

## 76. Wilhelm Kinzel: Lichtkeimung. Einige bestätigende und ergänzende Bemerkungen zu den vorläufigen Mitteilungen von 1907 und 1908<sup>1)</sup>.

(Eingegangen am 12. August 1908.)

(Mit 2 Abbildungen im Text.)

Da bis zu einer ausführlicheren und übersichtlich geordneten Darstellung meiner Versuche über die Einwirkung des Lichtes auf die Keimung immerhin noch eine ziemliche Zeit verstreichen wird, so liegt es mir am Herzen, inzwischen mit einer möglichst vollständigen Literaturliste (am Schluß der demnächst erscheinenden Fortsetzung) über die von mir bearbeiteten Fragen eine durch mich nur sehr ungern verschuldete Unterlassung nachzuholen. Zugleich aber ist es mir eine große Freude, das, was ich in den beiden vorläufigen Mitteilungen leider in wenig übersichtlicher Form geben konnte, durchweg bestätigen und durch einige neue Daten ergänzen zu können.

Vorerst sei nochmals darauf hingewiesen, daß die mehr oder weniger starke Begünstigung der Keimung durch absolute Dunkelheit<sup>2)</sup> für die von mir früher angeführten Arten als erwiesen gelten muß. Es gehören hierher namentlich die Samen mancher Liliaceen, wie *Allium Cepa*, *A. ascalonicum*, *A. Schoenoprasum*, *A. Porrum*, *A. Victoralis*. *Allium Moly* keimt erst nach einem Jahre, *Allium ursinum* noch später, nach 14 Monaten, dann bald zu 70 pCt. Ob diese beiden Samen gegen Belichtung sehr empfindlich sind, konnte nicht erwiesen werden. Dagegen ist *Allium suaveolens* sicher abweichend in seinem Verhalten gegen Licht. Sowohl an frischgeernteter, wie an entsprechend nachgereifter Saat läßt sich die Förderung der Keimung durch das Licht bei diesem Samen deutlich nachweisen.

Andere auffallende Beispiele für die Förderung der Keimung durch Ausschluß des Lichtes waren *Veratrum* und *Pedicularis Sceptum Carolinum*. Bei *Veratrum* betrug die Verzögerung durch die Belichtung rund drei Monate. Von Liliaceen ist noch der in zahl-

1) Ber. d. D. Bot. Ges. 1907, Heft 6; 1908, Heft 2.

2) Auch für frischgeernteten Roggen ist der fördernde Einfluß der Dunkelheit schon 1905 von mir erwiesen worden.



reichen Versuchen geprüfte Same von *Asphodelus ramosus* zu erwähnen.

Als letztes sehr gravierendes Beispiel für die Begünstigung der Keimung durch die Dunkelheit erübrigt sich noch die Bestätigung der für die *Nigella*-Arten gefundenen Erscheinungen.

Während sich die ersten Untersuchungen über die Keimung von *Nigella sativa* auf ganz frisch geerntete tadellose Saat bezogen, haben neuere Versuche mit ebenfalls normal geernteter asiatischer Saat ergeben, daß auch nach einer Lagerung von 8—9 Monaten durch Belichtung derselbe Zustand der Samen hervorgerufen werden kann, den ich als lichthart bezeichnet habe. Nur scheint die Temperatur, welche bei solcher etwas gelagerten Saat nötig ist, um im Verein mit der Belichtung jene Wirkung zu erzielen, um einige Grade höher zu liegen. Nebenstehende Tabelle gibt über die Beziehungen zwischen Temperatur und Belichtung bei einer älteren Saat genaueren Aufschluß: (Siehe S. 632.)

Am merkwürdigsten bei diesen Versuchen ist die übereinstimmende optimale Wirkung des grünen Lichtes unter allen Versuchsbedingungen, wie die gleiche Wirkung auch selbst unter ganz abnormen Versuchsbedingungen bei *Nigella damascena* früher nachgewiesen wurde. Die Versuche mit *Nigella damascena* wurden mit einer Saat angestellt, welche auf einem abessynischen Markte durch einen Freund gekauft war. Schon diese Saat erwies sich in hohem Grade günstig beeinflußt durch Grün (am 5. Keimungstage 70 pCt., gegen 30 pCt. von Weiß bis Gelb, nur im Dunkelblau und Violett ähnlich hoch — 58 pCt. und 56 pCt.), keimte aber in 14 Tagen zu 90 pCt. vollständig aus. Dieselben später in München gebauten Samen dagegen lieferten ein Saatgut, welches durch das Erntewetter — obwohl äußerlich tadellos aussehend — so litt, daß von Anfang November an bis Dezember das Keimprozent nur im Grün, im dunkelsten Blau und Violett über 40 pCt. stieg. In den Wintermonaten schritt die Keimung nur im hellsten Grün bis 62 pCt. vor; in allen übrigen Versuchen trat erst Mitte Februar wieder eine neue Phase der Keimung ein. Dabei zeigte sich die wunderbare Erscheinung, daß bis Ende Mai die beiden Versuche mit grünem Licht auf 82 pCt. und 84 pCt. kamen. Durch Umtausch der hellgrünen und dunkelgrünen Belichtung glich sich im Frühjahr der Vorsprung der unter Hellgrün ruhenden Samen (62 pCt. : 50 pCt. im Dunkelgrün) vollkommen aus. In allen anderen Versuchen keimten aber bis zum Juni gegen diese hohe Zahl von 83 pCt. im Grün nur wenig über 45 pCt.; nur im Violett gleichmäßig 63 pCt. und 66 pCt., und in absoluter Dunkelheit (sehr spät)

