÜLLER (1977) festgestellt. WEILENMANN (1980) konnte ihrerseits sehr gute Resultate durch die Behandlung von *Arabis coerulea* mit Gibberellinsäure erzielen. Gemäss den anatomischen Untersuchungen (vgl. auch FOSSATI 1976) stimuliert die GA_3 -Zufuhr bei *Gentiana Kochiana* und *G. Clusii* zuerst das Embryowachstum und dann die Keimung. Bei *Arabis coerulea* lässt sich eine aktivierende Wirkung der GA_3 auf den offenbar inaktiven Embryo vermuten. Weitere Untersuchungen über die genaue Wirkungsweise von GA_3 sind wünschenswert.

Die Wirkung der *Stratifikation* war sehr schwach. Dies würde die Aussage von AMEN (1966) bestätigen, nach welcher sehr wenige alpine Taxa auf eine Kälteperiode vor der Keimung angewiesen sind. Allerdings berichteten bereits KINZEL (1913, 1915, 1920) und LÜDI (1932) von verschiedenen "Frostkeimern". GIERS-

BACH (1937b), JAEGER (1942) und FAVARGER (1953) erzielten positive Ergebnisse durch Kältebehandlungen von *Gentiana*-Samen. Es wird angenommen, dass eine Stratifikationsperiode die Erhöhung des endogenen GA₃-Spiegels im Samen induziert (HESS 1974). Die sehr beschränkte Wirkung meiner Stratifikationsversuche ist wahrscheinlich auf die Dauer der Stratifikationszeiten von maximal 100 Tagen bei +4°C bzw. -15°C zurückzuführen, die im Vergleich zum 7-9 Monate dauernden alpinen Winter zu kurz war. Zudem sind konstante Temperaturen nur schwer mit den deutlich schwankenden Temperaturen während der Ausaperungszeit in den Alpen vergleichbar. Diese Annahme wird durch die Tatsache verstärkt, dass *Gentiana Kochiana* und *G. Clusii* im Felde auf den meisten Aussaatflächen bereits nach dem ersten Winter keimten.

VILLIERS und WAREING (1964) haben gezeigt, dass die Keimruhe einer Art gleichzeitig auf mehreren Keimruhemechanismen beruhen kann. Interessant ist in dieser Hinsicht *Pulsatilla sulphurea*, bei welcher eine kombinierte Behandlung mit Skarifikation und Gibberellinsäure optimale Resultate ergab. Beobachtungen der Samenanatomie (vgl. auch FOSSATI 1976) lassen vermuten, dass es sich hier um eine kombinierte Keimruhe handelt, die einerseits mit der Samenschale, andererseits mit der Embryostruktur zusammenhängen könnte.

Aehnlich wie die Keimung war auch die *Entwicklung der Pflanzen* sehr unterschiedlich. Es zeigten sich unter kontrollierten Laborbedingungen neben Taxa, die in sehr kurzer Zeit vegetativ ausgewachsen waren, auch solche, deren Entwicklung ausgesprochen langsam verlief (vgl. auch FOSSATI 1979).

Es ist interessant festzustellen, dass - ähnlich wie bei der Keimung - die meisten Arten, die in der Natur an Standorten mit *kurzer Vegetationsperiode* vorkommen, sich unter kontrollierten Laborbedingungen sehr schnell entwickelten, während Arten, die auf eine *längere Vegetationsperiode* angewiesen sind, in dieser Hinsicht grössere Variabilität aufwiesen. Im Felde verlief die Entwicklung aller Arten ausserordentlich langsam, so dass am Ende der zweiten Vegetationsperiode die Jungpflanzen noch sehr klein waren. Diese Beobachtungen können mit jenen von WAGER (1938) und BONDE (1968) verglichen werden: das Wachstumspotential ist vorhanden, kann aber infolge ungünstiger Umweltbedingungen nicht voll zum Ausdruck kommen.

Die bei *Pulsatilla sulphurea* beobachtete, einzigartige Entwicklung lässt vermuten, dass einige Alpenpflanzen nicht nur mit verlangsamtem Wachstum, sondern auch mit ganz besonderen Anpassungen an die extremen Verhältnisse der

alpinen Vegetationsstufe reagieren können. Von den untersuchten Arten ist *P. sulphurea* die einzige, deren Kotyledonen relativ hoch über der Bodenoberfläche stehen (0,5-1,5 cm). Die Blätter entwickeln sich aber nicht aus der Plumula zwischen den Kotyledonen, sondern aus einem Knoten am Hypokotyl auf Bodenhöhe. Ueber die allerersten Entwicklungsstadien von *P. sulphurea* sind keine detaillierten Literaturangaben vorhanden. ZIMMERMANN (1939) untersuchte lediglich *Pulsatilla vulgaris*, wo die Blattfolge - ganz im Gegensatz zu *Pulsatilla sulphurea* - ähnlich ist wie bei den übrigen Angiospermen. BAUMBERGER (1971) erwähnt die ersten Entwicklungsstadien der Keimlinge nicht. Ein ähnliches Entwicklungsmuster wie bei *P. sulphurea* wurde meines Wissens noch nie beschrieben. In der Literatur wird lediglich im Zusammenhang mit der normalen axialen Entwicklung über die sogenannte "epicotyl dormancy" berichtet (BARTON 1942, 1944, BARTON und CROCKER 1948), eine Verschiebung des Vegetationspunkts wurde aber nie beobachtet. Weitere Untersuchungen über *P. sulphurea* und die nahverwandte *P. alpina*, welche sich ähnlich verhält (FOSSATI 1976), sind im Gange und werden zu einem späteren Zeitpunkt veröffentlicht werden.

Eine Beziehung zwischen *Bodentyp und Entwicklung der Jungpflanzen* war bei den Laboruntersuchungen deutlich zu sehen, verhielten sich doch zwei Drittel der Arten auf den beiden Böden unterschiedlich. Da die Silikatarten besser auf Silikat, die Karbonatarten besser auf Karbonat wuchsen, lassen sich spezifische Anpassungen an einen bestimmten Bodentyp vermuten. Das Verhalten der Arten auf dem für sie ungünstigen Boden wies zwei Aspekte auf: einige Taxa zeigten schon ziemlich früh Verzögerungen in ihrer vegetativen Entwicklung und manchmal auch Mangelerscheinungen, andere entwickelten sich relativ gut, die Blütenbildung war jedoch nur auf dem bevorzugten Boden zu beobachten. Dass die chemischen Bodeneigenschaften einen grossen Einfluss auf die Entwicklung bestimmter Arten haben können, wurde schon von MELCHERS (1932, 1939) an *Hutchinsia alpina* und *H. brevicaulis* wie auch von SNAYDON und BRADSHAW (1961) an *Festuca ovina*-Sippen nachgewiesen. Es konnte dabei experimentell gezeigt werden, dass der Kalkgehalt des Bodens einen direkten Einfluss auf die Biomasseproduktion "kalkliebender" Pflanzen hat. CLARKSTON (1966) bewies, dass sich bestimmte Toleranzen gegenüber der chemischen Bodenzusammensetzung direkt im Wurzelwachstum auswirken und somit die Entwicklung besonders in der Keimlingsphase stark beeinflussen können. Was Arten aus den Schweizer Alpen

anbelangt, wurden von GIGON (1971) deutliche Unterschiede im Wachstum erwachsener, auf Silikat- und Karbonatboden verpflanzter Individuen beobachtet. Ein Drittel der von mir untersuchten Arten gedieh gleich gut auf Silikat- wie auf Karbonatboden. Es ist deshalb zu vermuten, dass das Fehlen dieser Arten in der Natur auf einem der beiden Substrate nicht direkt von der chemischen Bodenzusammensetzung, sondern eher von anderen Faktoren abhängt. Nach GIGON (1971) ist in den alpinen Rasen das Fehlen der grössten Anzahl von "*Seslerietum*"-Arten im "*Nardetum*" vor allem auf die grosse Konkurrenz um die Nährstoffe im Boden zurückzuführen. Das Ionenmilieu im Karbonatboden soll dagegen die Ursache des Fehlens der meisten "*Nardetum*"-Arten im "*Seslerietum*" sein. *Geum montanum*, eine in der Natur nur auf oberflächlich sauren Böden vorkommende Art, starb bei allen Versuchen von GIGON (1971) auf Karbonatböden, unabhängig von Stickstoff- und Konkurrenzbedingungen, ab. Interessanterweise entwickelte sich aber *Geum montanum* in meinen Untersuchungen unter kontrollierten Gewächshausbedingungen während des ersten Lebensjahres auf Karbonat mindestens so gut wie auf Silikat, woraus der Einfluss weiterer Faktoren für das Fehlen dieser Art im "*Seslerietum*" vermutet werden könnte.

