

Untersuchungen über die Einwirkung chemischer Stoffe auf die Keimung lichtempfindlicher Samen.

Von OTTO HESSE (Braunschweig).

A. EINLEITUNG.

FISCHER hatte im Jahre 1907 zum ersten male in seinen bisher leider noch nicht weiter ausgebauten Untersuchungen an Wasser- und Sumpfpflanzensamen auf die Bedeutung aufmerksam gemacht, die chemischen Substanzen für die Auslösung des Keimungsvorganges zukommt. Zwei Jahre später veröffentlichte LEHMANN seine Versuche über die Wirkung von KNOPscher Nährlösung auf die Samen von *Ranunculus sceleratus*, bei denen die Keimungsauslösende Lichtwirkung sich durch Anwendung der KNOPschen Nährlösung ersetzen liess. Ebenfalls konnte von GASSNER (6) die Wirksamkeit der KNOPschen Lösung auf die Auslösung des Keimprozesses an den lichtempfindlichen Samenkörnern der südamerikanischen Graminee *Chloris ciliata*, später (8) auch für andere Samen festgestellt werden. GASSNER (8, p. 259) hat dann die keimfördernde Wirkung der KNOPschen Nährlösung näher analysiert und zunächst für *Ranunculus sceleratus*, *Oenothera biennis* und *Chloris ciliata* nachgewiesen, dass nicht die Nährlösung an sich, sondern nur bestimmte, in ihr enthaltene Salze keimungsauslösend wirken. Und zwar sind es die N-Salze, KNO_3 und $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, denen eine keimungsauslösende Wirkung zukommt, während die in der Nährlösung gleichzeitig vorhandenen MgSO_4 und KH_2PO_4 , ebenso CaCl_2 eine keimungsauslösende Wirkung nicht hervortreten lassen. Die weiteren Versuche, die mit den gleichen Samen angestellt wurden, zeigten das Ergebnis, "dass nicht nur KNO_3 und $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, sondern ganz allgemein alle Nitrate, ferner Salpetersäure, Nitrite, Ammoniaksalze und bis zu einem gewissen Grade auch organische N-Verbindungen keimungsauslösend wirken". Im Verlauf weiterer Untersuchungen an lichtkeimenden Samen konnte GASSNER (9, p. 218) die Wirksamkeit von N-Verbindungen auf die Auslösung des Keimungsvorganges für die Samen von *Hypericum perforatum*, *Geum urbanum* und *Gloxinia hybridabestätigen*, die alle durch N-Verbindungen im Dunkeln in der Keimung gefördert werden.

Inzwischen hatten aber LEHMANN und OTTENWÄLDER (21) nachgewiesen, dass proteolytische Enzyme und Säuren auf die Keimung lichtempfindlicher Samen im Dunkeln ebenfalls einen wesentlich fördernden Einfluss auszuüben vermochten. Besonders baute OTTENWÄLDER (22) die Säure-Wirkung weiter aus. OTTENWÄLDER zeigte, dass lichtkeimende Samen durch stickstofffreie Säuren auch bei solchen Temperaturen im Dunkeln zur Keimung zu bringen waren, bei denen sie ohne diese Einwirkung nicht keimten. Er verwandte zu seinen Versuchen die Samen verschiedener *Epilobium*-Arten, die Samen von *Lythrum Slicaria*, *Scrophularia nodosa*, *Verbascum thapsiforme*, *Oenothera biennis* und *Digitalis purpurea*, bei denen er sämtlich eine Erhöhung der Keimprozentage durch Anwendung sauren Substrates feststellen konnte. Dagegen gelang es OTTENWÄLDER nicht, die Samen von *Ranunculus sceleratus* und *Gloxinia hybrida*, für welche durch GASSNER eine fördernde Wirkung der N-Verbindungen festgestellt ist, durch Säuren im Dunkeln zur Keimung zu veranlassen. Abgesehen von *Oenothera biennis*, bei der durch OTTENWÄLDER (22, p. 46) eine günstige Wirkung der Säuren, durch GASSNER (8, p. 320) eine solche durch N-Verbindungen beobachtet wurde, wiesen die untersuchten lichtempfindlichen Samen entweder eine Förderung durch Säuren oder aber eine solche durch N-Verbindungen auf. "Demnach scheint es in der Tat, als ob wir unter den lichtempfindlichen Samen zwei verschiedene Gruppen auseinander halten müssen: den "Säuretypus" (*Lythrum*, *Scrophularia*, *Verbascum*, *Epilobium*) und den "N-Typus" (*Ranunculus*, *Oenothera*, *Chloris*, *Hypericum*, *Geum*, *Gloxinia*)". (GASSNER 9, p. 229).

Die nachstehenden Untersuchungen sollten zunächst der Prüfung der Frage dienen, ob eine solche Unterscheidung in "Säuretypus" und "N-Typus" bei den lichtkeimenden Samen möglich und berechtigt ist. Es kann keinem Zweifel unterliegen, dass die Be-

antwortung dieser Frage aufs engste mit dem Problem der Lichtkeimung zusammenhängt LEHMANN (21) und OTTENWÄLDER (22) vertreten die Ansicht, dass die von ihnen benützten Enzyme und Säuren das Innere der Samen beeinflussen und zwar in der Weise, dass die Enzyme und Säuren als Katalysatoren wirken, dass sie die Mobilisierung der Reservestoffe, welchen Vorgang LEHMANN und OTTENWÄLDER als wesentlich für die Keimungsauslösung betrachten, beschleunigen. In einer Einwirkung auf das Sameninnere erblicken auch FISCHER (5), PROMSY (23), KINZEL (12), KUHN (13) und VAN DEN BOS (2) die keimfördernde Wirkung der von ihnen benützten chemischen Stoffe.

Im Gegensatz zu den eben angeführten Autoren führt GASSNER die keimfördernde Wirkung der von ihm verwandten Stickstoff-Verbindungen auf eine Veränderung der Samenschale zurück. Aus seinen vergleichenden Untersuchungen an schliesst GASSNER (6, p. 94) auf die unter bestimmten Bedingungen während der Keimung erfolgende allmähliche Ausbildung eines "Hemmungsprinzips" in den Samen. Verschiedene Gründe liessen GASSNER vermuten, dass die Ausbildung des "Hemmungsprinzips" in Veränderungen der Samenschale, d.h. in der Ausbildung einer "Hemmungsschicht" besteht, deren Bedeutung darin liegt, dass sie das innere Korn, speziell den Embryo umschliesst und an der weiteren Keimung verhindert. Die Bildung dieser "Hemmungsschicht" sollte durch die Anwendung chemischer Stoffe inaktiviert bzw. verhindert werden. Während GASSNER in dieser Abhandlung die Ausführungen über die Annahme eines äusseren "Hemmungsprinzips" noch als reine Arbeitshypothese bezeichnet, sucht er in einer späteren Arbeit (10, p. 656) dieser Hypothese durch eine Reihe von weiteren Beobachtungen eine breitere Grundlage zu geben, und betont nachdrücklich die Bedeutung der äusseren Samenschichten für die Frage der Lichtkeimung, insbesondere für die Wirkung chemischer Stoffe auf die Keimung lichtempfindlicher Samen. Ebenfalls weisen CROCKER und DAVIS (3, 4) darauf hin, dass es die Samenschale ist, auf welche die keimungsauslösenden chemischen Stoffe wirksam sind, während WIENTJES (25) die keimfördernde Wirkung von Säuren entweder in einer Beeinflussung des Endosperms oder der Samenschale sucht.

Eine richtige Stellungnahme zu den vorstehenden Theorien der Lichtkeimung setzt aber als Grundlage die endgiltige Beantwortung der Frage voraus, ob die Einteilung der lichtkeimenden Samen in "Säuretypus" und "N-Typus" berechtigt ist oder nicht. Diese Frage ist deshalb zunächst im folgenden in den Vordergrund gestellt, erst später in besonderen Versuchen ist der Frage nähergetreten, ob die keimungsauslösenden Stoffe auf das Innere oder auf die Aussenschicht der Samen einwirken.

Da es sich bei der Keimungsauslösung durch chemische Stoffe um einen Ersatz der Lichtwirkung durch diese Stoffe handelt, sind nur Samen verwendet, die vom Licht in der Keimung gefördert werden:

Lythraceae *Lythrum Salicaria* L.

Guttiferae *Hypericum hirsutum* L., *Hypericum perforatum* L.

Scrophulariaceae *Verbascum Thapsus* L., *Verbascum thapsiforme* Schrad., *Veronica longifolia* L., *Veronica maritima* L.

Oenotheraceae *Epilobium hirsutum* L., *E. roseum* Schreb., *E. montanum* L., *E. angustifolium* L.

Das Samenmaterial wurde zum grössten Teil im Botanischen Garten in Braunschweig und in der Umgebung Braunschweigs von mir selbst sorgfältig an trockenen Tagen geerntet, zum andern Teil von HAAGE & SCHMIDT (Erfurt) bezogen. Die Versuche selbst wurden in genau der gleichen Weise in Petrischalen, die mit einer dreifachen Schicht chemisch reinen Filtrierpapiers (SCHIEICHER & SCHÜLL nr. 591) ausgelegt waren, durchgeführt, wie es GASSNER (8, p. 261) beschrieben hat. Besonderes Gewicht wurde auf die unbedingte Konstanz der Feuchtigkeitsverhältnisse gelegt. Ebenfalls wurde sorgfältigst der Einfluss der Temperatur berücksichtigt. Ein Teil der Versuche wurde bei schwankender Zimmertemperatur in einem nordseitig gelegenen Zimmer des Botanischen Instituts der Technischen Hochschule zu Braunschweig durchgeführt, ein anderer Teil bei konstanter Temperatur im Thermostaten, dessen Schwankungen höchsten 0,5° um den Mittelwert betragen. Sowohl in den Versuchen mit schwankender Zimmertemperatur wie bei den Versuchen mit konstanter Temperatur wurde peinlichst darauf geachtet, dass in unmittelbaren Vergleich zu setzende Untersuchungsreihen, in denen Licht- und Substratwirkung festgestellt werden sollte, stets gleichzeitig angesetzt wurden und dann genau den gleichen Temperaturen aus-

gesetzt waren. Was daher im folgenden als Licht- und Substratwirkung angegeben ist, ist tatsächlich als solche anzusprechen; die Versuche sind in dieser Hinsicht einwandfrei. Das Ablesen der Keimprozente wurde im allgemeinen täglich vorgenommen; die Ablesung der Dunkelversuche wurde unter den üblichen Vorsichtsmaßnahmen bei rotem Licht ausgeführt. In jeder Versuchsreihe wurden zwei Schalen à 100 Korn angesetzt. Sämtliche in den folgenden Tabellen niedergelegten Ergebnisse sind mehrfach nachgeprüft, wobei jemalig die gleichen Resultate erzielt wurden; aus Raumangel wurde von einer Wiedergabe der umfangreichen Parallelversuche Abstand genommen.

B. VERSUCHE MIT SÄUREN.

I. ALLGEMEINES. BEGRIFF DER ECHTEN UND FALSCHEN KEIMUNG.

LEHMANN und OTTENWÄLDER (20, 22) verwandten in ihren Versuchen über Säurewirkung auf lichtkeimende Samen fast ausschliesslich Salzsäure in verschiedenen molekularen Konzentrationen; nur in wenigen Fällen hat OTTENWÄLDER auch Schwefelsäure und Salpetersäure auf die Samen einwirken lassen. In den folgenden Versuchen sind ausser Salzsäure auch Schwefelsäure und Salpetersäure in verschiedenen molekularen Konzentrationen von 0,001 - 0,2 mol. zur Untersuchung herangezogen. Bei der Beurteilung der Einwirkung chemischer Stoffe muss unter allen Umständen die Möglichkeit einer Schädigung der Samen durch Anwendung zu hoher Konzentrationen in Betracht gezogen werden. Aus den Untersuchungen von GASSNER (8, p. 332) und von WIENIJES (25, p. 65) geht hervor, dass bei der Feststellung der keimungsauslösenden Wirkung chemischer Stoffe eine gewisse Konzentrationsschwelle nicht überschritten werden darf, da sonst schädigende Wirkungen der an und für sich keimfördernden Substanzen auftreten. Gerade bei der Einwirkung der Säuren ist die eventuelle Schädigung in besonderem Masse zu erwarten und zu berücksichtigen; LEHMANN und OTTENWÄLDER berichten ebenfalls über solche Schädigungen, die sich in einer Verzögerung der Keimung, nach OTTENWÄLDER auch in einer Braunfärbung und allmählichen Zerstörung des Keimwürzelchens bemerkbar machen. Nähere Angaben über Schädigungen fehlen; vielmehr werden die Keimungen auf den verschiedenen Säure-Konzentrationen von LEHMANN und OTTENWÄLDER gleichmässig als gekeimt gerechnet, obwohl hier unzweifelhaft Unterschiede vorgelegen haben müssen. In Tab. 1 ist das Ergebnis eines Versuchs mit *Epilobium montanum* wiedergegeben, bei dem die Ablesungen nach der von LEHMANN-OTTENWÄLDER angewendeten Art durchgeführt sind.

