

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

Herausgeber: Geobotanisches Institut, Stiftung Rübel (Zürich)

Band: 73 (1980)

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

Autor: Fossati, Alessandro

Kapitel: 5: Vergleich des Keimverhaltens und der frühen Entwicklungsphasen

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: 17.01.2026

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

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	1977	1978
Keine Keimung	<u>Gentiana Kochiana</u>	0	0	0	0	<u>Gentiana Clusii</u> <u>Arabis coerulea</u>	0	0	0	0
Keine oder spärliche Keimung	<u>Carex sempervirens</u> <u>SIL</u> <u>Nardus stricta</u> <u>Helictotrichon versicolor</u>	0	0	0	4					
		0	5	0	12					
		27	0	0	0					
Spärliche Keimung	<u>Sesleria disticha</u> <u>Ranunculus Grenierianus</u> <u>Pulsatilla sulphurea</u>	17	22	2	22	<u>Carex firma</u> <u>Helianthemum alpestre</u> <u>Salix retusa</u>	13	20	16	16
		8			20			6		
		17		6			18	16		
Mässige Keimung						<u>Anthyllis alpestris</u> <u>Hutchinsia alpina</u>	35	34	22	22
							37	38		
Gute Keimung	<u>Soldanella pusilla</u> <u>Gnaphalium supinum</u> <u>Luzula multiflora</u> <u>Antennaria dioeca</u> <u>Cardamine alpina</u>	75	37	68		<u>Dryas octopetala</u> <u>Sesleria coerulea</u> <u>Scabiosa lucida</u> <u>Veronica alpina</u> <u>Leontopodium alpinum</u> <u>Sagina Linnaei</u>	48	45	90	
		80		44	54		95	50	66	
			100	60	100		45	90		
			48						80	
		73			46		90		100	100
Sehr unregelmässige Keimung	<u>Salix herbacea</u> <u>Geum montanum</u> <u>Hieracium alpinum</u> <u>Senecio carniolicus</u>	0	43	62	46	<u>Ranunculus alpestris</u> <u>Saxifraga caesia</u> <u>Carex sempervirens</u> <u>KAR</u>	0	40	24	76
		23		32	80		17	88	60	
		32		82			2	67	42	14
		3			100					