63 pCt. Trotz der langen Keimzeit von 7 Monaten hatte also diese abessynische *Nigellasaat* ihren Charakter mit Optimum in Grün und Violett so gewahrt, daß sie darin auffallend der in Abessynien geernteten Muttersaat glich. Diese keimte allerdings in 14 Tagen aus und hatte beim Keimungsabschluß kein so abnormes, unausgleichbares Optimum in Grün wie die davon unter ungünstigen klimatischen Verhältnissen in München gezogene Absaat. Wie stark eventuell veränderte Kulturbedingungen auf das Verhalten der Samen wirken können, soll weiter an *Pinguicula* gezeigt werden. Die Keimung von *Pinguicula* liefert auch neues Material zum Verständnis der Wirkung von Grün und hellem Blau gegenüber dem Dunkelblau und Violett.

Betrachtet man nach den Ausführungen über die extrem-behandelte und grünfreundliche *Nigella damascena* die obigen Zahlen über den unter extremen Temperaturen gehaltenen Versuch mit *Nigella sativa*, so fällt sofort das Optimum in Grün, aber auch in Grünlichblau auf. Diese beiden Versuche stiegen nach 40 Tagen gleichmäßig auf 72 pCt. (!) gegen 15 pCt. in einem mehr ins Rote spielenden Blau (Hellviolett genannt) von dem Verdunklungsgrad des Grün. Das Grünlichblau hat also trotz seiner viel helleren Färbung die Keimung zwar langsamer als im Grün, bis auf 72 pCt. gebracht, trotz der ungeheuren Empfindlichkeit der Samen gegen helles Licht bei der hohen Temperatur. Diese grünlichblaue Nüance zeigt also deutlich die spezifische Wirkung der grünen Strahlen, wie schon bei der Keimung gealterter *Veratrum*samen erwiesen wurde<sup>1)</sup>. Alles übrige, etwa die Beziehungen zwischen Wärme- und Lichtwirkung, die entschieden günstigere Wirkung der ganzen blauen Spektruhälfte, kann hier zunächst nicht erörtert werden. Nicht ersichtlich aus der Tabelle ist das ganz außerordentlich verschiedene Verhalten der wachsenden Keimlinge unter den verschiedenen Farben. Das geringste Wachstum (nur  $\frac{1}{4}$  der Größe von den später ganz bleichen Keimen in Grün und Violett) zeigen die stark gelben Keimlinge im Gelb. Damit stimmt auch ein deutliches Minimum bei der normalen Keimung in 14 Tagen der abessynischen Stammsaat von nur 70 pCt. im Gelb gegen 85 pCt. bis 90 pCt. in den anderen Farben überein.

Jedenfalls zeigen die neuen Versuche mit *Nigella sativa*, wie empfindlich auch gelagerte Saat gegen helles Licht ist und wie hohe Temperaturgrade dagegen bei absolutem Abschluß des Lichtes angewandt werden müssen, um die Keimung ähnlich wie im Licht

1) Ber. d. D. B. G. 1908, Heft 2, S. 114.

zu beeinträchtigen und fast ganz zu verhindern. Daß bei Anwendung so hoher Temperaturen ein ganz helles grünlichblau<sup>1)</sup> (neben Grün) so extrem gut gegen alle übrigen, meist viel dunkleren Farben wirkt, fast so gut wie absolute Dunkelheit, erscheint mir besonders bemerkenswert. Über den Zustand der im hellen Lichte nicht keimenden Samen ist noch zu erwähnen, daß dieser genau dem der früher als lichthart bezeichneten Samen von *Nigella* glich. Bei der Versuchsreihe mit zeitweise etwas gesteigerten Temperaturen waren übrigens im Hellen nur 4 pCt. eigentlich gesunde Keime; die letzten 2 pCt. noch auskeimenden hatten ein seltsam monströses Aussehen mit ganz zerknitterten Keimblättern. (Siehe Fig. 1 S. 636, a) gesund, b) krank durch Belichtung.) Solche monströsen Keimlinge waren nur wenige in den Versuchen mit farbigem Licht zu beachten.

Die nachstehende Tabelle zeigt die Keimung von *Pinguicula vulgaris*.