Das Ergebnis dieses Versuches (Seite 136) müsste auf den ersten Blick dahin gedeutet werden, dass die Säurekonzentrationen von 0,001 - 0,05 mol. HNO_3 gegenüber der Kontrolle deutlich fördernd wirken. In Wirklichkeit liegt die Sache aber so, dass nur die bei 0,001 - 0,01 mol. erhaltenen Keimlinge normales Aussehen, d. h. reichliche Ausbildung der Wurzelhärchen und sofort einsetzende getropische Krümmung des Keimwürzelchens aufwiesen. Diese Keimungen werden als echte Keimungen angesprochen; ihnen gegenüber stehen die Keimungen auf starken molaren Lösungen (0,02 - 0,2 mol.), bei denen mit steigender Konzentration eine immer stärker werdende Schädigung zu beobachten ist. Der schädigende Einfluss besteht bei den Konzentrationen von 0,02 und 0,05 mol. in der Unterdrückung der Wurzelhaarbildung und der normalerweise sofort einsetzenden getropischen Krümmung, ausserdem in der bereits gekennzeichneten Verfärbung und dem Absterben des Keimwürzelchens. Bei einer Steigerung der Konzentration auf 0,1 mol. erfolgt nur noch Sprengung der Samenschale und leichtes Heraustreten der Wurzelspitze, die dann unter Verfärbung zerstört wird; bei 0,2 mol. wurde nur noch vereinzelt eine Sprengung der Samenschale beobachtet. Die Konzentrationen über 0,01 mol. HNO_3 sind also für die Erzielung einwandfreier Keimungen nicht mehr brauchbar; das gleiche gilt für Salzsäure, während bei Schwefelsäure schon 0,01 mol. deutlich schädigend wirkt. In allen folgenden Versuchen sind die Säurekonzentrationen so tief gewählt, dass Schädigungserscheinungen nicht vorlagen; die Versuche unterscheiden sich also in dieser Hinsicht von den Versuchen LEHMANN-OTTENWÄLDERS, die bei *Epilobium*-Arten gerade mit derartigstarken Lösungen arbeiteten. Eine scharfe Beobachtung auf Schädigungen ist auch noch aus einem andern Grunde unbedingt erforderlich: bei der

Tabelle 1.

Samenmaterial: *Epilobium montanum*,ASSE bei Braunschweig, geerntet am 30. VII. 21.
Versuchsbedingungen: Dunkel. Schwankende Temperatur von 17 - 22°. Samen auf Fließpapier mit dest. Wasser und HNO₃ in mol. Konz. Beginn 21. X. 21.

Substrat	Mol. Konz.	Keimprozente nach Tagen			Keimprozente im Durchschnitt
		6	10	14	
Dest. Wasser	-	12	42	43	39,5
		9	34	36	
HNO ₃	0,001	51	80	83	81,5
		61	80	80	
"	0,005	51	94	96	92,5
		53	88	89	
"	0,01	46	91	92	86,0
		46	80	80	
"	0,02	30	69	78	80,5
		28	74	83	
"	0,05	9	47	59	54,5
		12	44	50	
"	0,1	5	17	25	26,0
		6	19	27	
"	0,2	0	6	11	8,5
		0	3	6	

Einwirkung von 0,02 und 0,05 mol. HCl und HNO₃ auf die Samen von *Epilobium angustifolium*, *Epilobium hirsutum* und *Lythrum Salicaria* und anscheinend auch anderer Pflanzen tritt nicht das Keimwurzelnchen zuerst heraus, sondern die Kotyledonen. Diese Erscheinung der "falschen Keimung", die mit eigentlicher Keimung, wie MAGNUS (21, p. 26) an *Phacelia tanacetifolia* zeigte, gar nichts zutun hat, muss natürlich in besonderem Masse zur Vorsicht mahnen und dazu führen, Konzentrationen, die schädigend wirken und durch falsche Keimungen zu Irrtümern Anlass geben, für die Bewertung der Wirkung einer Säure auszuschalten. Es wird auf die hieraus sich ergebende abweichende Bewertung der Versuche LEHMANN-OTTENWÄLDERS später noch näher einzugehen sein.

II. ANORGANISCHE SÄUREN ALS KEIMUNGS-MEDIUM.

a. Keimungsauslösung durch HCl, H₂SO₄ und HNO₃.

1. Versuche mit *Lythrum Salicaria* L.

Durch KINZEL (11, p. 46) und OTTENWÄLDER (22, p. 7, 26) wissen wir, dass die Keimung der Samen von *Lythrum Salicaria* an das Licht gebunden ist und dass das Keimungsergebnis von Temperatur und Nachreife abhängt, indem höhere Temperatur u. längere Nachreife die Keimprozente in Dunkelheit ansteigen lassen. Diese Beobachtungen wurden in nicht mitgeteilten Voruntersuchungen für das von mir verwendete Samenmaterial bestätigt. Was die Säurewirkung anbetrifft, so hat OTTENWÄLDER (22,

Tabelle 2.

Samenmaterial: *Lythrum Salicaria*. Botan. Garten Braunschweig, geerntet am 26. IX 21. Alter der Samen bei Versuchsbeginn ca. 2 Monate. - Versuchsbedingungen: Dunkel. Temperatur 30°. Samen auf Fliesspapier mit dest. Wasser und HCl, H₂SO₄, HNO₃ in verschiedenen mol. Konz. Beginn 23. XI. 21.

Substrat	Mol. Konz.	Keimprozentage nach Tagen			Keimprozentage im Durchschnitt
		3	6	12	
Dest. Wasser	-	3	11	14	14
		2	9	14	
HCl	0,001	0	10	13	15
		1	14	17	
"	0,005	1	11	20	21
		2	14	22	
"	0,01	1	16	25	26,5
		1	19	28	
H ₂ SO ₄	0,001	3	21	23	22
		1	18	21	
"	0,005	1	13	18	22
		2	18	26	
HNO ₃	0,001	3	15	20	24
		1	18	28	
"	0,005	1	16	26	29,5
		3	24	33	
"	0,01	2	20	34	34,5
		2	20	35	

Tabelle 3.

Samenmaterial: *Lythrum Salicaria*. HAAGE & SCHMIDT, Ernte 1920. Alter der Samen bei Versuchsbeginn ca. 11 Monate. - Versuchsbedingungen: Dunkel. Temperatur 27°. Samen auf Fliesspapier mit dest. Wasser und HCl, H₂SO₄, HNO₃ in verschiedenen mol. Konz. Beginn 14. VIII. 21.

Dest. Wasser	-	5	15	20	15,5
		4	8	11	
HCl	0,001	4	20	28	24
		2	17	20	
"	0,005	2	20	26	23,5
		3	14	21	
"	0,01	3	19	27	26
		4	20	25	

Tabelle 3. cont.

Substrat	Mol. Konz.	Keimprozentage nach Tagen			Keimprozentage im Durchschnitt
		3	6	12	
H ₂ SO ₄	0,001	2	12	13	15
		2	14	17	
"	0,005	3	15	19	20,5
		3	15	22	
HNO ₃	0,001	3	20	23	19
		3	12	15	
"	0,005	2	23	28	26,5
		4	20	25	
"	0,01	5	30	40	34,5
		5	23	29	

Tabelle 4.

Samenmaterial: *Lythrum Salicaria*. Botan. Garten Braunschweig, geerntet am 30. VIII. 21. Alter der Samen bei Versuchsbeginn 14 Tage. Versuchsbedingungen: Dunkel. Temperatur 27°. Samen auf Fließpapier mit dest. Wasser und HCl, H₂SO₄, HNO₃ in verschiedenen mol. Konz. Beginn 13. IX. 21.

Substrat	Mol. Konz.	Keimprozentage nach Tagen			Keimprozentage im Durchschnitt
		4	7	14	
Dest. Wasser	-	1	4	9	8,5
		2	5	8	
HCl	0,01	3	14	24	19
		3	9	14	
H ₂ SO ₄	0,005	0	12	17	18
		1	14	19	
HNO ₃	0,01	8	26	29	28
		3	24	27	

p. 45) gefunden, dass die Konzentrationen von 0,00625 und 0,0125 mol. HCl die Keimung bei 30° im Dunkeln fördern. Andere Säuren hat OTTENWÄLDER nicht verwandt. WIENTJES (25, p. 64) gibt ebenfalls an, dass bei 27° die Salzsäure in den Konzentrationen von 0,001 und 0,005 mol. eine fördernde Wirkung ausübt.

In den vorstehenden Versuchen haben sämtliche Säuren bei den Temperaturen von 27° und 30° eine im allgemeinen nur schwache, aber immerhin feststellbare keimungsauslösende Wirkung ausgeübt; und zwar war Salpetersäure wirksamer als Salzsäure und Schwefelsäure. Als optimale Konzentrationen der einzelnen Säuren ergaben sich für HNO₃ 0,01 mol., für HCl 0,005 - 0,01 mol. und für H₂SO₄ 0,005 mol.

2. Versuche mit *Verbascum Thapsus* L.

Über die Keimungsbedingungen der Samen von *Verbascum Thapsus* liegen eine ganze Anzahl sich widersprechender Beobachtungen von KINZEL und LEHMANN vor. Das in unserem Versuch nr. 5 benützte Samenmaterial wies einen fördernden Einfluss des Lichtes

Tabelle 5.

Samenmaterial: *Verbascum Thapsus*. Botan. Garten Braunschweig, geerntet 9. IX. 21.
 Alter der Samen bei Versuchsbeginn: 2 Monate. - Versuchsbedingungen: Dunkel.
 Schwankende Temperatur von 15 - 19°. Samen auf Fliesspapier mit dest. Wasser und
 HCl, H₂SO₄, HNO₃ in mol. Konz. Beginn 20. XI. 21.

Substrat	Mol. Konz.	Keimprozentage nach Tagen			Keimprozentage im Durchschnitt
		5	8	12	
Dest. Wasser	-	8	63	65	67
		9	66	69	
HCl	0,001	5	63	74	71
		7	61	68	
"	0,005	8	67	73	75,5
		7	71	78	
"	0,01	9	79	83	82,5
		6	79	82	
H ₂ SO ₄	0,001	6	61	69	71
		7	64	73	
"	0,005	7	82	84	76
		5	67	68	
HNO ₃	0,001	8	71	73	75
		8	72	77	
"	0,005	10	80	85	82,5
		9	76	80	
"	0,01	10	88	93	89
		11	83	85	

auf; denn im Dunkeln waren auf destilliertem Wasser 67% der Samen gekeimt, während ein gleichzeitig coteris paribus angesetzt Lichtversuch 92,5% Keimungen lieferte. Hinsichtlich der Einwirkung von Säuren zeigt Tabelle 5, dass eine Förderung der Keimung im Dunkeln durch sämtliche Säuren erfolgt. Als optimale Konzentrationen haben sich erwiesen: HCl und HNO₃ in 0,01 mol., H₂SO₄ in 0,005 mol.

3. Versuche mit *Verbascum thapsiforme* Schrad.

Die im Versuch Tabelle 6 benützten Samen von *Verbascum thapsiforme* zeigten in den bei Zimmertemperatur durchgeführten, hier nicht mitgeteilten Vorversuchen eine deutliche Abhängigkeit vom Licht, indem Keimungen von 7,5% im Dunkeln solche von 91% im Licht gegenüberstanden.

Über die Wirkung von Säuren liegen bisher nur die Angaben OTTENWÄLDERS (22, p. 46) vor, der bei 25° im Dunkeln eine Förderung durch Salzsäure feststellen konnte, während bei 20° keine der bei 25° wirksamen Konzentrationen eine fördernde Wirkung ausübte. Die in Tabelle 6 angeführten Versuche zeigen, dass sämtliche Säuren bei der angewendeten Temperatur von 16 - 19° einen fördernden Einfluss auf die Keimung im Dunkeln ausüben, dass aber auch hier die Salpetersäure sich als bedeutend wirksamer erweist als die anderen Säuren. Als optimale Konzentrationen wurden gefunden:

Tabelle 6.

Samenmaterial: *Verbascum thapsiforme*. Botan. Garten Braunschweig, geerntet 9. IX. 21. Alter der Samen bei Versuchsbeginn ca. 2 Monate. - Versuchsbedingungen: Dunkel. Schwankende Temperatur von 18 - 19°. Samen auf Fliesspapier mit dest. Wasser und HCl, H₂SO₄, HNO₃ in mol. Konz. Beginn: 11. XI. 21.

Substrat	Mol. Konz.	Keimprozentage nach Tagen			Keimprozentage im Durchschnitt
		6	8	14	
Dest. Wasser	-	4	8	9	7,5
		4	5	6	
HCl	0,001	4	9	11	9
		3	7	7	
"	0,005	4	9	11	12,5
		4	11	14	
"	0,01	7	23	23	18,5
		5	14	14	
H ₂ SO ₄	0,001	3	9	10	9,5
		3	8	9	
"	0,005	5	17	18	17,5
		3	17	17	
HNO ₃	0,001	13	36	40	36
		12	29	32	
"	0,005	14	42	54	59
		16	50	64	
"	0,01	23	54	76	74
		24	56	72	

HCl und HNO₃ in 0,01 mol., H₂SO₄ in 0,005 mol.