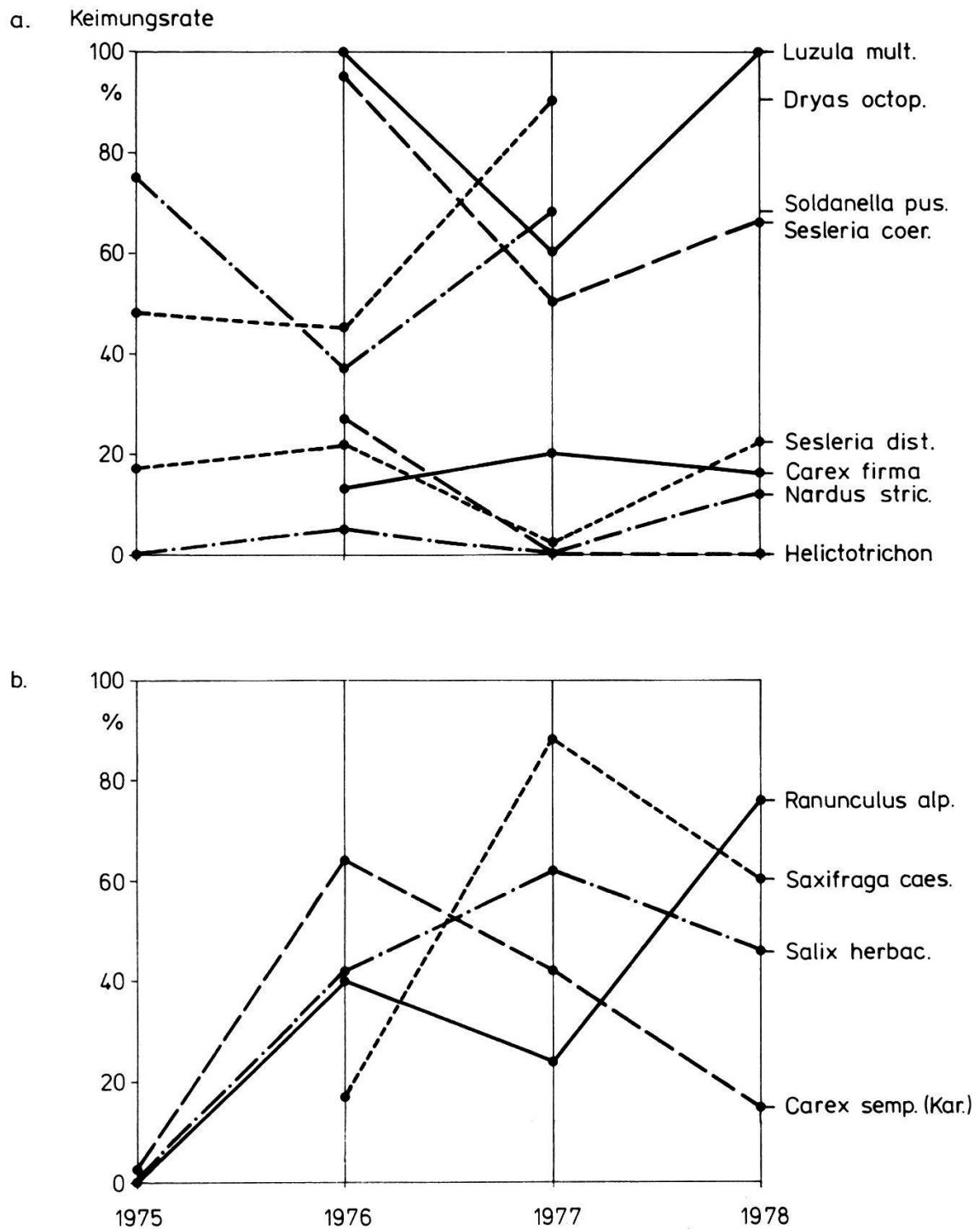


Abbildung 16. Gruppierung der Arten nach der Keimungsrate.
 a) Arten mit entweder \pm tiefer oder \pm hoher Keimungsrate
 b) Arten mit ausgesprochen unregelmässiger Keimungsrate

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.

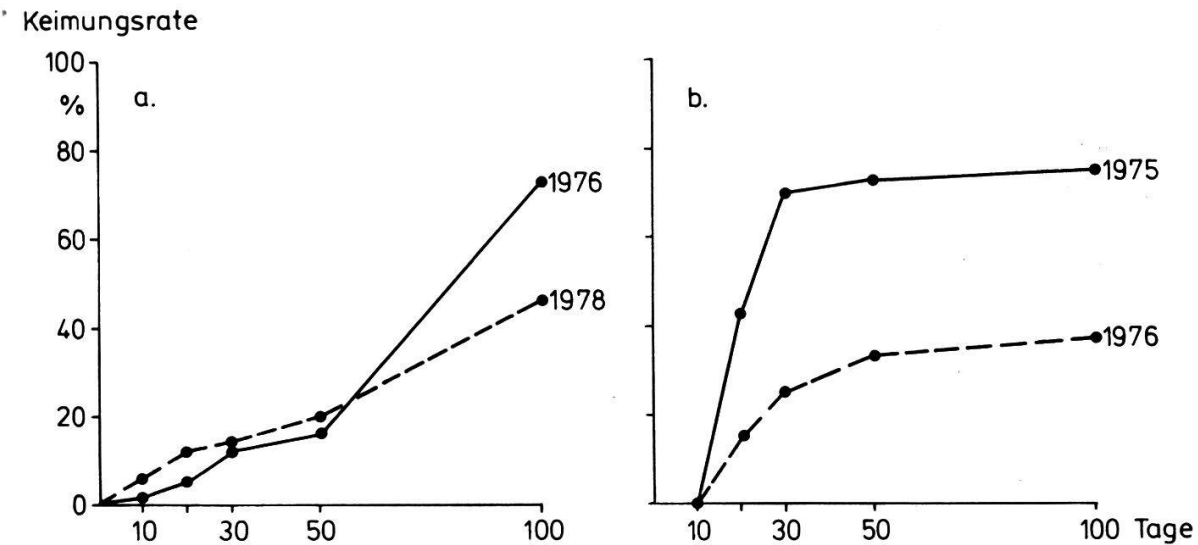


Abbildung 17. Unterschiedlicher Keimungsverlauf bei a) *Cardamine alpina* und b) *Soldanella pusilla*.

