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

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

Band: 48 (1980)

Artikel: Bedeutung der Keim- und Jungpflanzenphase für alpine Taxa verschiedener Standorte = Importance of germination and first developmental phases of alpine taxa from various habitats

Autor: Weilenmann, Katharine

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-377705

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: 16.07.2025

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

Ber.Geobot.Inst.ETH, Stiftung Rübel, *48* (1981), 68-119.

Bedeutung der Keim- und Jungpflanzenphase für alpine Taxa verschiedener Standorte*

Importance of germination and first developmental phases of alpine taxa from various habitats

von

Katharine WEILENMANN

Inhalt

1. Einleitung und Problemstellung

2. Material und Methoden

3. Resultate
   3.1. Versuche ohne Vorbehandlung
      3.1.1. Keimverhalten der untersuchten Arten
      3.1.2. Lebensfähigkeit der Samen über mehrere Jahre
      3.1.3. Keimung auf Versuchsböden im Gewächshaus
   3.2. Versuche mit Vorbehandlung
   3.3. Entwicklung der Jungpflanzen auf Versuchsböden im Gewächshaus

4. Diskussion

Zusammenfassung - Summary

Literatur

---

* Die Veröffentlichung ist die abgekürzte Form der Diplomarbeit, deren vollständiges Manuskript sich in der Bibliothek des Geobotanischen Institutes, ETH, Stiftung Rübel, Zürich, befindet.

1. Einleitung und Problemstellung

Die extremen Bedingungen alpiner Standorte fordern von den Pflanzen die verschiedensten Anpassungsmechanismen, um überleben zu können. Es wird vermutet, dass sie schon in der Keim- und Jungpflanzenphase eine grosse Rolle spielen und danach das Aufwachsen oder Sterben der Keimlinge bestimmen.

Allgemein ist jedoch das Keimverhalten wie auch die Entwicklung der Jungpflanzen bei alpinen Taxa noch wenig erforscht. So stammen einige Angaben von AMEN (1966), der das Keimverhalten verschiedener alpiner Arten der Rocky Mountains untersuchte. Entsprechende Literaturangaben aus den Alpen finden sich nur vereinzelt, so z.B. von LüDI (1932). Genauer beschäftigte sich FOSSATI (1976, 1979, 1980) mit der Keimung und Frühentwicklungsphase von Alpenpflanzen. In seinen Arbeiten wurden auch die wichtigsten Begriffe dieses Problemkreises, wie z.B. Keimruhe, diskutiert. Mit der vorliegenden Arbeit wurde versucht, mehr zur Erforschung der Keim- und Jungpflanzenphase von Alpenpflanzen beizutragen v.a. mit weiteren Erkenntnissen über die ökologische Genetik der alpinen Arten, aber auch mit praktischen Hinweisen zur Lagerung der Samen und zur Anzucht der Pflanzen. Es wurden drei Aspekte ausgewählt und näher untersucht:

A. Durch Keimversuche mit Samen verschiedenen Alters sollten Anhaltspunkte über die Lebensfähigkeit und das Keimverhalten von Samen mit zunehmendem Alter erhalten werden. Die Lebensdauer der Samen stellt einen wichtigen Faktor bei der Bildung von Samenreserven im Boden dar; sie spielt somit oft eine entscheidende Rolle bei der Erneuerung und/oder Verjüngung einer Population.

B. Das Keimverhalten einzelner, an unserem Institut noch nicht untersuchten Arten wurde in verschiedenen Versuchsserien genauer studiert.

C. Die Entwicklung von Jungpflanzen auf zwei alpinen Bodentypen (Karbonat und Silikat) wurde verfolgt. Zusätzlich wurden noch einige Beobachtungen über die Entwicklung der Jungpflanzen von *Biscutella levigata* auf Serpentin durchgeführt. Jungpflanzen stellen das empfindlichste Stadium im Pflanzenleben dar; ihre Entwicklung wird von allen Standortsfaktoren stark beeinflusst. Ein solcher Faktorenkomplex ist der Chemismus des Bodens.

Die vorliegende Arbeit wurde am Geobotanischen Institut der ETH, Stiftung Rübel, ausgeführt, unter der Leitung von Herrn Prof. Dr. E. Landolt und Frau Prof. Dr. K. Urbanska, denen ich an dieser Stelle meinen herzlichen Dank aussprechen möchte. Ferner möchte ich allen Institutsangehörigen, die mir bei der Arbeit geholfen haben, danken; ganz besonders aber Herrn Dr. A. Fossati für seine tatkräftige Unterstützung in allen Bereichen der Arbeit und Herrn A. Graf, Frau A. Hegi, Herrn E. Schäffer, Herrn M. Seidl und Frau M. Siegl für ihre Mitarbeit in Labor und Gewächshaus. Frau Prof. K. Urbanska möchte ich danken für Ihre Unterstützung bei der Veröffentlichung.

2. Material und Methoden

Für die Keimversuche wurden im September und Oktober 1979 Samen und Früchte verschiedener Arten der Gegend von Davos (Strela, Parsennhütte) von etwa 2300 - 2400 m ü.M. gesammelt (Tab. 1). Die Samen wurden nach der Ernte etwa zwei Wochen getrocknet und danach in Glasbehälter bei 4°C im Kühlschrank aufbewahrt.

Um die Keimfähigkeit der Samen zu prüfen, wurden diese zu je 25 in Petrischalen auf feuchtem Fliesspapier in der Klimakammer bei 20°C Tagestemperatur (während 13 Stunden), 10°C Nachttemperatur (während 11 Stunden) und 80% Luftfeuchtigkeit inkubiert. In jedem Versuch wurden zwei Petrischalen inkubiert und von diesen 50 Samen die prozentuale Keimungsrate berechnet. Dabei wurde eine Schale als gekeimt betrachtet sobald die Radicula von Auge sichtbar die Samenschale durchstossen hatte.

In einigen Serien wurden die Samen vorbehandelt. Es wurden folgende Behandlungsmethoden angewendet:

a) Skarifikation:
- chemisch: mit konzentrierter Schwefelsäure (H_2SO_4)
- mechanisch: mit Klinge ($Skar_{KL}$), z.T. an bestimmten Stellen des Samens, wie in der Nähe der Radicula oder am Hilum
- mit Glaspapier ($Skar_{GP}$)

b) Hormonbehandlung mit Gibberellinsäure (GA_3): Die mit Gibberellinsäure behandelten Samen wurden sechs Tage vor Versuchsbeginn in einer wässerigen Lösung von Gibberellinsäure ($5x10^{-3}$ Mol/l) vorinkubiert, wobei die Gibberellinsäure nach drei Tagen erneuert wurde.

Um die Keimung und Entwicklung von Jungpflanzen auf verschiedenen Böden miteinander zu vergleichen, wurden je 100 unbehandelte Samen in Schalen (50 x 35 x 6 cm) im Gewächshaus ausgesät. Die Schalen waren gefüllt mit 10 mm gesiebter Silikat-, Karbonat- und Serpentin-Erde, von den gleichen Orten, wo die Samen geerntet worden waren.

Tabelle 1. Untersuchte Arten, geordnet nach HESS, LANDOLT und HIRZEL (1967-1972). (Gilt für alle weiteren Tabellen)

Table 1. Studied taxa arranged after HESS, LANDOLT and HIRZEL (1967-1972).

Pflanzen von Silikat:	*Anthoxanthum odoratum*	*Soldanella pusilla*
	Silene acaulis	*Primula integrifolia*
	Sagina linnaei	*Gentiana kochiana*
	Ranunculus montanus	*Myosotis alpestris*
	R. grenierianus	*Veronica alpina*
	Potentilla aurea	*Homogyne alpina*
	Trifolium alpina	*Gnaphalium supinum*
Pflanzen von Karbonat:	*Sesleria coerulea*	*Hutchinsia alpina*
	Carex firma	*Arabis coerulea*
	C. mucronata	*A. pumila*
	C. parviflora	*Dryas octopetala*
	C. sempervirens	*Oxytropis jacquinii*
	Rumex nivalis	*Ligusticum mutellina*
	Silene acaulis	*Primula auricula*
	Sagina linnaei	*Gentiana clusii*
	Ranunculus montanus	*Myosotis alpestris*
	Biscutella levigata	
Pflanzen von Serpentin:	*Biscutella levigata*	

3. Resultate

3.1. *Versuche ohne Vorbehandlung*

3.1.1. *Keimverhalten der untersuchten Arten*

Keimungsraten (Tab. 2). - Die meisten der 34 untersuchten Sippen keimten mit einer mittleren Keimungsrate unter 50%, wobei die Sippen von Silikat den grösseren Anteil stellten. Fünf Sippen keimten gar nicht. Einige Sippen keim-

Tabelle 2. Keimungsraten der 28 untersuchten Arten am letzten Versuchstag. Ernte: Herbst 1979; Versuchsbeginn: Januar 1980; Versuchsdauer: 100 Tage.

Table 2. Germination rate in the 28 investigated species, calculated for the last day of the germination test. Harvest: autumn 1979; beginning of the test: January 1980; observation period: 100 days.

	Pflanzen von Silikat		Pflanzen von Karbonat
0%	*Ranunculus montanus*	0%	*Carex parviflora*
0%	*Gentiana kochiana*	0%	*Ligusticum mutellina*
2%	*Ranunculus grenierianus*	0%	*Gentiana clusii*
18%	*Trifolium alpinum*	2%	*Ranunculus montanus*
22%	*Potentilla aurea*	2%	*Arabis coerulea*
22%	*Gnaphalium supinum*	2%	*Primula auricula*
24%	*Primula integrifolia*	8%	*Carex mucronata*
26%	*Homogyne alpina*	24%	*Carex firma*
34%	*Anthoxanthum odoratum*	34%	*Carex sempervirens*
44%	*Silene acaulis I* *	44%	*Silene acaulis*
64%	*Silene acaulis II* *	48%	*Hutchinsia alpina*
68%	*Myosotis alpestris*	50%	*Oxytropis jacquinii*
100%	*Sagina linnaei*	56%	*Biscutella levigata*
100%	*Soldanella pusilla*	60%	*Rumex nivalis*
100%	*Veronica alpina*	68%	*Myosotis alpestris*
		98%	*Sesleria coerulea*
		100%	*Sagina linnaei*
		100%	*Dryas octopetala*

Biscutella levigata von Serpentin keimte zu 42%

* Von *Silene acaulis* wurden Samen von zwei verschiedenen Standorten auf Silikat geerntet: *Silene acaulis I* von Chilcherberg, *Silene acaulis II* von Dorftälli.

ten sehr gering mit einer Keimungsrate von 2 - 8% (mehr Sippen von Karbonat als von Silikat). Ein Fünftel aller Sippen keimte gut (50-68%) bzw. sehr gut (98-100%); bei den Sippen mit guter Keimung überwogen diejenigen von Karbonat um wenig, bei denjenigen mit guter Keimung waren die Anteile der Sippen beider Bodentypen etwa gleich.

Keimverlauf (Tab. 3). - Die meisten untersuchten Arten keimten in der ersten Versuchshälfte; die schnellkeimenden Sippen wurden v.a. durch Arten von Karbonat repräsentiert (Abb. 1). Es ist aber zu bemerken, dass wenige Arten von Silikat die dieses Keimverhalten aufwiesen, besonders rasch keimten: so hatten nach 11 Versuchstagen alle Samen von *Sagina linnaei* gekeimt, nach 18 Tagen

Tab. 3. Keimverlauf bei den untersuchten Arten während der 100 Tage Versuchsperiode.

Table 3. Course of germination in the studied species within 100-day-test.

1. Keimung v.a. in der ersten Versuchshälfte		
Pflanzen von Silikat:	*Sagina linnaei*	*Veronica alpina*
	Soldanella pusilla	*Homogyne alpina*
Pflanzen von Karbonat:	*Sesleria coerulea*	*Biscutella levigata*
	Carex firma	*Hutchinsia alpina*
	Carex sempervirens	*Dryas octopetala*
	Rumex nivalis	*Myosotis alpestris*
	Sagina linnaei	
Pflanzen von Serpentin:	*Biscutella levigata*	
2. Keimung v.a. in der zweiten Versuchshälfte		
Pflanzen von Silikat:	*Potentilla aurea*	
	Trifolium alpinum	
3. Keimung über die ganze Versuchszeit verteilt		
Pflanzen von Silikat:	*Anthoxanthum odoratum*	*Primula integrifolia*
	Silene acaulis I	*Myosotis alpestris*
	Silene acaulis II	*Gnaphalium supinum*
Pflanzen von Karbonat:	*Oxytropis jacquinii*	
	Silene acaulis	

die Samen von *Veronica alpina* und nach 32 Tagen die Samen von *Soldanella pusilla*. Bei anderen Arten von Silikat wurde die Keimung manchmal in der zweiten Versuchshälfte konzentriert (Abb. 2), meistens jedoch auf die ganze Versuchszeit verteilt (Abb. 3).

Bodenabhängigkeit. - Fünf Arten wurden auf je zwei verschiedenen Bodentypen geerntet: *Ranunculus montanus* s.l., *Silene acaulis*, *Biscutella levigata*, *Myosotis alpestris* und *Sagina linnaei*. Es wurden keine unterschiedlichen Keimungsraten bei den Samen festgestellt, die an Mutterpflanzen auf den verschiedenen Böden reiften. Die Samen beider Sippen keimten in allen fünf Fällen sehr ähnlich oder genau gleich (Tab. 1). Das Keimverhalten der Sippen von zwei verschiedenen Bodentypen entsprach meistens vollständig dem Keimverlauf (z.B. *Biscutella levigata*, Abb. 4). Nur bei *Myosotis alpestris* keimten die Samen von Silikat in regelmässigen Abständen, während die Samen

von Karbonat vorwiegend zwischen dem 10. und 25. Versuchstag keimten, gefolgt von zwei weiteren, kleineren Keimungsschüben (Abb. 5). Bei *Silene acaulis* keimten die Samen von Karbonat und diejenigen der einen Sippe von Silikat (Chilcherberg) gleich gut und mit ähnlichem Keimverlauf während der ganzen Versuchszeit; die Samen der zweiten Probe von Silikat (Dorftälli) keimten ebenfalls in beiden Versuchshälften, jedoch konzentriert in je einem Keimungsschub (Abb. 6).

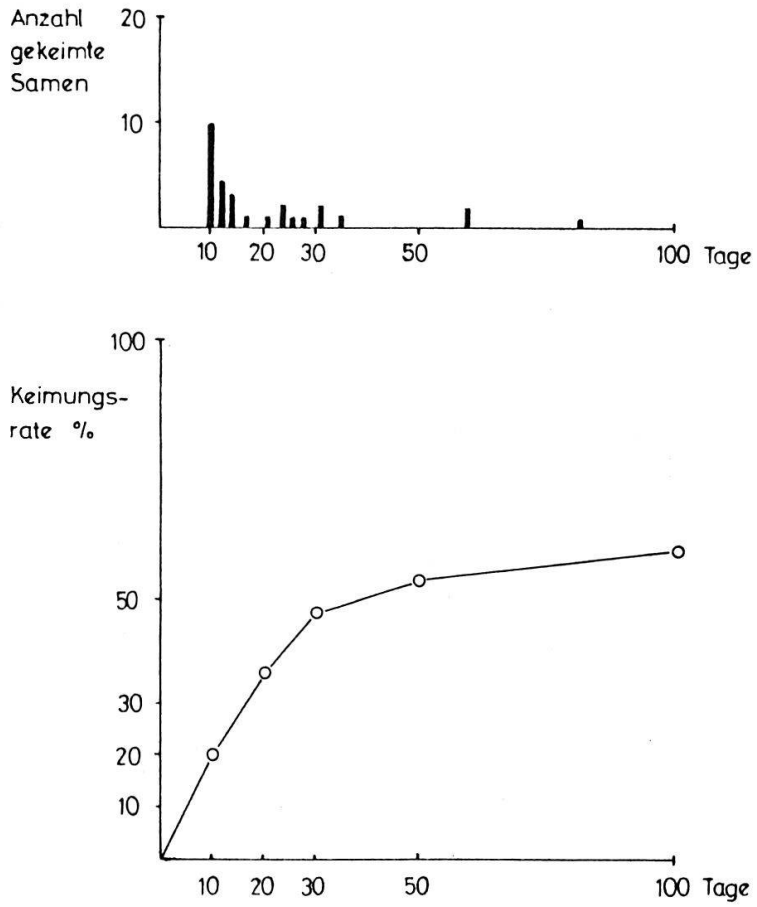


Abb. 1. *Rumex nivalis*: eine schnell keimende Art.

Fig. 1. Rumex nivalis: a fast germinating species.

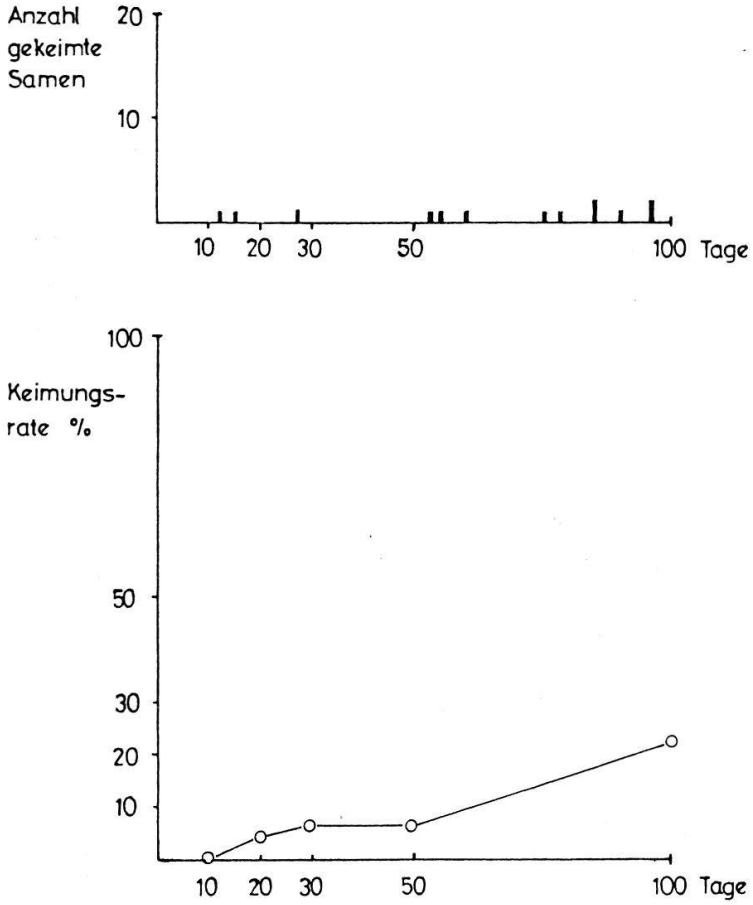


Abb. 2. *Potentilla aurea*: eine verzögert keimende Art.

Fig. 2. Potentilla aurea: a slowly germinating species.

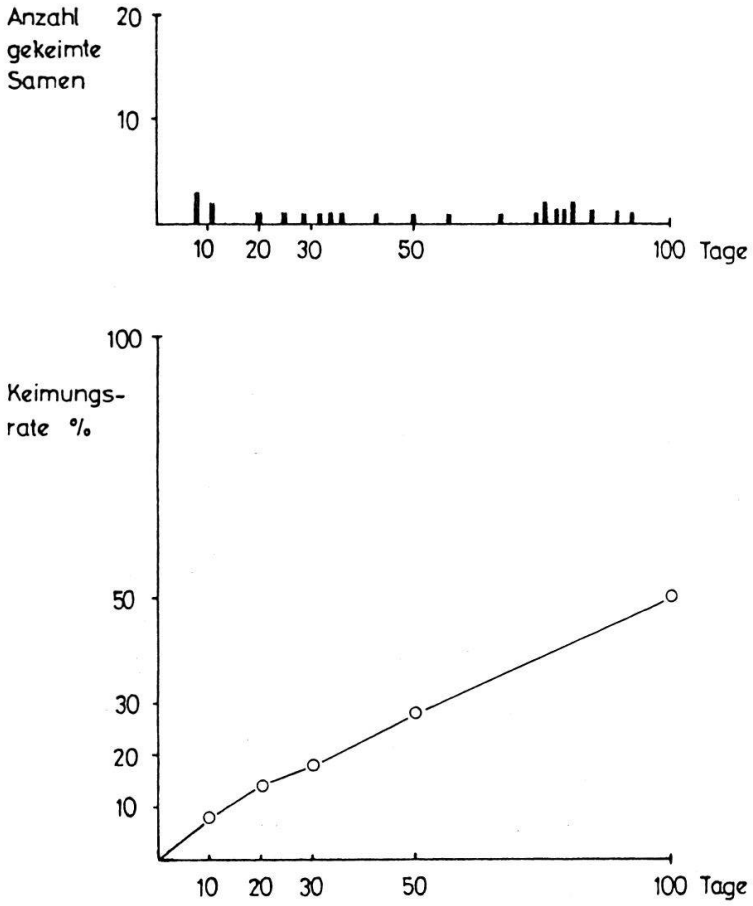


Abb. 3. *Oxytropis jacquinii*: eine regelmässig keimende Art.