	Verlauf des Keimversuchs von <i>Pinguicula</i> in 30 Tagen:																			
	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	30
Weiß . . . . .	1	8	24	33	44	51	56	57	—	—	—	58	—	—	—	—	—	—	58	—
Rot . . . . .	—	—	6	8	20	34	36	40	43	46	54	—	—	—	—	58	—	59	60	—
Orange . . . . .	—	<b>34</b>	<b>42</b>	44	46	50	52	53	—	—	54	—	—	—	—	—	55	56	57	—
Gelb . . . . .	—	1	8	16	24	27	28	32	34	—	36	—	—	—	38	—	—	—	38	—
Grün . . . . .	—	2	6	8	—	10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	<b>10</b>	—
Hellblau <sup>2)</sup> . . . . .	—	—	2	6	—	—	—	—	8	9	12	—	—	—	—	—	—	—	<b>12</b>	14
Dunkelblau . . . . .	—	—	2	6	16	21	—	24	—	—	—	—	—	—	27	28	29	—	29	—
Violett <sup>3)</sup> . . . . .	—	—	8	14	20	22	24	26	—	—	—	28	30	—	—	—	—	—	30	—
Dunkel . . . . .	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Die zu dem Versuche benutzten Pflanzen wurden Mitte Mai im Ascholdinger Moos bei Tölz ausgehoben und neben *Drosera spathulata* in einem Glashaus von 40 cm Länge und Höhe kultiviert. Die Lufttemperatur über diesem immer recht feucht gehaltenen Moorbeet stieg während des Tages öfter bis 50°. Durch diese hohe feuchte Wärme wurden die am 6. Juli geernteten äußerlich vollkommen normalen Samen während ihrer Entwicklung in sehr eigentümlicher

1) Dieselbe Farbe erwies sich später als Optimum bei *Myricaria*, einem Lichtsamen!

2) Nach 40 Tagen ziemlich rasch auf die Zahl von Dunkelblau 29 pCt — während Grün auf 10 pCt. stehen bleibt.

3) Nach 3 Monaten erst rasch auf 49 pCt. (einzige Änderung nach der langen Zeit).

Weise beeinflusst. Sie begannen in günstiger Bestrahlung, wie die Tabelle zeigt, schon nach 8 Tagen reichlich zu keimen. In einem Kontrollversuch mit  $13 \times 100$  Samen (halbreif und vollreif), welche am 12. Juli im Dachauer Moos geerntet wurden, zeigte sich dagegen auch nach 20 Tagen (nach 30 Tagen 1 pCt. in Rot) noch kein Keimling<sup>1)</sup>. Ich zweifle jedoch nicht, daß an heißen, feuchten Felswänden *Pinguiculas*aat von ähnlichen Reifeverhältnissen erzeugt werden kann, wie an den kultivierten Pflanzen. Ob das sehr reichlich geerntete Dachauer Saatgut nach entsprechender Nachreife rascher keimt, wird weiter geprüft. Jedenfalls bietet inzwischen der rasch keimende Teil der Ascholdinger Saat einen



a



b

Fig. 1. Keime von *Nigella sativa*; a) gesund, b) krank durch Belichtung.

vorzüglichen Beleg für die Wirkung des Lichtes. Sehr bedeutsam ist gegenüber dem Unterbleiben der Keimung im Dunkeln — bei gleicher Temperatur,  $20^{\circ}$  bis  $25^{\circ}$  — die starke Wirkung des roten Lichtes. Schon bei anderen Samen, besonders bei *Veronica peregrina*, war dabei anfangs das stärkere Ansteigen im helleren Orange sehr deutlich. Lehrreich ist die starke Beeinträchtigung, welche schon im gelben Licht eintritt. Eine gleiche Verzögerung ließ sich in minderm Grade bei manchen noch frischen *Poa pratensis*-Saaten feststellen. Die tiefste Senkung folgt dann im Grün<sup>2)</sup> und Hell-

1) Nach 3 Monaten nur im Gelb bis 17 pCt. und im Hellblau bis 7 pCt., Violett 4 pCt.

2) Vom Verdunklungsgrad des Gelb.

blau<sup>1)</sup>, während das Keimprozent in Dunkelblau und Violett (hier wie fast regelmäßig<sup>2)</sup>) wieder sehr deutlich ansteigt. Bei dieser eigenartigen Wirkung des Grün sei an *Allium suaveolens* erinnert, sowie an die Versuche JÖNSSONS mit *Poa trivialis*<sup>3)</sup>.

Anders wie bei *Poa pratensis* war die Keimung auch hier durch Grün stark beeinträchtigt, 37 pCt. Keimlinge gegen 70 pCt. im roten und weißen Licht.

Es scheint das Grün in seiner Wirkung sich bei einzelnen Lichtsamen schon mehr dem Blau zu nähern. Besonders beachtenswert für weitere Versuche ist aber der Unterschied in der Wirkung von Hellblau und Dunkelblau. Während beim Tabak beide Helligkeitsgrade gleich stark retardierend wirkten, steigt hier bei *Pinguicula* die Keimung im Dunkelblau schon wieder an. Der umgekehrte Fall liegt dann bei *Veronica* vor. Über diese Keimung von *Veronica peregrina*<sup>4)</sup> ist nämlich nachzutragen, daß nach weiteren 30 Tagen die Keimung in allen Farben, auch im Hellblau (100 pCt.) auf 98 pCt. bis 100 pCt. stieg, dagegen im Dunkelblau noch nach weiteren 4 Monaten andauernd auf 47 pCt. stehen blieb. Weiße Belichtung konnte nach so langer Zeit auch dort noch die Keimung bis 91 pCt. (in 10 Tagen) vorwärts bringen. Nur 9 pCt. der Samen waren durch 6 Monate langes Verweilen im Blaulicht dauernd geschädigt. Zu beachten ist auch bei *Veronica* die teilweise Schädigung im Grün; von den schließlich — nach 70 Tagen — gekeimten Samen lieferten doch die letzten 2 pCt. ganz kranke Keimlinge. Nur in absoluter Dunkelheit waren (bei 400 Versuchssamen) ebenfalls nur 98 pCt. gekeimt, — in allen anderen Lichtversuchen aber 100 pCt.