4. Versuche mit *Hypericum hirsutum* L.

Über die Samen von *Hypericum hirsutum* macht KINZEL (12, p. 449) die Angabe, dass sie, erst nach 8 - 10 Monaten beginnend, sehr allmählig nur im Lichte keimten. Dem gegenüber zeigte das von mir verwendete Samenmaterial bereits 3 Wochen nach der Ernte bei Zimmertemperatur in Dunkelheit 21,5% Keimungen, in Licht solche von 57%. Was die Einwirkung von Säuren anbetrifft, so lässt Tabelle 7 erkennen, dass sämtliche Säuren eine keimfördernde Wirkung ausüben. Am besten wird die Keimung wieder durch Salpetersäure gefördert. Die optimalen Konzentrationen waren: HCl und HNO₃ in 0,01 mol., H₂SO₄ in 0,005 mol.

Tabelle 7.

Samenmaterial: *Hypericum hirsutum*. Botan. Garten Braunschweig, geerntet am 24. IX. 21. Alter der Samen bei Versuchsbeginn ca. 7 Wochen. Versuchsbedingungen: Dunkel. Schwankende Temperaturen von 15 - 20°. Samen auf Fließpapier mit dest. Wasser und HCl, H₂SO₄, HNO₃ in mol. Konz. Beginn 17. XI. 21.

Substrat	Mol. Konz.	Keimprozentage nach Tagen			Keimprozentage im Durchschnitt
		11	18	23	
Dest. Wasser	-	0	8	18	18,5
		0	9	19	
HCl	0,001	1	11	21	20,0
		0	9	19	
"	0,005	2	18	29	26,5
		2	16	24	
"	0,01	3	21	35	32,5
		4	18	30	
H ₂ SO ₄	0,001	2	13	19	21,0
		3	18	23	
"	0,005	6	23	34	30,5
		1	17	27	
HNO ₃	0,001	3	16	27	25,0
		1	13	23	
"	0,005	3	22	38	36,0
		4	25	34	
"	0,01	2	29	45	47,5
		5	33	50	

b. Keimungsauslösung nur durch HNO₃.

1. Versuche mit *Hypericum perforatum*.

Tabelle 8.

Samenmaterial: *Hypericum perforatum*. Botan. Garten Braunschweig, geerntet am 24. IX. 21. Alter der Samen bei Versuchsbeginn ca. 4 Wochen. - Versuchsbedingungen: Dunkel, schwankende Temperatur von 17 - 22°. Samen mit dest. Wasser und HCl, H₂SO₄, HNO₃ in mol. Konz. Beginn 21. X. 21.

Substrat	Mol. Konz.	Keimprozentage in Tagen			Keimprozentage im Durchschnitt
		10	14	20	
Dest. Wasser		6	21	28	28,0
		7	21	28	

Tabelle 8 cont.

Substrat	Mol. Konz.	Keimprozente nach Tagen			Keimprozente im Durchschnitt
		10	14	20	
HCl	0,01	7	23	27	26,5
		11	23	26	
H ₂ SO ₄	0,005	6	22	26	23,5
		7	14	21	
HNO ₃	0,01	36	56	62	66,5
		53	67	71	

Für die Samen von *Hypericum perforatum* hat GASSNER (9, p. 222) bei 16 - 19° im Dunkeln eine keimfördernde Wirkung von HNO₃ (0,01 mol.) angegeben; dagegen blieb Salzsäure ohne Wirkung. Der vorstehende Versuch bestätigt die Angabe GASSNERs, denn nur Salpetersäure begünstigte die Keimung.

2. Versuche mit *Veronica longifolia* L.

Tabelle 9.

Samenmaterial: *Veronica longifolia*. Botan. Garten Braunschweig, geerntet am 20. IX. 21. Alter der Samen bei Versuchsbeginn ca. 7 Wochen. - Versuchsbedingungen: Samen auf Fließpapier mit dest. Wasser und HCl, H₂SO₄, HNO₃ in mol. Konz. Beginn 3. XI. 21.

Substrat	Mol. Konz.	Keimprozente nach Tagen			Keimprozente im Durchschnitt
		8	13	18	
Dest. Wasser	-	1	1	1	0,5
		0	0	0	
HCl	0,001	0	0	0	0
	0,005	0	0	0	
	0,01	0	0	0	
H ₂ SO ₄	0,001	0	0	0	0
	0,005	0	0	0	
HNO ₃	0,001	2	8	12	10,5
		3	6	9	
"	0,005	4	7	10	13,0
		5	13	16	
"	0,01	2	15	22	23,0
		3	15	24	

Über die Lichtempfindlichkeit der Samen von *Veronica longifolia* haben LEHMANN (10, p. 514) und GASSNER (7, p. 215) berichtet. Die Abhängigkeit vom Lichte konnte von mir bestätigt werden; denn im vorstehenden Versuch sind auf destilliertem

Wasser nur 0,5% der Samen keimt, während bei einem gleichzeitig angestellten Lichtversuch 30% zur Keimung gelangten. Hinsichtlich der Wirkung von Säuren zeigt die Tabelle, dass nur die Salpetersäure in den Konzentrationen von 0,001 - 0,01 mol. einen fördernden Einfluss auszuüben vermag. Als optimale Konzentration erwies sich 0,001 mol.

3. Versuche mit *Veronica maritima* L.

Tabelle 10.

Samenmaterial: *Veronica maritima*. Bot. Garten Braunschweig, geerntet am 20. IX. 21. Alter der Samen bei Versuchsbeginn ca. 6 Wochen. - Versuchsbedingungen: Dunkel. Schwankende Temperatur von 16 - 20°. Samen auf Fließpapier mit dest. Wasser und HCl, H₂SO₄, HNO₃ in mol. Konz. Beginn 3. XI. 21.

Substrat	Mol. Konz.	Keimprozentage nach Tagen				Keimprozentage im Durchschnitt
		5	9	12	19	
Dest. Wasser	-	2	4	5	5	4,5
		2	4	4	4	
HCl	0,01	3	4	4	4	3,5
		0	3	3	3	
H ₂ SO ₄	0,005	2	2	2	2	1,5
		0	1	1	1	
HNO ₃	0,001	1	5	7	9	7,0
		1	2	3	5	
"	0,005	5	16	18	25	26,5
		8	20	24	28	
"	0,01	8	26	38	41	39,0
		9	25	35	37	

Die Samen von *Veronica maritima* sind zu den Lichtkeimern zu stellen; am 20. IX, 21. geerntetes Samenmaterial brachte bei Zimmertemperatur von 17 - 22° in einem am 18. X. 21. angesetzten Versuch in der Dunkelheit 8%, im Licht 18% Keimungen. Aus Tabelle 10 geht hervor, dass nur die Salpetersäure in den Konzentrationen von 0,005 und 0,01 mol. keimungsauslösend wirkt.

4. Versuche mit *Veronica latifolia* L.

Das verwendete Samenmaterial erwies sich nur in geringem Masse keimfähig. In Dunkelheit waren niemals, in Licht ebenfalls nur geringe Keimprozentage (4,5%) bei Zimmertemperatur von 17 - 22° festzustellen. Die gleiche Steigerung der Keimprozentage wie durch Licht brachte auch der Versuch in Tabelle 11, in dem Salpetersäure in 0,005 und 0,01 mol. eine keimungsauslösende Wirkung zeigte; dagegen waren Salzsäure und Schwefelsäure wieder wirkungslos.

Tabelle 11.

Samenmaterial: *Veronica latifolia*. Botan. Garten Braunschweig, geerntet am 20. IX. 21. Alter der Samen bei Versuchsbeginn ca. 6 Wochen. - Versuchsbedingungen: Dunkel. Schwankende Temperatur von 16 - 20°. Samen auf Fliesspapier mit dest. Wasser, HCl, H₂SO₄, HNO₃ in mol. Konz. Beginn: 3. XI. 21.

Substrat	Mol. Konzent.	Keimprozent im Durchschnitt
Dest. Wasser	-	0
HCl	0,001	0
	0,005	
	0,01	
H ₂ SO ₄	0,001	0
	0,005	
HNO ₃	0,001	1,5
	0,005	4,0
	0,01	4,5

5. Versuche mit *Epilobium hirsutum* L.

Tabelle 12.

Samenmaterial: *Epilobium hirsutum* HAAGE & SCHMIDT, Ernte 1920. Alter der Samen bei Versuchsbeginn ca. 11 Monate. - Versuchsbedingungen: Dunkel. Temperatur 22°. Samen auf Fliesspapier mit destill. Wasser und HCl, H₂SO₄, HNO₃ in mol. Konzentrationen. Beginn: 29. VIII. 21.

Substrat	Mol. Konz.	Keimprozent nach Tagen			Keimprozent im Durchschnitt
		5	8	14	
Dest. Wasser	-	12	16	17	20,0
		7	17	23	
HCl	0,001	9	16	19	21,0
		10	17	23	
"	0,005	13	17	21	19,0
		9	14	17	
"	0,01	9	18	25	24,0
		12	17	23	
H ₂ SO ₄	0,001	7	15	19	20,5
		10	17	22	
"	0,005	9	19	25	22,5
		10	15	20	

Tabelle 12 cont.

Substrat	Mol. Konzentr.	Keimprozentage nach Tagen			Keimprozentage im Durchschnitt
		5	8	14	
HNO ₃	0,001	12	23	27	24,0
		10	18	21	
"	0,005	12	24	31	29,5
		14	23	28	
"	0,01	11	27	30	32,5
		15	30	35	

Tabelle 13.

Samenmaterial: *Epilobium hirsutum* Sottmar bei Braunschweig, geerntet am 28. VIII 21. Alter der Samen bei Versuchsbeginn: 1 Tag. - Versuchsbedingungen: Dunkel. Temperatur 22°. Samen auf Fliesspapier mit dest. Wasser und HCl, H₂SO₄, HNO₃ in mol. Konz. Beginn 29. VIII. 21.

Substrat	Mol. Konz.	Keimprozentage nach Tagen			Keimprozentage im Durchschnitt
		5	8	12	
Dest. Wasser	-	0	1	1	0,5
		0	0	0	
HCl	0,01	0	1	2	1,5
		0	0	1	
H ₂ SO ₄	0,005	0	0	0	1,0
		1	1	2	
HNO ₃	0,01	3	5	10	9,5
		1	4	9	

Über die Keimungsbedingungen der Samen von *Epilobium hirsutum* ist bereits eingehend von KINZEL, LEHMANN, OTTENWÄLDER und GASSNER berichtet. Alle Autoren stimmen darin überein, dass die Samen ausserordentlich lichtempfindlich sind. Es gilt dies auch für das von mir benützte Samenmaterial. Über die Wirkung von Säuren auf *Epilobium hirsutum* haben LEHMANN (20) und OTTENWÄLDER (22) Angaben gemacht. Sie haben die Wirkung von Salzsäure in verschiedenen molekularen Konzentrationen (0,025, 0,05, 0,1, 0,2 mol.) auf die Keimung im Dunkeln bei 22° untersucht. OTTENWÄLDER (22, p. 43) glaubte, einen stark fördernden Einfluss feststellen zu können. "Am meisten wird die Keimung von 0,1 molekularer Lösung beschleunigt. Besonders in den ersten Tagen verläuft sie weit rascher als auf 0,025 und 0,05 mol. Lösungen. Dagegen muss diese Konzentration für einen Teil der Samen schon zu stark gewesen sein, da die Keimung nur bis zu etwa 70% erfolgte. Die doppelt so starke Konzentration von 0,2 mol. pro Liter hatte ebenfalls zu Anfang eine Beschleunigung der Keimung zur Folge gehabt, doch machten sich die schädigenden Einflüsse noch früher und bei einem grösseren Prozentsatz der Keimlinge geltend. Dem gegenüber bewirkte die niedere Konzentration von 0,05 mol. anfänglich

eine weniger starke Beschleunigung, aber die schädigende Wirkung der Säuren auf die Keimlinge trat hierbei viel weniger in die Erscheinung, sodass annähernd 90% der Samen im Dunkeln keimten". Auch für H_2SO_4 (0,3 mol.) gab OTTENWÄLDER Förderung der Keimung im Dunkeln an.

Gegen diese Ergebnisse von LEHMANN-OTTENWÄLDER muss zunächst in Anschluss an die früher gebrachten Ausführungen über das Vorkommen falscher Keimungen und die Schädlichkeit höherer Säure-Konzentrationen der Einwand erhoben werden, dass sämtliche von den Autoren angeführten Versuche mit Konzentrationen durchgeführt sind, die keine normalen Keimungen mehr zulassen. Konzentrationen von 0,05 mol. HCl gestatten unter keinen Umständen mehr das Auftreten normaler Keimungen; doch gerade diese und noch stärkere Konzentrationen sind die Kronzeugen für die keimungsauslösende Wirkung der Salzsäure. Schalten wir, wie dies in den Versuchen der Tabellen 12 und 13 geschehen ist, durch Anwendung schwacher Konzentrationen schädigende und irreführende Nebenwirkungen der Säuren aus, so ergibt sich, dass von den untersuchten Säuren nur Salpetersäure wirksam war, während Salzsäure und Schwefelsäure keine Steigerung der Keimprozente erbrachten. Dies Ergebnis steht in Übereinstimmung mit den Feststellungen von WIENTJES (25, p. 65), der ebenfalls keine Förderung der Keimung durch Salzsäure in 0,001 - 0,01 mol. erzielen konnte. Allerdings sind die Versuche von WIENTJES bei schwankender Zimmertemperatur durchgeführt. LEHMANN (19, p. 313) sieht hierin einen wesentlichen Versuchsfehler, weil "natürlich der Temperaturwechsel die Samen schon in der Dunkelheit zur Keimung bringt", sodass hier "die schwache Säurewirkung verschwinden wird". Dieser Einwand LEHMANNs muss aber bei Durchsicht der Arbeit von WIENTJES unhaltbar erscheinen, da die von WIENTJES auf destilliertem Wasser beobachteten Keimungen von 24% sehr wohl eine Steigerung durch Säurewirkung hätten aufweisen müssen, falls eine solche vorliegt. In Wirklichkeit fehlt sie aber. Die Versuche von WIENTJES stehen also genau so in Widerspruch zu denen von LEHMANN wie die vorstehenden eigenen Ergebnisse, in denen ausserdem der von LEHMANN gegen WIENTJES erhobene Einwand deshalb von vorn herein fortfällt, weil diese Versuche bei konstanter Temperatur durchgeführt sind. Auch bei diesen Versuchen war eine Steigerung der Keimprozente nur durch Anwendung von Salpetersäure, dagegen nicht durch die übrigen Säuren zu erzielen.