Fig. 3. Oxytropis jacquinii: a regularly germinating species.

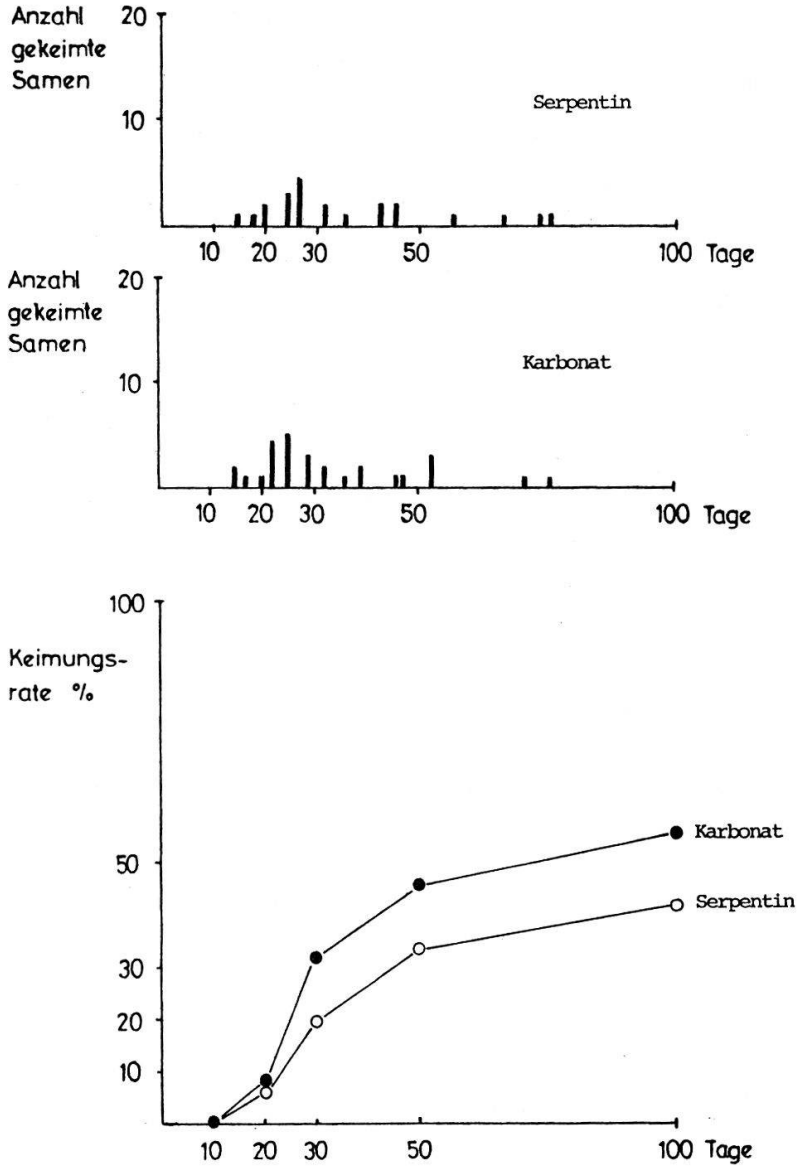


Abb. 4. *Biscutella levigata*: sich entsprechender Keimverlauf bei Samen von Karbonat und Serpentin.

Fig. 4. Biscutella levigata: similar course of germination in seed samples from carbonate and serpentine.

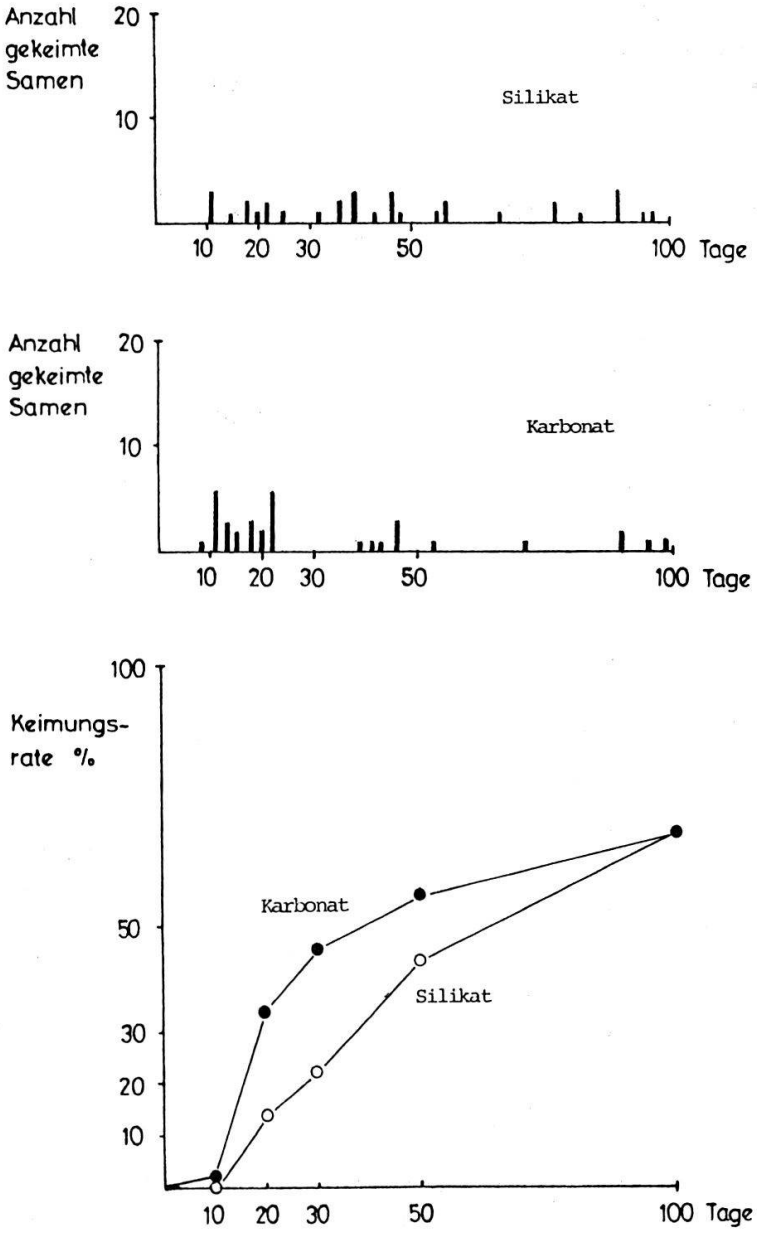


Abb. 5. *Myosotis alpestris*: unterschiedlicher Keimverlauf bei Samen von Silikat und Karbonat.

Fig. 5. Myosotis alpestris: differences in course of germination in seed samples from silicate and carbonate.

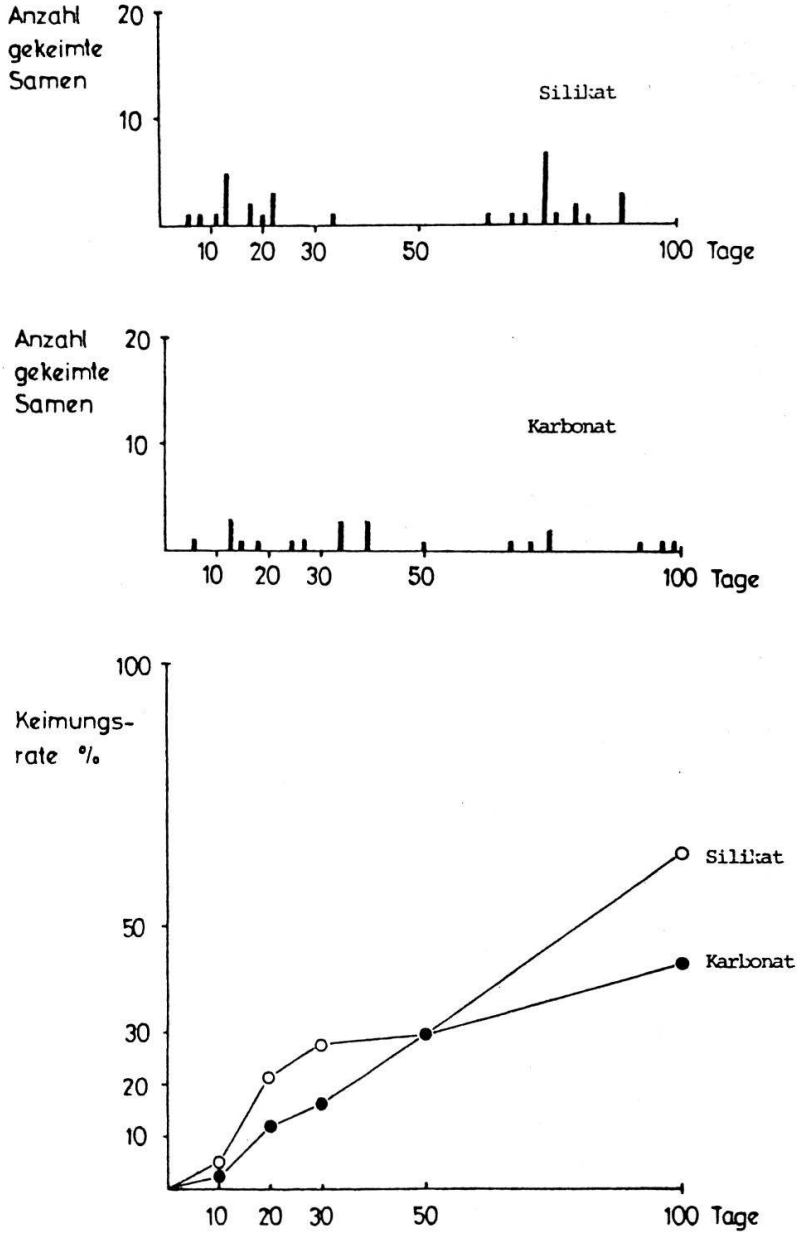
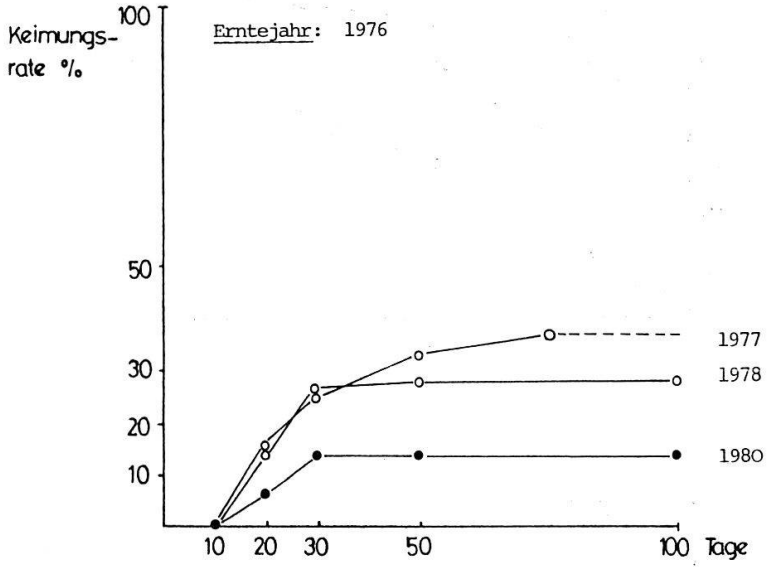


Abb. 6. *Silene acaulis*: Keimverhalten bei Samen von Silikat (Dorftälli) und Karbonat.

Fig. 6. Silene acaulis: differences in germinating behaviour of seed samples from silicate (Dorftälli) and carbonate.

3.1.2. *Lebensfähigkeit der Samen über mehrere Jahre*

Bei einzelnen Arten wurde das Keimverhalten von früher (1975-1978) geernteten Samen über mehrere Jahre verfolgt, um Aufschluss über die Lebensfähigkeit der



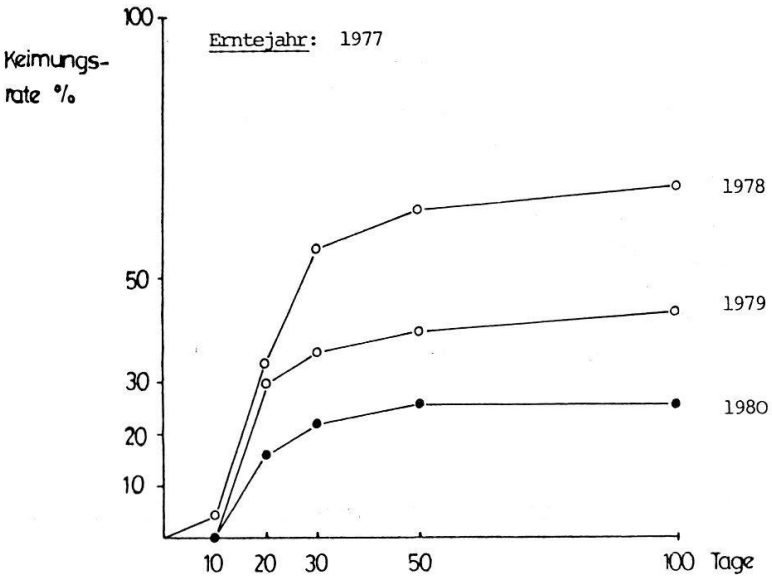
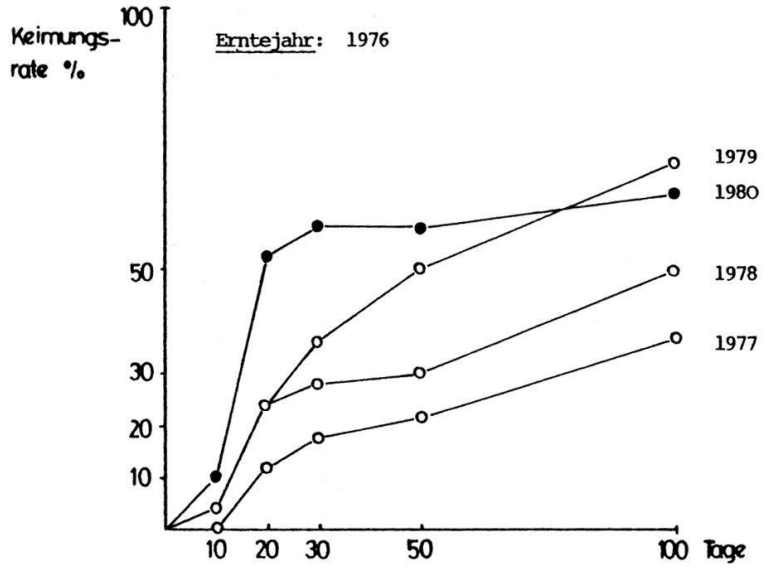


Abb. 7. *Soldanella pusilla*: abnehmende Keimfähigkeit bei zunehmendem Alter der Samen.

Fig. 7. Soldanella pusilla: decreasing germinating of the seeds with increasing seed age.



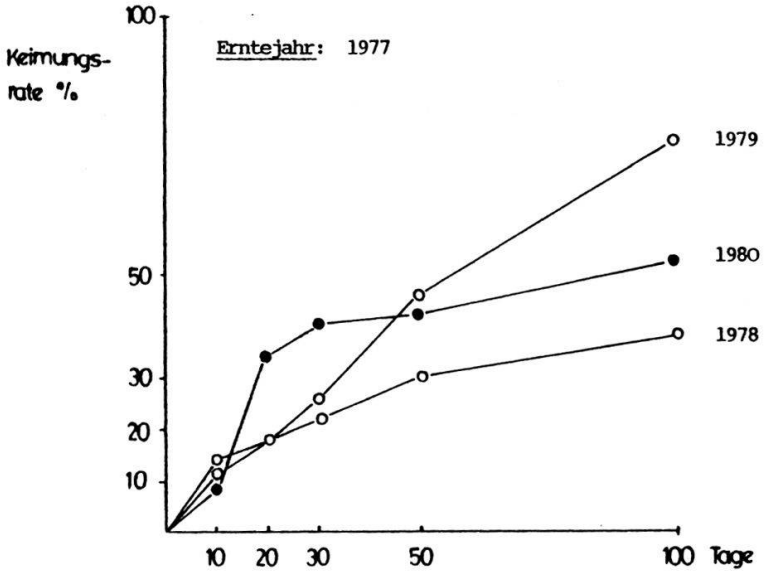
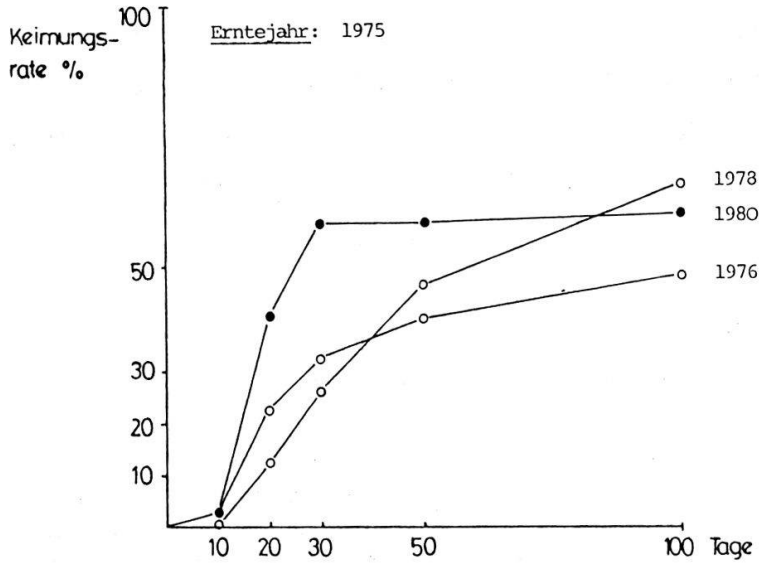


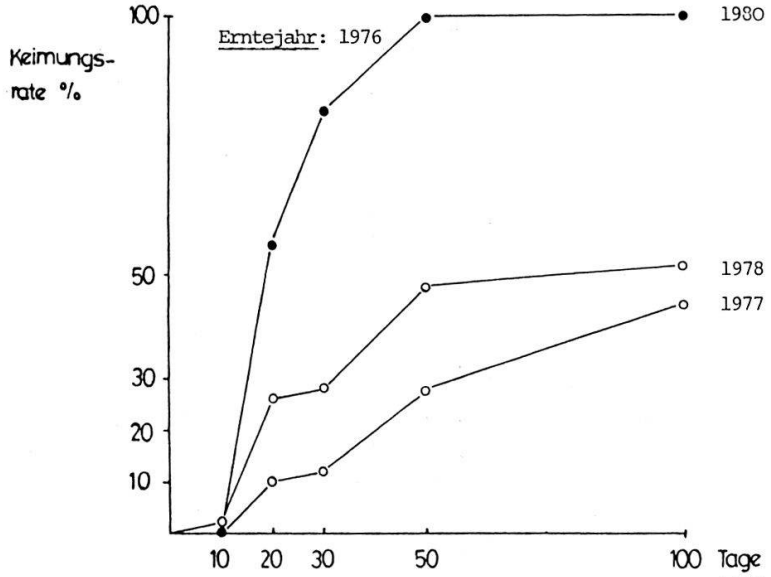
Abb. 8. *Hutchinsia alpina*: zunehmende Keimfähigkeit mit zunehmendem Alter der Samen.

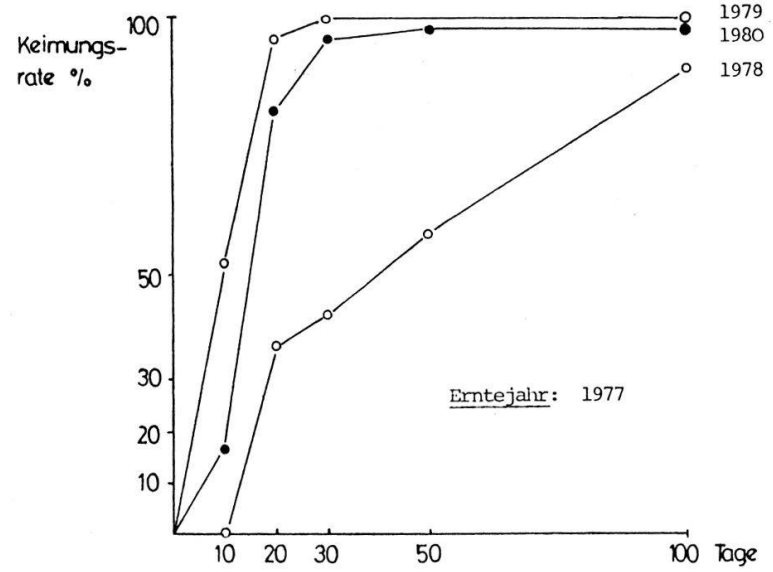
Fig. 8. Hutchinsia alpina: increasing germinability of the seeds with increasing seed age.