Diese verschiedene Wirkung heller und dunkler Farbtöne ist namentlich beim Blau und Rot bei etwaigen späteren Versuchen sehr zu beachten. Immerhin überwiegt, wie die Wirkung der sehr hellen Grün, Grünlichblau und Hellblau auch bei stark lichtempfindlichen Samen zeigt, meist die spezifische Wirkung der Strahlenart. Zur Anbahnung gewisser regelnder Gesichtspunkte in diesem schwierigen Thema sei noch auf das Optimum Grün neben Blau und Violett bei dem Dunkelsamen *Nigella* hingewiesen und auf das Optimum Gelb und Hellblau bei dem Dunkelsamen *Asphodelus ramosus* gegenüber dem starken Minimum in Grün und

1) Vom Verdunklungsgrad des Gelb.

2) Trotz starken Lichtmangels. Das dunkle Violett war bei allen Versuchen die dunkelste Farbe, dunkler als das dunkle Rot.

3) JÖNSSON, Lunds Univ. Arsskr Tom. XXIX, 1893.

4) D. Bot. Ges. 1908, Heft 2, S. 108.

Hellblau beim Lichtsamen *Pinguicula*. Dazu kommt das Optimum des Dunkelkeimers *Phacelia* im Grün<sup>1)</sup>.

Die Senkung des Keimprozentos in einer gewissen Spektrum-gegend und das folgende Wiederansteigen erinnert an die Ausführungen STAHLs über ähnliche Schwankungen bei der Assimilation (Assimilationskurven<sup>2)</sup>. Doch sei dieser Punkt nur ganz obenhin berührt, da mir der Gegenstand viel zu kompliziert erscheint, um vorläufig an die Aufstellung bestimmter Grundsätze denken zu können.

Die Keimung von *Pinguicula* zeigt bekanntlich Besonderheiten. Zunächst tritt aus dem Samen ein Wulst mit vielen einzelligen Haaren ringsum<sup>3)</sup>. Das einzige Keimblatt verläßt erst später den Samen (selten umgekehrt).

Es ist, wie die Abbildung zeigt, schon ähnlich wie die Laubblätter gestaltet. Die Abbildungen zeigen unter a ein 17 Tage altes im dunklen Rot gewachsenes Keimblatt, unter b ein gleichaltriges, im weißen Licht entwickeltes. Man sieht bei b aus dem anfänglichen Wulst die eigentliche Wurzel austreten, bei a ist diese Entwicklungsstufe unterdrückt. Noch kleiner als im dunklen Rot und Orange, wo die Keimzahl gleichwohl genau so hoch wie im Hellen ist, sind die Keimblätter im dunklen Violett, wo die Pflanzen nach 14 Tagen schon wieder einzugehen anfangen. Zu erwähnen ist noch ein intensiver gelber Farbstoff (voll Schutzstoff gegen Organismen), welchen die Samen bei der Keimung ausscheiden.

Einen ähnlichen Wulst mit Haarkranz bildet übrigens *Drosera spathulata* und *Bulliarda*<sup>4)</sup>.

Beides sind ebenfalls stark lichtempfindliche Samen. Für *Bulliarda* hat dies CASPARY schon 1860 festgestellt. Beachtens-

1) REMER, W. Der Einfluß des Lichtes auf die Keimung bei *Phacelia tanacetifolia* Diese Ber., Bd. XXII, 1904, S. 328. Vgl auch HEINRICHER, diese Berichte, 1908, S. 301 (günstige Wirkung von Blaulicht auf die *Phacelia*-Keimung).

Besonders interessant ist mir die erst jetzt, nach nochmaliger Lektüre der REMERSchen Arbeit, wieder auffallende Feststellung der Grünwirkung bei *Phacelia* nach Beendigung der Arbeiten mit *Nigella* und Beobachtung der ganz merkwürdig gesteigerten Keimung im Grün bei zwei Arten der Gattung unter den verschiedensten Bedingungen.

2) STAHL, E. Laubfarbe und Himmelslicht. Naturwiss. Wochenschrift 1906, Nr. 19, S. 289.

3) CASPARY. Über Samen und Keimung von *Pinguicula vulgaris*. Schriften der physik. ökol. Gesellsch. Königsberg. 1867.

4) CASPARY. *Bulliarda aquatica* D. C. l. c. 1860, S. 82.

wert ist dabei seine Angabe, daß die wenigen im Dunkeln erschienenen Keimlinge bald wieder eingingen. Bei meinen Versuchen mit *Drosera spathulata*<sup>1)</sup> wurde auch versucht, die vom September bis November erschienenen Keimlinge in einem Glashaus weiterzukultivieren. Doch gelang es schließlich nur eine von über 600 Pflanzen durch den Winter zu bringen, welche jetzt noch gedeiht. Dagegen ging von den Anfang März eingesetzten Keimlingen (etwa 500) kaum einer an Lichtmangel zu Grunde.