6. Versuche mit *Epilobium roseum* Schreb.

=====

Tabelle 14.

Samenmaterial: *Epilobium roseum*. Sottmar bei Braunschweig, geerntet am 28. VIII. 21. Alter der Samen bei Versuchsbeginn ca. 4 Wochen. - Versuchsbedingungen: Dunkel. Temperatur 22°. Samen auf Fliesspapier mit destilliertem Wasser und HCl, H_2SO_4 , HNO_3 in mol. Konz. Beginn 8. XII. 21.

Substrat	Mol. Konz.	Keimprozente nach Tagen		Keimprozente im Durchschnitt
		8	12	
Dest. Wasser	-	0 0	0 0	0
HCl	0,001	0 0	0 0	0
"	0,005	0 0	0 0	0
"	0,01	0 0	0 0	0

Tabelle 14 cont.

Substrat	Mol. Konz.	Keimprozentage nach Tagen		Keimprozentage im Durchschnitt
		8	12	
H ₂ SO ₄	0,001	2 0	3 0	1,5
"	0,005	0 0	0 0	0
HNO ₃	0,001	2 4	3 6	4,5
"	0,005	11 12	12 14	13,0
"	0,01	11 14	12 17	14,5

Über die Lichtempfindlichkeit der Samen von *Epilobium roseum* ist bereits von KINZEL, LEHMANN, OTTENWÄLDER und GASSNER berichtet. Das im obigen Versuch benützte Samenmaterial war ebenfalls stark lichtempfindlich. Wie Tabelle 14 zeigt, blieben Salz- und Schwefelsäure ohne Wirkung. Nur Salpetersäure übte in 0,001 - 0,01 molaren Lösungen einen keimungsauslösenden Einfluss aus. Als optimale Konzentration wurde 0,005 - 0,01 mol. befunden.

7. Versuche mit *Epilobium montanum* L.

Tabelle 15.

Samenmaterial: *Epilobium montanum*.ASSE bei Braunschweig, geerntet am 30. VII. 21. Alter der Samen bei Versuchsbeginn: 7 Wochen. - Versuchsbedingungen: Dunkel. Schwankende Temperatur von 15 - 17°. Samen auf Fließpapier mit dest. Wasser und HCl, H₂SO₄, HNO₃ in mol. Konz. Beginn 21. IX. 21.

Substrat	Mol. Konz.	Keimprozentage in Tagen			Keimprozentage im Durchschnitt
		5	8	13	
Dest. Wasser	-	0 0	5 2	9 4	6,5
HCl	0,001	1 1	4 5	5 6	5,5
"	0,005	0 0	6 2	7 4	5,5
"	0,01	1 0	4 4	5 6	5,5
H ₂ SO ₄	0,001	1 1	3 7	5 9	7,0

Tabelle 15 cont.					
Substrat	Mol. Konz.	Keimprozentage nach Tagen			Keimprozentage im Durchschnitt
		5	8	13	
H ₂ SO ₄	0,005	1	4	5	6,0
		1	5	7	
HNO ₃	0,001	17	48	59	58,0
		13	51	57	
"	0,005	18	60	65	67,5
		19	60	70	
"	0,01	15	54	63	61,0
		11	49	59	

In Bestätigung der bereits vorliegenden Beobachtungen von OTTENWÄLDER (22) und LEHMANN (17) über die Lichtempfindlichkeit von *Epilobium montanum* konnte festgestellt werden, dass das benützte Samenmaterial kurz nach der Ernte in der Keimung ganz an das Licht gebunden war. Fünf Tage nach der Ernte ins Keimbett ausgelegte Samen ergaben bei Temperaturen von 20 - 25° im Licht 88%, in Dunkelheit 0% Keimungen. Mit zunehmender Nachreife trat jedoch auch im Dunkeln eine erhebliche Anzahl von Keimungen auf (vergl. Tabelle 1, Seite 136). Hinsichtlich der Wirkung von Säuren zeigt Tabelle 15, dass Salz- und Schwefelsäure in sämtlichen Konzentrationen ohne Wirkung blieben. Dagegen wies die Salpetersäure in sämtlichen Konzentrationen von 0,001 - 0,01 mol. eine starke keimungsauslösende Wirkung auf. Die optimale Konzentration betrug 0,005 mol.

8. Versuche mit *Epilobium angustifolium* L.

Tabelle 16.

Samenmaterial: *Epilobium angustifolium*. Üsel bei Braunschweig, geerntet am 24. VII. 21. Alter der Samen bei Versuchsbeginn ca. 6 Wochen. - Versuchsbedingungen: Dunkel. Schwankende Temperatur von 17 - 21°. Samen auf Fließpapier mit destill. Wasser und HCl, H₂SO₄, HNO₃ in mol. Konz. Beginn: 6. XI. 21.

Substrat	Mol. Konz.	Keimprozentage nach Tagen			Keimprozentage im Durchschnitt
		4	7	14	
Dest. Wasser	-	8	26	28	25,5
		5	20	23	
HCl	0,001	8	21	27	26,5
		4	21	26	
"	0,005	9	22	24	26,0
		9	24	28	
"	0,01	7	23	28	24,5
		4	17	21	

Tabelle 16 cont.

Substrat	Mol. Konz.	Keimprozentage nach Tagen			Keimprozentage im Durchschnitt
		4	7	14	
H ₂ SO ₄	0,001	6	20	28	28,5
		7	22	19	
"	0,005	7	21	25	27,0
		8	23	29	
HNO ₃	0,001	7	23	29	33,0
		6	30	37	
"	0,005	5	33	43	41,5
		7	30	40	
"	0,01	3	40	53	50,0
		4	30	47	

Das in vorstehenden Versuchen benützte Samenmaterial erwies sich in Übereinstimmung mit den Angaben früherer Autoren als lichtempfindlich; nach sechswöchiger Nachreife der Samen waren auf destilliertem Wasser bei Zimmertemperatur von 17 - 21° im Dunkeln 25,5%, im Licht 88,5% Keimungen erfolgt.

Die Versuche mit *Epilobium angustifolium* ergeben, dass Salz- und Schwefelsäure wirkungslos waren. Nur Salpetersäure zeigte eine keimungsauslösende Wirkung. Als optimale Kozenzentrationsartion wurde 0,01 mol. befunden.

Mit *Epilobium angustifolium* ist die Zahl der auf Säurewirkung untersuchten lichtempfindlichen Samen erschöpft. Es hat sich gezeigt, dass *Epilobium angustifolium* zusammen mit *Hypericum perforatum*, *Veronica longifolia*, *V. maritima*, *V. latifolia*, *Epilobium hirsutum*, *E. roseum*, *E. montanum* eine Gruppe von Samen bildet, deren Keimung nur durch Salpetersäure, dagegen nicht durch Salz- und Schwefelsäure gefördert wird. Diesen Samen gegenüber stehen die zuerst untersuchten Samen: *Lythrum Salicaria*, *Verbascum Thapsus*, *Verbascum thapsiforme* und *Hyperticum hirsutum*, die neben durch Salpetersäure auch eine schwache Förderung durch Salzsäure und Schwefelsäure aufweisen; allerdings ist auch hier die Wirkung der Salpetersäure die kräftigere, sodass von einem Gegensatz der Gruppen "allgemeine Säurekeimer" und "Salpetersäurekeimer" nicht recht die Rede sein kann.

C. VERSUCHE MIT NITRATEN.

Der Ausgangspunkt der vorliegenden Untersuchungen bildete die Frage, ob eine Unterscheidung in "Säuretypus" und "N-Typus" bei den lichtempfindlichen Samen möglich ist. Dieser von GASSNER eingeführten Unterscheidung liegen einerseits die eigenen Versuche dieses Autors über die N-Wirkung, andererseits die Ergebnisse LEHMANN-OTTENWÄLDERS über Säurewirkung zugrunde. Da nun nach den Ergebnissen des vorigen Abschnitts der Salpetersäure unzweifelhaft eine überragende Rolle zukommt, indem die Mehrzahl der Samen nur auf dieser Säure, die übrigen Samen stärker auf Salpetersäure als auf die andern Säuren reagierten, war mit dieser Feststellung der ganze Begriff des "Säuretypus" erschüttert, während andererseits die Salpetersäure, d. h. der "N-Typus" in den Vordergrund trat. Die nächste Aufgabe musste deshalb darin bestehen, die Wirksamkeit anderer N-Verbindungen auf die gleichen Samen zu untersuchen. Als N-Verbindung wurde in erster Linie KNO₃ benützt, da nach den Feststellungen GASSNERS (8) die übrigen Nitrate analog wirken.

1. Versuche mit *Lythrum Salicaria* L.

Tabelle 17 a.

Samenmaterial: *Lythrum Salicaria* HAAGE & SCHMIDT, Ernte 1920. Alter der Samen bei Versuchsbeginn ca. 11 Monate. - Versuchsbedingungen: Dunkel. Temperatur 30°, Samen auf Fließpapier mit dest. Wasser und mit molaren Lösungen von KNO_3 . Beginn 2. VIII. 21.

Substrat	Mol. Konz.	Keimprozentage nach Tagen			Keimprozentage im Durchschnitt
		3	6	10	
Dest. Wasser	-	9	38	45	43,0
		14	35	41	
KNO_3	0,001	9	36	42	43,0
		11	38	44	
"	0,005	13	40	49	46,5
		12	37	44	
"	0,01	14	42	49	52,0
		16	41	55	
"	0,02	15	40	48	51,0
		11	40	54	
"	0,05	7	31	49	46,5
		10	34	44	
"	0,1	0	21	44	42,0
		1	22	40	

Tabelle 17 b.

Samenmaterial: *Lythrum Salicaria*. Botan. Garten Braunschweig, geerntet am 26. IX. 21. Alter der Samen bei Versuchsbeginn ca. 2 Monate. - Versuchsbedingungen: Dunkel. Temperatur 30°. Samen auf Fließpapier mit dest. Wasser und mit molaren Lösungen von KNO_3 . Beginn 24. XI. 21.

Substrat	Mol. Konz.	Keimprozentage nach Tagen			Keimprozentage im Durchschnitt
		4	7	11	
Dest. Wasser	-	3	15	17	15,0
		2	11	13	
KNO_3	0,001	19	22	22	19,0
		12	15	16	
"	0,005	13	18	19	21,5
		16	21	24	

Tabelle 17 b cont.

Substrat	Mol. Konz.	Keimprozentage nach Tagen			Keimprozentage im Durchschnitt
		4	7	11	
KNO ₃	0,01	18	31	36	33,5
		17	27	31	
"	0,02	10	19	22	24,0
		8	22	26	
"	0,05	2	8	16	15,5
		3	10	15	
"	0,1	0	0	8	9,0
		0	0	10	

Tabelle 18 a.

Samenmaterial: *Lythrum Salicaria*. HAAGE & SCHMIDT, Frnte 1920. Alter der Samen bei Versuchsbeginn ca. 11 Monate. - Versuchsbedingungen: Dunkel. Temperatur 27° Samen auf Fliesspapier mit dest. Wasser und mit molaren Lösungen von KNO₃ Beginn 14. VIII. 21.

Substrat	Mol. Konz.	Keimprozentage nach Tagen			Keimprozentage im Durchschnitt
		4	8	13	
Dest. Wasser	-	4	14	16	14,0
		4	11	12	
KNO ₃	0,001	4	12	14	13,5
		3	10	13	
"	0,005	3	19	22	19,0
		2	13	16	
"	0,01	3	17	19	23,5
		4	21	28	
"	0,02	3	17	21	22,0
		4	17	23	
"	0,05	2	14	19	20,0
		4	17	21	
"	0,1	0	9	13	12,5
		1	7	12	

Für die Samen von *Lythrum Salicaria* konnte GASSNER (9, p. 229) keine Förderung durch KNO₃ (0,05 mol.) feststellen. Dies lag daran, dass die von ihm benutzten Temperaturen von 16 - 19° zu niedrig waren. OTTENWALDER (22, p. 7) hat angegeben, dass unterhalb 23° keine Keimung im Dunkel eintritt. Die Versuche wurden daher bei höheren Temperaturen, 27° und 30° durch geführt, und hier liess sich in der Tat eine keimfördernde Wirkung durch KNO₃ feststellen. Besonders deutlich er-

Tabelle 18 b.