Abb. 9. *Dryas octopetala*: zunehmende Keimfähigkeit mit zunehmendem Alter der Samen.

Fig. 9. Dryas octopetala: increasing germinability of the seeds with increasing seed age.


Keimungs-
rate %
100
Erntejahr: 1975
1978
1980
1976
50
30
20
10
10 20 30 50 100 Tage


Keimungs-
rate %
100
Erntejahr: 1976
1980
1978
1977
50
30
20
10
10 20 30 50 100 Tage


Keimungs-
rate %
100
1979
1980
1978
50
30
20
10
Erntejahr: 1977
10 20 30 50 100 Tage

Samen mit zunehmendem Alter zu erhalten, wobei die Samen im Kühlschrank bei 4°C trocken gelagert wurden. Die Angaben von Versuchen aus früheren Jahren stammen von FOSSATI (1980). Sie wurden mit den Resultaten vom Januar 1980 verglichen. Alle Versuche wurden jeweils im Januar durchgeführt.

Tab. 4. Keimverhalten mit zunehmendem Samenalter

Table 4. Germinating behaviour with increasing seed age

Keimverhalten	Art	Ernte	Keimungsrate (%) nach 100 Tagen 1976	1977	1978	1979	1980
Keimung konstant fehlend	*Gentiana kochiana*	1975	0	-	0	0	0
		1977			0	0	0
		1978				0	0
	Gentiana clusii	1975	0	-	0	0	0
		1977			0	0	0
		1978				0	0
Keimung konstant gut	*Sagina linnaei*	1978				100	100
Keimfähigkeit abnehmend	*Carex firma*	1978				16	2
	Soldanella pusilla	1976		37*	28	-	14
		1977			68	44	26
Keimfähigkeit zunehmend	*Hutchinsia alpina*	1976		37	50	70	64
		1977			38	76	52
	Arabis coerulea	1978				0	6
	Dryas octopetala	1975	48	-	66	-	60
		1976		45	52	-	100
		1977			90	100	98
Keimung unregelmässig	*Sesleria coerulea*	1976		95	66	28	90
		1977			50	-	96
		1978				66	50
	Carex sempervirens	1976		67	56	62	24
		1977			42	-	54
		1978				14	12
	Gnaphalium supinum	1975	80	-	62	86	38
		1977			44	-	36
		1978				54	30

* Versuchsdauer: 75 Tage

Die Samen von *Soldanella pusilla* zeigten in zwei aufeinanderfolgenden Ernten eine deutliche Abnahme der Keimfähigkeit mit zunehmendem Alter (Abb. 7).

Im Gegensatz dazu nahm die Keimfähigkeit der Samen von *Hutchinsia alpina* während vier-, bzw. dreijähriger Lagerung zu. Die schon anhand der Keimungsrate sichtbare Tendenz wird durch den Keimungsverlauf noch verdeutlicht (Abb. 8). Ebenfalls verbessert wurde die Keimfähigkeit der Samen von *Dryas octopetala*, am deutlichsten bei denjenigen der Ernte 1976 (Abb. 9).

Keine entsprechende Tendenz des Keimverhaltens bei zunehmendem Samenalter liess sich bei *Sesleria coerulea, Carex sempervirens* und *Gnaphalium supinum* erkennen, während *Sagina linnaei* von Karbonat unvermindert hoch und die beiden *Gentiana*-Arten auch nach fünfjähriger Lagerung gar nicht keimten.

3.1.3. *Keimverhalten auf Versuchsböden im Gewächshaus*

Von den insgesamt 16 auf verschiedenen Böden ausgesäten Arten keimten *Ranunculus montanus, R. grenierianus, Ligusticum mutellina* und *Primula auricula* bis zum Versuchsende nach 170 Tagen gar nicht, was mit deren Keimverhalten auf Fliesspapier übereinstimmte (Keimungsrate 0 bzw. 2% nach 100 Versuchstagen, vgl. Tab. 2).

Allgemein war die Keimungsrate auf den Versuchsböden deutlich tiefer als auf Fliesspapier nach einer Versuchszeit von je 100 Tagen. Eine Ausnahme bildete nur *Trifolium alpinum*, dessen Samen auf Karbonat etwas besser keimten als im Labor nach 100 Tagen. Nur um wenig schlechter als auf Fliesspapier keimten die Samen von *Silene acaulis, Oxytropis jacquinii* und *Homogyne alpina*.

Bodenabhängigkeit. - Die meisten Arten keimten offenbar unabhängig vom Bodenchemismus auf Silikat und Karbonat etwa gleich. Von denjenigen Arten, bei denen die Keimung durch den Boden beeinflusst sein könnte, keimten die meisten besser auf Silikat, auch wenn sie von Karbonat geerntet worden waren. So keimten *Silene acaulis* und *Primula integrifolia* von Silikat schlechter oder gar nicht auf Karbonat, ebenso *Carex parviflora, Silene acaulis* und *Sagina linnaei* von Karbonat. Nur bei *Myosotis alpestris* von Karbonat war die Keimung besser auf Karbonat als auf Silikat.

Die Samen von *Biscutella levigata* keimten deutlich schlechter auf Serpentin als auf Karbonat und Silikat, auch wenn sie auf Serpentin geerntet worden waren.

Tab. 5. Keimungsraten (KR) auf Versuchsböden nach 170 bzw. 100 Tagen, verglichen mit den entsprechenden Ergebnissen auf Fliesspapier.

Table 5. Germination rates (KR) in carbonate, silicate and serpentine, calculated for 100 and 170 days, respectively, and compared with the corresponding rates obtained in moist blotting paper test.

Arten	Ernte-boden	Versuchs-Keimböden	KR (%) nach 170 Tagen	KR (%) nach 100 Tagen	KR (%) nach 100 Tagen auf Fliesspapier
Anthoxanthum odoratum	Silikat	Karbonat	26	12	34
		Silikat	20	5	
Carex mucronata	Karbonat	Silikat	0	0	8
		Karbonat	1	0	
Carex parviflora	Karbonat	Silikat	8	0	0
		Karbonat	1	0	
Silene acaulis	Karbonat	Silikat	51	30	44
		Karbonat	23	10	
	Silikat	Karbonat	27	3	44/64
		Silikat	41	25	
Sagina linnaei	Karbonat	Silikat	48	34	100
		Karbonat	11	8	
	Silikat	Karbonat	42	32	100
		Silikat	34	30	
Biscutella levigata	Karbonat	Serpentin	3	3	
		Silikat	13	6	56
		Karbonat	9	6	
	Serpentin	Karbonat	20	16	
		Silikat	21	14	42
		Serpentin	3	3	
Potentilla aurea	Silikat	Karbonat	19	3	22
		Silikat	13	4	
Trifolium alpinum	Silikat	Karbonat	31	19	18
		Silikat	26	15	
Oxytropis jacquinii	Karbonat	Silikat	56	28	50
		Karbonat	69	36	
Primula integrifolia	Silikat	Karbonat	0	0	24
		Silikat	7	2	
Myosotis alpestris	Karbonat	Silikat	26	24	68
		Karbonat	41	29	
	Silikat	Karbonat	40	19	68
		Silikat	52	37	
Homogyne alpina	Silikat	Karbonat	36	18	26
		Silikat	26	13	

3.2. *Versuche mit Vorbehandlung*

Bei elf Arten wurde versucht, durch Skarifikation und/oder Gibberellinsäurevorbehandlung die Keimungsrate zu erhöhen, oder die Keimung auszulösen (Tab. 6). In jedem Versuch wurde gleichzeitig eine Kontroll-Serie mit unbehandelten Samen (OB, ohne Behandlung) inkubiert.

Die erfolgreichste Vorbehandlung war die *mechanische Skarifikation mit einer Klinge*, was bei drei Arten eine sehr deutliche Verbesserung der Keimung verursachte. Am wirkungsvollsten war diese Methode bei *Carex parviflora*, wo nach einer Skarifikation in der Nähe der Radicula 94% der Samen nach 30 Versuchstagen keimten, gegenüber keiner Keimung bei unbehandelten Samen. Offensichtlich hat aber eine Skarifikation - mechanisch oder chemisch -, bei der die Testa an einem beliebigen Ort verletzt wurde, nicht annähernd so viel Erfolg; entscheidend ist für *Carex parviflora* eine Verletzung der Samenschale in der Nähe der Radicula (Abb. 10). Ein ähnliches Verhalten, jedoch weniger deutlich, zeigte auch *Carex firma* (Abb. 11).

Bei *Trifolium alpinum* keimten die Samen nach einer Skarifikation am Samenrükken oder nach der Entfernung des Hilums vollständig, und zwar innerhalb von sechs Tagen (Abb. 12). Bei ziemlich tief angeritzten Samen wurde der Embryo sogar nach zwölf Stunden noch weiss herausgestossen, wobei er anschliessend ergrünte und wuchs. Von der Kontrollserie keimten nach 100 Tagen nur 30% der Samen. Bei *Trifolium alpinum* schien der Ort der Skarifikation unbedeutend zu sein.

Ebenfalls vollständig keimten die Samen von *Homogyne alpina* innerhalb 50 Tagen nach einer Skarifikation in der Nähe der Radicula. Zudem wurde die Keimung durch die Vorbehandlung stark beschleunigt, so dass nach zehn Tagen schon 76% der Samen gekeimt hatten (Abb. 13). Beschleunigt wurde die Keimung von *Homogyne alpina* auch nach anderen Vorbehandlungsmethoden, wie Skarifikation mit Glaspapier, chemische Skarifikation und Gibberellinsäure. Davon konnte hingegen nur durch Gibberellin die mit 52% nach 100 Tagen schon ziemlich hohe Keimungsrate der unbehandelten Samen erhöht werden, und zwar auf 76%. Nach einer Vorbehandlung mit Glaspapier oder Schwefelsäure war die Keimungsrate mit 24%, bzw. 26%, nach ebenfalls 100 Tagen, tiefer als bei der Kontrollserie.

Tab. 6. Keimverhalten nach einer Vorbehandlung der Samen (Versuchszeit: 50 Tage)

Table 6. Germinating behaviour after pretreatment of the seeds (Observation period: 50 days)

Arten	$Skar_{KL}$			$Skar_{GP}$	H_2SO_4	GA_3	Komb.
	Testa	Radicula	Hilum				
Anthoxanthum odoratum		+		-	+	(+)	++
Carex firma	(+)	+		-	+	-	-
Carex mucronata	(+)				(+)*	(+)	
Carex parviflora	(+)	+++		+	+	(+)*	
Arabis coerulea	+	+		++		++	-
Arabis pumila				+		+	-
Trifolium alpinum	+++		+++				
Ligusticum mutellina		-		-	-	-	
Primula auricula				++		+++	
Primula integrifolia	+			+		+	-
Homogyne alpina		+++		+	+	++	

* nach 100 Versuchstagen (nach 50 Tagen noch keine Keimung)

$Skar_{KL}$ (Testa) Skarifikation mit der Klinge an der Testa

$Skar_{KL}$ (Radicula) Skarifikation mit der Klinge in der Nähe der Radicula

$Skar_{KL}$ (Hilum) Skarifikation mit der Klinge am Hilum

$Skar_{GP}$ Skarifikation mit Glaspapier

H_2SO_4 chemische Skarifikation mit konz. Schwefelsäure

GA_3 Behandlung mit Gibberellinsäure

komb. kombinierte Vorbehandlung

Anthoxanthum odoratum, *Carex firma* } $Skar_{KL}$ (Radicula) + GA_3

Arabis coerulea, *Arabis pumila*, *Primula integrifolia* } $Skar_{GP}$ + GA_3

\- keine Verbesserung der Keimung

(+) sehr geringe, undeutliche Verbesserung der Keimung

\+ geringe aber deutliche Verbesserung der Keimung

++ gute Verbesserung der Keimung

+++ sehr gute Verbesserung der Keimung

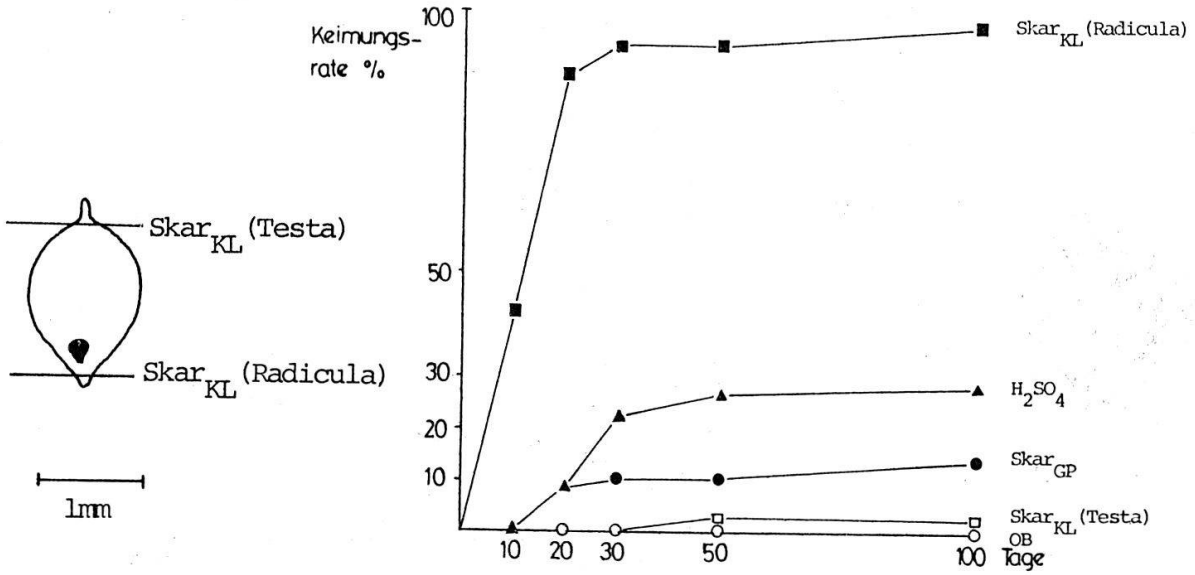


Abb. 10. *Carex parviflora*: Keimverhalten nach verschiedenen Vorbehandlungen. Links: Samenanatomie und Skarifikationsstellen.

Fig. 10. Carex parviflora: germinating behaviour after various pretreatments. Left: seed anatomy. Scarified parts of the seed marked with lines.

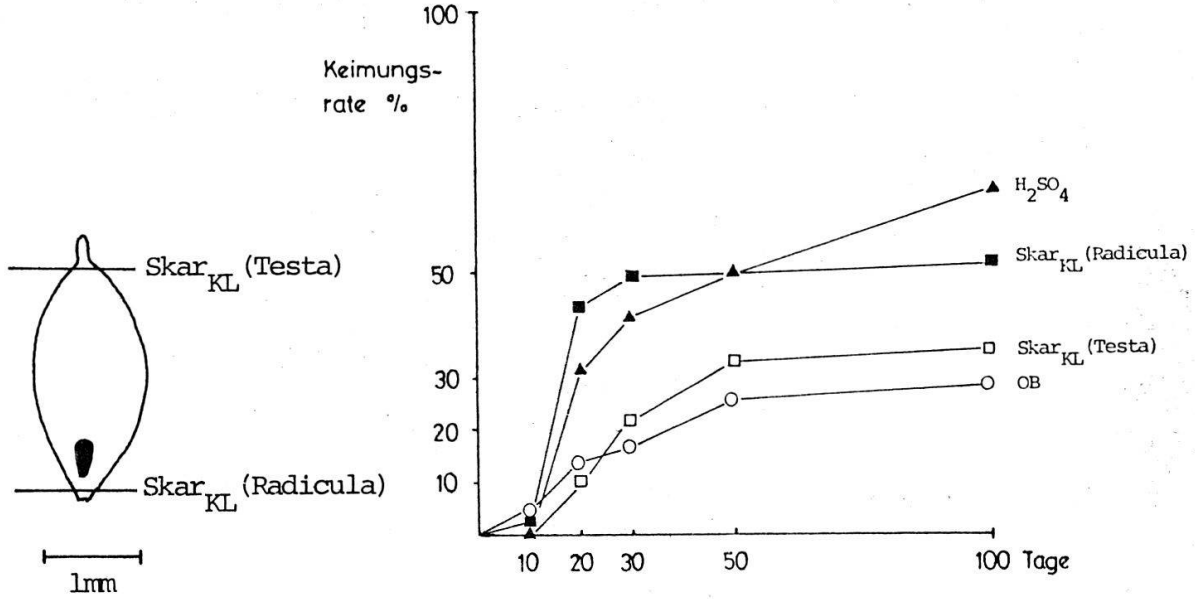


Abb. 11. *Carex firma*: Keimverhalten nach verschiedenen Vorbehandlungen. Links: Samenanatomie und Skarifikationsstellen.

Fig. 11. Carex firma: germinating behaviour after various pretreatments. Left: seed anatomy. Scarified parts of seed marked with lines.

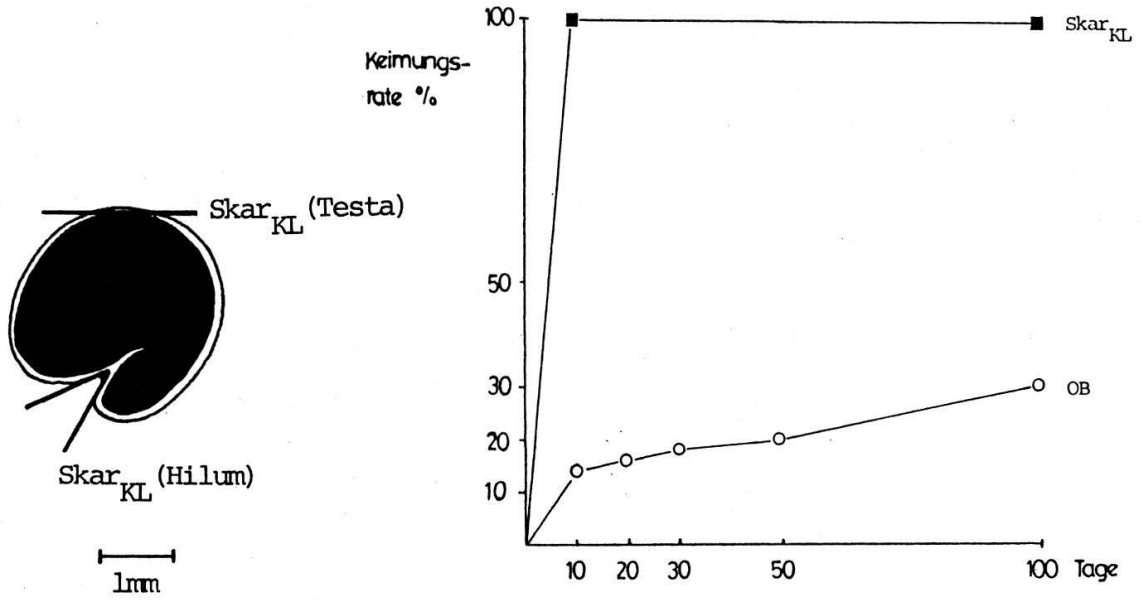


Abb. 12. Keimverhalten bei *Trifolium alpinum*: gleicher Erfolg bei Skarifikation am Samenrücken und Entfernung des Hilums.
Links: Samenanatomie und Skarifikationsstellen.

Fig. 12. Germinating behaviour of Trifolium alpinum: equal success of dorsal incision in the seed coat and excision of the hilum.
Left: seed anatomy. Scarified part of seed marked with a line.