Die von mir benutzten Samen gehören, wie auch aus den jungen Pflanzen ersichtlich ist, nicht zu *Drosera capensis*, sondern zu der australischen *Drosera spathulata*<sup>2)</sup>. Auf diese Art be-

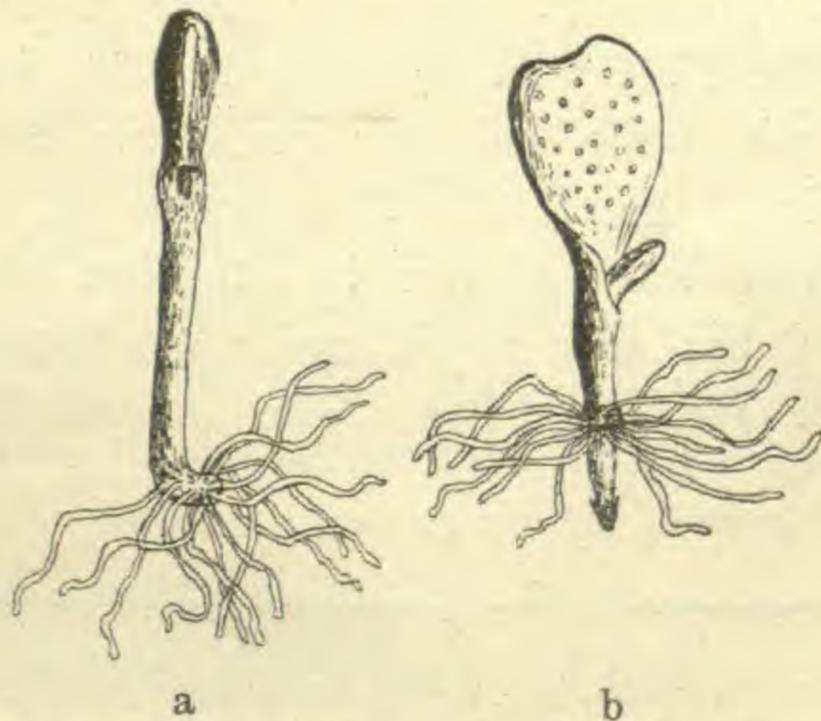


Fig. 2. Keimpflanzen von *Pinguicula*; a) im dunklen Rot, b) im weissen Licht.

ziehen sich daher auch die Angaben in der Arbeit vom Februar 1908. (Diese Ber. 1908, S. 113.) Die australische Art scheint noch widerstandsfähiger gegen langes Verweilen in unzureichendem Licht zu sein wie die südafrikanische. Über die dritte Versuchsreihe mit den 2 Monate im lufttrockenen Zustande aufbewahrten Samen von *Drosera spathulata* war schon gesagt worden, daß die Samen von Anfang November bis Ende Februar in allen 8 Farbversuchen nicht keimten, also volle vier Monate. Die Einwirkung dieser 4 Monate langen feuchten Lagerung war eine so große, daß sich nunmehr die Wirkung der Farben in auffallender

1) Von dieser Pflanze wurden 3 Exemplare ebenso wie *Pinguicula* gezogen (heiß, bis 50°). Erfolg: sehr üppige Blattenfaltung, 50 schöne Blüten, aber nur 2 Kapseln (von 50) mit anscheinend normalen Samen, keimunfähig im Blau, im Weiß nur zu 30 pCt. (nach 20 Tagen). Nur 12 pCt. dieser Keimlinge waren lebensfähig.

2) Statt von *Drosera capensis* wurde aus Versehen das Saatgut von einem benachbarten Topf der *Drosera spathulata* entnommen.

Weise umkehrte, wie dies für alternde Samen schon in der vorigen Arbeit (l. c.) allgemeiner festgestellt wurde. Da der Verlauf der Keimung besonderes Interesse hat, gebe ich eine Tabelle vom 114. bis zum 173. Keimungstag. Man sieht, wie stark die früheren ungünstigsten Belichtungen Rot und Blau sich in die allergünstigsten verwandelt haben. Am schnellsten wirkt, schon Ende Februar, das dunkle Rot, am allerletzten das frühere Optimum Hell. Einige andere bemerkenswerte Beziehungen, auch etwa das veränderte Verhältnis des anfänglich<sup>1)</sup> schneller wirkenden Hellblau gegen die schließliche Wirkung des Dunkelblau, sind aus der Tabelle ersichtlich. Schon die 15 Stunden trocken gelegene Saat zeigte ja deutlich die Verschiebung in der Wirkung des Dunkelblau zum späteren Optimum. Bei der ganz frischen Saat war das Hellblau dem Dunkelblau weit überlegen und kam schließlich in seiner Wirkung, wie auch bei der gealterten Saat, der Wirkung des Grün fast gleich. Auch die Steigerung in der Wirkung des Gelb. gegenüber Hell war bei der 15 Stunden alten Saat ebenso deutlich, wie das bei der noch mehr gealterten sich ergebende Nachlassen in der Wirkung des Grün schon damals bemerkbar wurde.