Die *Sterblichkeit der Keimlinge und der Jungpflanzen* bildet einen wichtigen Aspekt meiner Untersuchungen. Unter kontrollierten Bedingungen war die Sterberate viel geringer als in Feldversuchen, was auf die günstigeren und stabileren Laborbedingungen zurückzuführen ist. Die Verluste bei den Laborversuchen wurden zum grössten Teil während der Keimlingsphase beobachtet, im Feld hingegen während der Keimlings- und Jungpflanzenphase. Mehrere Autoren (u.a. BILLINGS und MOONEY 1968, ZUBER 1968, BLISS 1971) berichteten über die hohe Sterblichkeitsrate bei Keimlingen und Jungpflanzen in der alpinen Vegetationsstufe. In meinen Felduntersuchungen betrug die Sterblichkeitsrate etwa 36% am Ende des ersten Sommers, 47% nach dem ersten Winter. Am Ende des zweiten Sommers erreichte die Sterberate aller (also auch der im zweiten Sommer gekeimten) Individuen etwa 42%. Aehnliche Angaben wurden von WAGER (1938) aus Ostgrönland und von BONDE (1968) aus den Rocky Mountains, Colorado, gemacht.

Die Sterblichkeit im Feld war offensichtlich von mehreren Faktoren beeinflusst. Das komplexe Bild, das sich aus den Versuchen ergibt, kann deswegen erst durch eingehende und gezielte Untersuchungen abgeklärt werden. Einige

Beziehungen zwischen Sterblichkeit, Substrat, Lage im Gelände, Vegetationsdichte und Jahreszeiten sollen jedoch kurz erwähnt werden.

Der *Einfluss des Substrates* auf die Sterblichkeit zeigte sich im Felde deutlich. Die Sterberate der Silikat- und Karbonatarten auf beiden Böden weist auf spezifische Bodenintoleranzen hin, die sich schon in den ersten Lebensphasen selektiv auswirken. Es wäre sehr interessant, die alpine Stufe oberhalb Davos mit anderen Gebieten zu vergleichen. Es stehen mir aber bedauerlicherweise keine Literaturangaben zur Verfügung.

Die Arten, welche mit einer *kurzen Vegetationsperiode* auskommen, wiesen an allen drei untersuchten Lagen im Gelände eine vergleichbare Sterberate auf. Bei den Arten, welche auf eine *lange Vegetationsperiode* angewiesen sind, war die Sterberate dagegen leicht unterschiedlich, d.h. die kleinsten Verluste wurden auf den Kuppenflächen beobachtet, die grössten in den Schneetälchen. Dies lässt vermuten, dass in den Schneetälchen schon während der ersten Lebensphasen der Pflanzen eine Selektion erfolgt. Nach BILLINGS und BLISS (1959) ist die Bodenfeuchtigkeit hier der limitierende Faktor.

Ein weiterer Aspekt des Bodeneinflusses zeigt die unterschiedliche Sterblichkeit auf *vegetationsbedeckter bzw. nackter Bodenoberfläche*. Die Silikatpflanzen, die normalerweise unter den ausgeglichenen Bedingungen des "*Nardetum*" vorkommen, sind möglicherweise an extremere Verhältnisse schlecht angepasst. Dadurch würde sich die hohe Sterberate auf den nackten Flächen erklären. Die ähnliche Sterberate der Karbonatpflanzen auf beiden Oberflächentypen könnte dagegen auf eine bessere Anpassung an Rohböden dieser Arten zurückgeführt werden, da sie grösstenteils in der eher offenen Vegetationsdecke des "*Seslerietum*" gedeihen. Dass auf Karbonatböden im allgemeinen extremere Bedingungen herrschen als auf Silikatböden wurde von GIGON (1971) eindeutig belegt.

Was die *saisonbedingte Sterblichkeit* anbelangt, war auf nackten Böden - mit Ausnahme der Karbonatarten auf Silikatboden - die Sterblichkeit im Sommer höher als im Winter, was auf ein temporäres Austrocknen der Flächen zurückzuführen ist. Nach BONDE (1968), welcher die Verhältnisse in der alpinen Stufe der Colorado Rocky Mountains untersuchte, ist das Austrocknen des Bodens der einzige Faktor, der die Sommersterblichkeit der Keimlinge an offenen Stellen erklärt. Die differenzierte Situation auf den vegetationsbedeckten Flächen könnte durch unterschiedliche Faktoren beeinflusst werden. In der

eher offenen Karbonatvegetation mit der höchsten Sterberate im Sommer, scheint ebenfalls der Einfluss der Bodentrockenheit - ähnlich wie auf allen nackten Flächen - ausschlaggebend zu sein. In der eher geschlossenen Silikatvegetation mit geringer Sterblichkeit im Sommer verhinderte offenbar die bestehende Pflanzendecke mit der vorhandenen Humusschicht das Austrocknen der Bodenoberfläche. Nach BONDE (1968) sind die Verluste hier auf Wasser-, Nährstoff- und Lichtkonkurrenz zurückzuführen.

Die Winterverluste in den untersuchten Flächen werden grösstenteils durch Frost und Bodenbewegungen während der Ausaperungszeit verursacht. Meine Beobachtungen stimmen diesbezüglich mit jenen von HEDBERG (1964) und MARK (1965) überein.

Neben den durch Aussenfaktoren verursachten Verlusten ist auch eine *genetisch bedingte Sterblichkeit* nicht auszuschliessen. Nach GRANT (1977) ist anzunehmen, dass sich bei der sexuellen Fortpflanzung durch Rekombination unter anderem auch Genotypen bilden, die durch die stabilisierende Selektion eliminiert werden. Die Verluste, die im Keimlings- und Jungpflanzenstadium beobachtet werden, könnten also nicht nur als Folge einer sehr empfindlichen und exponierten Lebensphase aufgefasst werden, sondern auch als Ausdruck einer Ueberproduktion genetischer Typen, die mit den jeweiligen Standortverhältnissen nicht zusammenpassen. In der Natur ist es offensichtlich sehr schwierig, genetisch bedingte Verluste zu erfassen. Es ist allerdings anzunehmen, dass sich die selektive Elimination vor allem in den frühen Entwicklungsphasen auswirkt, da der Verlust einer gewissen Anzahl Keimlinge bzw. Jungpflanzen für eine Population weniger ins Gewicht fällt als der Verlust der gleichen Anzahl erwachsener Individuen (GRANT 1963).