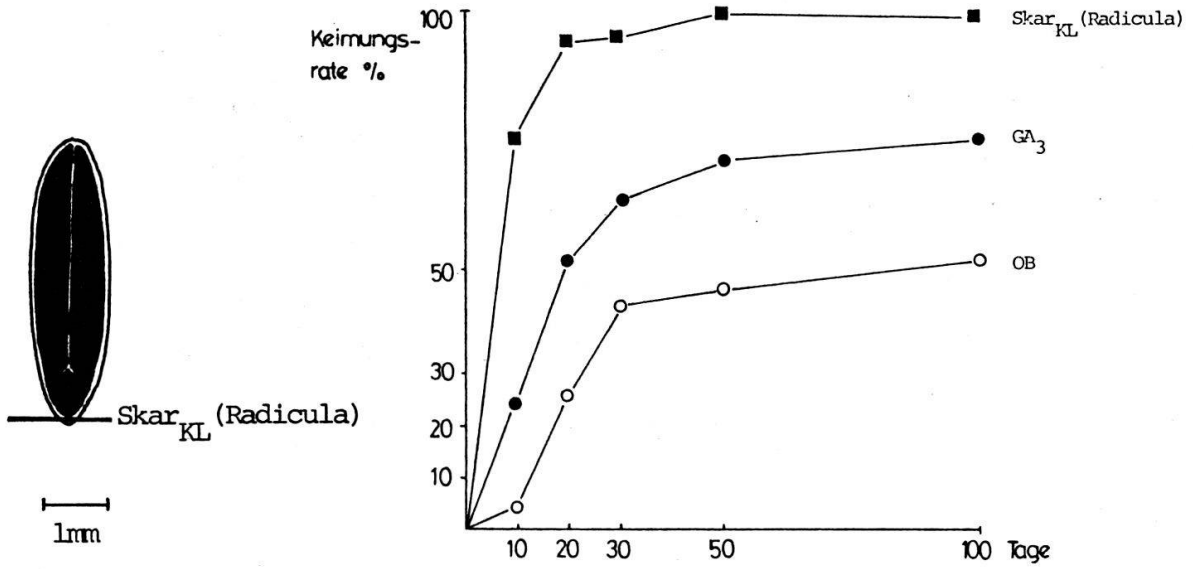


Abb. 13. *Homogyne alpina*: Keimverhalten nach verschiedenen Vorbehandlungen.
Links: Samenanatomie und Skarifikationsstellen.

Fig. 13. Homogyne alpina: germinating behaviour after various pretreatments.
Left: seed anatomy. Scarified part of seed marked with a line.

Aufgrund der vielen Aborten, die in diesen Proben auftraten, kann man hingegen annehmen, dass die Samen durch die Vorbehandlung verletzt worden waren.

Skarifikation in der Nähe der Radicula war von mässigem bis gutem Erfolg bei *Anthoxanthum odoratum* (Erhöhung der Keimungsrate von 30% auf 52% nach 100 Tagen), *Carex firma* (von 28% auf 52% nach 100 Tagen) und *Arabis coerulea* (von 4% auf 34% nach 100 Tagen; Abb. 14). Skarifikation mit der Klinge an der Testa war bei *Carex parviflora* von sehr geringem Erfolg (Verbesserung der Keimungsrate von 0% auf 2% nach 100 Tagen) und bei *Carex mucronata* (von 4% auf 10% nach 100 Tagen), *Carex firma* (von 28% auf 36% nach 100 Tagen), *Arabis coerulea* (von 4% auf 14% nach 100 Tagen) und *Primula integrifolia* (von 28% auf 44% nach 100 Tagen) von mässigem Erfolg. Skarifikation mit Klinge blieb erfolglos bei *Ligusticum mutellina*.

Durch *Skarifikation mit Glaspapier* wurde nur die Keimung von *Arabis coerulea* deutlicher als durch andere Vorbehandlungen, wie Skarifikation in der Nähe der Radicula (34% nach 100 Tagen), an der Testa (14% nach 100 Tagen) oder

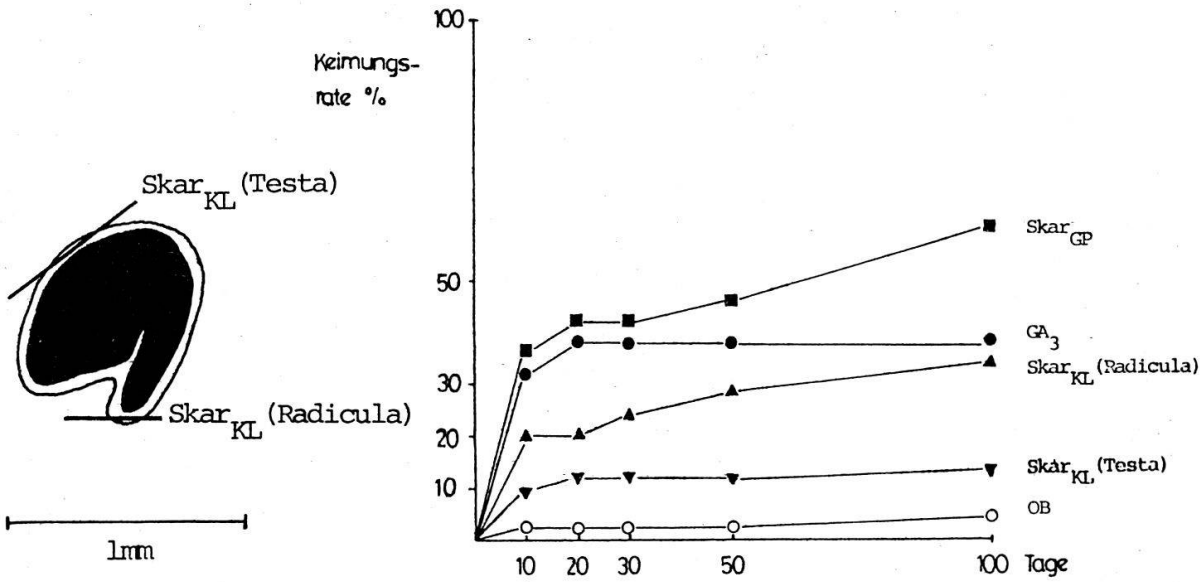


Abb. 14. *Arabis coerulea:* Keimverhalten nach verschiedenen Vorbehandlungen. Links: Samenanatomie mit Skarifikationsstellen.

Fig. 14. Arabis coerulea: germinating behaviour after various pretreatments. Left: seed anatomy. Scarified parts of seed marked with lines.

Gibberellin (38% nach 100 Tagen), von 4% der Kontrollserie auf 60% erhöht nach ebenfalls 100 Tagen (Abb. 14). Nach einer kombinierten Vorbehandlung der Samen mit Glaspapier und Gibberellin war die Keimungsrate nach 50 Tagen mit 10% tiefer als diejenige der unbehandelten Samen von 18% nach der gleichen Versuchszeit. Dies könnte jedoch auch durch eine Verletzung der Samen bei der Skarifikation verursacht worden sein, da viele Embryonen (64%) noch weiss herausgestossen worden waren und starben.

Bei *Anthoxanthum odoratum*, *Carex firma*, *Homogyne alpina* und *Ligusticum mutellina* war die Skarifikation mit Glaspapier ohne Erfolg, bei *Carex parviflora* mit einer Erhöhung der Keimungsrate von 0% auf 10% nach 50 Tagen, *Arabis pumila* (von 14% auf 32%) und *Primula integrifolia* (von 18% auf 26%) von mässigem und bei *Primula auricula* (von 4% auf 46%) von gutem Erfolg.

Die *chemische Skarifikation* mit konzentrierter Schwefelsäure verbesserte die Keimung in allen Fällen nur gering oder gar nicht und war nur für *Carex firma* die erfolgreichste der untersuchten Vorbehandlungen. Trotzdem erfolgten die Keimungen auch bei *Carex firma* schneller nach einer Skarifikation in der Nähe der Radicula (Abb. 11).
Dieser geringe Erfolg der chemischen Skarifikation könnte auch auf einer Verletzung der Samen durch die Behandlung beruhen, was auch die häufig auftretenden Aborte erklären würde. So war die chemische Skarifikation bei *Homogyne alpina* und *Ligusticum mutellina* ohne Erfolg, bei *Carex mucronata* mit einer Verbesserung der Keimungsrate von 4% auf 12% nach 100 Tagen, *Carex parviflora* (von 0% auf 28%) und *Anthoxanthum odoratum* (von 38% auf 66%) nur von mässigem Erfolg.

Eine Vorbehandlung mit *Gibberellinsäure* war *bei Primula auricula* von überaus deutlichem Erfolg, denn innerhalb von 30 Tagen keimten alle Samen, gegenüber keiner Keimung der unbehandelten Serie nach der gleichen Versuchszeit (Abb. 15). Im Gegensatz zu *Primula auricula* war bei *Primula integrifolia* eine Gibberellinbehandlung nur insofern erfolgreich, als die Keimungen stark beschleunigt wurden (nach 10 Tagen Keimungsrate 24%, Kontrollserie 0%). Nach 100 Tagen war jedoch die Keimungsrate der behandelten Samen mit 26% tiefer als diejenige der unbehandelten mit 28% (Abb. 16).

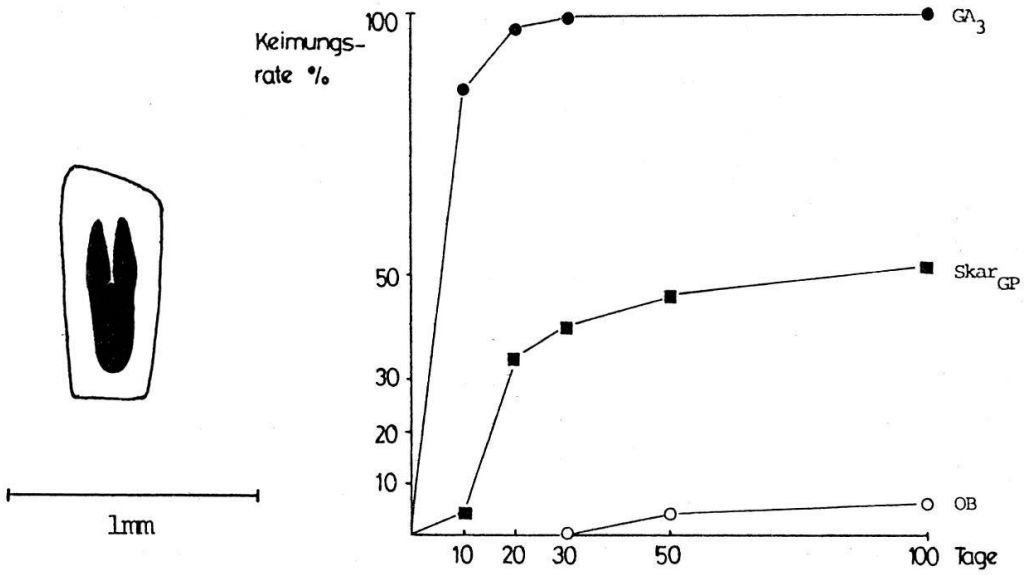


Abb. 15. *Primula auricula*: Keimverhalten nach verschiedenen Vorbehandlungen. Links: Samenanatomie.

Fig. 15. Primula auricula: germinating behaviour after various pretreatments. Left: seed anatomy.

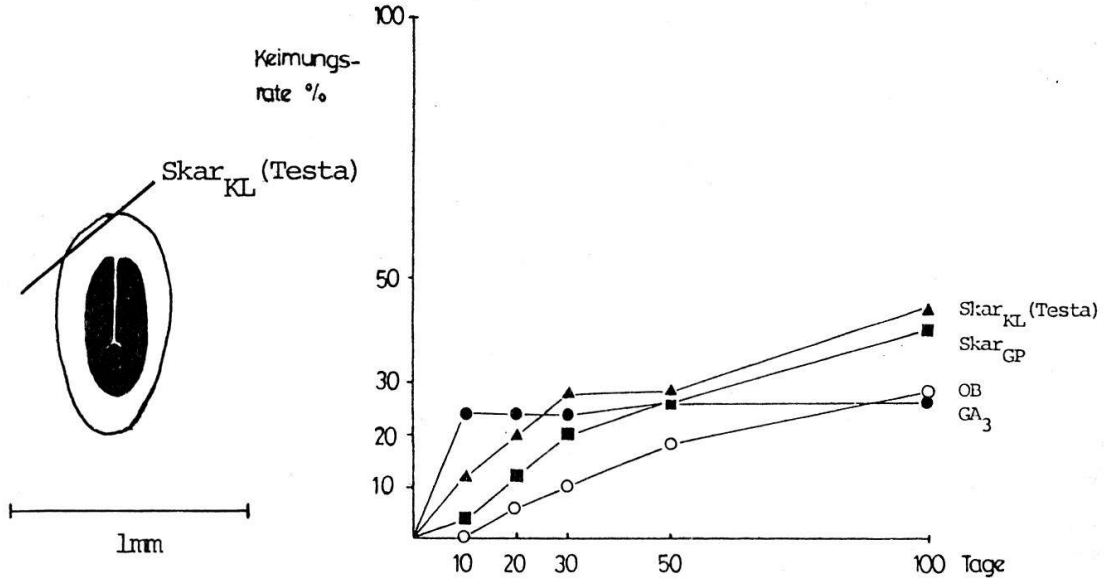


Abb. 16. *Primula integrifolia*: Keimverhalten nach verschiedenen Vorbehandlungen. Links: Samenanatomie und Skarifikationsstelle.

Fig. 16. Primula integrifolia: germinating behaviour after various pretreatments. Left: seed anatomy. Scarified part of seed marked with a line.

Keine Keimung wurde ausgelöst bei *Ligusticum mutellina*. Nur geringe Verbesserung der Keimung brachte Gibberellin bei *Carex firma*, wo die Keimfähigkeit nach einer Versuchszeit von 50 Tagen von 38% auf 28% abnahm und *Carex parviflora*, wo erst nach einer Versuchszeit von 100 Tagen die Keimungsrate von 0% auf 2% erhöht wurde. Eine mässige bis gute Verbesserung erfolgte bei *Carex mucronata* mit einer Erhöhung der Keimungsrate von 4% auf 8% nach 100 Tagen, bei *Anthoxanthum odoratum* mit einer Erhöhung von 30% auf 38%, bei *Arabis pumila* mit einer Erhöhung von 0% auf 22%, bei *Homogyne alpina* von 52% auf 76% und *Arabis coerulea* von 4% auf 38%.

Kombinierte Vorbehandlungen hatten eher wenig Erfolg. So z.B. bei *Anthoxanthum odoratum* mit einer Verbesserung der Keimungsgeschwindigkeit und Keimungsrate (von 20% auf 62% nach 50 Tagen) nach einer Skarifikation in der Nähe der Radicula kombiniert mit einer Gibberellinbehandlung (Abb. 17). Bei *Carex*

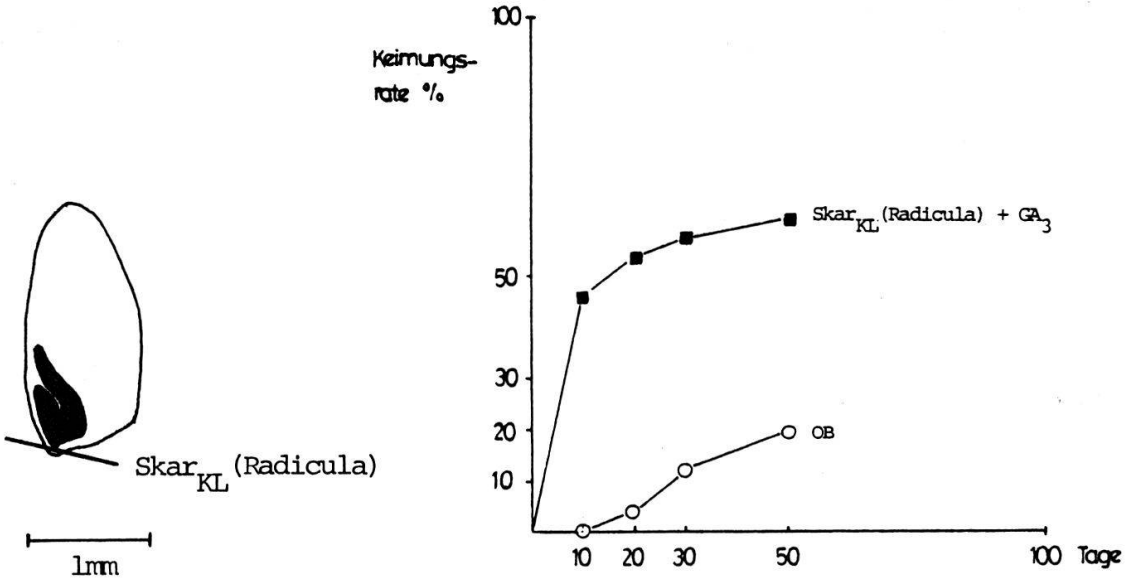


Abb. 17. *Anthoxanthum odoratum*: Keimverhalten nach einer kombinierten Vorbehandlung. Links: Samenanatomie mit Skarifikationsstelle.

Fig. 17. Anthoxanthum odoratum: germinating behaviour after a two-factor pretreatment. Left: seed anatomy. Scarified part of seed marked with a line.

firma brachte die gleiche Behandlungskombination keine Verbesserung der Keimungsrate. Durch Skarifikation mit Glaspapier kombiniert mit einer Gibberellinbehandlung wurde die Keimung in allen drei untersuchten Fällen verschlechtert: bei *Arabis coerulea* von 18% auf 10% nach 50 Tagen, bei *Arabis pumila* von 14% auf 8% und bei *Primula integrifolia* von 4% auf 0%. In allen Fällen wurde jedoch die Keimung durch eine der Vorbehandlungen - einzeln ausgeführt - verbessert (bei *Primula integrifolia* durch Gibberellin nur die Keimungsgeschwindigkeit).

3.3. *Entwicklung der Jungpflanzen auf Versuchsböden im Gewächshaus*

Von den auf verschiedenen Gebirgsböden im Gewächshaus ausgesäten Samen keimten *Ranunculus montanus*, *Ranunculus grenierianus*, *Ligusticum mutellina* und *Primula auricula* nicht. Von *Carex mucronata* und *Carex parviflora* keimten nur wenige Samen nach 3 - 4 Monaten und die überlebenden Jungpflanzen entwickelten sich während des Versuchs nicht mehr zu einigermassen gut ausgebildeten Pflanzen. Alle diese Arten keimten auch auf Fliesspapier vergleichbar schlecht (vgl. Tab. 4).

Die Entwicklung der restlichen zehn Arten auf verschiedenen Böden wird anschliessend besprochen. Da nur Pflanzen, die sich ungefähr gleichzeitig entwickelten beobachtet wurden, beziehen sich die folgenden Beschreibungen lediglich auf ein bis vier Exemplare einer Serie und haben darum nur begrenzten informativen Wert.

a) *Anthoxanthum odoratum* (Silikat)

Nach wenigen ersten feinen, schmalen Blättern wurden bald kräftigere ausgebildet. Nach etwa 50 Tagen wurden Seitenäste, nach etwa 140 Tagen ein Horst gebildet (Abb. 18). Die Entwicklung erfolgte auf beiden Böden gleich gut, wobei die etwa gleichzeitig mit den auf Silikat beobachteten Pflanzen, auf Karbonat wachsende Jungpflanze früh starb, so dass ein Vergleichexemplar, das gleichzeitig gewachsen wäre auf Karbonat ausfiel. Die später erschienenen Pflanzen auf Karbonat entwickelten sich gut, wuchsen aber etwas schnell und bildeten z.T. rot gefärbte Blattscheiden (Anthocyan). Die Blattscheiden der auf Silikat gewachsenen Pflanzen waren grün.