		Verlauf des Keimversuchs von <i>Drosera spathulata</i> nach Tagen:											
		114	118	123	128	133	138	143	148	153	158	163	173
Hell . . . . .	—	—	—	—	1	6	22	34	60	73	84	86	—
Dunkelrot . . . . .	5	13	40	66	74	83	84	<b>88</b>	<b>90</b>	—	—	90	—
Orange . . . . .	—	10	30	41	64	77	85	86	86	—	—	87	—
Gelb . . . . .	—	—	2	4	25	60	79	82	83	—	84	84	—
Grün . . . . .	—	—	—	—	1	27	60	71	77	79	81	82	—
Hellblau . . . . .	1	10	38	50	63	69	75	77	77	78	79	79	—
Dunkelblau . . . . .	—	4	16	50	65	78	86	<b>88</b>	<b>90</b>	—	—	90	—
Violett . . . . .	—	—	2	7	17	55	75	80	80	—	—	80	—

Der in Gang befindliche Versuch mit den im Freien geernteten *Pinguicula*-Samen läßt das Beste hoffen. Die langdauernden Versuchsreihen mit *Drosera spathulata* und *Veratrum* zeigen, daß auch in so großen Zeiträumen große Unterschiede in der Wirkung experimentell nachgewiesen werden können. Ein schönes neues Beispiel für einen stark lichtempfindlichen Samen bei einer Pflanze aus höherer Gebirgslage ist *Aquilegia atrata*. Die Samen wurden am

1) Vom 114. bis 128. Keimungstag.

27. September 1907 unter dem Hochgernhaus gesammelt. Im Licht begann die Keimung mit 7 pCt. nach einem Monat (Anfang November) und stieg bis Anfang Dezember auf 14 pCt. Dann folgte die übliche Winterpause in der lichtarmen Zeit. Mitte Februar fing die Keimung mit nur 1 pCt. wieder an und erst Anfang Mai bis Mitte Juni trat eine etwas größere Beschleunigung — von 16—27 pCt. — ein. Dagegen sind in der Zeit größter Lichtintensität und auch bei günstigem, klarem Wetter Ende Juni bis Mitte Juli in ganz kurzen Abständen weitere 30 pCt., also bis 57 pCt. gekeimt. Während so im Licht in 10 Monaten 57 pCt. der Samen keimten, erschien im Dunkeln bei gleicher Temperatur erst Anfang Juli, 9 Monate nach der ersten Keimung, ein bleicher, nach drei Wochen wieder eingehender Keim — kein weiterer<sup>1)</sup>. Mit Abnahme des Tageslichts steht die Keimung nun auch im Licht bei 57 pCt. still und wird wahrscheinlich erst wieder im Frühjahr einsetzen. Wie schon erwähnt, glaube ich, daß sich die Pflanzenarten mit lichtliebenden Samen noch sehr vermehren lassen, wenn man — auch *Pinguicula* wurde planmäßig aus theoretischen Gründen gewählt — unter den Pflanzen von exponierten oder doch nur einer gewissen Beschattung ausgesetzten Orten höherer Lagen sucht. Auch HEINRICHER scheint anfangs dieser Ansicht gewesen zu sein. Ich glaube, daß bei den Epiphyten eben auch nur eine wirklich stattfindende Belichtung, die Helligkeit des Standorts — ebenso wie bei *Rhododendron* und anderen Alpinen — nicht der Epiphytismus an sich in Frage kommt. Daß Verwandtschaftsverhältnisse sehr wesentlich bei diesen Beziehungen der Samen zum Licht in Frage kommen, glaube ich nicht. Verwandtschaftsverhältnisse vielleicht nur insofern, als die betreffenden Arten eben gleichem Lichtgenuß ausgesetzt sind<sup>2)</sup>. Die Zahl der lichtempfindlichen Epiphytensamen wird übrigens durch die *Ficus*arten um weitere Beispiele vermehrt. Besonders empfindlich ist *Ficus aurea*<sup>3)</sup>, weniger *Ficus populnea*, bei der nur eine starke Verzögerung der Keimung durch die Verdunklung bewirkt wird.

Betreffend den Versuch mit *Allium suaveolens* ist noch nachzutragen, daß auch jetzt noch, nach gerade 9 Monaten Keimzeit, deutliche Unterschiede in den Farben vorhanden sind.

1) Erst jetzt, Ende Oktober, nach 14 Monaten, beginnen im Dunkeln einige Samen zu keimen, 7 pCt. kräftige Keimlinge; im Hellen steht die Keimung bei 57 pCt. seit Mitte Juli.

2) Siehe HEINRICHER, WIESNER-Festschrift, S. 276.

3) BESSEY, E. A. The Florida Strangling Figs. 19<sup>ht</sup> Annual Report of the Missouri Botan. Garden (1909).

Während Weiß, Rot und Orange schließlich auf 100 pCt. kamen Mitte bis Ende Juli 1908, auch Gelb auf 98 pCt., bleiben auch jetzt noch im Grün 4 pCt. der Samen ungekeimt. Auch in Blau und Violett sind nur 95 pCt. und 90 pCt. gekeimt. Das Grün, welches die Keimung am stärksten aufhielt — nach 1 Monat 55 pCt. gegen 80 und 81 pCt. in Weiß und Rot —, hatte auch bei Eintritt der Winterpause in der Keimung, Ende Dezember, nur 62 pCt. Keime. Von Anfang Februar ist Grün dann ganz allmählich, das dunkle Violett und Dunkel (beide jetzt 90 pCt.) überholend doch bis zu 96 pCt. gelangt. Noch größere andauernde Unterschiede zeigen die nicht nachgereiften Samen.