Die stabilisierende Selektion kann sich nicht nur in Form von Sterblichkeit äussern, sondern auch in einem eventuellen Versagen der reproduktiven Phase: Individuen eines bestimmten Genotyps mögen ein gutes Wachstum zeigen; für die nachfolgende Generation leisten sie aber wegen einer reduzierten oder fehlenden Fruchtbarkeit keinen Beitrag, was als genetischer Tod bezeichnet wird (u.a. GRANT 1963, 1977, DOBZHANSKY et al. 1977). In den Laboruntersuchungen konnte ich feststellen, dass einige Arten während der Beobachtungszeit nur auf dem bevorzugten Boden blühten. Um irgendwelche Vermutungen zu äussern ist es allerdings zu früh, um so mehr als die Entwicklung der Alpen-

pflanzen in der Natur sehr langsam verläuft und die Blütenbildung erst nach mehreren Jahren auftritt.

Das Problem der Lebensstrategien wurde in letzter Zeit lebhaft diskutiert. Nach einer Hypothese von DOBZHANSKY (1950) wurden von McARTHUR und WILSON (1967) zwei Ausdrücke "K-Selektion" und "r-Selektion" eingeführt. Bei den Pflanzen kann die "K-Selektion" durch niedrige Samenproduktion, spärliche Keimung, tiefe, aber sehr selektive Sterberate im Keimlings- und Jungpflanzenstadium, langsame Entwicklung und grosse Konkurrenzkraft charakterisiert werden. Die "r-Selektion" umfasst dagegen hohe Samenproduktion und Keimungsrate, meistens grosse Verluste im Keimlings- und Jungpflanzenstadium, schnelle Entwicklung und relativ geringe Konkurrenzkraft (GRANT 1975). Betrachten wir das untersuchte Material in dieser Hinsicht, so stellen wir bei den meisten Arten keine deutlichen Tendenzen fest. Damit unterstützen die Ergebnisse die Aussagen von McARTHUR und WILSON (1967) sowie von PIANKA (1970), dass die Organismen nie vollkommen "K-" bzw. "r-selektioniert" werden, sondern eine Kompromissstellung zwischen beiden Extremen einnehmen. Bei einzelnen Arten liessen jedoch die differenzierten Verhaltensmuster in den Feldversuchen eine gewisse Einteilung zu. So zeigten z.B. *Helictotrichon versicolor* und *Sesleria disticha* eine eher spärliche Samenproduktion und -keimung, die Keimlinge erwiesen sich als widerstandsfähig und erlitten nur wenige Verluste. Alle diese Elemente werden als repräsentativ für die "K-Strategie" betrachtet. Bei *Gnaphalium montanum* und *Geum montanum* waren dagegen reichliche Samenproduktion, hohe Keimungsrate und grosse Keimlingssterblichkeit - also für die "r-Strategie" typische Aspekte - zu beobachten. Vergleichen wir jetzt die natürlichen Standorte dieser Arten, so stimmen diejenigen von *Helictotrichon versicolor* und *Gnaphalium supinum* mit ihrem angedeuteten Selektionstyp überein. Bei den beiden anderen Arten besteht hingegen ein Widerspruch, da die offenbar "K-selektionierte" *Sesleria disticha* auch an konkurrenzarmen, das scheinbar eher "r-selektionierte" *Geum montanum* oft an dicht besiedelten Standorten vorkommt. Es könnte daraus gefolgert werden, dass das Verhalten während einer bestimmten Lebensphase doch nicht repräsentativ für die gesamte Lebensstrategie einer Art ist. Das unterschiedliche Verhalten von *Geum montanum* in den Felduntersuchungen auf Silikat und auf Karbonat, wobei die "r-Strategie" auf Karbonat ausgepräg-

ter war als auf Silikat, unterstützt die Aussagen von McARTHUR und WILSON (1967) wie auch von PIANKA (1970), dass schon kleine Aenderungen in den äusseren Bedingungen eine Verschiebung in Richtung "K-" bzw. "r-Selektion" verursachen. Da z.B. nach der Auffassung von SARUKHAN (1980) diejenigen Faktoren, die das Ueberleben der Samen begünstigen, nicht unbedingt auch günstig für das Ueberleben der Keimlinge sind, stellt sich nun die Frage, ob verschiedene Lebensphasen der Organismen auch mit verschiedenen Strategien verbunden sind. So könnte z.B. eine Pflanze in ihrer Keimungsphase "r-Strategie" (hohe Keimungsrate und anschliessend hohe Keimlingssterblichkeit), in einer nachfolgenden Phase aber "K-Strategie" (z.B. langsame Entwicklung, hohe Konkurrenzskraft) aufweisen. Da dieses Problem weitgehend unerforscht ist, sind eingehende, alle Lebensphasen umfassende Untersuchungen, unerlässlich. Vor allem sollten Fortpflanzungsstrategien wie auch altersbedingte Populationsstrukturen untersucht werden, wobei für die alpinen Pflanzen das Verhältnis zwischen der vegetativen Vermehrung und der Fortpflanzung durch Samen von grossem Interesse wäre.

Zusammenfassung

Keimung und frühe Entwicklungsphasen einiger alpinen Pflanzenarten wurden unter natürlichen und kontrollierten Bedingungen untersucht. Im Labor wurden Keimversuche in Petrischalen auf Fliesspapier mit und ohne Vorbehandlung der Samen sowie Aussaaten auf steriler Gartenerde, alpinen Silikat- und Karbonatböden, durchgeführt. Im Felde wurden Versuchsflächen verschiedener Gelände auf Silikat- und Karbonatboden angesät, wobei nackte und vegetationsbedeckte Bodenoberflächen parallel untersucht wurden. Keimverhalten und Entwicklung der Jungpflanzen wurden in regelmässigen Zeitabständen kontrolliert. Folgende Arten wurden untersucht: a) von Silikatunterlage: *Sesleria disticha*, *Hieracium alpinum*, *Senecio carniolicus*, *Cardamine alpina*, *Salix herbacea*, *Gnaphalium supinum*, *Soldanella pusilla*, *Geum montanum*, *Ranunculus Grenierianus*, *Nardus stricta*, *Carex sempervirens*, *Gentiana Kochiana*, *Helictotrichon versicolor*, *Luzula multiflora*, *Antennaria dioeca*, *Pulsatilla sulphurea*. b) von Karbonatunterlage: *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*, *Scabiosa lucida*.

Keimverhalten. - Die Arten, die mit einer kurzen *Vegetationsperiode* auskommen müssen, wiesen meistens eine ziemlich hohe Keimungsrate auf. Die Arten, die auf eine *längere Vegetationsperiode* angewiesen sind, zeigten hingegen grosse Unterschiede und ihr Keimverhalten war teilweise durch *Keimruhe* gekennzeichnet. *Mechanische Skarifikation* mit Rasierklinge und *Gibberellinsäure* förderten die Keimung am besten; wenig erfolgreich waren die *Stratifikationsversuche*. In einigen Fällen sind offenbar komplexe Keimruhemechanismen vorhanden. Die Samen der meisten Arten blieben über mehrere Jahre hinaus keimfähig. Die Keimprozentage der einzelnen Arten änderten jedoch unterschiedlich mit *zunehmendem Alter* der Samen.

Der Einfluss des Substrates auf die Keimung war unter kontrollierten Laborbedingungen meistens nicht nachweisbar. Im Felde verhielten sich die *Silikatarten* auf beiden Bodentypen vergleichbar, während die *Karbonatarten* auf Silikatboden eine sehr geringe Keimungsrate zeigten. Die Keimungsraten waren im allgemeinen *viel höher auf nackter* als auf vegetationsbedeckter Bodenoberfläche.

Entwicklung der Jungpflanzen. - Unter kontrollierten Laborbedingungen zeigten die Arten, die mit einer *kurzen Vegetationsperiode* auskommen müssen, meistens eine schnelle Entwicklung. Die Arten, die auf eine *längere Vegetationsperiode* angewiesen sind, verhielten sich in dieser Hinsicht unterschiedlich.