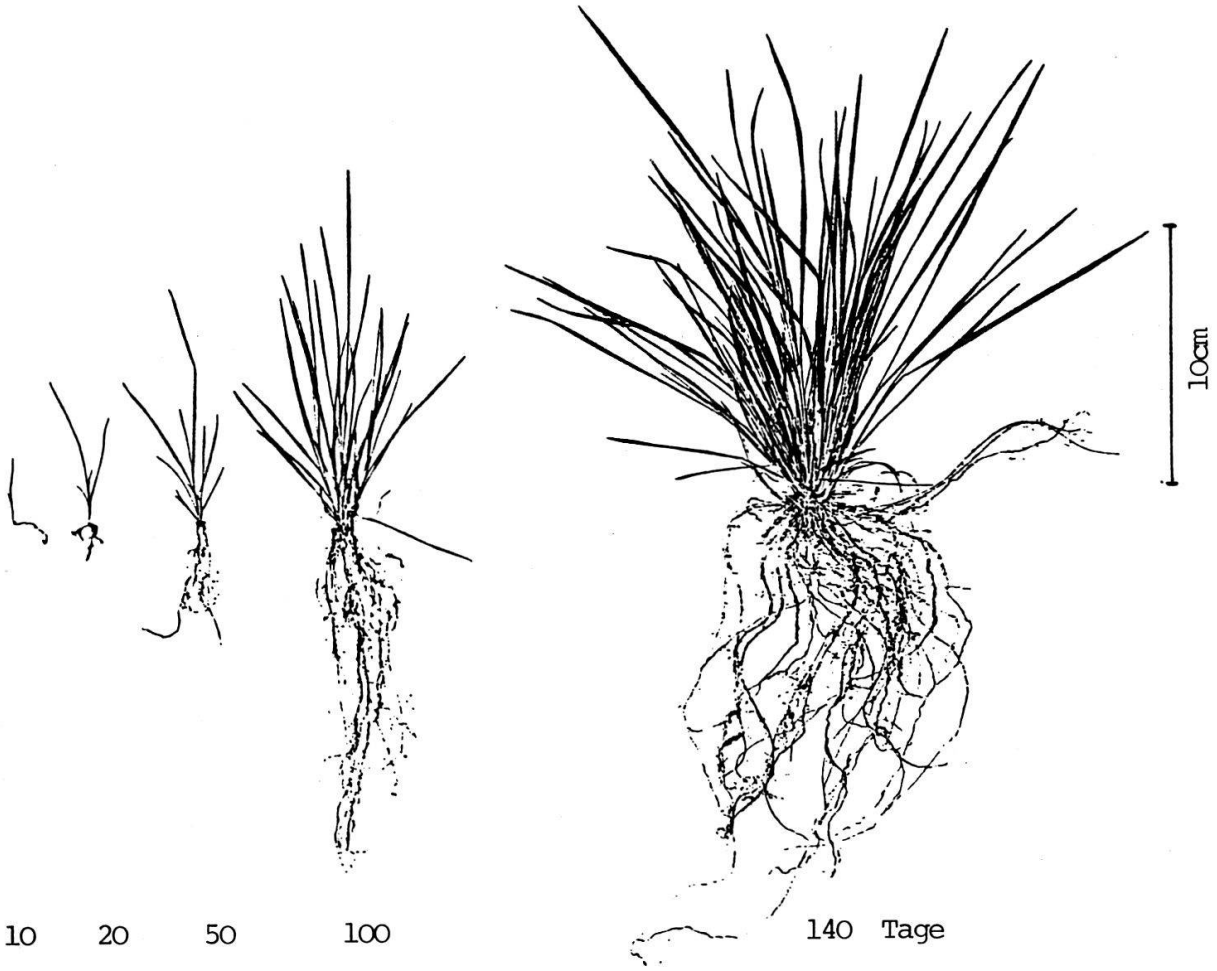


Abb. 18. *Anthoxanthum odoratum* von Silikat: Entwicklung auf Karbonat.

Fig. 18. Anthoxanthum odoratum from silicate: development in carbonate soil.

b) *Silene acaulis* (Silikat und Karbonat)

Nach den Keimblättern folgten nach etwa 15 Tagen paarweise die länglichen Folgeblätter. Nach etwa 50 Tagen wurden Seitentriebe gebildet, die nach etwa 100 Tagen zu kriechen begannen. Wenige (ca. 5-10) dieser Seitentriebe entwikkelten sich zu dickeren Aesten, die sich verzweigten. Nach ca. 110 Tagen waren alle Individuen vegetativ gut ausgebildet (Abb. 19). Auf allen Böden entwickelten sich die Jungpflanzen etwa gleich gut, wobei die von Karbonat geernteten Samen etwas grössere, kräftigere Pflanzen bildeten, vegetativ am besten entwickelt auf Karbonat, wo auch ein Individuum zweimal blühte (nach 140 bzw. 160 Tagen, Abb. 20). Aus den von Silikat geernteten Samen entstanden nur wenig grössere Pflanzen wieder auf Silikat (Abb. 20).

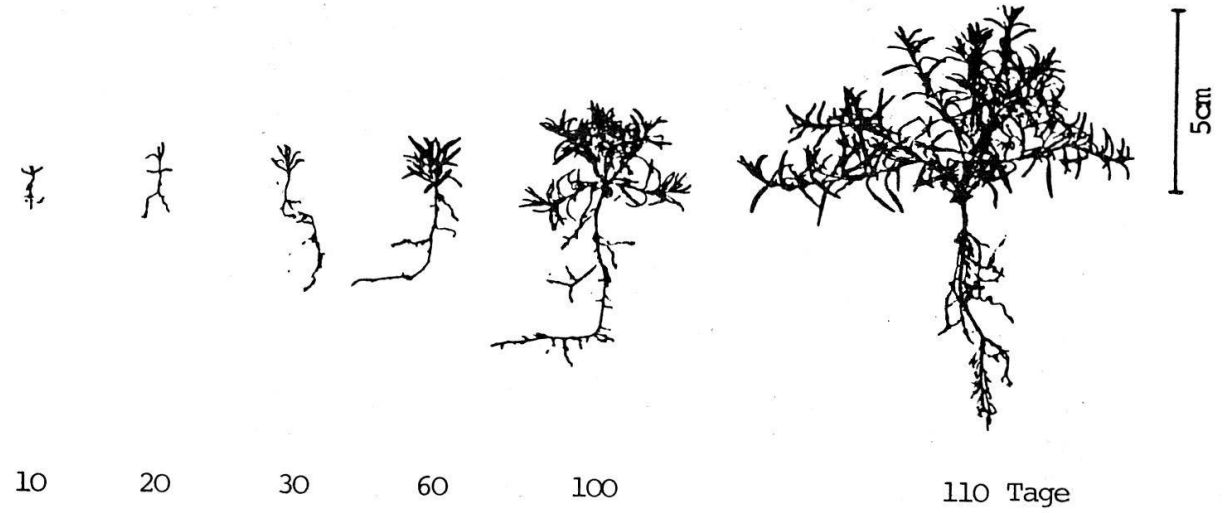


Abb. 19. *Silene acaulis* von Karbonat: Entwicklung auf Silikat.

Fig. 19. Silene acaulis from carbonate: development in silicate soil.

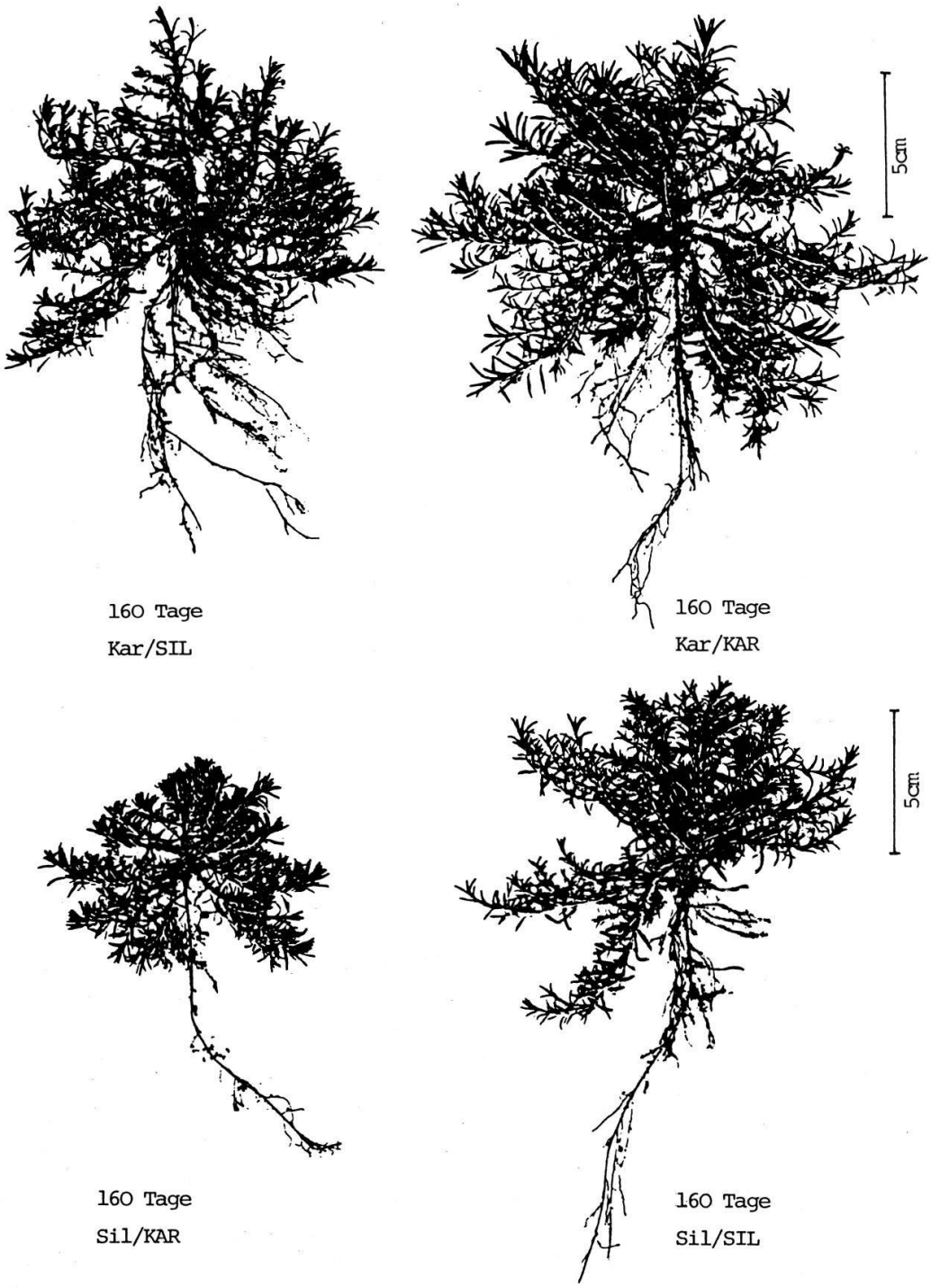


Abb. 20. *Silene acaulis* von Silikat und Karbonat: Entwicklung auf Silikat und Karbonat.

Fig. 20. Silene acaulis from silicate and carbonate: development in silicate and carbonate soils.

c) *Sagina linnaei* (Silikat und Karbonat)

Zehn Tage nach dem Erscheinen der Keimblätter wurden je paarweise die länglichen Folgeblätter gebildet. Nach etwa 65 Tagen wurden erste Seitentriebe sichtbar, die etwa nach 100 Tagen zu kriechen begannen. Fast gleichzeitig wurde die Achse einiger Triebspitzen verlängert und es wurden Blüten gebildet. Die zu dickeren, verzweigten Aesten gewordenen Seitentriebe verloren nach etwa 150 Tagen Blätter und bildeten Wurzeln in den Verzweigungen, wodurch sie zu Ausläufern wurden. Die Entwicklung war auf allen Böden genau gleich, sogar die mit grosser Verspätung gekeimte Karbonatart auf Silikat bildete Blüten und Ausläufer zur gleichen Zeit wie die frühzeitig gekeimten Pflanzen (sie blühte darum schon 50 Tage nach der Keimung und bildete nach 85 Tagen Ausläufer!), blieb aber darum in der vegetativen Entwicklung stark zurück.

Die Entwicklung von *Sagina linnaei* entsprach genau den Angaben von FOSSATI (1980).

d) *Biscutella levigata* (Karbonat und Serpentin)

Nach dem Erscheinen der ziemlich dicken Keimblätter folgten nach 10 - 20 Tagen die weiteren, behaarten Blätter, deren Kerbung mit jedem Folgeblatt zunahm (Abb. 21). Die Pflanzen von Karbonat bildeten auf Silikat und Karbonat etwa ab 100 Tagen unterirdische Ausläufer an den dicken, wenig gezweigten, langen Wurzeln. Von den Pflanzen von Serpentin wurde nur bei einer auf Karbonat ein Ausläuferansatz nach 160 Tagen gefunden, auf Serpentin bei keiner Pflanze. Ebenso bildeten die Pflanzen von Karbonat auf Silikat und Karbonat Seitenrosetten, nach 79 Tagen auf Silikat bzw. 113 Tagen auf Karbonat. Bei den Pflanzen von Serpentin, sowie allen Pflanzen auf Serpentin wurden keine Seitenrosetten beobachtet. Blattfolge und Form der Blätter - abgesehen von Grössenunterschieden - waren auf allen Böden gleich, mit geringen morphologischen Abweichungen. Die Pflanzen von *Karbonat* entwickelten sich jedoch auf allen Böden besser als diejenigen von Serpentin, was sich an der Blattzahl, vor allem aber am Rosettendurchmesser bei Versuchsende zeigte: 170 und 270 mm bzw. 150 und 170 mm auf Karbonat, 200 - 220 mm bzw. 70 mm auf Silikat, 110 mm bzw. 12 und 15 mm auf Serpentin (Abb. 22). Die Pflanzen von *Serpentin* entwickelten sich allgemein schlechter, bildeten weniger dichte Rosetten - was auch am Fehlen der Seitenrosetten lag - und zeigten zum Teil Chloroseerscheinungen (mit Ausnahme der Pflanzen auf Serpentin, die dunkelrot gefärbte Blätter bildeten (Abb. 23). Allgemein war die Entwicklung auf Karbonat am besten, auf Serpentin am schlechtesten.

Die Pflanzen von Karbonat entwickelten sich also am besten auf Karbonat, ebenso diejenigen von Serpentin, die aber auf allen Böden schlechter ausgebildet wurden.

Mit Ausnahme der Pflanzen auf Serpentin und denjenigen von Serpentin auf Silikat konnten die Rosetten aller Pflanzen als vegetativ gut ausgebildet betrachtet werden.

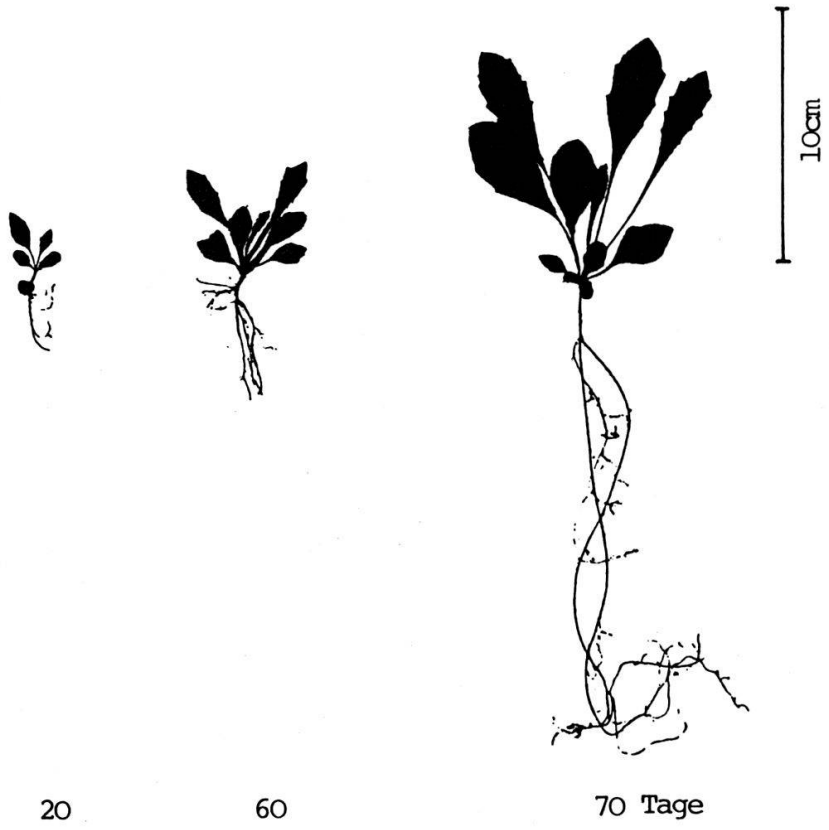
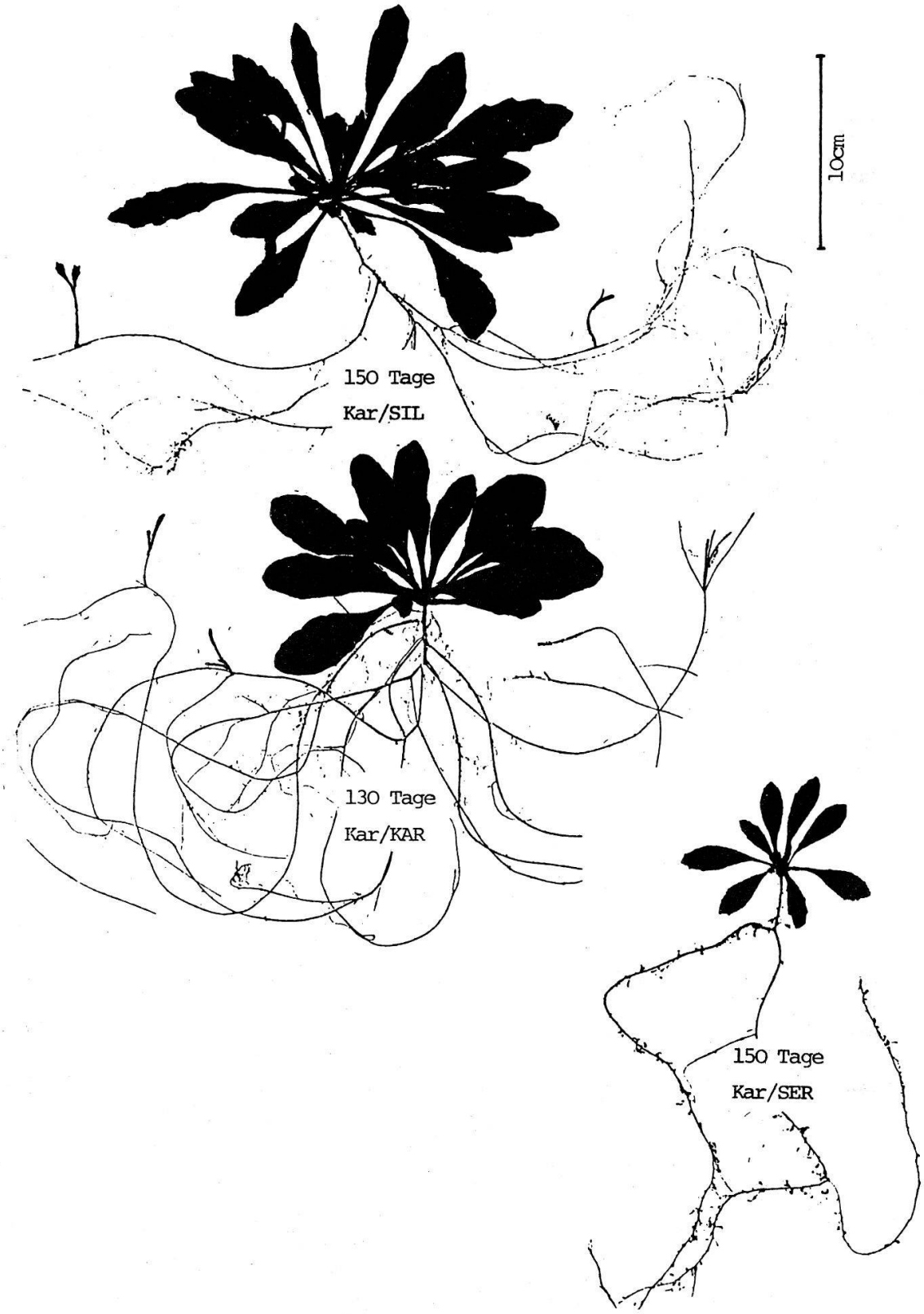


Abb. 21. *Biscutella levigata* von Serpentin: Entwicklung auf Karbonatboden.

Fig. 21. Biscutella levigata from serpentine: development in carbonate soil.

Abb. 22. (S. 99). *Biscutella levigata* von Karbonat: Entwicklung auf Silikat, Karbonat und Serpentin.

Fig. 22. (p. 99). Biscutella levigata from carbonate: development in silicate, carbonate and serpentine soils.