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 geringerem 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					

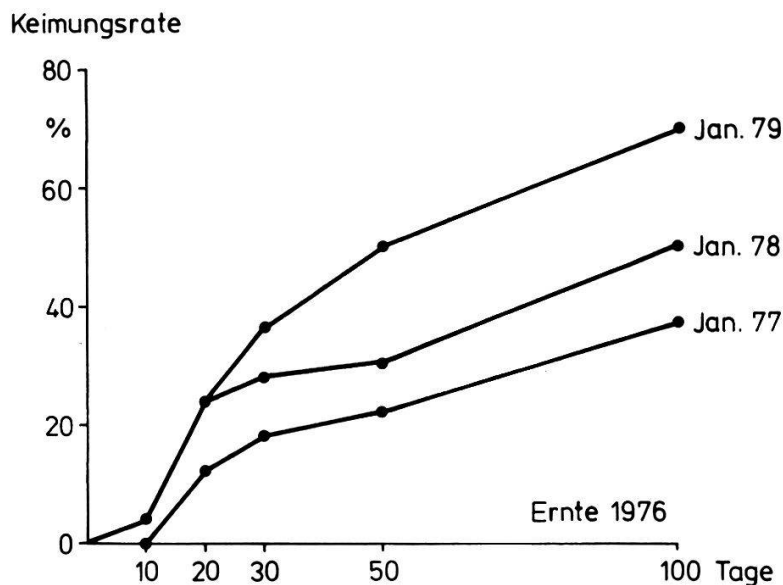


Abbildung 18. Keimung von *Hutchinsia alpina* mit zunehmendem Samenalter

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. = Skarifikation, GA₃ = Gibberellinsäure

- = 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%	

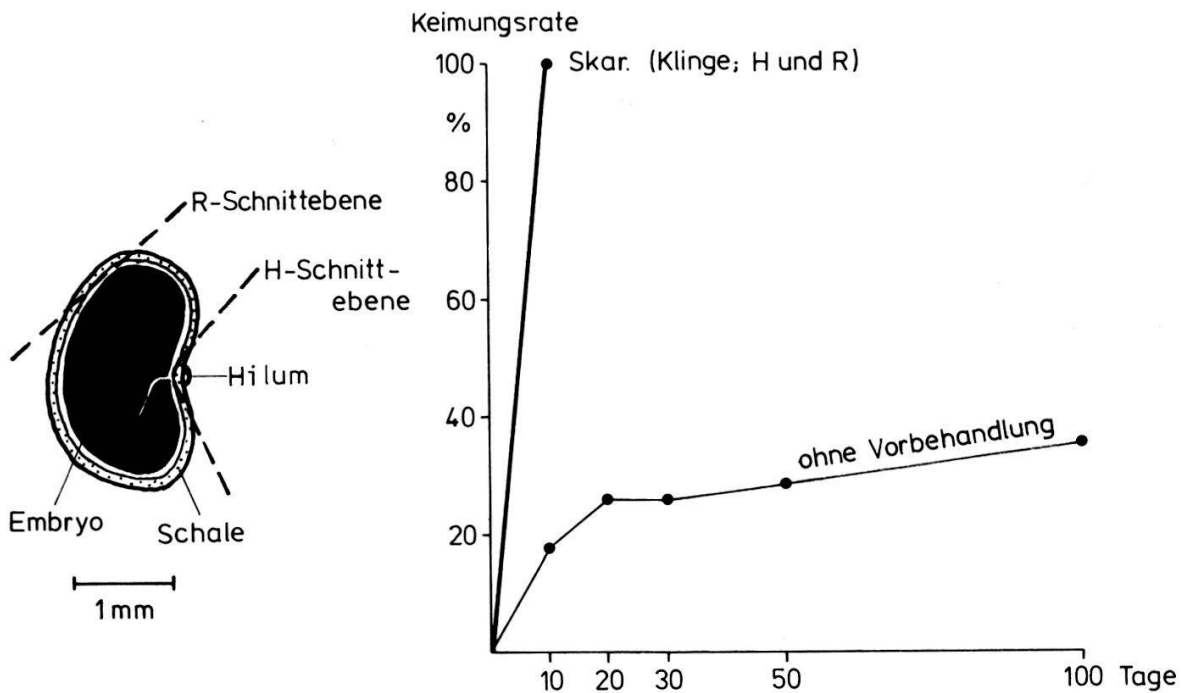


Abbildung 19. *Anthyllis alpestris*: Wirkung der Skarifikation. Links: innere Struktur (R = Skarifikation an Samenrücken, H = Entfernen der Hilumregion). Rechts: Keimungskurven (vgl. Tab. 86, S. 125, Serien 9, 11, 12)