Samenmaterial: *Lythrum Salicaria*. Botan. Garten Braunschweig, geerntet am 30. VIII. 21. Alter der Samen bei Versuchsbeginn 14 Tage. - Versuchsbedingungen: Dunkel. Temperatur 27°. Samen auf Fliesspapier mit dest. Wasser und mit molaren Lösungen von KNO_3 . Beginn 13. IX. 22.

Substrat	Mol. Konz.	Keimprozentage nach Tagen			Keimprozentage im Durchschnitt
		4	7	14	
Dest. Wasser	-	1	6	10	9,0
		1	4	8	
KNO_3	0,01	9	27	30	29,5
		8	26	29	
"	0,02	4	17	22	24,0
		8	21	26	

wies sich die Begünstigung bei dem weniger ausgereiften Samenmaterial (Tabellen 19 b und 20 b). Als optimale Konzentration wurde 0,01 mol. gefunden, der sich 0,02 mol. anschloss. Hinsichtlich der 0,1 mol. Lösung liess sich in sämtlichen Versuchen die Beobachtung machen, dass sie eine deutliche Verlangsamung des Keimungsverlaufes bedingte. Wir sind wohl zu der Annahme berechtigt, dass sich hierin bereits ein schädigender Einfluss dieser Konzentration ausspricht. Auf jeden Fall war mit *Lythrum Salicaria* zum ersten male der Nachweis geglückt, dass die Samen einer Pflanze, die bisher zum "Säuretypus" gestellt waren, also nur durch Säuren in der Keimung gefördert werden sollten, gleichzeitig auch durch N-Verbindungen eine Keimförderung erfahren.

2. Versuche mit *Verbascum Thapsus* L.

Tabelle 19.

Samenmaterial: *Verbascum Thapsus*. Botan. Garten Braunschweig, gesammelt am 9. IX. 21. Alter der Samen bei Versuchsbeginn: ca. 10 Wochen. - Versuchsbedingungen: Dunkel. Schwankende Temperatur von 15 - 19°. Samen mit dest. Wasser und mit molaren Lösungen von KNO_3 . Beginn 20. XI. 21.

Substrat	Mol. Konz.	Keimprozentage nach Tagen			Keimprozentage im Durchschnitt
		5	8	12	
Dest. Wasser	-	7	54	61	64,5
		5	52	68	
KNO_3	0,001	8	57	72	70,0
		6	57	68	
"	0,005	9	63	75	72,5
		7	52	70	

Tabelle 19 cont.

Substrat	Mol. Konz.	Keimprozentage nach Tagen			Keimprozentage im Durchschnitt
		5	8	12	
KNO ₃	0,01	8	83	90	87,5
		10	80	85	
"	0,02	9	64	71	74,5
		9	64	78	
"	0,05	5	56	68	71,0
		9	59	74	
"	0,1	2	45	70	68,0
		5	46	66	

GASSNER (9, p. 229) gibt an, dass *Verbascum Thapsus* keine Förderung durch KNO₃ (0,05 mol.) bei 16 - 19° im Dunkeln erkennen liess. Die obige Tabelle bestätigt die Angaben GASSNERS. Sie zeigt aber gleichzeitig, dass die schwächeren Konzentrationen von 0,01 und 0,02 mol. einen fördernden Einfluss ausüben vermögen. Die 0,01 mol. Lösung wirkte am besten.

3. Versuche mit *Verbascum thapsiforme* Schrad.

Tabelle 20.

Samenmaterial: *Verbascum thapsiforme*. Botan. Garten Braunschweig, geerntet am 9. IX. 21. Alter der Samen bei Versuchsbeginn ca. 2 Monate. - Versuchsbedingungen: Dunkel. Schwankende Temperatur von 16 - 19°. Samen auf Fliesspapier mit destill. Wasser und mit molaren Lösungen von KNO₃. Beginn 11. XL. 21.

Substrat	Mol. Konz.	Keimprozentage nach Tagen				Keimprozentage im Durchschnitt
		6	8	10	14	
Dest. Wasser		2	7	9	10	9,0
		2	6	7	8	
KNO ₃	0,001	14	47	56	59	57,0
		15	46	52	55	
"	0,005	17	44	54	60	62,5
		18	48	59	65	
"	0,01	17	47	57	75	71,0
		9	45	54	67	
"	0,02	18	42	52	73	70,0
		19	53	61	67	
"	0,05	16	50	54	60	58,5
		13	44	49	57	

Tabelle 20 cont.

Substrat	Mol. Konentr.	Keimprozentage nach Tagen				Keimprozentage im Durchschnitt
		6	8	10	14	
KNO ₃	0,1	3	27	31	35	39,5
		1	23	30	44	

Auf die Samen von *Verbascum thapsiforme* übten sämtliche Konzentrationen von KNO₃ eine keimungsauslösende Wirkung aus. Die Lösungen von 0,01 und 0,02 mol. begünstigten die Keimung am meisten. In der Herabsetzung der Keimungsgeschwindigkeit, welche die 0,1 molekulare Lösung bewirkte, schein sich ein schädlicher Einfluss auszusprechen.

4. Versuche mit *Hypericum hirsutum* L.

Tabelle 21.

Samenmaterial: *Hypericum hirsutum* Botan. Garten Braunschweig, geerntet am 24. IX. 21. Alter der Samen bei Versuchsbeginn: ca. 2 Monate. - Versuchsbedingungen: Dunkel. Schwankende Temperatur von 15 - 20°. Samen auf Fließpapier mit Wasser und mit molaren Lösungen von KNO₃. Beginn 17. XI. 21.

Substrat	Mol. Konz.	Keimprozentage nach Tagen				Keimprozentage im Durchschnitt
		12	18	23	28	
Dest. Wasser	-	1	10	17	18	20,0
		2	11	19	22	
KNO ₃	0,001	4	17	26	29	27,0
		3	12	20	25	
"	0,005	4	16	25	31	34,5
		4	17	29	38	
"	0,01	4	30	38	41	43,5
		3	32	41	46	
"	0,02	4	17	31	37	40,0
		4	18	34	43	
"	0,05	1	9	19	24	25,5
		3	14	22	27	
"	0,1	0	9	18	21	23,0
		2	11	20	25	

Abgesehen von der Konzentration 0,1 mol., auf der freilich die Keimungen noch nicht vollständig beendet zu sein schienen, wirkten sämtliche molaren Lösungen v. Kaliumnitrat auf *Hypericum hirsutum* keimungsauslösend. Als optimale Konzentration erwies sich 0,01 mol., an die sich 0,02 mol. anschloss.

Damit war festgestellt, dass sämtliche vier Samen: *Lythrum Salicaria*, *Verbascum Thapsus*, *Verbascum thapsiforme* und *Hypericum hirsutum*, die durch Säurewirkung

in der Keimung gefördert wurden, gleichzeitig durch KNO_3 begünstigt werden.

Die in den folgenden Versuchen angeführten Samen betreffen solche, die nur durch HNO_3 , dagegen nicht durch die andern Säuren gefördert werden.

5. Versuche mit *Hypericum perforatum* L.

Tabelle 22.

Samenmaterial: *Hypericum perforatum*. Botan. Garten Braunschweig, geerntet am 24. IX. 21. Alter der Samen bei Versuchsbeginn ca. 1 Monat. - Versuchsbedingungen: Dunkel. Schwankende Temperatur von 17 - 22°. Samen auf Fliesspapier mit destill. Wasser und mit KNO_3 (0,01 mol.). Beginn 21. X. 21.

Substrat	Keimprozent nach Tagen			Keimprozent im Durchschnitt
	8	13	20	
Destill. Wasser	3	20	28	28,0
	3	19	28	
KNO_3 0,01 mol.	14	49	62	57,5
	8	44	53	

Über die Samen von *Hypericum perforatum* macht GASSNER (9, p. 222) die Angabe, dass sie in der Keimung durch KNO_3 (0,01 mol.) gefördert werden. Die vorstehende Tabelle bestätigt die Ergebnisse GASSNERS.

C. Versuche mit *Veronica* - Arten.

Tabelle 23.

Samenmaterial: *Veronica longifolia*, *V. maritima*, *V. latifolia*, am 20. IX. 21 im botanischen Garten Braunschweig geerntet. Alter der Samen bei Versuchsbeginn ca. 6 Wochen. - Versuchsbedingungen: Dunkel. Schwankende Temperatur von 16 - 20°. Samen auf Fliesspapier mit dest. Wasser und mit molaren Lösungen von KNO_3 . Beginn 3. XI. 21.

Samenart	Substrat	Mol. Konz.	Keimprozent nach Tagen				Keimproz. i. Durchschnitt
			4	7	11	20	
<i>Veronica longifolia</i> .	Dest. Wasser	-	0	1	3	3	3,5
			0	0	3	4	
"	KNO_3	0,001	0	1	6	12	10,0
			0	1	4	8	
"	"	0,005	0	3	17	31	28,5
			0	3	17	28	
"	"	0,01	0	5	24	48	45,0
			0	6	24	42	

Tabelle 23 cont.							
Samenart	Substrat	Mol. Konz.	Keimprozentage in Tagen				Keimproz. i. Durch- schnitt
			4	7	11	20	
<i>Veronica longi- folia.</i>	KNO ₃	0,02	0	5	24	48	45,0
			0	7	26	42	
"	"	0,05	0	3	17	28	32,0
			0	2	15	36	
"	"	0,1	0	0	4	11	12,0
			0	0	6	13	
<i>Veronica ma- ritima.</i>	Dest. Wasser	-	0	3	5	7	6,0
			0	2	4	5	
"	KNO ₃	0,001	1	9	22	24	22,0
			0	7	16	20	
"	"	0,005	3	15	30	33	35,5
			2	17	31	38	
"	"	0,01	4	28	52	55	51,5
			3	20	42	48	
"	"	0,02	3	23	39	47	45,0
			3	23	35	43	
"	"	0,05	2	15	22	27	31,0
			1	12	29	35	
"	"	0,1	0	3	13	20	18,5
			0	4	9	17	
<i>Veronica lati- folia.</i>	Dest. Wasser	-	0	0	0	0	0
			0	0	0	0	
"	KNO ₃	0,001	0	0	1	1	1,0
			0	0	0	1	
"	"	0,005	0	0	3	5	4,0
			0	0	2	3	
"	"	0,01	0	0	3	6	7,5
			0	0	4	9	
"	"	0,02	0	0	4	6	5,0
			0	0	2	4	
"	"	0,05	0	0	1	1	1,5
			0	0	2	2	
"	"	0,1	0	0	0	1	0,5
			0	0	0	0	

Wie Tabelle 25 zeigt, werden *Veronica longifolia*, *V. maritima* und *V. latifolia* durch KNO_3 in der Keimung im Dunkeln gefördert. Bei sämtlichen Samen löste die 0,01 molekulare Konzentration die grösste Anzahl von Keimungen aus. Nur etwas geringere Keimprozente wurden auf 0,02 mol. KNO_3 erzielt.

7. Versuche mit *Epilobium*-Arten.

Tabelle 24 a.

Samenmaterial: *Epilobium hirsutum*, HAAGE & SCHMIDT, Ernte 1920. Alter der Samen bei Versuchsbeginn ca. 11 Monate. - Versuchsbedingungen: Dunkel. Temperatur 22°. Samen auf Fliesspapier mit dest. Wasser und mit molaren Lösungen von KNO_3 . Beginn: 29. VIII. 21.

Substrat	Mol. Konz.	Keimprozente nach Tagen			Keimprozente im Durchschnitt
		5	8	14	
Dest. Wasser	-	9	18	25	23,5
		10	17	22	
KNO_3	0,001	8	18	25	24,0
		8	17	23	
"	0,005	15	33	40	37,0
		12	26	34	
"	0,01	16	32	38	40,5
		19	37	43	
"	0,02	15	31	39	40,0
		12	34	41	
"	0,05	9	19	35	33,5
		10	19	32	
"	0,1	2	15	23	22,0
		6	15	21	

Tabelle 24 b.

Samenmaterial: *Epilobium hirsutum*, Sottmar bei Braunschweig, geerntet 28. VIII. 21. Alter der Samen bei Versuchsbeginn 2 Monate. - Versuchsbedingungen: Dunkel. Temperatur 22°. Samen auf Fliesspapier mit dest. Wasser und mit KNO_3 (0,01 mol.). Beginn: 28. X. 21.

Substrat	Keimprozente nach Tagen			Keimprozente im Durchschnitt
	5	8	14	
Destill. Wasser	2	4	6	4,5
	1	2	3	
KNO_3 0,01 mol.	3	12	16	19,0
	2	17	22	

Tabelle 25.

Samenmaterial: *Epilobium roseum*, Sottmar bei Braunschweig, geerntet am 28. VIII. 21. Alter der Samen bei Versuchsbeginn ca. 14 Wochen. - Versuchsbedingungen: Dunkel. Temperatur 22°. Samen auf Fliesspapier mit dest. Wasser und mit molaren Lösungen von KNO_3 . Beginn: 8. XII. 21.

Substrat	Mol. Konz.	Keimprozentage nach Tagen			Keimprozentage im Durchschnitt
		6	8	13	
Dest. Wasser	-	0	2	2	2
		0	1	2	
KNO_3	0,001	1	6	8	9
		0	9	10	
"	0,005	4	18	23	21
		4	16	19	
"	0,01	6	23	32	30,5
		6	20	29	
"	0,02	4	17	25	27,5
		8	26	30	
"	0,05	3	21	28	26
		4	18	24	
"	0,1	1	6	9	11
		0	5	13	

Tabelle 26.