10cm
150 Tage
Kar/SIL
130 Tage
Kar/KAR
150 Tage
Kar/SER

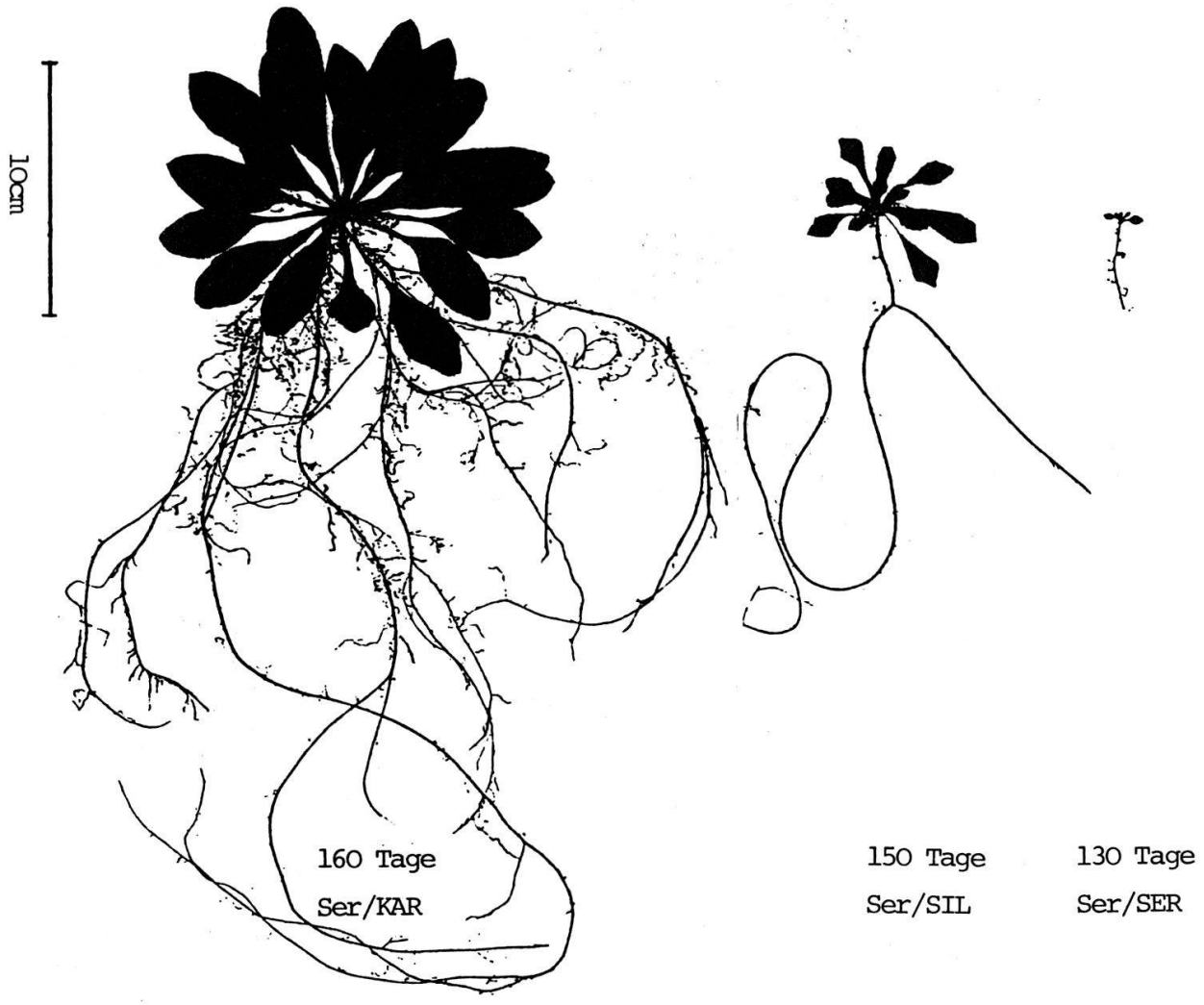


Abb. 23. *Biscutella levigata* von Serpentin: Entwicklung auf Silikat, Karbonat und Serpentin.

Fig. 23. Biscutella levigata from serpentine: development in silicate, carbonate and serpentine soils.

e) *Potentilla aurea* (Silikat)

Etwa 10 bis 15 Tage nach dem Erscheinen der rundlichen Keimblätter wurde das erste ungeteilte, tief gezähnte Primärblatt gebildet, dem noch weitere 3 - 4 Blättchen der gleichen Form folgten. Die ersten Folgeblätter waren dreiteilig, ebenfalls tief gezähnt und erst nach einer relativ grossen Anzahl von Blättern dieser Form wurden die für *Potentilla aurea* typischen fünfteiligen Blätter gebildet (Abb. 24). Eine auf Silikat gewachsene Pflanze bildete bis zum Versuchsende nach 140 Tagen nur dreiteilige Blätter, war aber eine Ausnahme. Die Entwicklung - nur auf Blattfolge und Anzahl Blätter beobachtet - verlief während den ersten 100 Tagen auf beiden Böden genau gleich. In der letzten Versuchsperiode jedoch entwickelten sich die Pflanzen auf Silikat sehr schnell, während die Entwicklung der Pflanzen auf Karbonat fast stillstand. Die Pflanzen auf Silikat hatten so nach 140 Tagen 13 - 19 grüne Blätter (die zuerst gebildeten Blätter starben ab) neben nur sechs grünen Blättern der gleich alten beobachteten Pflanze auf Karbonat. Höhe und Durchmesser waren schon zu Beginn der Entwicklung für die auf Karbonat gewachsenen Pflanzen viel geringer und unterschieden sich am Ende des Versuchs sehr stark (Höhe 13 mm auf Karbonat, 50 - 60 mm auf Silikat; Durchmesser 20 mm auf Karbonat, 110 mm auf Silikat). Die Entwicklung der Silikatart *Potentilla aurea* ist also deutlich besser auf Silikat, wo sie auch vegetativ gut ausgebildet wurde, und bei Versuchsende sogar Seitentriebe bildete, als auf Karbonat, wo sie vegetativ stark unterentwickelt blieb (Abb. 25).

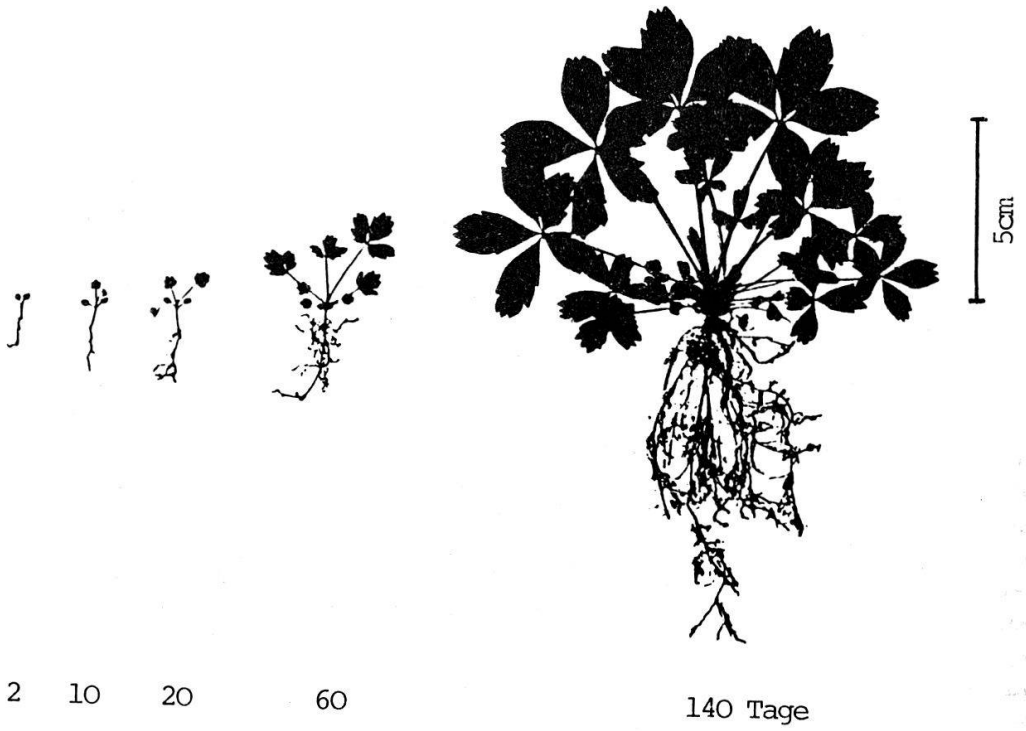


Abb. 24. *Potentilla aurea* von Silikat: Entwicklung auf Silikat.

Fig. 24. Potentilla aurea from silicate: development in silicate soil.

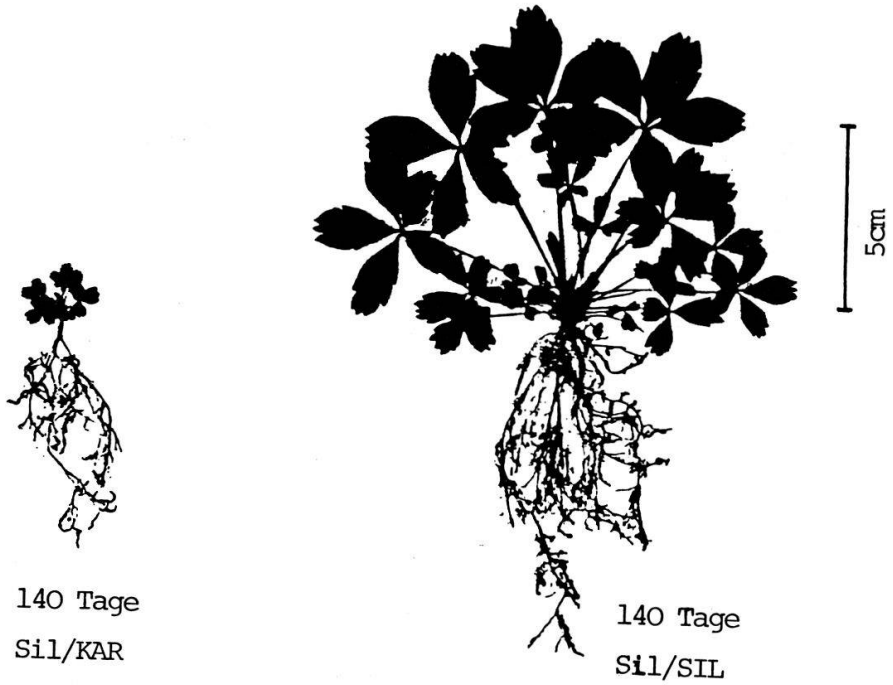


Abb. 25. *Potentilla aurea* von Silikat: Entwicklung auf Silikat und Karbonat.

Fig. 25. Potentilla aurea from silicate: development in silicate and carbonate soils.

f) *Trifolium alpinum* (Silikat)

Etwa zehn Tage nach der Keimung erschien das ungeteilte Primärblatt, dem 20 Tage später die dreiteiligen Blätter folgten (Abb. 26), die schon der endgültigen Blattform entsprachen, jedoch etwas kleiner waren (später gekeimte Samen, deren Jungpflanzen sich während der heissesten Vegetationszeit im Sommer entwickelten, bildeten schon von Anfang an ziemlich grosse dreiteilige Blätter). An den Wurzeln wurden teilweise Knöllchen ausgebildet. Die Pflanzen entwickelten sich während den ersten 50 Tagen auf beiden Böden völlig gleich, wobei die Pflanzen auf Karbonat wenig kleiner waren als diejenigen auf Silikat. Danach jedoch wurden die Blätter der Pflanzen auf Karbonat gelb, viele Blätter starben ab und die neu gebildeten wuchsen kaum und blieben klein. Gleichzeitig nahmen die Pflanzen auf Silikat schnell an Grösse zu und bildeten grosse, kräftig grüne Blätter. Am Ende des Versuchs unterschieden sich Höhe und Durchmesser der Pflanzen auf Silikat und Karbonat stark (15 - 25 mm Höhe und 25 mm Durchmesser auf Silikat, verglichen mit 130 mm Höhe und 120 - 150 mm Durchmesser auf Silikat). Zwei Pflanzen auf Silikat entwickelten sich als Ausnahmen fast gleich gering wie auf Karbonat, zeigten aber keine Chloroseerscheinungen. Der grosse Grössenunterschied dieser auf gleichem Boden gewachsenen und gleich alten Pflanzen könnte auch daher kommen, dass die Pflanzen während ihres stärksten Wachstums ziemlich dicht standen.

Die Silikatart *Trifolium alpinum* entwickelte sich auf Silikat sehr gut und war nach 160 Tagen vegetativ gut ausgebildet, während die Pflanzen auf Karbonat gelb wurden (Chlorose) und verkümmerten (Abb. 27).

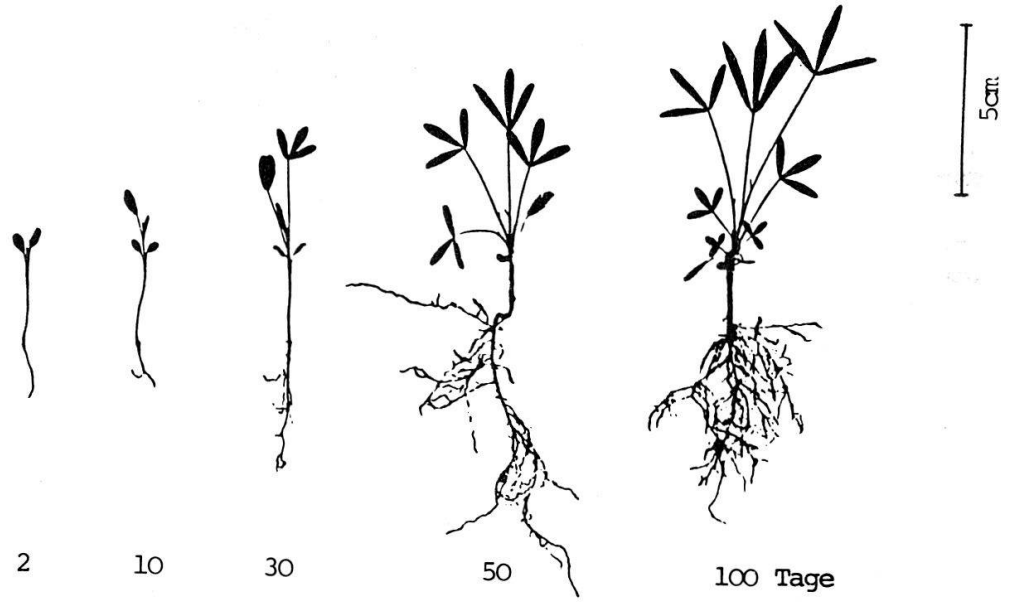


Abb. 26. *Trifolium alpinum* von Silikat: Entwicklung auf Silikat.

Fig. 26. Trifolium alpinum from silicate: development in silicate soil.

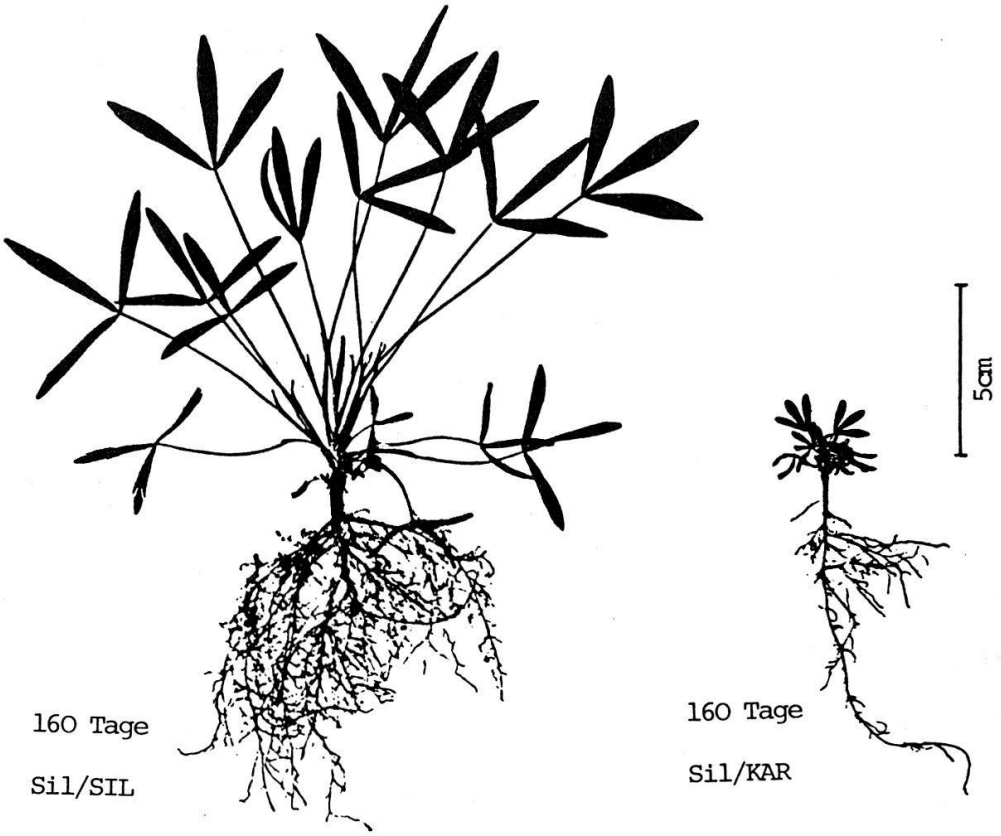


Abb. 27. *Trifolium alpinum* von Silikat: Entwicklung auf Silikat und Karbonat.

Fig. 27. Trifolium alpinum from silicate: development in silicate and carbonate soils.

g) *Oxytropis jacquinii* (Karbonat)

Die Entwicklung der Karbonatart *Oxytropis jacquinii* war auf Karbonat und Silikat etwa gleich, es konnten keine wesentlichen Unterschiede festgestellt werden. Etwa 25 Tage nach der Keimung erschien das dreiteilige Primärblatt, das auch noch von einem zweiten dreiteiligen Blatt gefolgt werden konnte. Meist aber waren alle dem Primärblatt folgenden Blätter unpaarig gegliedert, zuerst fünfteilig, mit der Zeit mit immer mehr Teilblättern (Abb. 28). Die Blattstiele verfärbten sich mit zunehmendem Alter der Pflanzen dunkelbraun. Die Pflanzen waren bei Versuchsende auf beiden Böden vegetativ gut ausgebildet (Abb. 29).

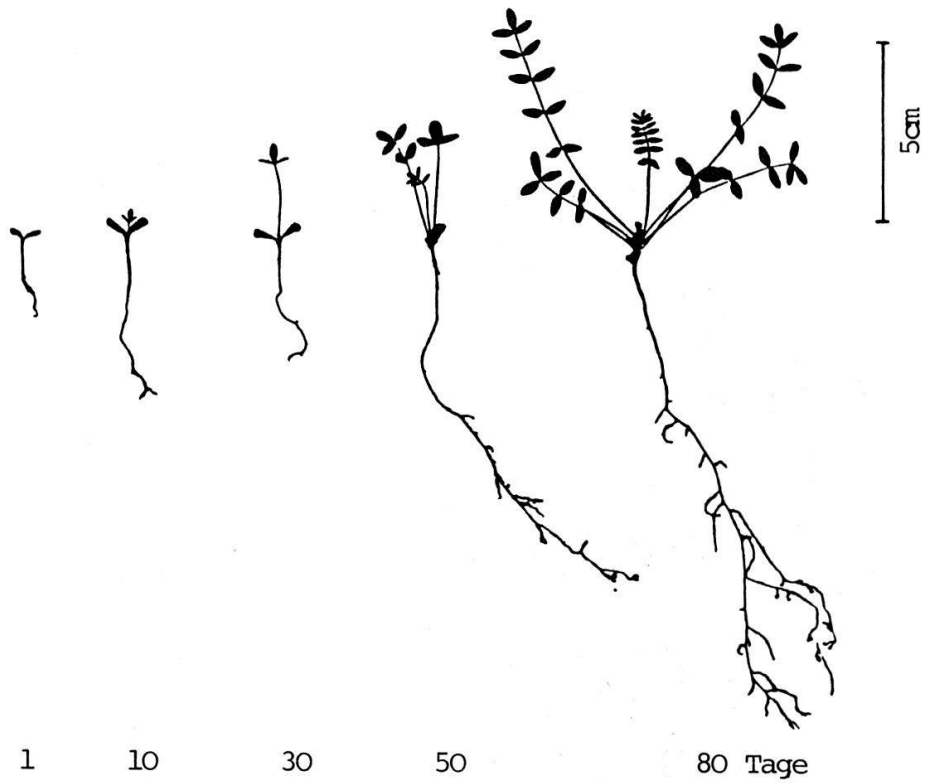


Abb. 28. *Oxytropis jacquinii* von Karbonat: Entwicklung auf Silikat.

Fig. 28. Oxytropis jacquinii from carbonate: development in silicate soil.

160 Tage
Kar/SIL

150 Tage
Kar/KAR

Abb. 29. *Oxytropis jacquinii* von Karbonat: Entwicklung auf Silikat und Karbonat.