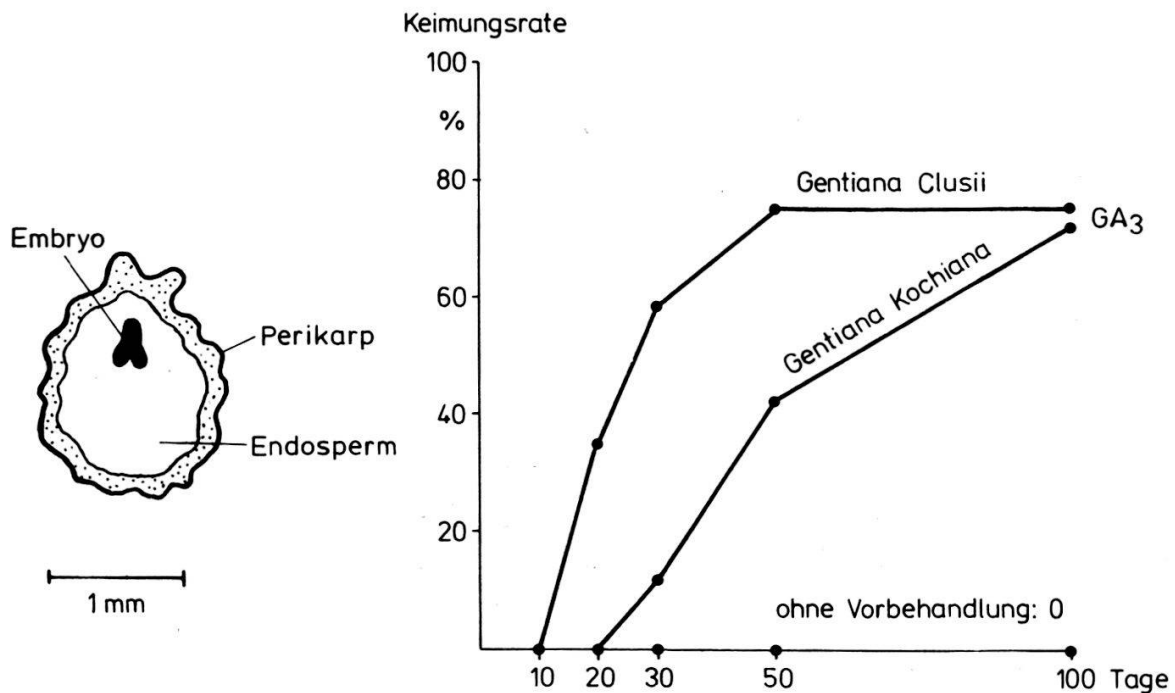


Abbildung 20. *Gentiana kochiana* und *G. clusii*: Wirkung der Gibberellinsäurebehandlung. Links: innere Struktur; Rechts: Keimungskurven. (vgl. Tab. 33, S. 71, Serien 2, 6 und Tab. 78, S. 118, Serien 2, 16).