Im Labor zeigte sich der *Einfluss des Substrates auf die Entwicklung der Jungpflanzen* bei den meisten Arten deutlich, wobei die Silikatarten auf Silikatboden, die Karbonatarten auf Karbonatboden besser gediehen. Im Felde waren die Jungpflanzen am Ende der Beobachtungsperiode noch so klein, dass Aussagen über eine eventuelle Wirkung des Substrates nicht möglich waren.

Einzigartig entwickelte sich *Pulsatilla sulphurea*, deren Blätter nicht wie üblich aus der Plumula zwischen den Kotyledonen, sondern aus einem Knoten am unteren Hypokotylteil herauswachsen.

Sterblichkeit. - Die Sterblichkeit war im Felde viel höher als im Labor. Die Silikatarten wiesen eine höhere Sterblichkeit auf Karbonat- als auf Silikatboden sowie auf nackter als auf vegetationsbedeckter Bodenoberfläche auf. Die Karbonatarten dagegen erlitten bedeutend höhere Verluste auf Silikat- als auf Karbonatboden; ihre Sterblichkeit war allerdings ähnlich auf nackter wie auf vegetationsbedeckter Bodenoberfläche.

Im allgemeinen waren die Verluste auf den nackten Versuchsflächen im Sommer höher als im Winter. Auf den vegetationsbedeckten Flächen war die Sterblichkeit dagegen unterschiedlich je nach Substrat: in der eher offenen Karbonatvegetation waren die Verluste im Sommer am grössten, in der eher geschlossenen Silikatvegetation dagegen im Winter.

Summary

Germinating behaviour and early developmental phases of some Alpine species were studied under natural as well as controlled conditions. In laboratory, germination tests with pre-treated or not pre-treated seeds sown onto blotting paper, sterile garden soil as well as silicate and carbonate Alpine soils, were carried out in various series. In the wild, control plots established above timberline comprised silicate and carbonate soils, surfaces with various reliefs being chosen; sowings within these plots were made upon naked as well as vegetation-covered soil. Germination and the development of seedlings and young plants were examined in regular intervals.

The following taxa were studied: a) from silicate: *Sesleria disticha*, *Hieracium alpinum*, *Senecio carniolicus*, *Cardamine alpina*, *Salix herbacea*, *Gnaphalium supinum*, *Soldanella pusilla*, *Geum montanum*, *Ranunculus Grenierianus*, *Nardus stricta*, *Carex sempervirens*, *Gentiana Kochiana*, *Helictotrichon versicolor*, *Luzula multiflora*, *Antennaria dioeca*, *Pulsatilla sulphurea*. b) from carbonate: *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*, *Scabiosa lucida*.

Germinating behaviour. - Germination rates in seeds from niches with a short vegetation period were frequently rather high. Taxa depending upon a long vegetation period were greatly variable in this respect, their germinating behaviour being influenced by seed-dormancy. The most successful methods for breaking the dormancy proved to be mechanical scarification with a razor-blade as well as treatment with the gibberellic acid; stratification trials were less effective. Some dormancy mechanisms apparently were very complex.

Seeds of most studied species remained partly viable for several years, but the germinating behaviour varied from one taxon to another with the increasing seed age.

Influence of the substratum upon the germination was mostly not demonstrable in laboratory conditions. In the field, *taxa from carbonate* germinated rather poorly in siliceous soil, whereas *taxa from silicate* behaved comparably both in silicate as well as carbonate plots. Germination rates were generally *much higher in naked soils* than in vegetation-covered surfaces.

Development of young plants. - Most of the *taxa* originating from niches with a *short vegetation period* developed rapidly in controlled conditions, whereas the development of *taxa* depending upon a *longer vegetation period* was rather variable.

Influence of the substratum upon the development of young plants was obvious in most *taxa* studied in laboratory conditions, plants from silicate and those from carbonate growing best in their respective soils. In the field, however, the plants at the end of the observation period were too small for getting any conclusive information.

The development of young plants in *Pulsatilla sulphurea* was particularly interesting, leaves *not growing from the plumula* between the cotyledons, but from a knob situated at the base of the hypocotyl.

Mortality. - Mortality was *much more pronounced in the field* than in laboratory conditions. *Taxa from silicate* survived much better in silicate than in carbonate, mortality rates being higher in naked surfaces than in vegetation-covered ones. *Taxa from carbonate* suffered more losses in silicate than in carbonate, no particular differences being observed between naked and vegetation-covered surfaces.

Mortality in *naked soil* was generally higher in summer than in winter. In *vegetation-covered surfaces* mortality varied in function of the substratum: maximal summer losses were observed in the rather sparse vegetation upon carbonate, whereas in winter the rather closed vegetation upon silicate proved to be more affected.

Résumé

La *germination* et les *premières phases de développement* de quelques espèces alpines ont été étudiées sous conditions contrôlées ainsi que dans le milieu naturel de ces plantes. Au laboratoire, les semis ont été effectués avec ou sans prétraitement des graines sur le buvard d'une part et sur le sol du jardin stérile ainsi que sur les sols alpins silicate et carbonate d'autre part. Sur le terrain, des parcelles à reliefs divers sur silicate et carbonate ont été choisies, les semis ayant été faits parallèlement sur les surfaces nues et celles recouvertes par la végétation. Le comportement germinatif et le développement des jeunes plantes ont été contrôlés à intervalles réguliers.

Les espèces suivantes ont été étudiées: a) de silicate: *Sesleria disticha*, *Hieracium alpinum*, *Senecio carniolicus*, *Cardamine alpina*, *Salix herbacea*, *Gnaphalium supinum*, *Soldanella pusilla*, *Geum montanum*, *Ranunculus Grenierianus*, *Nardus stricta*, *Carex sempervirens*, *Gentiana Kochiana*, *Helictotrichon versicolor*, *Luzula multiflora*, *Antennaria dioeca*, *Pulsatilla sulphurea*.

b) de carbonate: *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*, *Scabiosa lucida*.

Germination. - Les espèces provenant des niches à période de végétation courte présentaient en général un taux de germination relativement haut. Les espèces bénéficiant d'une période de végétation plus longue se sont par contre révélées très variables à ce sujet, leur comportement germinatif étant souvent influencé par une dormance des graines. La scarification mécanique à la lame de rasoir ainsi qu'un traitement à l'acide gibbérélique se sont révélés comme les meilleures méthodes favorisant la germination; les essais de stratification ont donné moins de résultats. Dans certains cas, des mécanismes de dormance ont apparemment été très complexes.

La germination des différentes espèces différait avec l'âge croissant des graines, celles-ci ont cependant gardé leur pouvoir germinatif plusieurs années durant.

L'influence du substrat sur la germination n'était en général pas démontrable au laboratoire. Sur le terrain, les espèces de carbonate présentaient un taux de germination plus bas sur silicate que sur carbonate, alors que les espèces de silicate se comportaient symétriquement. La germination sur le sol nu a été meilleure par rapport au sol recouvert par la végétation.

Développement des jeunes plantes. - En conditions contrôlées de laboratoire, les espèces provenant des niches à période de végétation courte présentaient en général un développement rapide. Les espèces bénéficiant d'une période de végétation plus longue ont manifesté un comportement varié.

L'influence du substrat sur le développement des jeunes plantes a été apparente chez la plupart des espèces au laboratoire, les taxons de silicate ainsi que ceux de carbonate prospérant le mieux sur leurs sols respectifs d'origine. Sur le terrain il a été impossible de tirer des conclusions valables à ce sujet, les jeunes plantes étant très petites à la fin de la période d'observation.

Le développement des jeunes plantes de *Pulsatilla sulphurea* offrait un intérêt tout particulier; les feuilles ne sortaient pas de la plumule entre les cotylédons, mais d'un noeud situé dans la partie inférieure de l'hypocotyle.