Fig. 29. Oxytropis jacquinii from carbonate: development in silicate and carbonate soils.

h) *Primula integrifolia* (Silikat)

15 Tage nach dem Erscheinen der Keimblätter wurden nacheinander zuerst wenige feine, eher längliche Blätter gebildet, anschliessend dicke, breitere, am Blattrand bewimperte und eingerollte, fast ungestielte Blätter, die nach etwa 100 Tagen eine dichte kleine Rosette bildeten mit nur 16 mm Durchmesser nach 140 Tagen (Abb. 30). Die beobachtete Pflanze machte bei Versuchsende einen kräftigen Eindruck, konnte aber nicht als vegetativ gut ausgebildet bezeichnet werden.

Auf Karbonat keimte kein Samen.

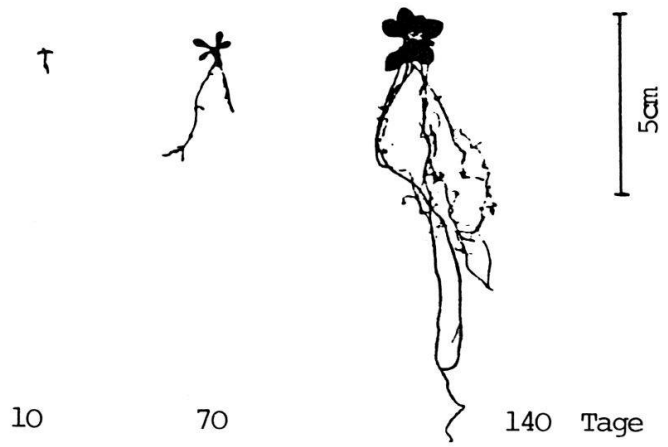


Abb. 30. *Primula integrifolia* von Silikat: Entwicklung auf Silikat.

Fig. 20. Primula integrifolia from silicate: development in silicate soil.

i) *Myosotis alpestris* (Silikat und Karbonat)

Bei allen beobachteten Pflanzen wurde 15 Tage nach dem Erscheinen der kreisrunden Keimblätter von ca. 2 mm Durchmesser das erste längere, spatelförmige Blatt gebildet. Die folgenden Blätter nahmen an Länge immer mehr zu (bis zu Blattlängen von 7 - 10 cm nach 160 Tagen), ihre Form veränderte sich aber kaum. Bei Versuchsabbruch nach 160 Tagen hatte sich mit Ausnahme der Pflanzen von Silikat auf Karbonat eine dichte Rosette von 12 - 15 cm Durchmesser mit Seitentrieben gebildet. Die Blattfolge war bei allen Pflanzen gleich und die Form der Blätter unterschied sich im allgemeinen kaum. Hingegen konnten grosse Unterschiede in Grösse und Wachstumsgeschwindigkeit der Sippen auf verschiedenen Böden festgestellt werden (Abb. 31).

Die Pflanzen von Karbonat bildeten auf Silikat anfänglich gleich viele, aber grössere Blätter als auf Karbonat, wodurch schnell ein grösserer Rosettendurchmesser erreicht wurde (nach 70 Tagen 70 mm bzw. 45 mm auf Karbonat; nach 100 Tagen 110 mm bzw. 80 mm auf Karbonat), der jedoch bei Versuchsende von den Pflanzen auf Karbonat aufgeholt worden war (120 mm Durchmesser auf Silikat, 100 und 140 mm auf Karbonat). Auch bildeten die Pflanzen von Karbonat auf Silikat schon nach etwa 80 Tagen Seitenrosetten, auf Karbonat erst nach etwa 130 Tagen. Bei Versuchsende waren die Pflanzen aber auf beiden Böden vegetativ gleich gut entwickelt.

Die Pflanzen von Silikat entwickelten sich auf Karbonat viel schlechter als auf Silikat; die Rosette war bei Versuchsabbruch viel kleiner (55 und 65 mm, verglichen mit 140 und 150 mm auf Silikat) und enthielt wesentlich weniger Blätter. Auch wurden keine Seitentriebe ausgebildet, im Gegensatz zu den Pflanzen auf Silikat, die - wie die Pflanzen von Karbonat auf Silikat - schon nach etwa 80 Tagen Seitentriebe bildeten. Die Pflanzen auf Karbonat konnten bei Versuchsende nicht als vegetativ gut ausgebildet bezeichnet werden, im Gegensatz zu den Pflanzen auf Silikat, die in Grösse und Gestalt den Pflanzen von Karbonat glichen.

Myosotis alpestris von Silikat entwickelte sich also besser auf Silikat, *Myosotis alpestris* von Karbonat wurde auf Silikat und Karbonat gleich gut ausgebildet (Abb. 32), entwickelte sich aber schneller auf Silikat.

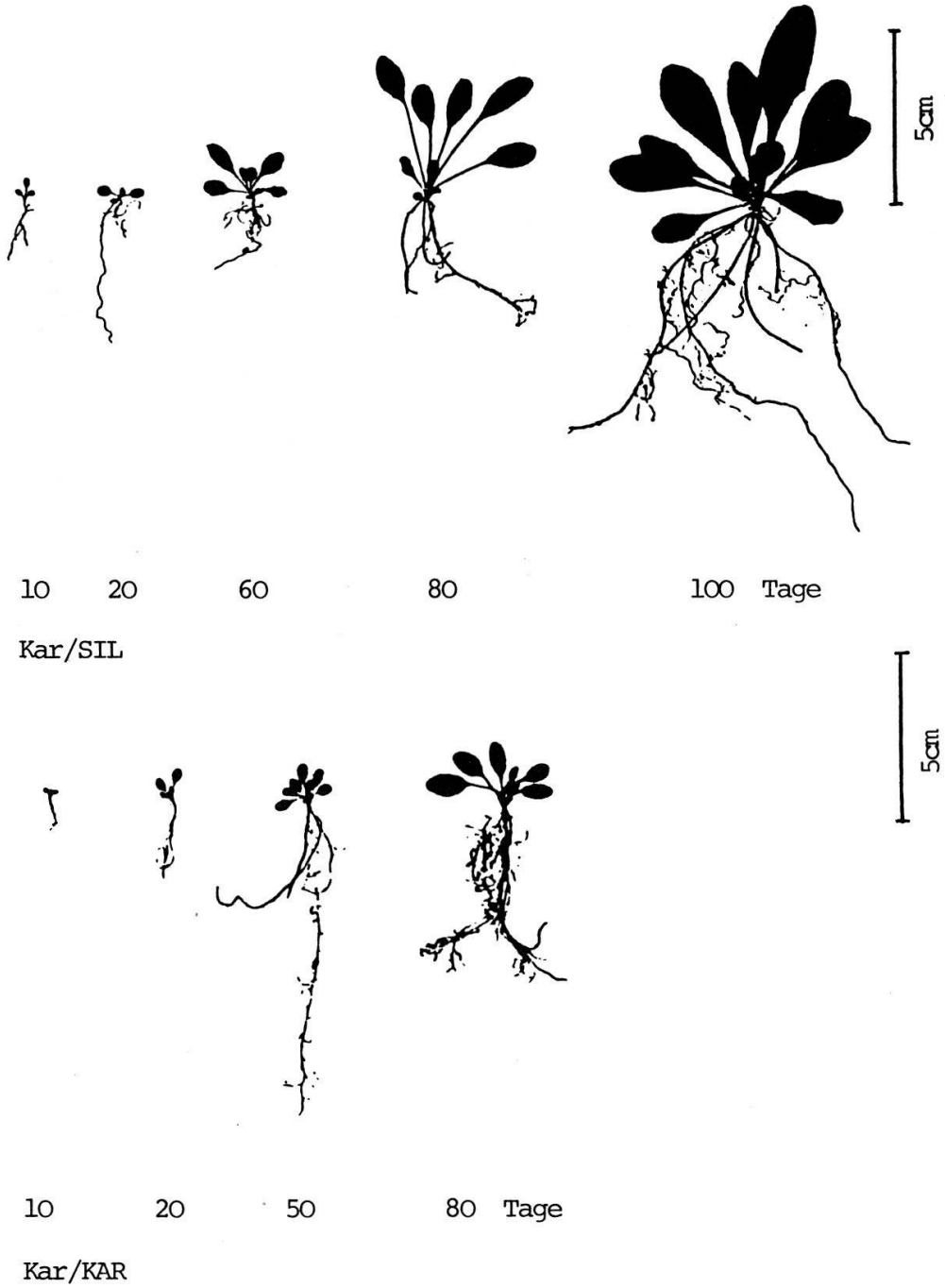


Abb. 31. *Myosotis alpestris* von Karbonat: Entwicklung auf Silikat und Karbonat.

Fig. 31. Myosotis alpestris from carbonate: development in silicate and carbonate soils.

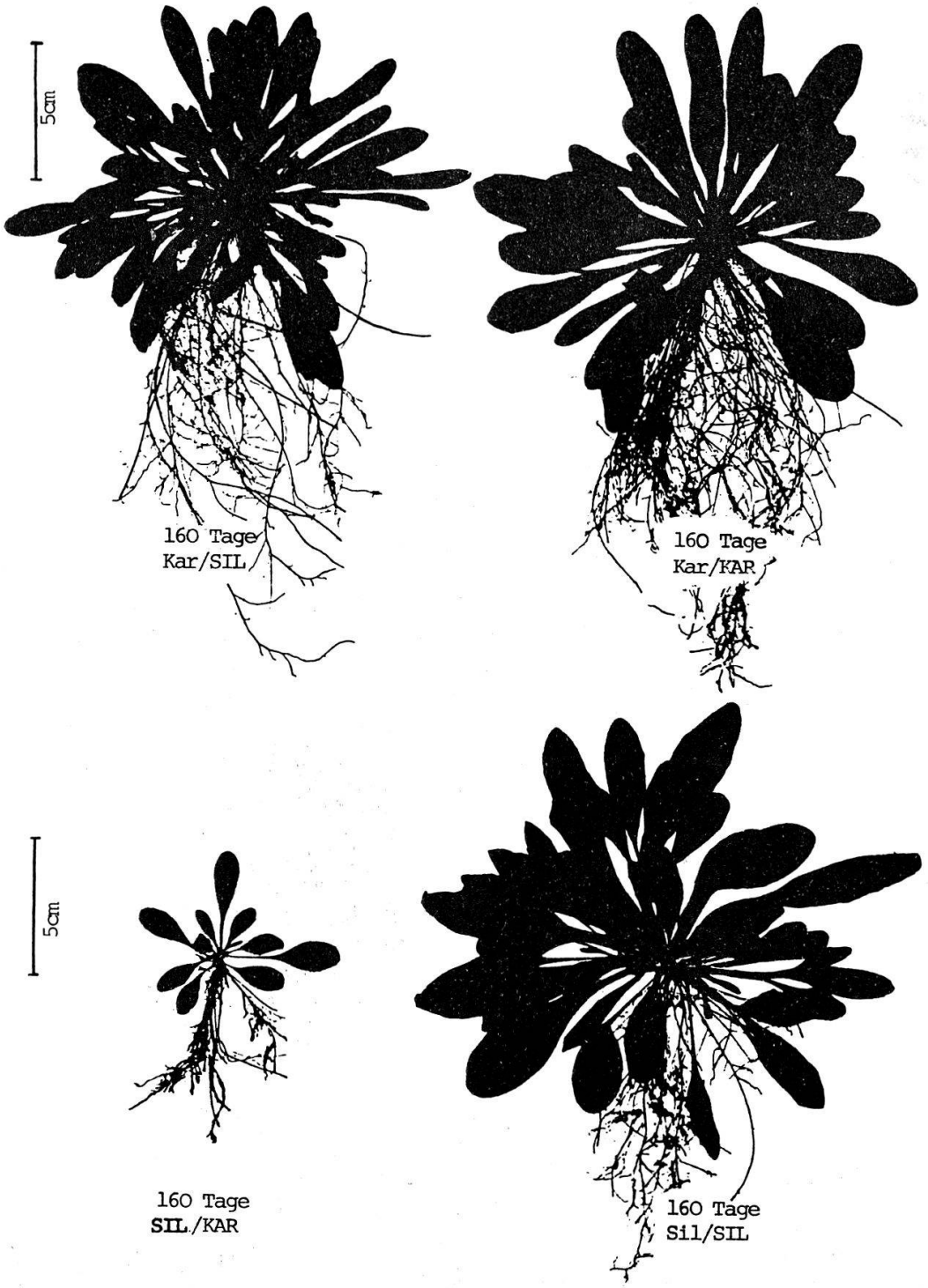


Abb. 32. *Myosotis alpestris* von Silikat und Karbonat: Entwicklung auf Silikat und Karbonat.

Fig. 32. Myosotis alpestris from silicate and carbonate: development in silicate and carbonate soils.

k) *Homogyne alpina* (Silikat)

Zwischen 15 und 25 Tagen nach dem Erscheinen der länglichen Keimblätter wurde das erste lederige, nierenförmige Folgeblatt gebildet, dessen Form sich bei allen weiteren Blättern gleich blieb, ausser dass die Grösse zunahm. Die Blattanzahl nahm langsam zu und betrug bei Versuchsende 7(-9) auf Silikat und (4-)6 auf Karbonat (Abb. 33).

Die Entwicklung der Jungpflanzen war in Bezug auf Blattfolge, Blattanzahl und Grösse der Rosette während den ersten 80 Tagen auf beiden Böden genau gleich. Danach nahmen jedoch die Blätter der Pflanzen auf Silikat rasch an Grösse zu, im Gegensatz zu denen auf Karbonat, so dass sich die Durchmesser der Rosetten bei Versuchsende stark unterschieden: (18-)24 mm auf Karbonat bzw. 40 - 45 mm auf Silikat.

Homogyne alpina entwickelte sich deutlich besser auf Silikat, wo die Pflanzen innert 150 Tagen vegetativ gut ausgebildet wurde, im Gegensatz zu den Pflanzen auf Karbonat, die nur langsam wuchsen und nach 150 Tagen nicht den Eindruck von vegetativ gut entwickelten Pflanzen machten (Abb. 34).

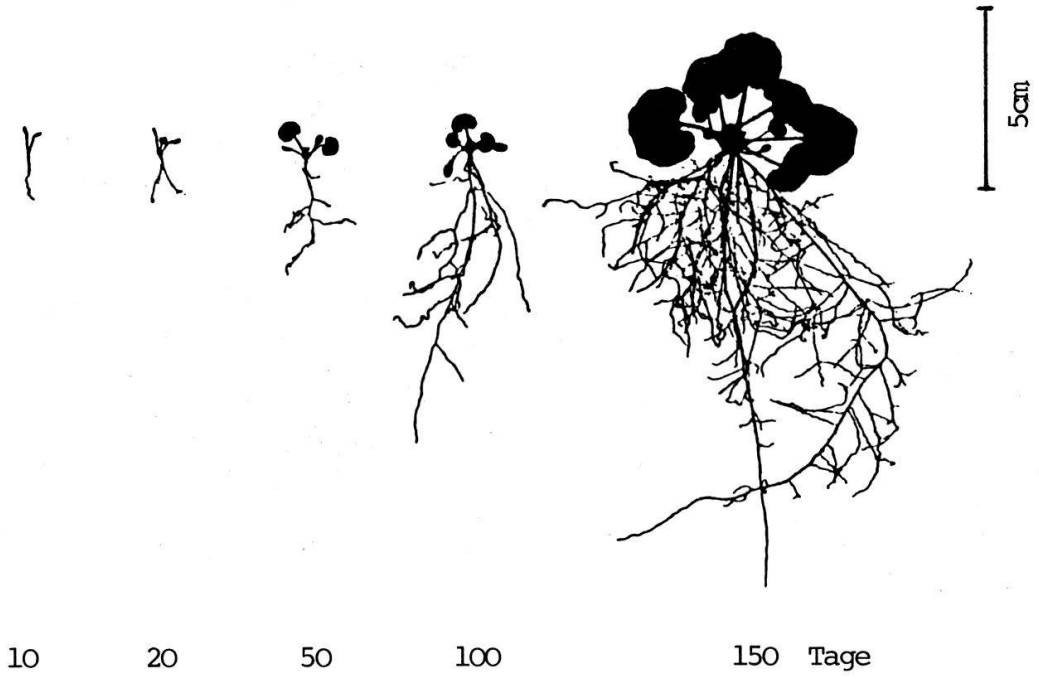


Abb. 33. *Homogyne alpina* von Silikat: Entwicklung auf Silikat.

Fig. 33. Homogyne alpina from silicate: development in silicate soil.

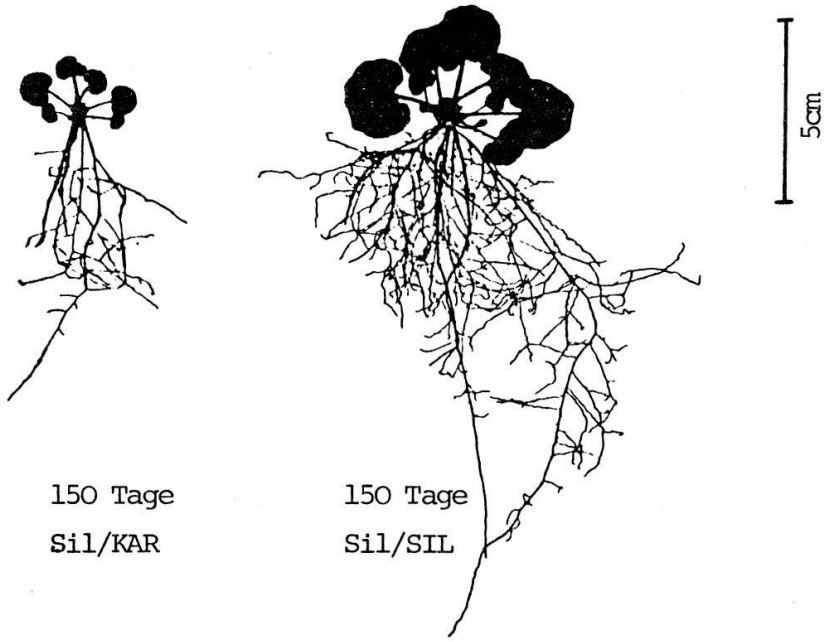


Abb. 34. *Homogyne alpina* von Silikat: Entwicklung auf Silikat und Karbonat.

Fig. 34. Homogyne alpina from silicate: development in silicate and carbonate soils.

4. Diskussion

Die Untersuchungen vieler Autoren zeigten eine grosse Variabilität des Keimverhaltens alpiner und arktischer Arten, wobei sich die Unterschiede nicht auf taxonomisch verschiedene Gruppen beschränken, sondern auch innerhalb von Gattungen, zwischen Pflanzen derselben Art oder Samen derselben Mutterpflanze vorkommen können. Die 29 von uns untersuchten Arten der Umgebung von Davos/Strela stimmen bezüglich der Vielfältigkeit ihres Keimverhaltens mit diesen Angaben überein. Diese grosse Variabilität wird teilweise von genetischen, teilweise von ökologischen Faktoren - u.a. auch von der Lagerung der Samen - beeinflusst.

Die auf ihre *Lebensfähigkeit über mehrere Jahre* untersuchten elf Arten zeigten keinen vollständigen Verlust ihrer Keimfähigkeit nach Lagerzeiten von 2 bis 5 Jahren bei 4°C in trockenem Zustand. Auch in dieser Hinsicht war jedoch eine grosse Variabilität feststellbar. Neben den Arten, die keine erkennbare

Tendenz zeigten oder in allen Versuchsjahren gleich gut wie *Sagina linnaei* oder gar nicht keimten wie *Gentiana clusii* und *Gentiana kochiana*, konnten zwei Gruppen unterschieden werden:

a) Diejenigen Arten, deren Keimfähigkeit mit zunehmender Lagerungsdauer eine zunehmende Tendenz zeigte: *Hutchinsia alpina, Arabis coerulea, Dryas octopetala.*

b) Diejenigen Arten, deren Keimfähigkeit mit zunehmender Lagerungsdauer abnahm: *Carex firma , Soldanella pusilla.*

Die Unterschiede verschiedener Erntejahre waren teilweise ziemlich gross.

Da die Lagerung der Samen im Boden eine grosse Rolle bei der Bildung von Samenreserven zur Ueberdauerung der Arten spielt, sind Versuche mit begrabenen Samen ebenfalls von grossem Interesse. Untersuchungen mit in geschlossenen Behältern im Boden gelagerten Samen der kollinen Stufe wurde von BEAL (1884) und DUVEL (1905) durchgeführt, wobei etwa die Hälfte der untersuchten Arten noch nach 25 - 30 Jahren keimfähig war, während ein Drittel der Arten die ersten 5 Jahre nicht überlebte. Entsprechende Untersuchungen mit Samen alpiner Pflanzen sind uns unbekannt.