Samenmaterial: *Epilobium montanum*.ASSE bei Braunschweig, geerntet am 30. VII. 21. Alter der Samen bei Versuchsbeginn: ca. 6 Wochen. - Versuchsbedingungen: Dunkel. Schwankende Temperatur von 16 - 20°. Samen auf Fliesspapier mit dest. Wasser und mit molaren Lösungen von KNO_3 . Beginn: 10. IX. 21.

Substrat	Mol. Konz.	Keimprozentage nach Tagen				Keimprozentage im Durchschnitt
		4	6	9	14	
Dest. Wasser	-	0	2	5	5	6,5
		0	3	6	8	
KNO_3	0,001	4	47	58	60	53
		2	21	37	46	
"	0,005	3	51	68	70	76
		3	53	77	82	
"	0,01	4	59	80	85	89
		3	69	90	93	

Tabelle 26 cont.

Substrat	Mol. Konz.	Keimprozentage nach Tagen				Keimprozentage im Durchschnitt
		4	6	9	14	
KNO ₃	0,02	1	82	88	91	88,5
		0	68	82	86	
"	0,05	0	20	53	73	72
		0	22	49	71	
"	0,1	0	0	7	33	28
		0	0	5	23	

Tabelle 27.

Samenmaterial: *Epilobium angustifolium*, Üsel bei Braunschweig, geerntet am 24. VII. 21. Alter der Samen bei Versuchsbeginn ca. 6 Wochen. - Versuchsbedingungen: Dunkel. Schwankende Temperatur von 17 - 21°. Samen auf Fließpapier mit dest. Wasser und mit molaren Lösungen von KNO₃. Beginn: 6. IX. 21.

Substrat	Mol. Konz.	Keimprozentage nach Tagen			Keimprozentage im Durchschnitt
		4	8	14	
Dest. Wasser	-	5	19	20	23,5
		6	23	27	
KNO ₃	0,01	6	35	41	41,0
		5	36	41	
"	0,02	6	39	42	39,5
		6	35	37	

Was die Beeinflussung der Keimung der *Epilobium*-Arten durch Kaliumnitrat anbelangt, so gibt OTTENWÄLDER (22, p. 59) an, dass KNO₃ (0,1 mol.) auf *Epilobium hirsutum* ohne Wirkung blieb. GASSNER (9, p. 232), der ebenfalls N-Verbindungen auf *Epilobium*-Samen einwirken liess, aber keine Ergebnisse darüber veröffentlichte, spricht die Ansicht aus, "dass mit der Möglichkeit einer keimungsauslösenden Wirkung der N-Verbindungen auf *Epilobium*-Samen gerechnet werden muss". Aus obigen Versuchen geht tatsächlich hervor, dass Kaliumnitrat die Keimung von *E. hirsutum*, *E. roseum*, *E. montanum* und *E. angustifolium* im Dunkeln ganz ausserordentlich begünstigt. Für sämtliche *Epilobium*-Arten betrug die optimale Konzentration 0,01 mol., an die sich 0,02 mol. anschloss. Der im obigen zitierte negative Befund OTTENWÄLDERS über die Wirkungslosigkeit von KNO₃ auf *Epilobium hirsutum* erklärt sich durch die von OTTENWÄLDER angewendete zu hohe Konzentration von 0,1 mol.

Aufgrund der bisher angeführten Ergebnisse sind wir jetzt in der Lage, zu der Frage Stellung zu nehmen, die den Ausgangspunkt unserer Untersuchungen bildete. GASSNER war durch seine N-Versuche und durch die Säureversuche LEHMANN-OTTENWÄLDERS veranlasst, unter den lichtempfindlichen Samen einen "Säuretypus" und einen "N-Typus" zu unterscheiden. Aufgrund der obigen Ergebnisse muss diese Einteilung fallen gelassen werden. Es ist festgestellt, dass es solche Samen, deren Keimung nach den bisherigen Ergebnissen nur durch Säuren gefördert wird, die also

einen "Säuretypus" darstellen, überhaupt nicht gibt. Alle hier untersuchten Samen werden durch N-Verbindungen in der Keimung gefördert. Neben dieser Förderung durch N-Verbindungen, zu denen wir natürlich auch die Salpetersäure stellen müssen, können wir in einer verhältnismässig kleinen Anzahl von Fällen auch eine Förderung durch N-freie Säuren beobachten. Wenn wir daher die lichtempfindlichen Samen nach ihrem Verhalten gegenüber chemischen Stoffen einteilen wollen, so müssen wir das in folgender Weise tun: Sämtliche Samen gehören dem "N-Typus" an; denn sämtliche Samen werden durch N-Verbindungen in der Keimung gefördert. Unter diesen Samen weist eine kleine Gruppe noch die Fähigkeit auf, auch auf den N-freien Säuren in der Keimung begünstigt zu werden. Zu der ersten Gruppe von Samen, die wir als "obligaten N-Typus" bezeichnen können, d.h. die nur durch N-Verbindungen, dagegen nicht durch N-freie Säuren in der Keimung gefördert werden, gehören nach unseren bisherigen Kenntnissen: *Ranunculus sceleratus*, *Oenothera biennis*, *Chloris ciliata*, *Hypericum perforatum*, *Geum urbanum*, *Gloxinia hybrida*, *Veronica longifolia*, *V. maritima*, *V. latifolia*, *Epilobium hirsutum*, *E. roseum*, *E. montanum*, *E. angustifolium*. Zu dem zweiten Typus, dem "fakultativen N-Typus" würden wir dann die Samen rechnen, die ausser durch N-Verbindungen auch durch N-freie Säuren in der Keimung gefördert werden; hierher gehören nach den obigen Ergebnissen: *Lythrum Salicaria*, *Verbascum Thapsus* *V. thapsiforme*, *Hypericum hirsutum*. Die Tatsache jedoch, dass auch bei diesen Samen die Förderung durch N-Verbindungen, insbesondere auch durch Salpetersäure, eine kräftigere ist als diejenige durch andere Säuren, deutet darauf hin, dass also die Einteilung in obligaten u. fakultativen N-Typus vielleicht Gegensätze konstruiert, die in Wirklichkeit nicht in diesem Masse vorhanden sind. Auf jeden Fall stellen die obigen Ergebnisse endgiltig fest, dass von der überragenden keimungsauslösenden Säurewirkung, wie sie aus den Arbeiten LEHMANN-OTTENWÄLDERS hervorzugehen schien, unmöglich die Rede sein kann. Es ist selbstverständlich, dass mit dieser Feststellung auch die von LEHMANN-OTTENWÄLDER aufgestellten Theorien der Lichtkeimung ohne weiteres mit ins Schwanken geraten.

D. DIE NACHWIRKUNG VORÜBERGEHEND EINWIRKENDER CHEMISCHER STOFFE AUF DIE KEIMUNG LICHTEMPFLINDLICHER SAMEN.

In allen bisherigen Versuchen ist die Wirkung der verschiedenen chemischen Stoffe in der Weise geprüft, dass die Samen auf das betreffende Substrat zur Keimung ausgelegt und hier dauernd gehalten wurden. Im Gegensatz dazu ist in den folgenden Versuchsreihen die Einwirkung der chemischen Stoffe auf eine kurze Zeit beschränkt worden, sodass die Samen nach dieser chemischen Vorbehandlung und einer darauf folgenden gründlichen Abspülung auf destilliertem Wasser auf ihr Keimverhalten geprüft wurden. Eine solche Versuchsanstellung bot zweierlei Vorteile; sie bot erstens die Möglichkeit, stärkere Lösungen anzuwenden, ohne mit Schädigungserscheinungen an den Keimlingen rechnen zu müssen; sie bot darüber hinaus die Möglichkeit, der Frage näher zu treten, ob diese chemischen Stoffe die Keimung auf dem Umweg einer Beeinflussung des Samen-Innern oder aber der äusseren Samenschale bewirkten.

Die vorübergehende Einwirkung chemischer Stoffe liess bei den Parallelversuchen zwischen Lichtwirkung und Ersatz der Lichtwirkung durch chemische Stoffe von vornherein ein positives Ergebnis erwarten; denn wir wissen aus den Untersuchungen GASSNERS (6, p. 59), OTTENWÄLDERS (22, p. 30) und LEHMANNs (18, p. 157), dass das Licht nur eine recht kurze Zeit einzuwirken braucht, um bereits Keimungen auszulösen. Eine Nachwirkung des Lichts war also in allen Fällen festzustellen. Es kann daher nicht wunder nehmen, dass sich OTTENWÄLDER neben der Frage nach der Nachwirkung des Lichts auch der Frage nach der Nachwirkung von Säuren wandte. "Es wurden Samen von *Epilobium hirsutum* das eine mal 24 Stunden, das andere mal 48 Stunden auf saurem Substrat (0,1 mol. HCl) im Dunkeln belassen, sodann sorgfältig mit dest. Wasser von 25° abgewaschen, bis keine Reaktion mittels Lackmuspapier festzustellen war und sodann auf destilliertes Wasser ins Dunkle gebracht" (OTTENWÄLDER 22, p. 51). - Die Versuche zeigten, dass "eine Einwirkung der Säure von 24 Stunden noch nicht genügt, um die volle Wirkung auszuüben.

Erst eine Wirkungsdauer von 48 Stunden beeinflusst die Samen so, dass sie nach dem Umlegen auf destilliertes Wasser ebenso stark keimen, als ob sie sich dauernd auf Säure befunden hätten". - Mit dieser Feststellung der Nachwirkung der Salzsäure hat sich OTTENWÄLDER begnügt; weitere Versuche in dieser Richtung sind von ihm nicht angestellt. In anderer Weise hat dann VAN DEN BOS (2) die Nachwirkung chemischer Substanzen auf die lichtgehemmten Samen von *Amarantus caudatus* untersucht. VAN DEN BOS legte die genannten Samen längere Zeit (bis mehrere Tage) in stärkere molare Lösungen von KCN , HNO_3 und KNO_3 , wusch sie mit Wasser ab, um sie dann auf destilliertem Wasser im Licht ins Keimbett zu bringen. Es gelang ihm, mit den erwähnten Stoffen den hemmenden Einfluss des Lichts auf die Samenkeimung aufzuheben und festzustellen, dass jene Substanzen eine Nachwirkung in Gestalt einer Keimungsförderung in Erscheinung treten liessen.

Was die eigenen Versuche von denen OTTENWÄLDERS und VAN DEN BOS unterscheidet, ist vor allen Dingen die Kürze der Zeit, während welcher im allgemeinen die zu untersuchenden chemischen Substanzen zur Einwirkung auf die Samen gelangten. Bei den Säuren und Nitraten kamen Zeiten von 20 Minuten zur Anwendung. Die Samen wurden während dieser Zeit in den betreffenden Lösungen gelassen, dann verschieden lang gewässert. Auf Lackmuspapier war nach der Wasserung eine Säure-Anwesenheit nicht mehr festzustellen. Nach der Wasserung wurden die Samen in der üblichen Weise auf säurefreiem, mit destill. Wasser getränktem Fliesspapier in Petrischalen ausgelegt. In den Vorversuchen war die Lichtwirkung während der Säure-Einwirkung und der Wasserung nicht ausgeschlossen worden, sodass ein Teil der beobachteten ausserordentlichen Keimförderungen tatsächlich auf die bei der Vorbehandlung erfolgte Belichtung zurückzuführen war; allerdings ergaben Parallelversuche in Dunkelheit, dass ausserdem unzweifelhaft eine bedeutende keimbeschleunigende Wirkung zu erzielen sein musste. Einwandfreie Versuchsergebnisse sind natürlich nur zu erzielen, wenn die ganzen Versuche, sowohl Vorbehandlung wie Wasserung, wie auch die Keimung selbst in vollständiger Dunkelheit durchgeführt werden; im folgenden sind deshalb ausnahmslos nur derartige Versuche als allein beweiskräftig wiedergegeben worden.

Die Versuche sind mit Samen von *Verbascum thapsiforme* ausgeführt, da bei dieser Samenart der Keimungsverlauf ein verhältnismässig schneller ist, da die Samen von *Verbascum thapsiforme* durch alle drei Säuren gefördert werden und die Vorversuche die Eignung dieser Samenart für derartige Untersuchungen gezeigt hatten. Das Samenmaterial war im botanischen Garten zu Braunschweig geerntet.

I. DIE NACHWIRKUNG ANORGANISCHER SÄUREN.

Tabelle 28.

Verbascum thapsiforme, geerntet am 17. X. 22. Versuchsbedingungen: Dunkel. Schwankende Temperatur von 15 - 20°. Samen nach Behandlung mit H_2SO_4 (0,5 mol.) und nach Wasserung auf Fliesspapier mit destill. Wasser ausgelegt. Beginn 23 XII. 22.

Vorbehandlung der Samen	Keimprozentage nach Tagen				Keimprozentage im Durchschnitt
	5	7	9	12	
Nicht vorbehandelt (Kontrolle)	5	10	18	23	23
	6	13	19	23	
20 Min. in H_2SO_4 (0,5 mol.), 3 St. gewässert	6	16	29	31	29
	9	17	26	27	

Tabelle 29.