Mortalité. - La mortalité était beaucoup plus grande sur le terrain qu'au laboratoire. Les espèces provenant de silicate manifestaient une mortalité plus grande sur carbonate que sur leur sol d'origine, les taux de survie étant plus bas sur les surfaces nues que sur celles recouvertes par la végétation. Les espèces provenant de carbonate ont eu plus de pertes sur silicate que sur carbonate, les caractéristiques des surfaces d'intervenant pas dans le processus.

Les pertes sur les surfaces nues étaient en général plus grandes en été qu'en hiver. Sur les surfaces recouvertes par la végétation la mortalité variait en fonction du substrat: les pertes étaient maximales en été dans la végétation plutôt clairsemée sur carbonate, en hiver dans la végétation relativement close sur silicate.

Riassunto

La germinazione et le prime fasi di sviluppo di alcune specie alpine sono state studiate sia in condizioni controllate di laboratorio che nel loro ambiente naturale. In laboratorio le semine sono state effettuate, con e senza pretrattamento dei semi, sia su carta assorbente che su terra di giardino sterilizzata, come pure su terra silicea e calcarea di provenienza alpina. Nel terreno sono state preparate parcelle su differenti tipi di rilievo, su suolo siliceo e calcareo; le semine sono state effettuate parallelamente su superfici prive, rispettivamente ricoperte di vegetazione. Il comportamento di germinazione e il successivo sviluppo delle piantine sono stati controllati a intervalli regolari.

Le seguenti specie sono state esaminate: a) provenienti da suolo siliceo: *Sesleria disticha*, *Hieracium alpinum*, *Senecio carniolicus*, *Cardamine alpina*, *Salix herbacea*, *Gnaphalium supinum*, *Soldanella pusilla*, *Geum montanum*, *Ranunculus Grenierianus*, *Nardus stricta*, *Carex sempervirens*, *Gentiana Kochiana*, *Helictotrichon versicolor*, *Luzula multiflora*, *Antennaria dioeca*, *Pulsatilla sulphurea*. b) provenienti da suolo calcareo: *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*, *Scabiosa lucida*.

Germinazione. - Le specie provenienti da stazioni con un periodo di vegetazione breve hanno mostrato in generale un tasso di germinazione relativamente alto. Le specie provenienti da stazioni con un periodo di vegetazione più lungo hanno invece mostrato una grande variabilità nel loro comportamento germinativo, contraddistinto in parte da una quiescenza dei semi. La scarificazione meccanica dei semi per mezzo di una lametta da barba come pure l'incubazione nell'acido gibberellico si sono rivelati, al contrario della stratificazione, i metodi più efficaci per incrementare il tasso di germinazione. In alcuni casi i meccanismi di quiescenza sembrano essere di natura complessa.

Il tasso di germinazione delle diverse specie in funzione dell'età dei semi non è stato costante; i semi hanno però conservato nella quasi totalità dei casi il loro potere germinativo durante più anni.

L'influsso del sostrato sulla germinazione non è stato praticamente riscontrabile in laboratorio. Lo stesso vale nel terreno per le sole specie provenienti da suoli silicei. Le specie di provenienza calcarea hanno invece mostrato nel terreno un tasso di germinazione molto più basso su suolo siliceo che su quello d'origine. In generale il tasso di germinazione sulle superfici prive di vegetazione è stato più elevato che su quelle ricoperte di vegetazione.

Prime fasi di sviluppo delle piante. - In laboratorio, le specie provenienti da stazioni con un periodo di vegetazione breve hanno mostrato in generale uno sviluppo relativamente rapido. Le specie provenienti da stazioni con un periodo di vegetazione più lungo sono state caratterizzate invece da una grande variabilità nei tempi di sviluppo.

L'*influsso del sostrato sullo sviluppo delle piante* é stato in laboratorio evidente per la maggior parte delle specie, prosperate meglio sul proprio suolo d'origine. Gli esperimenti nel terreno non hanno invece consentito una valutazione precisa dell'*influsso del sostrato* perché alla fine del periodo di osservazione le piantine erano ancora troppo piccole.

Del tutto particolare si é rivelato lo sviluppo delle piantine di *Pulsatilla sulphurea*; le prime foglie infatti *non sono spuntate dalla plumula* tra le cotiledoni, bensì da un nodo formatosi nella parte inferiore dell'*ipocotile*.

Mortalità. - La mortalità delle piantine riscontrata *nel terreno* é stata molto più elevata che in laboratorio. Le *specie di provenienza silicea* hanno mostrato una mortalità più alta su suolo calcareo rispetto al loro suolo d'origine, come pure sulle superfici prive rispetto a quelle ricoperte di vegetazione. Analogamente le *specie di provenienza calcarea* hanno subito un numero maggiore di perdite su suolo siliceo che sul loro suolo d'origine, ma non hanno mostrato differenze dipendenti dalla copertura di vegetazione.

In generale il tasso di mortalità sulle *superfici prive di vegetazione* si é rivelato maggiore durante l'estate che in inverno. Sulle *superfici ricoperte di vegetazione* invece il tasso di mortalità é dipeso dal tipo di sostrato: su suolo calcareo, dove la vegetazione é relativamente aperta, esso é stato maggiore durante l'estate; su suolo siliceo, dove la vegetazione é chiusa, invece d'inverno.

Literaturverzeichnis

- AMEN R.D., 1963: The concept of seed dormancy. *Amer. Sci.* 51, 408-424.
- 1965: Seed dormancy in the alpine rush, *Luzula spicata*. *Ecol.* 46, 361-364.
 - 1966: The extent and role of seed dormancy in alpine plants. *Q. Rev. Biol.* 41, 271-281.
 - 1967: The effects of gibberellic acid and scarification on the seed dormancy and germination in *Luzula spicata* L. *Physiol. Plant.* 20, 6-13.
 - 1968: A model of seed dormancy. *Bot. Rev.* 34, 1-31.
 - 1974: Perspectives on the conditions of seed dormancy. *Trans.Amer. Micros.Soc.* 93(4), 593-596.
 - and BONDE E.K., 1964: Dormancy and germination in alpine *Carex* from the Colorado front Range. *Ecol.* 45, 881-884.
- BARTON L.V., 1942: Dormancy in seeds of *Convallaria majalis* L. and *Smilacina racemosa* (L.) Desf. *Contr. Boyce-Thompson Inst.* 12, 277-300
- 1944: Some seeds showing special dormancy. *Contr. Boyce-Thompson Inst.* 13, 259-272.
 - 1965a: General survey of dormancy types in seeds, and dormancy imposed by external agents. *Handb. der Pfl.physiol.* 15(2), 699-720.
 - 1965b: Dormancy in seeds imposed by the seed coat. *Handb. der Pfl. physiol.* 15(2), 727-745.
 - and CROCKER W., 1948: Twenty years of seed research at Boyce Thompson Institute for Plant Research. Faber & Faber Ed., London. 148 S.
- BAUMBERGER H., 1971: Chromosomenzahlbestimmungen und Kryotypanalysen bei den Gattungen *Anemone*, *Hepatica* und *Pulsatilla*. *Ber.Schweiz. Bot. Ges.* 80, 17-95.
- BELL K.L. und AMEN R.D., 1970: Seed dormancy in *Luzula spicata* and *L. parviflora*. *Ecol.* 51, 492-496.
- BIANCO J., 1972: Etude de la germination de *Rumex alpina* L., *Trav.Sc.Parc National Vanoise* 2, 27-34.
- 1973: Phytochrome et germination des semences de *Rumex*. *Physiol. Plant.* 28, 61-66.
 - und PELLEGRIN M.C., 1973: Physiologie de la germination d'une plante alpine: *Loiseleuria procumbens* (L.) Desv. *Trav.Sc. Parc National Vanoise* 3, 43-51.
 - und BULARD C., 1974: Etude de la germination des graines de *Rhododendron ferrugineum* L. et de *Tofieldia calyculata* (L.) Wahlenb. *Trav. Sc. Parc National Vanoise* 5, 121-130.
 - 1976a: Physiologie de la germination de *Silene acaulis* (L.) Jacq. ssp.*exscapa* (All.) J. Braun et ssp. *longiscapa* (Kern.) Hayek. *Trav. Sc. Parc National Vanoise* 7, 107-115.
 - 1976b: Effet de la stratification sur la germination des graines de *Silene acaulis* (L.) Jacq. ssp.*exscapa* (All.) J. Braun et ssp. *longiscapa* (Kern.) Hayek. *C.R. Acad.Sc.Paris* 283, 1489-1491.
- BILLINGS W.D. und BLISS L.C., 1959: An alpine snowbank environment and its effects on vegetation, plant development, and productivity. *Ecol.* 40, 388-397.
- and MOONEY H.A., 1968: The ecology of arctic and alpine plants. *Biol. Rev.* 43, 481-529.