Einige von uns untersuchte Arten gehören Gattungen oder Familien an, von denen HARRINGTON (1972) eine Lebensdauer von mehr als 10 Jahren berichtete (*Carex, Sagina, Gnaphalium, Cruciferae, Primulaceae, Gentianaceae*). Obschon sich die Angaben von HARRINGTON (1972) nur auf landwirtschaftlich interessante Arten der kollinen Stufe beziehen, kann man doch vermuten, dass die Lebensdauer von Samen alpiner Pflanzen in manchen Fällen ebenfalls 10 Jahre überschreitet. Langfristige Untersuchungen wären sehr wünschenswert.

Von den 28 auf ihr *Keimverhalten* untersuchten Arten in der vorliegenden Arbeit, keimten 4 Arten ohne Vorbehandlung gar nicht, 16 mit einer Keimungsrate unter 50%, 8 mit einer Keimungsrate von mindestens 50% und davon 4 Arten zu 100%. Neu untersuchte Arten, bei denen aufgrund ihres Keimverhaltens eine Keimruhe vermutet werden könnte, gehören v.a. zu den Gattungen *Carex* und *Ranunculus*, betrafen jedoch auch die Arten *Trifolium alpinum, Ligusticum mutellina* und *Primula auricula*. Durch verschiedene Vorbehandlungen der Samen konnte die Keimung mehrerer Arten stark erhöht oder ausgelöst werden. Einige Vorbehandlungen, die die Keimung sehr deutlich verbesserten, werden anschliessend beschrieben:

Bei *Carex parviflora* wurde die Keimung durch mechanische Skarifikation in der Nähe der Radicula ausgelöst, erfolgte sofort und beinahe vollständig, während eine Skarifikation an der, der Radicula gegenüberliegenden Seite kaum Erfolg hatte. Ein ähnliches Verhalten, jedoch weniger ausgeprägt, zeigte auch *Carex firma*. Dass mechanische Skarifikation an einer ganz bestimmten Stelle die Keimung stark erhöhen kann, ist auch an Samen von *Lotus alpinus* gezeigt worden, wo eine Skarifikation am Samenrücken die Keimung deutlich stärker erhöhte als eine Entfernung des Hilums (URBANSKA-WORYTKIEWICZ et al. 1979). Es lässt sich also vermuten, dass die Verletzung der Samenschale an einer bestimmten Stelle die Keimung deutlich beeinflussen kann und dass diese Verletzung direkt davon abhängt, mit welcher Stelle der Samen auf den Boden zu liegen kommt. Dieses differenzierte Verhalten wurde auch von HARPER und BENTON (1966) nachgewiesen.

Ebenfalls durch mechanische Skarifikation wurde die Keimung von *Trifolium alpinum* stark beschleunigt und innerhalb weniger Tage vervollständigt. Dies bestätigt erneut die schon oft beschriebene Tatsache der Ausbildung "harter" Samen bei Leguminosen, deren Samenschale eine Quellung und damit eine Keimung verhindert. Eine Beschädigung der Samenschale ermöglicht darum eine sofortige Keimung. Bei *Trifolium alpinum* konnte jedoch im Gegensatz zu *Lotus alpinus* keine Abhängigkeit vom Ort der Skarifikation beobachtet werden. Am Samenrükken bzw. am Hilum skarifizierte Samen keimten gleich schnell und mit gleichem Erfolg.

Neben der mechanischen Skarifikation wurde die Keimung bei *Carex firma* und *Carex parviflora* auch durch chemische Skarifikation erhöht, bei *Carex firma* deutlicher als bei *Carex parviflora*. So könnte man vermuten, dass eine Verbreitung durch Tiere, bei deren Verdauungsvorgängen die Samenschale chemisch angegriffen wird, v.a. bei *Carex firma*, ebenfalls eine Rolle spielen könnte. In seiner Studie über die Verbreitungsbiologie von Blütenpflanzen erwähnt MüLLER (1977) viele Arten, die durch Tiere verbreitet werden. Es wäre interessant, diese Arten auf ihr Keimverhalten, v.a. in bezug auf chemische Skarikikation zu untersuchen. Allgemein war jedoch chemische Skarifikation bei den von uns untersuchten Arten nur von geringem Erfolg.

Untersuchungen von AMEN und BONDE (1964) zeigten, dass innerhalb der Gattung

Carex ganz verschiedene Keimruhetypen vorkommen können. So keimte die von ihnen untersuchte *Carex albonigra* der Rocky Mountains ebenfalls nur nach einer Skarifikation an der Fruchtbasis, was dem Keimruhetyp von *Carex parviflora* entsprechen würde, während die Keimung von *Carex ebenea*, einer nahe verwandten Art, nur durch Fluoreszenz- oder Rotlichtbehandlung deutlich gefördert wurde. Untersuchungen von BOGENRIEDER (1974) an *Carex frigida* des Schwarzwaldes und der Alpen, wo eine Stratifikation die Keimung stark förderte, und Untersuchungen von FOSSATI (1976), wo weder Skarifikation noch Gibberellinbehandlung die Keimung bei *Carex sempervirens* der Alpen auslösten, bestätigen die grosse Variabilität innerhalb der Gattung *Carex*. AMEN und BONDE (1964) vermuten, dass diese auf der in dieser Gattung häufigen Aneuploidie und der neben der geschlechtlichen ebenfalls ausgeprägten vegetativen Vermehrung beruht. Diese zwei Faktoren fördern nach Ansicht der beiden Autoren die Stabilisierung neuer Mutationen innerhalb einer Art, die auch das Keimverhalten beeinflussen können. Weitere Untersuchungen der Variabilität des Keimverhaltens einzelner Arten der Gattung *Carex* wären wünschenswert.

Bei *Primula auricula* wurde die Keimung deutlich und sofort durch eine Gibberellinbehandlung verbessert. Dies könnte mit dem bei der Trennung von der Mutterpflanze zwar differenzierten, aber kleinen Embryo zusammenhängen, der noch eine bestimmte Wachstumsperiode bis zur Keimung benötigt. Schon HEGI (1906-1939) berichtete, dass Pflanzen der Gattung *Primula* eine Nachreife benötigen, die dadurch begünstigt werde, dass die Fruchtstände der Pflanzen den ganzen Winter hindurch erhalten bleiben ("Wintersteher"). Diese Verallgemeinerung für Pflanzen der Gattung *Primula* könnte jedoch im Widerspruch zum Verhalten von *Primula integrifolia* stehen, deren Keimung zwar durch Gibberellin beschleunigt, aber nicht verbessert wurde. Im Gegensatz dazu wurde die Keimung durch mechanische Skarifikation erhöht, obwohl nur geringfügig.

Die Keimung von *Arabis coerulea* und *Arabis pumila* wurde durch mechanische Skarifikation und Gibberellin verbessert, was mit den Resultaten von FOSSATI (1980) übereinstimmt, wo eine Keimung von *Arabis coerulea* nur durch Gibberellin ausgelöst werden konnte.

Bei *Homogyne alpina* wurde die Keimung durch Gibberellin, und noch deutlicher durch mechanische Skarifikation, beschleunigt und erhöht, obwohl die Keimungsrate schon ohne Behandlung relativ hoch war. Beziehungen zu Standorts-

faktoren sind kaum ersichtlich, auch liesse der voll entwickelte Embryo keine Förderung der Keimung durch Gibberellin vermuten.

Bei *Ligusticum mutellina* hatten weder mechanische noch chemische Skarifikation noch Gibberellinbehandlung Erfolg. Obwohl der kleine, undifferenzierte Embryo eine Förderung der Keimung durch Gibberellin und die Ausbildung grosser Samen eine Verbreitung durch Tiere mit dem damit verbundenen Brechen der Keimruhe durch chemische Skarifikation vermuten liesse, verursachten diese beiden Behandlungen keine Keimung. Trotzdem ist *Ligusticum mutellina* in den Alpen häufig und bildet reichlich Samen, so dass die geschlechtliche Vermehrung offenbar eine grosse Rolle spielt. Eine weitere Untersuchung der Keimruhe von *Ligusticum mutellina* wäre also von Interesse.

Bei dem meisten untersuchten Arten war *mechanische Skarifikation* von grösstem Erfolg bei der Förderung der Keimung, während *chemische Skarifikation* nur geringe Verbesserungen der Keimung brachte. Durch *Gibberellin* wurde die Keimung zwar häufig verbessert, jedoch meist weniger deutlich als durch mechanische Skarifikation. In dieser Hinsicht werden frühere Untersuchungen von AMEN (1966) und FOSSATI (1980) bestätigt, die beide mechanische Skarifikation als den häufigsten keimruhebrechenden Faktor für alpine Pflanzen beschrieben und Gibberellin- bzw. Kältebehandlung als für alpine Pflanzen von geringerer Bedeutung bezeichneten. Dies könnte dadurch erklärt werden, dass oberhalb der Waldgrenze Bodenbewegungen (Frost, Erosion, Rutschen etc.) besonders ausgeprägt sind. Die meisten Faktoren, die das Keimverhalten alpiner Arten beeinflussen, und ihre Beziehung zu Standortsbedingungen sind jedoch sehr komplex und oft kaum ersichtlich. Die weitere Erforschung der Keimruhe, gemeinsam mit ökologischen Untersuchungen, könnte dazu mehr Aufschlüsse bringen.

Die Keimung der 16 untersuchten, alpinen Arten auf verschiedenen Böden zeigte mit Ausnahme von *Carex parviflora, Silene acaulis, Sagina linnaei, Primula integrifolia* und *Myosotis alpestris* keine wesentliche Beeinflussung durch den Chemismus des Bodens. Dies bestätigt die Ansicht vieler Autoren, wonach der Einfluss des Bodens sich erst nach dem Verbrauch der Reservestoffe des Samens auswirkt (ELLENBERG 1958, KNAPP 1967, RAHN 1968, GIGON 1971, FOSSATI 1980).

Im Gegensatz dazu war die *Entwicklung der Jungpflanzen* der 12 gekeimten Arten auf verschiedenen Böden oft stark unterschiedlich und offenbar vom Chemismus des Bodens deutlich beeinflusst. Allgemein entwickelten sich Karbonatarten auf Silikat und Karbonat etwa gleich gut, während Silikatarten auf Silikat deutlich besser ausgebildet waren als auf Karbonat, wo sie teilweise Chloroseerscheinungen zeigten. Diese Resultate stimmen weitgehend mit Berichten von GIGON (1971) überein, zeigen jedoch Unterschiede zu den von FOSSATI (1980) untersuchten Arten, die sich differenzierter verhielten.

Von Serpentin wurde nur *Biscutella levigata* untersucht, wobei diese Pflanzen sich auf allen Versuchsböden schlechter entwickelten als diejenigen von Karbonat. Die von uns beobachteten Unterschiede müssten noch durch weitere Untersuchungen geprüft werden.

Die Keim- und Jungpflanzenphase ist im Leben einer Pflanze von grosser Bedeutung, da bekanntlich der Einfluss der Selektion in dieser Lebensphase besonders ausgeprägt ist. Es wäre von grossem Interesse, nicht nur weitere alpine Arten in dieser Hinsicht zu untersuchen, sondern auch näher auf die Variabilität des Keimverhaltens innerhalb der gleichen Art einzugehen. In dieser Beziehung wären beispielsweise Keimversuche mit agamospermen alpinen Arten von grosser Bedeutung, da bei parthenogenetisch enstandenen Samen eine genetische Variabilität weitgehend ausgeschlossen werden kann.

Das Ueberleben der Jungpflanzen an nicht nur angestammten Standorten der Mutterpflanze, sondern auch in neuen Nischen, kann Hinweise auf schon vorgebildete Neuanpassungen liefern. Es wäre darum wünschenswert, mehr über das Jungpflanzenverhalten alpiner Arten und damit über Probleme der Evolution in alpinen Oekosystemen zu erfahren.

Zusammenfassung

29 alpine Arten wurden unter kontrollierten Bedingungen auf ihr Keim- und Jungpflanzenverhalten untersucht, wobei 3 Aspekte des Problemkreises näher betrachtet wurden:

1. Um eine mögliche Veränderung des Keimverhaltens mit zunehmendem Samenalter feststellen zu können, wurden Samen, die während 2 - 5 Jahren trocken bei 4°C gelagert worden waren, untersucht.

2. Das Keimverhalten einzelner, an diesem Institut noch nicht untersuchter Arten wurde genauer geprüft, wobei mit verschiedenen Samenvorbehandlungen (mechanische und chemische Skarifikation, Gibberellin-Vorbehandlung) versucht wurde, die Keimung zu fördern, bzw. eine allfällige Keimruhe zu brechen.

3. Um den Einfluss des Bodens auf Keimung und Entwicklung der Jungpflanzen zu erfahren, wurden Samen verschiedener Arten auf Karbonat, Silikat und Serpentin ausgesät und ihre Entwicklung über mehrere Monate beobachtet, wobei einige dieser Arten auf mehreren der genannten Böden natürlich vorkommen.

Keine der 11 untersuchten Arten zeigte einen vollständigen Verlust ihrer Keimfähigkeit nach 2 - 5 Jahren Lagerung. Neben 6 Arten, die unverändert keimten oder kein bestimmtes Verhalten erkennen liessen, zeigten *Hutchinsia alpina, Arabis coerulea* und *Dryas octopetala* eine zunehmende Tendenz der Keimfähigkeit mit zunehmendem Alter der Samen, während bei *Carex firma* und *Soldanella pusilla* eine abnehmende Tendenz festgestellt wurde.

Von den 29 auf ihr Keimverhalten untersuchten Arten keimten 4 ohne Vorbehandlung gar nicht, 16 mit einer Keimungsrate unter 50%, 9 mit einer Keimungsrate von mindestens 50% und davon 4 Arten zu 100%.

Von den neu untersuchten Arten könnte bei *Trifolium alpinum, Ligusticum mutelline, Primula auricula,* sowie den *Carex*- und *Ranunculus*-Arten eine Keimruhe vermutet werden. Bei den meisten der untersuchten Arten war *mechanische Skarifikation* am erfolgreichsten zur Förderung der Keimung oder zum Brechen der Keimruhe. Bei *Carex parviflora* war eine Skarifikation an einer ganz bestimmten Stelle (in der Nähe der Radicula) von besonderem Erfolg. Durch *Gibberellin-Behandlung* wurde die Keimung häufig verbessert, jedoch meist weniger deutlich als durch Skarifikation oder nur gemeinsam mit einer Skarifikation. Eine Ausnahme bildete hier *Primula auricula*, wo Gibberellin die Keimung noch deutlicher als Skarifikation verbesserte. *Chemische Skarifikation* war nur von geringem Erfolg.

Ein Einfluss des Bodens auf die Keimung war mit Ausnahme weniger Arten nicht feststellbar. Im Gegensatz dazu entwickelten sich die Jungpflanzen auf verschiedenen Böden unterschiedlich. Allgemein wurden Karbonatarten auf Silikat und Karbonat gleich gut ausgebildet, während die Entwicklung der Silikatarten deutlich besser auf Silikat erfolgte. Karbonatarten zeigten also einen grösseren Toleranzbereich bezüglich des Bodens als Silikatarten.

Summary

Germinating behaviour and early developmental phases of 29 alpine taxa were studied under controlled conditions. On the whole, 34 samples were investigated. Three aspects of the problem were particularly considered:

1. Seeds remaining for 2 - 5 years in dry storage at 4°C were tested to study a possible influence of increasing seed age upon longevity and germinability.

2. Germinating behaviour of some taxa not investigated hitherto at the Geobotanical Institute was studied; attempts were also made to improve the

germination rates and/or to break a possible seed dormancy by various pre-treatments (mechanical and chemical scarification, treatment with gibberellic acid).

3. Seeds of numerous species were sown upon carbonate and silicate soils and the influence of the substratum upon germinating behaviour as well as development of young plants was studied. *Biscutella levigata* was tested in three types of soil viz. carbonate, silicate and serpentine. Some of the studied taxa occur in the wild upon various soils.

None of the 11 taxa tested for seed viability lost it after 2 - 5 years of storage. Seeds of six taxa showed no apparent change in germinating behaviour; a tendency towards an increasing germinability occurred in *Hutchinsia alpina, Arabis coerulea* and *Dryas octopetala,* whereas an inverse tendency was observed in *Carex firma* and *Soldanella pusilla.*

Without pre-treatment, five taxa did not germinate at all; five had very low germination rates (2 and 8 per cent, respectively), twelve germinated between 18 and 48 per cent, whereas twelve germinated very well, the corresponding rates being mostly situated between 60 and 100 per cent. An apparent seed dormancy was found in *Trifolium alpinum, Ligusticum mutellina, Primula auricula* as well as some species of *Carex* and *Ranunculus montanus* s.l. Most of the species responded positively to a mechanical scarification; a preferential response to a scarification precisely located near the radicula was found in *Carex parviflora.*

Gibberellic acid often influenced positively the germination, but generally was less effective than scarification or worked only together with scarification. Exceptionally good response to the gibberelline-treatment was observed in *Primula auricula.* Chemical scarification proved to be not very effective in the studied material.

No apparent influence of the substratum upon the germinating behaviour was observed, bar a few exceptions. The development of young plants, on the other hand, varied from one soil type to the other. Plants from carbonate generally showed no differences upon silicate and carbonate whereas plants from silicate apparently performed better upon silicate than upon carbonate.

Literatur

AMEN R.D., 1966: The extent and role of seed dormancy in alpine plants. Quart.Rev.Biol. *41*, 271-281.

- und BONDE E.K., 1964: Dormancy and germination in alpine *Carex* from the Colorado front Range. Ecol. *45*, 881-884.

BEAL W.J., 1884: The vitality of seeds buried in the soil. Mich.State Bd. Agr.Ann.Rpt.Sec. *23*(5), 332-334.

BOGENRIEDER A., 1974: Vergleichende physiologisch-ökologische Untersuchungen an Populationen subalpiner Pflanzen aus Schwarzwald und Alpen. Oecol.Plant. *9*(2), 131-156.

DUVEL J.W.T., 1905: The vitality of buried seeds. U.S.Bur.Plant.Indus.Bull. *83*, 22 pp.

ELLENBERG H., 1958: Bodenreaktion (einschliesslich Kalkfrage). Handb.Pflanzenphysiol. *4*, 638-708.

FOSSATI A., 1976: Die Keimung von Hochgebirgspflanzen. Diplomarbeit Geobot. Inst.ETH, Stiftung Rübel. 167 S. (unveröff.).

- 1979: Les premières phases de développement chez quelques plantes alpines. Bull.Soc.bot.Fr. *126*, Act.bot. *3*, 131-164.

- 1980: Keimverhalten und frühe Entwicklungsphasen einiger Alpenpflanzen. Veröff.Geobot.Inst.ETH, Stiftung Rübel *73*, 193 S.

GIGON A., 1971: Vergleich alpiner Rasen auf Silikat- und Karbonatboden. Konkurrenz- und Stickstoffversuche sowie standortskundliche Untersuchungen im *Nardetum* und *Seslerietum* bei Davos. Veröff.Geobot. Inst.ETH, Stiftung Rübel *48*, 159 S.

HARPER J.L. und BENTON R.A., 1966: The behaviour of seeds in soil. II. The germination of seeds on the surface of a water supllying substrate. J.Ecol. *54*, 151-166.

HARRINGTON J.F., 1972: Seed storage and longevity. In: KOZLOWSKI T.T. (ed.), Seed biology, Vol. 3, Acad.Press, New York and London.

HEGI G., 1906-1939: Illustrierte Flora von Mittel-Europa. 1. Aufl. Bd. I-VI, Lehmann's Verlag, München.

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

KNAPP R., 1967: Experimentelle Soziologie und gegenseitige Beeinflussung der Pflanzen. Stuttgart. 266 S.

LüDI W., 1932: Keimungsversuche mit Samen von Alpenpflanzen.Mitt.Naturf.Ges. Bern *46*, 50 S.

MüLLER P., 1977: Verbreitungsbiologie der Blütenpflanzen. 2. Aufl. Veröff. Geobot.Inst.ETH, Stiftung Rübel *61*, 226 S.

RAHN H., 1968: Vikariierende Pflanzensippen auf kalkreicher und kalkarmer Gesteinsunterlage. Diplomarbeit. Geobot.Inst.ETH, Stiftung Rübel. (unveröff.).

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 Rübel *46*, 62-85.

Adresse der Autorin: Katharine WEILENMANN, dipl. Natw. ETH
Geobotanisches Institut ETH
Stiftung Rübel
Zürichbergstr. 38
CH-8044 Zürich