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

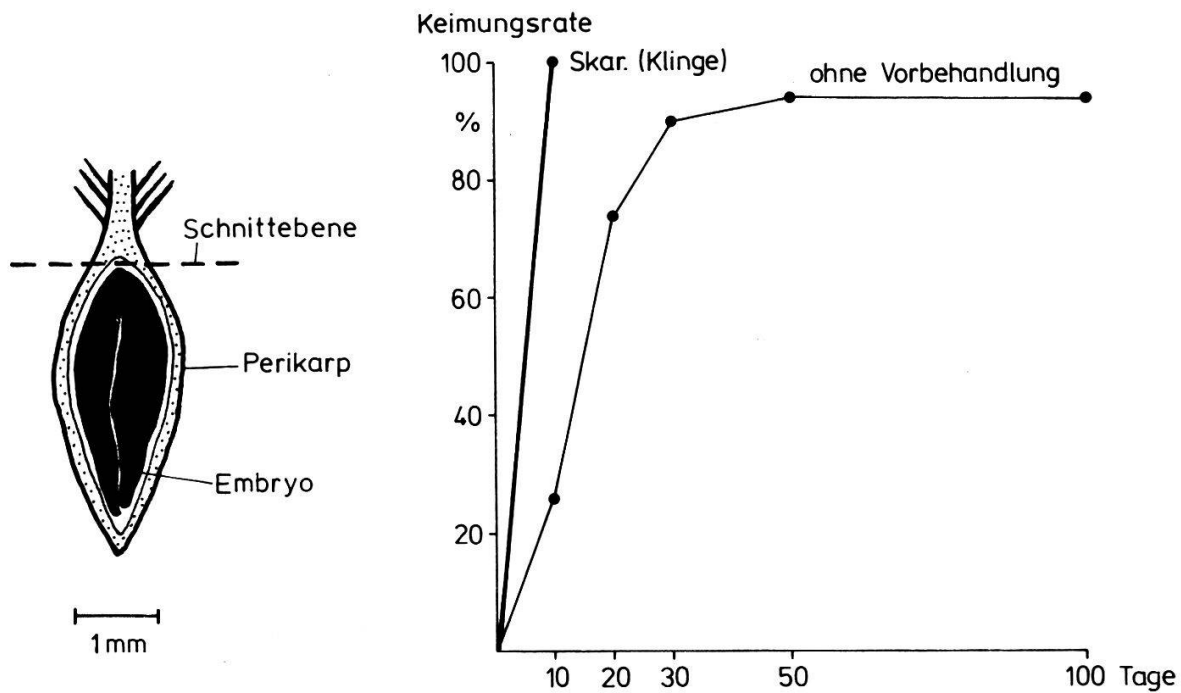


Abbildung 21. *Dryas octopetala*: Wirkung der Skarifikation
Links: innere Struktur; rechts: Keimungskurven
(vgl. Tab. 70, S. 110, Serien 8 und 10)

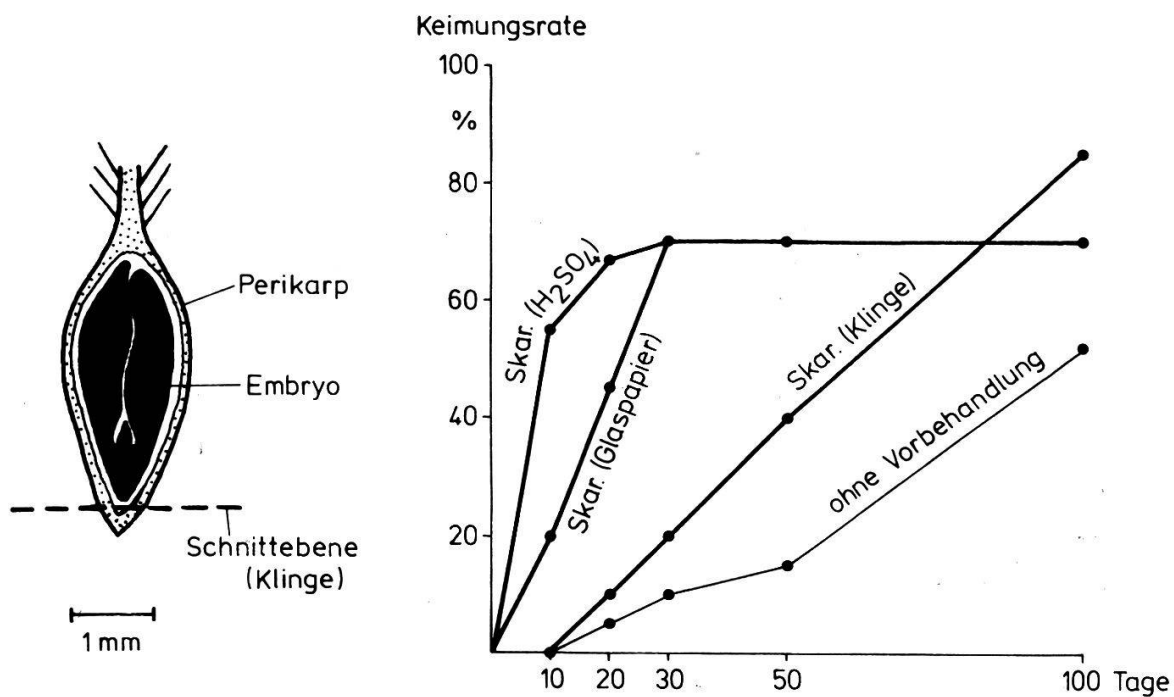


Abbildung 22. *Geum montanum*: Wirkung der Skarifikation
Links: innere Struktur; rechts: Keimungskurven
(vgl. Tab. 23, S. 62, Serien 2, 10, 12, 14)

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).