- BLACK M., 1956: Interrelationships of germination inhibitors and oxygen in the dormancy of seed of *Betula*. *Nature* 178, 924-925.
- und WAREING P.F., 1959: Photoperiodic control of germination in seed of birch (*Betula pubescens* Ehr.). *Nature* 174, 705.
- BLISS L.C., 1956: A comparison of plant development in microenvironments of arctic and alpine tundras. *Ecol.Monogr.* 26, 303-337.
- 1958: Seed germination in arctic and alpine species. *Arctic* 11, 180-188.
- 1971: Arctic and alpine plant life cycles. *Ann.Rec.Ecol.Syst.* 2, 405-438.
- BONDE E.K., 1965a: Studies on the germination of seeds of Colorado alpine plants. *Univ. Colorado Stud.Ser.Biol.* 14, 1-16.
- 1965b: Further studies on the germination of seeds of Colorado alpine plants. *Univ. Colorado Stud.Ser.Biol.* 18, 1-30.
- 1968: Survival of seedlings of an alpine clover (*Trifolium nanum* Torr.). *Ecol.* 49, 119-195.
- BONNER J., 1950: The role of toxic substances in the interaction of higher plants. *Bot.Rev.* 16, 51-65.
- BOULLAND B., 1967: Vie intense et cachée du sol. Essai de pédobiologie végétale. Flammarion, Paris. 309 S.
- BRAUN-BLANQUET J., 1948-1949: Uebersicht der Pflanzengesellschaften Rätians. Sonderdruck aus *Vegetatio* I, 29-41, 129-146, 285-316; II, 20-37, 214-237, 341-360. Junk, Den Haag. 168 S.
- 1969: Die Pflanzengesellschaften Rätians im Rahmen ihrer Gesamtverbreitung. *Comm.Stat.Int.Gébot.Méd. et Alp.*, Montpellier 187, 100 S.
- 1975: Fragmenta Phytosociologica Rhaetia I und II. *Comm. Stat.Int. de Gébot.Méd. et Alp.*, Montpellier 195-196, 87 S.
- und JENNY H., 1926: Vegetationsentwicklung und Bodenbildung in der alpinen Stufe der Zentralalpen (Klimaxgebiet des *Caricion curvulae*). *Denkschr.Schweiz.Naturforsch.Ges.* 63, 183-349.
- CAVERS P.B. und HARPER J.L., 1967: Studies in the dynamics of plant populations. I. The fate of seeds and transplants introduced into various habitats. *J.Ecol.* 55, 59-71.
- CHABOT B.F. und BILLINGS W.D., 1972: Origins and Ecology of the Sierra Alpine Flora and Vegetation. *Ecol.Monogr.* 42, 163-199.
- CHOUARD P., 1954: Dormances and inhibitions des graines et des bourgeons. Préparation au forçage. *Thermopériodisme*. C.D.U. Paris. 157 S.
- CLARKSTON D.T., 1966: Aluminium tolerance in species within the genus *Agrostis*. *J.Ecol.* 54, 167-178.
- COME D., 1970: Les obstacles à la germination. Masson, Paris. 162 S.
- CONNEL J.H., 1971: On the role of natural enemies in preventing comparative exclusion in some marine animals and in rain forest trees. In: Den BOER, P.J and GRADWELL G.R. (eds.), *Proceedings of the Advanced Study Institute on Dynamics of Numbers in Populations, 1970*, 298-312. Centre for Agr.Publ.and Docum., Wageningen.
- CROCKER W., 1906: Role of seed coats in delayed germination. *Bot.Gaz.* 42, 265.
- 1916: Mechanisms of dormancy in seeds. *Amer.J.Bot.* 3, 99.
- DAVIS W.E., 1930: The development of dormancy in seeds of cocklebur (*Xanthium*). *Amer.J.Bot.* 17, 77-87.
- DELEUIL G., 1951: Origine des substances toxiques du sol des associations sans thérophytes du *Romario-Ericion*. *Compte rendu hebdomadaire des séances de l'Acad.Sci. Paris.* 232, 2038-2039.

- DOBZHANSKY T., 1950: Evolution in the tropics. Amer. Sci. 38, 209-221.
- AYALA F.J., STEBBINS G.L. und VALENTINE J.W., 1977: Evolution. Freeman and Co., San Francisco. 572 S.
- ELLENBERG H., 1958: Bodenreaktion (einschliesslich Kalkfrage). Handb.Pflanzenphysiol. 4, 638-708.
- 1978: Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen. 2. Aufl. Ulmer Verlag, Stuttgart. 981 S.
- EVENARI M., 1949: Germination inhibitors. Bot.Rev. 15, 153-194.
- 1956: Seed germination. In: HOLLAENDER A. and MCGRAW-HILL (Eds.), Radiation Biology. 518-549.
 - 1957: Les problèmes physiologiques de la germination. Bull.Soc.Franç. Physiol.Végét. 3, 105-124.
 - 1965: Light and seed dormancy. Handb.Pflanzenphysiol. 15(2), 804-847.
- FAVARGER C., 1953: Sur la germination des gentianes. Phytol. 4, 275-289.
- FOSSATI A., 1976: Die Keimung von Hochgebirgspflanzen. Diplomarbeit Geobot. Inst. ETH, Stiftung Rüb. 167 S. (unveröff.)
- 1979: Les premières phases du développement chez quelques plantes alpines. Bull.Soc.Bot.France 126, 161-164.
- FRIEDMAN J. und ORSHAN G., 1975: The distribution, emergence and survival of seedlings of *Artemisia herba-alba* Asso in the Negev Desert of Israel in relation to distance from the adult plants. J.Ecol. 63, 627-632.
- GIERSBACH J., 1937a: Germination and seedling production of species of *Viburnum*. Contr. Boyce Thompson Inst. 9, 79.
- 1937b: Some factors affecting germination and growth of Gentian. Contr. Boyce Thompson Inst 9, 91-103.
- GIGON A., 1971: Vergleich alpiner Rasen auf Silikat- und auf Karbonatboden. Konkurrenz- und Stickstoffversuche sowie standortliche Untersuchungen im *Nardetum* und im *Seslerietum* bei Davos. Veröff. Geobot. Inst. ETH, Stiftung Rüb., 48, 159 S.
- GRANT V., 1963: The origin of adaptation. Columbia Univ. Press, New York and London. 606 S.
- 1975: Genetics of flowering plants. Columbia Univ. Press, New York and London. 514 S.
 - 1977: Organismic evolution. Freeman and Co., San Francisco. 418 S.
- GRIGGS R.F., 1956: Competition and succession on a Rocky Mountain fellfield. Ecol. 37, 8-20.
- GRIME J.P., 1978: Interpretation of small-scale patterns in the distribution of plant species in space and time. In: FREYSEN A.H.J. and WOLDENDORF J.W. (ed.), Structure and functioning of plant populations. North Holland Publ. Co., Amsterdam, Oxford, New York. 101-124.
- GRUBB P.J., 1977: The maintenance of species-richness in plant communities: the importance of the regeneration niche. Biol.Rev. 52, 107-145.
- HARPER J.L., 1965: Establishment, aggression, and cohabitation in weedy species. In: BACKETT H.G. und STEBBINS G.L. (ed.), Genetics of colonizing species. Acad.Press New York. 243-265.
- 1969: The role of predation in vegetation diversity. Diversity and stability in Ecological Systems. Brookhaven Symp. in Biology 22, 48-61.
 - 1977: Population biology of plants. Acad.Press, London. 892 S.
 - CLATWORTHY J.N., McNAUGHTON S.J. und SAGAR G.R., 1961: The evolution and ecology of closely related species living in the same area. Evol. 15, 209-227.