Verbascum thapsiforme, geerntet am 17. X. 22. Versuchsbedingungen: Dunkel. Schwankende Temperatur von 14 - 21°. Samen nach Behandlung mit 1 mol. HCl und nach Wässerung auf Fliesspapier mit dest. Wasser ausgelegt. Beginn: 11. I. 23.

Vorbehandlung der Samen	Keimprozent nach Tagen				Keimprozent im Durchschn.
	5	8	10	13	
3 Stunden gewässert (Kontrolle)	6	14	20	25	24
	5	11	18	23	
20 Min. in 1 mol. HCl, 3 Stunden gewässert	7	19	27	31	32
	7	21	31	33	

Tabelle 30.

Verbascum thapsiforme, geerntet am 17. X. 22. Versuchsbedingungen: Dunkel. Schwankende Temperatur von 14 - 21°. Samen nach Behandlung mit 1 mol. HNO₃ und nach Wässerung auf Fliesspapier mit dest. Wasser ausgelegt. Beginn: 11. I. 23.

Vorbehandlung der Samen	Keimprozent nach Tagen				Keimprozent im Durchschn.
	5	8	10	13	
3 Stunden gewässert (Kontrolle)	5	15	19	25	23,5
	7	9	17	22	
20 Min. in 1 mol. HNO ₃ , 3 Stunden gewässert	8	41	58	63	66
	11	41	65	69	

Wie die Tabellen zeigen, lassen H₂SO₄ (0,5 mol.), HCl (1 mol.) und HNO₃ (1 mol.) eine Nachwirkung in Gestalt einer keimungsauslösenden Wirkung erkennen. Die minimale Einwirkungsdauer beträgt 20 Minuten. Innerhalb gewisser Grenzen ist dann mit zunehmender Dauer der Einwirkung eine Erhöhung der Keimprozent festzustellen; selbstverständlich ist von vornherein anzunehmen, dass eine zu lange Einwirkungsdauer die Keimungen schädigt, sodass z.B. tötet eine Einwirkungszeit von 1 mol. HNO₃ während 24 Stunden die Samen vollständig ab. Im übrigen sei auch hier wieder betont, dass die im obigen mitgeteilten Werte echte Keimungen enthalten, sodass also eine vorübergehende, kurze aber starke Säurewirkung keine Keimschädigung bedingt. Ein Vergleich der obigen Versuche ergibt eine Steigerung der Keimprozent durch HCl, H₂SO₄ und HNO₃. Jedoch zeigt sich auch hier wieder der überragende Einfluss der Salpetersäure; insoweit stimmen die Ergebnisse mit den früher erwähnten Versuchen, in denen die angeführten Säuren als Keimmedien verwendet wurden, überein. Auffallend ist eine gewisse Keimbeschleunigung in diesen Versuche gegenüber denen des ersten Abschnitts, wie Tabelle 31, Seite 163, zeigt.

Tabelle 31.

Verbascum thapsiforme, geerntet am 5. IX. 22. Versuchsbedingungen: Dunkel. Schwankende Temperatur von 13 - 19°. Samen auf 0,01 mol. HNO₃ ausgelegt und nach Vorbehandlung mit HNO₃ (1 mol.) und nach Wässerung auf destilliertem Wasser zur Keimung gebracht. Beginn 29. X. 22.

Vorbeh. d. Samen	Keimmedium	Keimprozentage nach Tagen					Keimprozentage i. Durchschn.
		4	6	8	10	12	
-	Dest. Wasser	2 1	14 13	18 19	23 22	26 22	24
-	HNO ₃ 0,01 mol.	1 1	13 15	39 42	65 67	71 75	73
3 St. gewässert (Kontrolle)	Dest. Wasser	9 7	16 15	24 26	28 33	30 38	34
20 Min. in HNO ₃ (1 mol.), 3 St. gew.	"	10 13	34 28	63 58	69 64	70 66	68

Tabelle 32.

Verbascum thapsiforme, geerntet am 5. IX. 22. - Versuchsbedingungen: Dunkel. Schwankende Temperatur von 13 - 19°. Samen nach Behandlung mit 1 mol. KNO₃ und nach Wässerung auf Fließpapier mit destill. Wasser ausgelegt. Beginn: 29. X. 22.

Vorbehandlung der Samen	Keimprozentage nach Tagen				Keimprozentage i. Durchschn.
	4	7	10	13	
1/2 Stunde gewässert (Kontr.)	1 1	9 13	16 21	21 24	22,5
20 Mi. in 1 mol. KNO ₃ , 1/2 Stunde gewässert	8 6	31 29	60 57	69 60	64,5

Die Versuchsanstellung der mit KNO₃ durchgeführten Untersuchungen war die gleiche wie in den Nachwirkungsversuchen mit Säuren. Die in Tabelle 32 niedergelegten Versuchsergebnisse zeigen, dass zu den Stoffen, die eine Nachwirkung in Erscheinung treten lassen, ausser den anorganischen Säuren auch das Kaliumnitrat zu rechnen ist.

III. WEITERE VERSUCHE ÜBER DIE NACHWIRKUNG KEIMUNGS-AUSLÖSENDE STOFFE (RITZUNGSVERSUCHE).

Die im vorstehenden mitgeteilten Versuche haben vor allen Dingen für die Säuren eine starke Nachwirkung dieser Stoffe für den Keimungsverlauf ergeben. Sie stehen in Widerspruch zu den negativen Ergebnissen OTTENWÄLDERS, der bei *Epilobium hirsutum* auch bei 24-stündiger Einwirkung von 0,1 mol. HCl keine Förderung

beobachten konnte. Dies negative Ergebnis dürfte auf die Verwendung ungeeigneten Samenmaterials zurückzuführen sein, da nach den Ergebnissen des vorigen Abschnitts *Eptlobium*-Samen durch HCl überhaupt nicht gefördert werden. Wenn OTTENWÄLDER endlich bei 48-stündiger Einwirkung eine Nachwirkung zu konstatieren glaubte, so dürften hier unzweifelhaft Verwechslungen mit falschen Keimungen vorgelegen haben; auf keinen Fall können die Versuche OTTENWÄLDERs als Beweis für das Vorhandensein einer Nachwirkung angesprochen werden.

Im übrigen sei nochmals darauf hingewiesen, dass es sich bei meinen eigenen Untersuchungen um die Nachwirkung ausserordentlich kurzer Einwirkungszeiten handelt, sodass ein direkter Vergleich mit den Ergebnissen OTTENWÄLDERs, die ausserdem offensichtlich zu korrigieren sind, schon aus diesem Grunde nicht möglich ist. Die geringe Zeitdauer der Säurewirkung erscheint nun aber für das Problem der Lichtkeimung von besonderem Interesse. LEHMANN und OTTENWÄLDER vertreten die Anschauung, dass die von ihnen benutzten Enzyme und Säuren das Innere der Samen beeinflussen und so keimungsauslösend wirken. Bei einer Anwendung von Säuren in 1 mol. Konzentration ist eine Wirkung auf das Innere ohne Abtötung der Samen von vornherein unwahrscheinlich. Es ist anzunehmen, dass bei einem Eindringen derartig starker Säuren sofort ein Absterben der Samen erfolgen müsste. Dass dies in der Tat der Fall ist, zeigen die folgenden Versuche mit geritzten Samen, bei denen die Schale in vorsichtiger Weise mit einer spitzen Nadel geritzt wurde, worauf die Samen den gleich starken molaren Lösungen vorübergehend ausgesetzt wurden.

=====
Tabelle 33.

Verbascum thapsiforme, geerntet 17. X. 22. - Versuchsbedingungen: Dunkel, Schwankende Temperatur von 15 - 20°. Samen geritzt und ungeritzt; nach Behandlung mit 0,5 mol. H₂SO₄ und nach Wässerung auf Fliesspapier mit dest. Wasser ausgelegt.
Beginn 22. I. 23.

Samen	Vorbehandlung d. Samen	Keimprozentage nach Tag.				Keimprozentage i. Durchschn.
		5	8	10	14	
Samen geritzt	3 St. gewässert (Kontr.)	4	10	16	24	22
		6	13	18	20	
"	20 Min. in H ₂ SO ₄ (0,5 mol.), 3 St. gewässert	0	0	0	0	0
		0	0	0	0	
Samen nicht geritzt	3 St. gewässert (Kontr.)	5	12	17	23	24,5
		5	13	17	26	
"	20 Min. in H ₂ SO ₄ (0,5 mol.), 3 St. gewässert	7	15	30	33	32
		8	16	29	31	

Tabelle 34.

Verbascum thapsiforme. - Genau wie Tabelle 33, doch Samen mit 1 mol. HCl behand.

Samen geritzt	3 St. gewässert (Kontr.)	5	11	18	25	24
		4	11	17	23	
"	20 Min. in HCl (1 mol.) 3 Stund. gewässert	0	0	0	0	0
		0	0	0	0	

Tabelle 34 cont.

Samen	Vorbehandlung d. Samen	Keimprozentage nach Tag.				Keimprozentage im Durchschn.
		5	8	10	14	
Samen nicht geritzt	3 St. gewässert (Kontr.)	5	13	17	21	22,5
		6	12	19	24	
"	20 Min. in HCl (1 mol.) 3 Stund. gewässert	7	17	31	35	33,5
		9	15	30	32	

Tabelle 35.

Verbascum thapsiforme. - Genau wie Tabelle 33, doch Samen mit 1 mol. HNO₃ beh.

Samen geritzt	3 St. gewässert (Kontr.)	5	13	17	23	22,5
		5	12	17	22	
"	20 Min. in HNO ₃ (1 mol.) 3 Stund. gewässert	0	0	0	0	0
		0	0	0	0	
Samen nicht geritzt	3 St. gewässert (Kontr.)	5	10	17	23	23
		6	13	18	23	
"	20 Min. in HNO ₃ (1 mol.) 3 Stund. gewässert	8	42	67	69	67,5
		10	37	63	66	

Tabelle 36.

Verbascum thapsiforme, geerntet am 5. IX. 22. Versuchsbedingungen: Dunkel. Schwankende Temperatur von 14 - 19°. Die geritzten Samen nach Behandlung mit 1 mol. KNO₃ und nach Wässerung auf Fließpapier mit dest. Wasser ausgelegt. 50 Körn je Schale. Beginn: 29. IX. 22.

1/2 St. gewässert (Kontrolle)	2	5	7	9	20
	3	5	9	11	
20 Min. in KNO ₃ (1 mol.), 1/2 St. gewässert	0	1	2	3	2,5
	0	1	2	2	

Die vorstehenden Tabellen ergeben einen ausserordentlichen, im allgemeinen bis zur völligen Abtötung führenden Einfluss der bei intakten Samen keimungsauslösend wirkenden Säuren und Nitrate. Dass die schädigende Wirkung nicht auf die Verletzung der Samenschale zurückzuführen ist, geht aus den gleichzeitig angesetzten Versuchen hervor, in denen geritzte Samen ohne Vorbehandlung auf destilliertem Wasser ausgelegt sind. Diese geritzten Samen erzielen ungefähr die gleichen Keimprozentage wie die nicht geritzten auf dest. Wasser befindlichen Samen.

Was die geringen bei Vorbehandlung der geritzten Samen mit Kaliumnitrat beobachteten Keimungen anbetrifft, so zeigen auch diese eine weitgehende schädliche Beeinflussung der Keimlinge, die häufig zu einer unförmlichen Masse geballt aus der Samenschale herausgequollen waren. Bedenken wir weiter, dass die meisten bei kurzer Behandlung intakter Samen keimungsauslösend wirkenden Stoffe bei Verwendung geritzter Samen überhaupt keine Keimung mehr ergeben, so kann es keinen Zweifel unterliegen, dass die Einwirkung der starken Säuren und Nitrate unmög-

lich in einer direkten Beeinflussung des innern Korns bestehen kann; es bleibt allenfalls die Möglichkeit bestehen, dass geringe Säuremengen in dem der Vorbehandlung folgenden Wässerungsprozess zurückbleiben und dann später keimungsauslösend wirken. Aber auch diese Möglichkeit ist eine ausserordentlich geringe, da einmal Säuren nach dem Waschen nicht nachgewiesen werden können und die bei der Kleinheit der *Verbascum*-Samen sehr dünne Samenschale ein Festhalten der Säuren in einem mehrstündigen Wässerungsprozesse höchst unwahrscheinlich erscheinen lässt. In dem gleichen Sinne sprechen auch hier nicht im einzelnen mitgeteilte Versuche, in denen die Säurewirkung durch Anwendung entsprechend starker Laugen aufgehoben wurde.

So sprechen diese Versuche mit kurzer Säurewirkung in ausserordentlichem Masse gegen die von LEHMANN-OTTENWÄLDER aufgestellt Hypothese eines Keimungsauslösung auf dem Umweg einer Beeinflussung des innern Korns. Vielmehr lassen sich die Ergebnisse ungezwungen nur auf dem von GASSNER eingeschlagenen Wege deuten, der von ganz anderen Gesichtspunkten ausgehend die Annahme einer Keimungsauslösung auf dem Umweg einer Beeinflussung der Samenschale forderte. Es ist nun von ganz besonderer Wichtigkeit, dass auch die folgenden Versuche, in denen Stoffe keimungsauslösend wirkten, die bisher als solche nicht bekannt waren, kaum anders sich deuten lassen als auf dem von GASSNER betretenen Wege.