Auf diesen Einfluß der Nachreife, der ja bei den Belichtungsversuchen eine so große Rolle spielt, bin ich gern noch einmal zurückgekommen, um im Anschluß an die eigentümliche Wirkung hoher Wärmegrade auf reifende *Pinguiculasaat* der nachträglichen Wirkung andauernder Kälte auf die Keimung schon fertig gereifter Samen zu gedenken. Allen Gärtnern ist die gute Wirkung der Kälte auf die Samenkeimung alpiner Pflanzen, namentlich einzelner Primulaceen, bekannt. Auch für *Cytisus Laburnum* stellte ROSTRUP<sup>1)</sup> diese stark eingreifende Wirkung fest. Mir gelang es, für die Samen von *Sambucus nigra* festzustellen, daß diese stark durch den Frost in der Keimung beeinflußt werden. Anfang November 1905 gesammelte Samen keimten bei 20° überhaupt nicht — auch nach 2 Jahren nicht, während dieselbe Saat, den Winter hindurch dem Frost — in feuchtem Keimbett — ausgesetzt, Anfang April bis Ende Mai 1906 zu 34 pCt. keimte. Winter 1906—1907 wurde das Durchfrieren wiederholt und Anfang April 1907 keimten noch weitere 2 pCt., also 36 pCt. gegen 0 pCt. bei 20°.

Auch für *Thlaspi rotundifolium* konnte festgestellt werden, daß die Samen ohne Frostwirkung nicht keimen. Während reife Saat, am 25. September 1905 an der Südseite der Dreitorspitze geerntet, 2 Jahre hindurch bei 20° nicht keimte, erreichte dieselbe Saat durchfrozen im ersten Jahr 2 pCt. (halbreife vom Gipfel der Westspitze durchfrozen sogar 10 pCt.), im zweiten Jahr 8 pCt.) (die halbreifen 30 pCt.) und nach dem dritten Winter Frostwirkung, nun schon im Anfang März mit der Keimung beginnend (sonst alljährlich Anfang April), gar 22 pCt. (gegen 44 pCt. der halbreifen). Im dritten Winter war probeweise auch ein Teil der zwei Winter bei 20° verbliebenen Samen, die bisher nicht gekeimt hatten, dem

1) Aarsberetning fra Dansk Frøkontroll 1894—95.

Frost ausgesetzt worden. Sie keimten dann im Frühjahr 1908 zu 8 pCt., während die immer bei 20° 3 Jahre hindurch gehaltenen nicht keimten. Die halbreifen Samen, viel heller als die reifen, stammten von einem Punkte des Westgipfels, wo sie wahrscheinlich selten einen höheren Reifegrad erlangen, während die reifen unten im Leutascher Kar gesammelt wurden. ROSTRUP spricht schon bei Versuchen mit *Thlaspi arvense*<sup>1)</sup> die Vermutung aus, daß wohl der verschiedene Nachreifegrad der Samen die Ursache der ganz verschieden rasch verlaufenden Keimung dieses Samens sein möchte. Jedenfalls wird hier die Aufhebung der Keimungshemmung durch Einwirkung des Frostes auf das Innere des Samens bewirkt, da die Schale äußerst zart ist und ihre Entfernung keinerlei Einfluß auf den Vorgang hat. Bei *Sambucus* dürfte eher an eine gleichzeitige Beeinflussung der harten Schale durch den Frost zu denken sein, wie dies ja bei der starken Beschleunigung der Keimung von *Cytisus Laburnum*<sup>2)</sup> sicher angenommen werden muß.

Daß eben auch das Innere der Samen, oft sogar ausschließlich, durch Kältegrade beeinflusst wird, beweisen manche Waldsamen, deren Keimfähigkeit durch Aufbewahrung in der Kälte leidet, vor allem Eicheln und Bucheln<sup>3)</sup>.

Auf einige Beanstandungen von Herrn Prof. HEINRICHER<sup>4)</sup> sei es mir erspart, hier näher einzugehen, besonders, da ich mich in einigen brieflichen Mitteilungen ihm gegenüber darüber ausgesprochen habe. Ich legte nur Wert darauf, festzustellen, daß der Same von *Veronica* schon von HEINRICHER als lichtempfindlich erkannt war. Leider war es mir, wie HEINRICHER fast vermutet, gerade nur noch möglich, seine Arbeit in der WIESNER-Festschrift wenigstens zu erwähnen, da die Korrektur abgesandt werden mußte und andere Pflichten mich drängten. Die Bemerkung HEINRICHERs wegen der Wirkung blauer Strahlen bei Dunkelsamen ist durch den Inhalt dieser Mitteilung bereits genügend gewürdigt. Obwohl mir schon früher die Vermutung aufstieg, daß in manchen Fällen das Blau umgekehrt wie bei lichtliebenden Samen wirken möchte, war mir doch nur für *Nigella* diese Wirkung des Blau neben der von Grün bekannt. Erst jetzt,

1) Aarsberetning fra Dansk Frøkontroll 1905—06 S. 39.

2) ROSTRUP l. c. 1894—95, S. 34; HILTNER und KINZEL, Naturw. Zeitschrift f. Land- u. Forstwiss. 1906, S. 197.

3) Diese Berichte 1908, S. 298.