- WILLIAMS J.L. und SAGAR G.R., 1965: The behaviour of seeds in soil. I. The heterogeneity of soil surfaces and its role in determining the establishment of plants from seeds. *J.Ecol.* 53, 27-86.
- and BENTON R.A., 1966: The behaviour of seeds in soil. II. The germination of seeds on the surface of water supplying substrate. *J. Ecol.* 54, 151, 166.
- HARRINGTON J.F., 1960: Germination of seeds from carrot, lettuce, and pepper plants grown under severe nutrient deficiencies. *Hilgardia* 30, 219-235.
- HAWTHORN W.R. und CAVERS P.B., 1976: Population dynamics of the perennial herbs *Plantago major* L. and *P. rugelii* Dcne. *J.Ecol.* 64, 511-527.
- HEDBERG O., 1964: Features of afroalpine plant ecology. *Acta Phytogeogr.* 49, 1-144.
- HESS D., 1974: Pflanzenphysiologie. Ulmer Verlag, Stuttgart. 373 S.
- HESS H., LANDOLT E. und HIRZEL R., 1967-1972: Flora der Schweiz und angrenzender Gebiete. Birkhäuser Verlag, Basel. 3 Bde. 858, 956, 876 S.
- HODGSON H.J., 1966: Floral initiation in Alaskan *Gramineae*. *Bot.Gaz.* 127, 64-70.
- HOLWAY J.G. und WARD R.T., 1965: Phenology of alpine plants in northern Colorado. *Ecol.* 46, 73-83.
- HUNTER J.R. und ERIKSON A.E., 1952: Relation of seed germination to soil moisture tension. *Agron.J.* 44, 107-109
- HYDE E.O.C., 1954: The function of the hilum in some *Papilionaceae* in relation to the ripening of the seed. *Ann.Bot.* 18, 241.
- IVFS S.A., 1923: Maturation and germination of seeds of *Ilex opaca*. *Bot.Gaz.* 76, 60.
- JAEGER P., 1942: A propos de la germination des graines de *Gentiana lutea*. *Bull.Soc.Bot.France* 89, 145-149, 210-214.
- KALLIO P. und PIIROINEN P., 1959: Effect of Gibberellin on the termination of dormancy in some seeds. *Nature* 183, 1830-1831.
- KERNER von MARILAUN A., 1891: Pflanzenleben. 2 Bde. Bibliogr.Inst.Leipzig. 754, 916 S.
- KEVAN P.G., 1972: Insect pollination of high arctic flowers. *J.Ecol.* 60, 831-847.
- KINZEL W., 1907: Ueber den Einfluss des Lichtes auf die Keimung. Lichtharte Samen. *Ber.Deutch.Bot.Ges.* 25, 269.
- 1908a: Einige bestätigende und ergänzende Bemerkungen zu den vorläufigen Mitteilungen von 1907-1908. *Ber.Deutch.Bot.Ges.* 26, 631-645.
- 1908b: Lichtkeimung. Weitere bestätigende und ergänzende Bemerkungen. *Ber.Deutsch.Bot.Ges.* 26, 654-662.
- 1915: Frost und Licht als beeinflussende Kräfte bei der Samenkeimung. Erläuterungen und Ergänzungen. *Naturw.Zschr.f.Landw.* 10, 433-468.
- 1913-1920: Frost und Licht als beeinflussende Kräfte bei Samenkeimung. Ulmer Verlag, Stuttgart. 2 Bde. 187 S., 170 S.
- KNAPP R., 1967: Experimentelle Soziologie und gegenseitige Beeinflussung der Pflanzen. Stuttgart. 266 S.
- KOLLER D., 1955: Germination regularity mechanisms in some desert seeds. II. *Zygophyllum dumosum*. *Bull.Res.Counc.Israel* 4, 379-387.
- 1960: Ecological problems of seed dormancy. In: GROSSOWICZ N. (Ed.), *Cryptobiotic stages in biological systems*. Elsevier Publ.Co., Amsterdam. 159-164.

- 1962: Preconditioning of germination in lettuce at time of fruit ripening. *Amer.J.Bot.* 49, 841-844.
- MAYER A.M., POLJAKOFF-MAYBER A. und KLEIN S., 1962: Seed germination. *Ann.Rev.Plant Physiol.* 13, 437-464.
- KONIS E., 1947: On germination inhibitors. VI. The inhibiting action of leaf saps on germination and growth. *Pal.J.Bot.Jer.Ser.* 4, 77-85.
- LANDOLT E., 1967: Gebirgs- und Tieflandsippen von Blütenpflanzen im Bereich der Schweizer Alpen. *Bot.Jb.* 86, 463-480.
- LÜDI W., 1932: Keimungsversuche mit Samen von Apfelpflanzen. *Mitt.Naturf.Ges. Bern* 46, 50.
- MANI M.S., 1962: Introduction to high altitude entomology. Insect life above the timberline in the northwest Himalya. Methuen, London. 302 S.
- MARK A.F., 1965: Flowering, seeding and seedling establishment of narrow-leaved snow tussock, *Chionochloa rigida*. *N.Z.J.Bot.* 3, 180-193.
- 1970: Floral initiation and development in New Zealand alpine plants. *N.Z.J.Bot.* 8, 67-75.
- MAYER P., 1903: *Z.Wiss.Miks.* 20, 409. In: SHARMA A.K. und SHARMA A., 1965: Chromosome techniques. Theory and practice. Butterworths, London. 475S.
- MCCARTHUR R.H. und WILSON E.O., 1967: The theory of island biogeography. Princeton Univ. Press. 203 S.
- MCNAUGHTON S.J., 1968: Autotoxic feedback in relation to germination and seedling growth in *Typha latifolia*. *Ecol.* 49, 367-369.
- MCPHERSON J.K. und MÜLLER C.H., 1969: Allelopathic effects of *Adenostoma fasciculatum*, "Chamise", in the California chaparral. *Ecol.Monogr.* 39, 177-198.
- MELCHERS G., 1932: Untersuchungen über Kalk- und Urgebirgspflanzen, besonders über *Hutchinsia alpina* (L.) R.Br. und *H. brevicaulis* Hoppe. *Oesterr. Bot.Zeitschr.* 81, 81.
- 1939: Genetik und Evolution. *Z.f.Induk.Abstamm.u.Vererb.* 76, 229-259.
- MILES J., 1973: Early mortality and survival of self-sown seedlings in Glenfersie, Inverness-Shire. *J.Ecol.* 61, 93-98.
- 1974: Experimental establishment of new species from seed in *Callunetum* in Northeast Scotland. *J.Ecol.* 62, 527-551.
- MIROV N.T., 1936: Germination behavior of some California plants. *Ecol.* 17, 662-672.
- MOONEY H.A. und BILLINGS W.D., 1961: Comparative physiological ecology of arctic and alpine populations of *Oxyria digyna*. *Ecol. Monogr.* 31, 1-29.
- MÜLLER G., 1977: Action de l'acide gibbérellique sur la germination des gentianes de la section *Cyclostigma*. *Bull.Soc.Neuchât.Sc.Nat.* 100, 121-126.
- MÜLLER P., 1955: Verbreitungsbiologie der Blütenpflanzen. *Veroff.Geobot. Inst. ETH, Stiftung Rübel* 30, 152 S.
- 1977: Verbreitungsbiologie der Blütenpflanzen. 2. Aufl. *Veröff. Geobot. Inst. ETH, Stiftung Rübel* 61, 226 S.
- PELTON J., 1956: A study of seed dormancy in eighteen species of high altitude Colorado plants. *Butler Univ.Bot.Stud.* 13, 74-84.
- PIANKA E.R., 1970: On r- and K-selection. *Amer.Nat.* 104, 592-597.
- PORSILD A.E., 1951: Plant life in the Arctic. *Can.Geogr.J.* 42, 120-145.
- RABOTNOV T.A., 1978: On coenopopulations of plants reproducing by seeds. In: FREYSEN A.H.J. und WOLDENDORP J.W. (Ed.), *Structure and functioning of plant populations.* North-Holland Publ.Co., Amsterdam, Oxford, New York, 1-26.