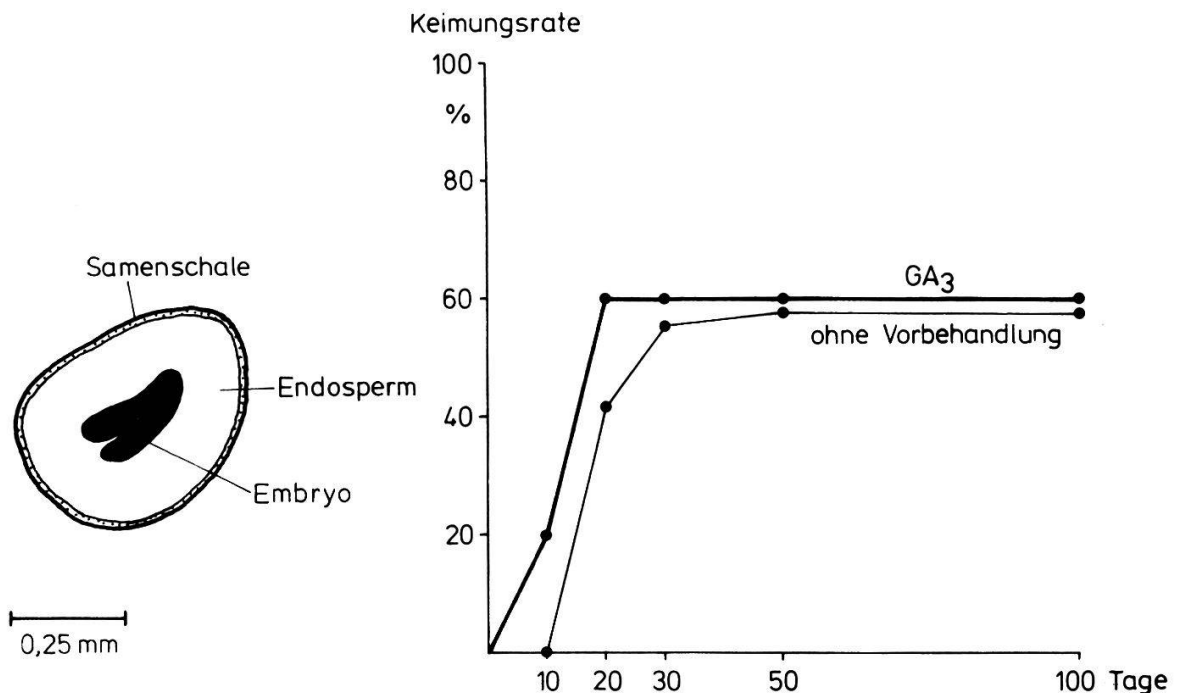


Abbildung 23. *Soldanella pusilla*: Wirkung der Gibberellinsäurebehandlung.
Links: innere Struktur; rechts: Keimungskurven.
(vgl. Tab. 19, S. 58, Serien 7 und 9)