4) LODEMANN, Hannoversch. Land- u. Forstwissensch. Vereinsblatt 1882, Nr. 43, S. 542—44. (Biederm. C. B. 1883.) (Vgl. auch ROSTRUP, Frostens Indvirkning paa Agerns Spireevne. l. c. 1897—98, S. 31.)

nach Zusammenstellung einiger neuer Ergebnisse, freute es mich, feststellen zu können, daß die Beobachtung von HEINRICHER und REMER an *Phacelia* durchaus im Einklang mit meinen Beobachtungen ist. Trotzdem wirkt das Blau eben auch bei manchen<sup>1)</sup> Dunkelsamen schon wieder entschieden keimungshemmend, ebenso wie der Lichtsame *Pinguicula* zeigt, daß umgekehrt auch die Keimung nach tiefer Senkung in Grün und Hellblau in Dunkelblau schon wieder stark ansteigen kann.

Gegenüber der Vermutung HEINRICHERS<sup>2)</sup>, daß die im Dunkeln gehaltenen Samen von *Poa* und *Apium* später wohl doch im Dunkeln keimen, bei längerer Fortsetzung der Versuche stelle ich fest, daß sowohl die *Poaversuche*, wie andere, 5—8 Monate und länger fortgeführt wurden. Ich glaubte, daß dies für *Poa* schon aus den folgenden Ausführungen über 5—6 Monate durchgeführte Versuche mit zeitweiser, spärlicher Belichtung hervorgehe. Allerdings kann man ja nach Fassung der Worte<sup>3)</sup> glauben, daß *Apium* nach 10 Tagen auch im Dunkeln zu keimen anfängt. Es freut mich, nach weiteren Versuchen mit anderen *Apiumsamen* bestätigen zu können, daß, ebenso wie bei *Poa*, auch nach 4 bis 5 Monaten im Dunkeln bei 20° keine Keimung eintritt. Die Keimung tritt aber auch dann noch prompt bei stattfindender Belichtung ein.

Wenn ich mit diesen ergänzenden Zeilen, die im wesentlichen die Feststellungen meiner beiden Vorberichte bestätigen, zugleich einen kleinen weiteren Beitrag zur Frage der Lichtwirkung geben konnte, so hoffe ich, daß darin wenigstens einige brauchbare Anregungen zu weiterem Studium des Themas enthalten sind.

Mir selbst scheint das Thema wichtig genug, um nach einigen Jahren weiterer Beobachtung eine größere zusammenfassende Darstellung zu geben. Obwohl man schon jetzt eine Reihe von kurzen Schlußfolgerungen ziehen könnte, halte ich es doch für meine Pflicht, mich bis zu gründlicherer Bearbeitung des Themas auf die Gegenüberstellung der gemachten Befunde zu beschränken.

Als deutlich lichtempfindlicher Same wurde von mir soeben noch der Same von *Myricaria germanica* gefunden. Die Samen keimten schon nach 24 Stunden im Licht zu 40 pCt., im Dunkeln dann zunächst nicht. Nach ihrem Verhalten in den Spektralfarben liegt eine wirkliche Begünstigung der Keimung durch das Licht

1) So war meine Äußerung nur gemeint.

2) WIESNER-Festschrift, S. 270.

3) Diese Berichte 1907, S. 272.

vor. Sehr interessant ist hier, daß das Minimum der Keimung schon im Gelb liegt und daher auch im unzerlegten Licht die Keimung etwas beeinträchtigt wird gegen die Keimung der gleichen Samen unter geeigneten hellgefärbten Lichtfiltern, wie unter ganz hellem Blaugrün und namentlich hellem Violett (100 pCt. K. schon nach 24 Stunden)<sup>1)</sup>. In drei Tagen ist der Verlauf so:

Weiß . . . . .	40 pCt.	76 pCt.	98 pCt.
Rot . . . . .	18 „	73 „	93 „
Gelb <sup>2)</sup> . . . . .	3 „	24 „	86 „
Grün . . . . .	12 „	65 „	98 „
Helles Blaugrün . . . . .	12 „	98 „	100 „
Hellviolett . . . . .	100 nach 24 Stunden		
Blau . . . . .	6 pCt.	73 pCt.	99 pCt.
Dunkel . . . . .	0 „	0 „	15 „

13 Versuche zu je 150—200 Samen.

Das helle Blaugrün ist nur halb so stark verdunkelt wie das Gelb, welches etwa den Verdunklungsgrad von Grün und Hellviolett hat, während Rot und Blau wenig dunkler als das Grün gewählt waren.

Im Dunkeln keimen die reifen Samen in 2 Wochen ganz allmählich bis auf wenige verderbende Individuen, halbreife Samen aber nur im Licht.

1) Halbreife Samen (ganz keimunfähig im Dunkeln!) keimen auch im Dunkelviolett schon nach 24 Stunden zu 100 pCt. Reife im D.-Violett aber erst in 3 Tagen, wie auch im Grün später (nach 4 Tagen) und überhaupt in allen blauen Nüancen.

2) Die Keime im Gelb sind chlorophyllarm und stellenweis krankhaft verkrümmt; mit großen grünen Keimblättern aber im Blaugrün und Violett. Je reiner das Gelb ist, desto stärker wirkt es. Diese Wirkung des Gelb wurde durch zwei Versuche in Hellgelb und Orange bestätigt.

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft](#)

Jahr/Year: 1908

Band/Volume: [26a](#)

Autor(en)/Author(s): Kinzel Willy

Artikel/Article: [Lichtkeimung. Einige bestätigende und ergänzende Bemerkungen zu den vorläufigen Mitteilungen von 1907 und 1908. 631-645](#)