- RAVEN J. und WALTERS M., 1956: Mountain flowers. Collins, London. 240 S.
- ROLLIN P., 1956: Action de la lumière et de la température sur la germination des akènes de *Bidens tripartitus*. C.R.Acad.Sci. 243, 300-302.
- 1963: Influence de la lumière et de la température sur la germination. Thèse Doct.Sci.Nat., Paris. 182 S.
- 1966: La physiologie de la germination. C.D.U. ed., Paris. 64 S.
- 1968: La photosensibilité des graines. Bull.Soc.Franç.Physiol.Végét. 14, 47-63.
- SALISBURY E.J., 1942: The reproductive capacity of plants. Studies in quantitative biology. Bell Ltd., London. 244 S.
- SARUKHAN J., 1980: Demographic problems in tropical systems. In: SOLBRING O. T. (Ed.), Demography and evolution in plant populations. Bot. Monogr. 15, 161-188.
- SAYERS R.L. und WARD R.T., 1966: Germination responses in alpine species. Bot.Gaz. 127, 11-16.
- SNAYDON R.W. und BRADSHAW A.D., 1961: Differential responses to calcium within the species *Festuca ovina* L. N.Phytol. 60, 219-231.
- SCOTT D. und BILLINGS W.D., 1964: Effects of environmental factors on standing crop and productivity of an alpine tundra. Ecol.Monogr. 34, 243-270.
- SØRENSEN T., 1941: Temperature relations and phenology of the northeast Greenland flowering plants. Meddr.Grønland 125 (9), 1-305.
- SOYRINKI N., 1938: Studien über die generative und vegetative Vermehrung der Samenpflanzen in der alpinen Vegetation Petsamo-Lappland. I. Ann. Bot.Vanamo 11, 1-322.
- 1939: Studien über die generative und vegetative Vermehrung der Samenpflanzen in der alpinen Vegetation Petsamo-Lappland. II. Ann.Bot. Vanamo 14, 1-405.
- SCHOEDER E.M. und BARTON L.V., 1939: Germination and growth of some rock garden plants. Contr. Boyce Thompson Inst. 10, 235-255.
- SCHROETER C., 1926: Das Pflanzenleben der Alpen. Eine Schilderung der Hochgebirgsflora. 2. Aufl. Raustein, Zürich. 1288 S.
- SPOMER G.G., 1964: Physiological ecology studies of alpine cushions plants. PhysiolPlant. 17, 717-724.
- STEINBAUER G.P., 1937: Dormancy and germination of *Fraxinus* seeds. Plant Physiol. 12, 813.
- STRASBURGER E., JOST L. und KARSTEN G., 1911: Lehrbuch der Botanik. 11. Aufl. Fischer Verlag, Jena. 646 S.
- TEVIS L., 1958: Germination and growth of ephemerals induced by sprinkling a sandy desert. Ecol. 39, 681-683.
- THORNTON N.C., 1935: Factors influencing germination and development of dormancy in cocklebur seeds. Contr. Boyce Thompson Inst. 7, 477-496.
- TOOLE E.H., HENDRICKS S.B., BORTHWICK H.A. und TOOLE V.K., 1956: Physiology of seed germination. Ann.Rev.Plant Physiol. 7, 299-324.
- TRANQUILLINI W., 1957: Standortsklima, Wasserbilanz und CO₂-Gaswechsel junger Zirben (*Pinus cembra*) an der alpinen Waldgrenze. Planta 49, 612-661.
- 1964: The physiology of plants at high altitudes. Ann.Rev.Plant Physiol. 15, 345-362.
- URBANSKA-WORYTKIEWICZ K., SCHWANK O. und FOSSATI A., 1979: Variation within *Lotus corniculatus* L.s.l. from Switzerland. II. Reproductive behaviour of *Lotus alpinus* (DC) Schleicher. Ber.Geobot.Inst. ETH, Stiftung Rübél, 46, 62-85.

- VILLIERS T.A., 1972: Seed dormancy. In: KOZLOWSKI T.T. (Ed.), Seed biology. Vol. 2. Acad.Press Inc., New York and London. 220-281.
- 1975: Dormancy and survival of plants. Butler and Tanner Ltd, Frome and London. Studies in Biology 57. 68 S.
- und WAREING P.F., 1964: Dormancy in fruits of *Fraxinus excelsior*. J. Exp.Bot. 15, 359.
- VOGLER P., 1901: Ueber die Verbreitungsmittel der schweizerischen Alpenpflanzen. Flora 89 (Ergänzungsband). 137 S.
- WAGER H.G., 1938: Growth and survival of plants in the Arctic. J.Ecol. 26, 390-410.
- WAREING P.F. und FONDA H.A., 1956: The possible role of growth inhibitors in the dormancy of seed of *Xanthium* and lettuce. Nature 178, 908.
- und SAUNDERS P.F., 1971: Hormones and dormancy. Am.Rev.Plant Physiol. 22, 261-288.
- WEBB L.J., TRACEY J.G. und HAYDOCK K.P., 1967: A factor toxic to seedlings of the same species associated with living roots of the non-gregarious subtropical rain forest tree *Grevillea robusta*. J.Appl.Ecol. 4, 13-25.
- WEILENMANN K., 1980 (unveröff.): Bedeutung der Keim- und Jungpflanzenphase für alpine Taxa verschiedener Standorte. Diplomarbeit am Geobot. Inst. ETH, Stiftung Rübel. 133 S.
- WILLIAMS J.T., 1969: Biological flora of the British Isles: *Chenopodium rubrum* L. J.Ecol. 57, 831-841.
- und HARPER J.L., 1965: Seed polymorphism and germination. I. The influence of nitrates and low temperatures on the germination of *Chenopodium album*. Weed Research 5, 141-150.
- ZIMMERMANN W., 1939: Genetische Untersuchungen an *Pulsatilla*. IV. Die Entwicklung des *Pulsatilla*-Blattes als Grundlage für die Blattgenetik. Flora 33, 417-492.
- ZOLLITSCH L., 1927: Zur Frage der Bodenstetigkeit alpiner Pflanzen unter besonderer Berücksichtigung des Aziditäts- und Konkurrenzfaktors. Flora 22, 93-158.
- ZUBER E., 1968: Pflanzensoziologische und ökologische Untersuchungen an Strukturrasen (besonders Girlandenrasen) im Schweizerischen Nationalpark. Diss. Univ. Zürich. 158 S.