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>	-	++

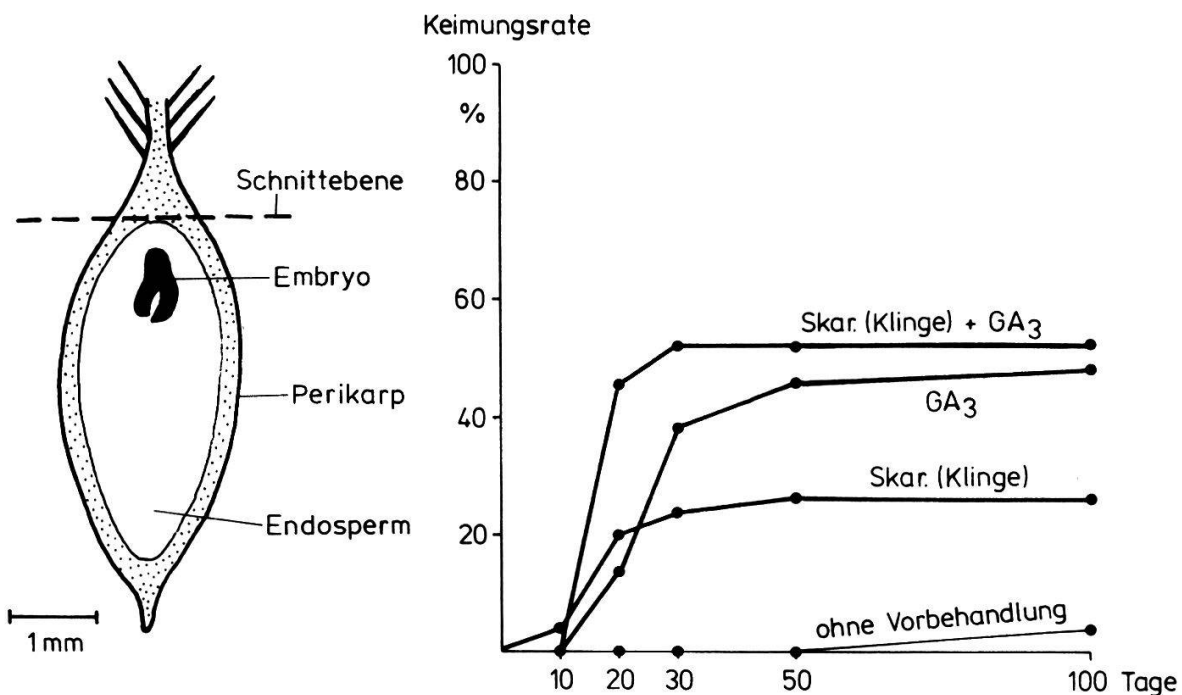


Abbildung 24. *Pulsatilla sulphurea*: Wirkung der verschiedenen Vorbehandlungen
 Links: innere Struktur, rechts: Keimungskurven.
 (vgl. Tab. 46, S.84, Serien 8, 19, 20, 21)

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. GA_3 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 GA_3 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
	alle	3 Ve	62	42	104	10	24	13	47	45
		3 Na	90	28	118	29	51	18	98	83
11 KAR	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)

Arten	ausgesät auf		Keimungen			Verluste				Sterbe- rate % 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-

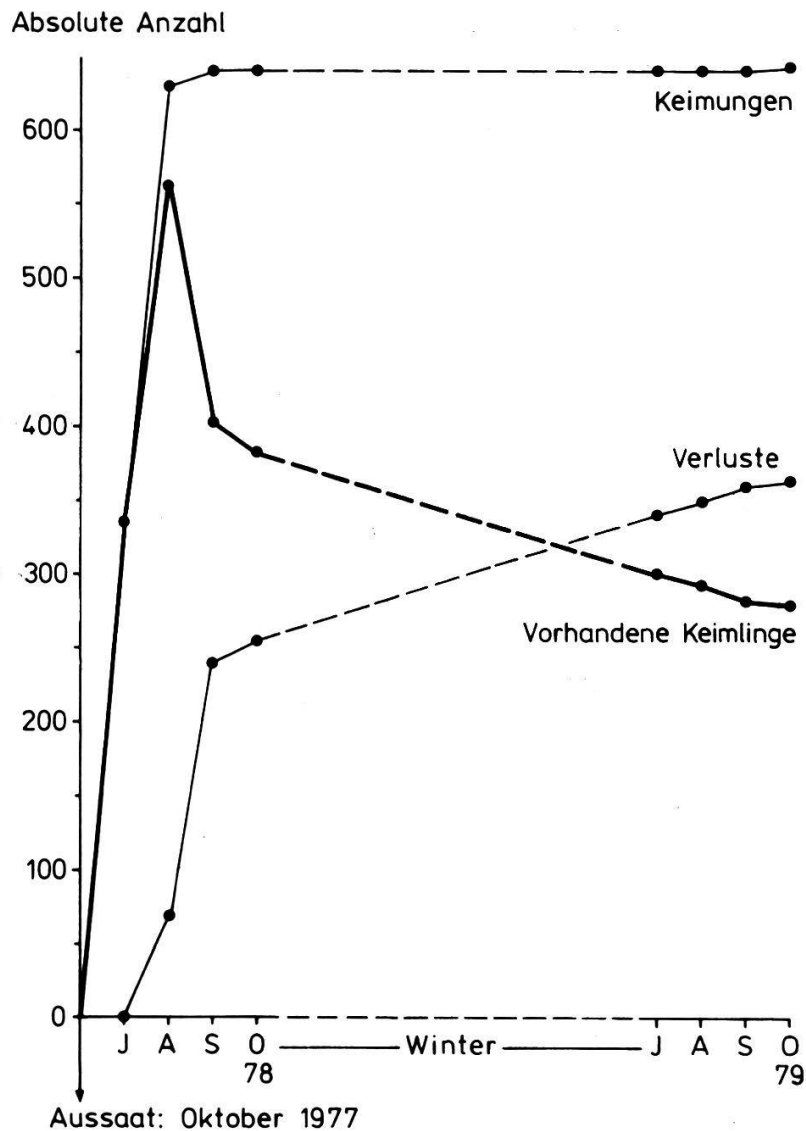


Abbildung 25. Keimungs-, Sterblichkeits- und Ueberlebenskurven von *Geum montanum* im Felde. Alle Aussaaten berücksichtigt. (vgl. Tab. 24, S. 63)

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.

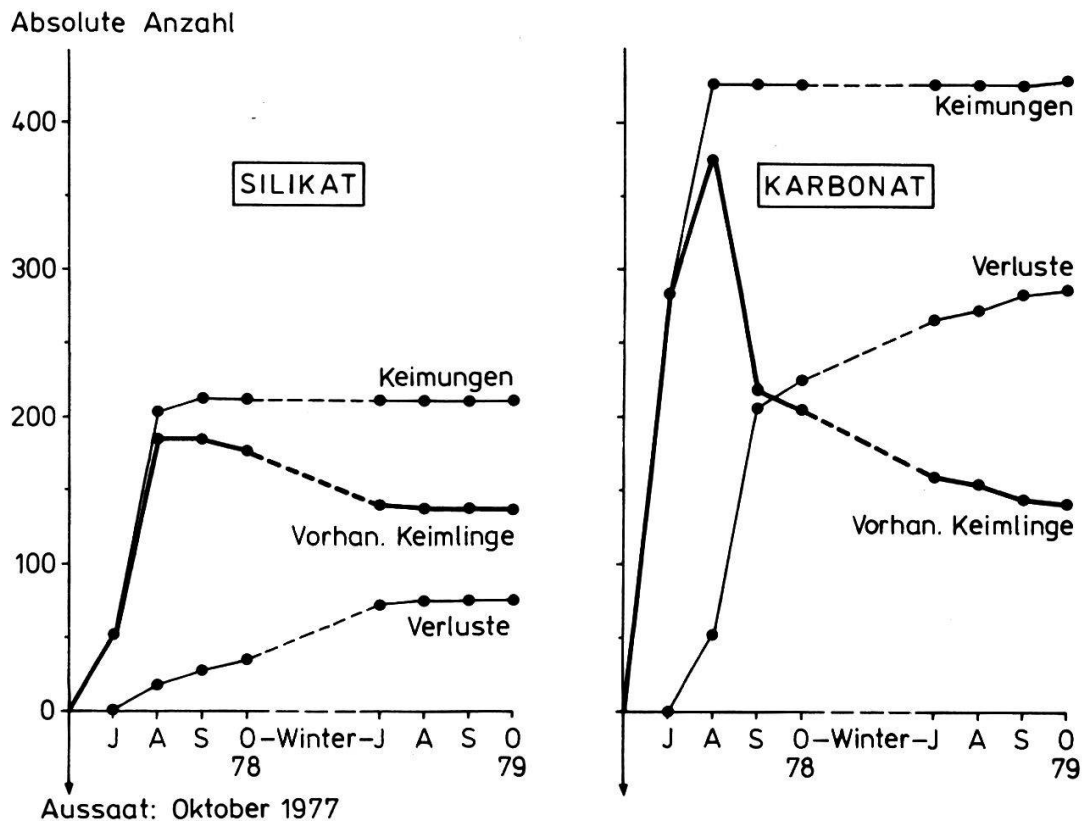


Abbildung 26. Keimungs-, Sterblichkeits- und Ueberlebenskurven von *Geum montanum* im Felde. Unterschiede auf Silikat- und Karbonatboden (vgl. Tab. 24, S. 63)

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.