IV. VERSUCHE MIT ÄTHYLALKOHOL.

Es musste von besonderer Wichtigkeit erscheinen, keimungsauslösende Versuche mit Stoffen zu unternehmen, die wasserfrei sind. Als solcher Stoff wurde der Äthylalkohol gewählt. Die Samen von *Verbascum thapsiforme* wurden verschieden lange in wasserfreien Lösungen dieses Stoffes gehalten; der Alkohol wurde durch Ausbreiten der Samen an der Luft durch Verdunstung entfernt. Die Versuchsanstellung unterscheidet sich also prinzipiell in nichts von den oben erwähnten Versuchen, in denen die Samen mit Säuren und Nitraten vorbehandelt waren. Nach der Vorbehandlung mit Alkohol wurden die Samen in bekannter Weise auf destilliertem Wasser zur Keimung gebracht; selbstverständlich wurden auch diese Versuche, sowohl was die Einwirkung des Alkohols und die Entfernung desselben, sowie das Auslegen ins Keimbett und den Keimungsverlauf selbst anbetrifft, in Dunkelheit durchgeführt und die Ablesung der Keimprozente bei rotem Licht vorgenommen. Die Ergebnisse sind in Tabelle 37 zusammengestellt.

=====

Tabelle 37.

Verbascum thapsiforme, geerntet am 17. X. 22. - Versuchsbedingungen: Dunkel. Schwankende Temperatur von 15 - 20°. Samen nach Behandlung mit Äthylalkohol und nach Trocknung auf dest. Wasser ausgelegt. Beginn: 23. XII. 22.

Vorbehandlung der Samen	Keimprozente nach Tagen			Keimprozente im Durchschnitt
	5	9	12	
Nicht vorbehandelt (Kontr.)	5 4	19 20	20 23	21,5
1 Tag in Alk. absol.	12 17	55 63	59 66	62,5
6 Stund. in Alk. absol.	9 7	37 36	44 39	41,5

=====

Die Versuche ergeben eine deutliche keimungsauslösende Wirkung der mit Alkohol vorbehandelten Samen.

Auch hier drängt sich die Frage auf, wirkt der Äthylalkohol durch Beeinflussung des Sameninnern oder aber durch Beeinflussung der Samenschale. Die Frage lässt sich auf zweierlei Weise beantworten, indem das Eindringen des Alkohols in das Sameninnere entweder durch einen Zusatz von Wasser oder durch Ritzen der Samenschale in die Wege geleitet wird. Wir wissen seit langem, dass wasserfreier Alkohol für Samen und Sporen niederer Organismen unschädlich ist, während wasserhaltiger Alkohol dieselben in kurzer Zeit abtötet. RIPPEL (24, p. 477) hat mit Recht darauf hingewiesen, dass die hohe Widerstandsfähigkeit gegen absoluten Alkohol nicht auf eine spezifische Widerstandsfähigkeit des Protoplasten gegen diesen absoluten Alkohol zurückzuführen ist, sondern darauf beruht, dass wasserfreier Alkohol in viele Samen und Sporen nicht einzudringen vermag. Erst ein gewisser Wasserzusatz ermöglicht durch Veränderung der äusseren Samenschichten ein Eindringen und damit eine Schädigungswirkung der Alkohole.

In der folgenden Tabelle sind Versuche mit *Verbascum*-Samen wiedergegeben, die mit absolutem und 70-prozentigem Alkohol vorbehandelt sind. Sie zeigen eindeutig, dass die Unschädlichkeit der Alkohole nur solange für die Samen von *Verbascum thapsiforme* vorliegt, als die Alkohole wasserfrei sind; sie lassen es in Übereinstimmung mit den Feststellungen RIPPELS so gut wie sicher erscheinen, dass die in obigen Versuchen angewandte Behandlung mit wasserfreiem Alkohol eine derartige war, die ein Eindringen in das Innere des Kornes ausschloss.

Tabelle 38.

Verbascum thapsiforme, geerntet am 17. X. 22. - Versuchsbedingungen: Dunkel. Schwankende Temperatur von 15 - 20°. Samen nach Behandlung mit wasserfreiem und 70% Äthylalkohol und nach Trocknung auf destill. Wasser ausgelegt. Beginn 23.XII.

Vorbehandlung der Samen	Keimprozentage i. Tag.				Keimprozentage im Durchschnitt
	5	7	9	11	
Nicht vorbehandelt (Kontr.)	4	12	17	19	21
	4	14	21	23	
Alkohol absolut. 1 Tag, getrocknet	15	44	57	61	64
	19	49	64	67	
Alkohol, 70%. 1 Tag, getrocknet	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	

In Übereinstimmung mit diesen Versuchen stehen nun auch die Ritzungsversuche, in denen vorsichtig geritzte Samen, deren Keimfähigkeit durch das Ritzen, wie Parallelversuche zeigten, in keiner Weise beeinträchtigt ist, mit wasserfreiem Alkohol behandelt wurden. Auch diese Versuche mit geritzten Samen ergeben ein Abtöten der geritzten Samen durch Äthylalkohol.

Wir können daher feststellen, dass der Äthylalkohol, soweit man ihm durch Wasserzusatz oder aber durch Ritzen der Samenschale den Eintritt in das Innere der Samen ermöglicht, die Samen abtötet. Der Äthylalkohol hat nun die merkwürdige Fähigkeit, bei vorübergehender verschieden langer Einwirkung auf intakte Samen von *Verbascum thapsiforme* diese so zu verändern, dass sie in Dunkelheit zu erhöhten Prozentsätzen auskeimen. Diese Wirkung lässt sich im Hinblick auf die Schädlichkeit des Alkohols für das Sameninnere nur auf dem Umweg einer Beeinflussung der Samenschale deuten.

Da bereits nach einer Einwirkung von 6 Stunden (Tabelle 37) der Äthylalkohol

erhöhte Keimprocente lieferte, so wurde in Tabelle 40 die Einwirkungszeit zur Auslösung höherer Keimprocente näher untersucht. Schon eine 3-stündige Vorbehandlung war von einer gewissen Wirkung, während eine 2-stündige Vorbehandlung ergebnislos blieb.

Tabelle 39.

Verbascum thapsiforme, geerntet am 17. X. 22. Versuchsbed.: Dunkel. Schwankende Temperatur von 14 - 21°. Die geritzten Samen nach Behandlung mit wasserfreiem Äthylalkohol und nach Trocknung auf dest. Wasser ausgelegt. 50 Korn je Schale. Beginn 11. I. 23.

Vorbehandlung der Samen	Keimprocente nach Tagen			Keimprocente im Durchschnitt
	5	8	11	
Nicht vorbehandelt (Kontr.)	3	8	10	9,5
	3	7	9	
Äthylalkohol 1 Tag, getrocknet	0	0	0	0
	0	0	0	

Tabelle 40.

Verbascum thapsiforme, geerntet am 17. X. 22. - Versuchsbedingungen: Dunkel. Schwankende Temperatur von 15 - 22°. Samen nach Behandlung mit Alk. absol. und nach Trocknung auf destill. Wasser ausgelegt. Beginn: 6. II. 23.

Vorbehandlung der Samen	Keimprocente nach Tagen			Keimprocente im Durchschnitt
	5	8	12	
Nicht vorbehandelt (Kontr.)	6	14	19	20
	5	16	21	
Alkohol absol. 1 Stunde	5	13	18	20
	5	17	22	
" " 2 "	6	18	26	23
	7	13	20	
" " 3 "	7	29	38	34
	7	26	30	
" " 4 "	7	30	38	38,5
	6	31	39	
" " 5 "	8	29	36	39,5
	7	36	43	
" " 6 "	10	39	47	44
	9	36	41	

E. ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK.

I. Unsere bisherigen Kenntnisse über den Ersatz der Lichtwirkung auf lichtempfindliche Samen durch Anwendung chemischer Stoffe sind in folgender Weise abzuändern und zu erweitern: Die von LEHMANN-OTTENWÄLDER gefundene Säurewirkung besteht nicht in dem von diesen Autoren angegebenen Umfange, da falsche Keimungen nicht berücksichtigt sind. Gerade die nach LEHMANN-OTTENWÄLDER durch Säure in der Keimung geförderten *Epilobium*-Samen sind in Wirklichkeit keine Säurekeimer, weisen dagegen eine ausserordentliche Keimbeschleunigung durch N-Verbindungen auf. Auch weitere Angaben LEHMANN-OTTENWÄLDERS bedürfen einer wesentlichen Korrektur. Da diese älteren Befunde LEHMANN-OTTENWÄLDERS GASSNER veranlasst hatten, neben dem von ihm gefundenen N-Typus einen Säuretypus zu unterscheiden, so ist auch diese Unterscheidung hiermit hinfällig.

Vielmehr haben wir folgende zwei Gruppen auseinander zu halten: Die erste Gruppe, der N-Typus GASSNERS, im obigen als obligater N-Typus bezeichnet, umfasst diejenigen Samen, die nur durch N-Verbindungen in der Keimung im Dunkeln gefördert werden. Es sind hierher zu rechnen: *Ranunculus sceleratus*, *Oenothera biennis*, *Chloris ciliata*, *Geum urbanum*, *Hypericum perforatum*, *Veronica longifolia*, *V. maritima*, *V. latifolia*, *Epilobium hirsutum*, *E. roseum*, *E. montanum*, *E. angustifolium*. - Die zweite Gruppe, der fakultative N-Typus, umfasst diejenigen Samen, die sowohl durch N-Verbindungen als auch durch die stickstofffreie Salzsäure und Schwefelsäure eine Förderung erfahren; es gehören hierher: *Lythrum Salicaria*, *Verbascum Thapsus*, *V. thapsiforme*, *Hypericum hirsutum*. Alle Samen gehören also dem N-Typus an; Samen, die ausnahmslos nur durch Säurewirkung in der Keimung gefördert werden, wie sich aus den Angaben LEHMANN-OTTENWÄLDERS schliessen liesse, gibt es nicht; vielmehr ist die Bedeutung der Säurewirkung unzweifelhaft überschätzt worden.

II. Mit der Feststellung, dass die Säurewirkung bei der Keimung lichtempfindlicher Samen eine untergeordnete Rolle spielt, verlieren die das allgemeine Problem der Lichtkeimung berührenden Ausführungen LEHMANN-OTTENWÄLDERS ausserordentlich an Wert. Diesen Ausführungen liegt der Gedanke zugrunde, dass die Säuren durch Beeinflussung des Sameninnern die Mobilisierung der Reservestoffe beschleunigen, also als Katalysatoren wirken, und dass das Licht in ähnlicher Weise katalytisch die Keimung lichtempfindlicher Samen beeinflusst.

III. Die weiteren Untersuchungen hatten den Zweck, durch Abänderung der Versuchsanstellung die Frage zu klären, ob die Wirkung keimungsauslösender Stoffe in einer Beeinflussung des Sameninnern im Sinne LEHMANN-OTTENWÄLDERS oder aber in einer Beeinflussung der äusseren Samenschichten im Sinne GASSNERS zu suchen ist. Die Versuchsanführung bestand darin, dass die Samen von *Verbascum thapsiforme* kurze Zeit (20 Minuten) mit keimungsauslösenden Stoffen behandelt wurden, die im Hinblick auf die gewählten Konzentrationen beim Eindringen in das Innere des Kornes schädlich wirken mussten, was gleichzeitige Ritzungsversuche bestätigten. Bei intakten Samen wurde bei entsprechender kurzer Behandlung durch starke Säuren und Nitrate eine wesentliche Keimungsauslösung erzielt.

IV. Von besonderer Wichtigkeit erscheinen die weiteren Versuche mit Äthylalkohol, der bei intakten Samen von *Verbascum thapsiforme* und im wasserfreien Zustande bei vorübergehender Anwendung völlige Unschädlichkeit und gleichzeitig dabei eine ausserordentliche keimungsauslösende Wirkung ergab.

V. Sämtliche Versuche mit vorübergehender Einwirkung keimungsauslösender Stoffe, zu denen, wie nunmehr festgestellt ist, auch der Äthylalkohol gehört, stimmen darin überein, dass diese vorübergehende Einwirkung nur verständlich ist, wenn wir die Annahme machen, dass die Stoffe nicht in das Innere der Samen eindringen. Es gilt dies in gleicher Weise für Säuren, wie Nitrate, wie Äthylalkohol. Das Problem der Lichtkeimung erfordert daher zu seiner Lösung in erster Linie nicht die Berücksichtigung der Einwirkung keimungsauslösender Stoffe auf das Innere des Kornes im Sinne LEHMANN-OTTENWÄLDERS, sondern eine Berücksichtigung bestimmter Vorgänge an der Oberfläche des Kornes, also der Samenschale im Sinne GASSNERS. Der Keimungsverlauf lichtkeimender Samen scheint sich in der Tat in der Weise zu voll-

ziehen, wie GASSNER es in seinen älteren Versuchen an *Chloris ciliata* gefordert hatte. Der eigentliche Keimungsverlauf der Samen (auch die Mobilisierung der Reservestoffe) erfolgt unabhängig vom Licht; in den äusseren Samenschichten bildet sich unter bestimmten Bedingungen ein Hemmungsprinzip aus, das entweder durch Licht oder durch Anwendung bestimmter chemischer Stoffe verhindert wird. Als solche Stoffe kennen wir jetzt in erster Linie N-Verbindungen, in zweiter Linie Säuren und Äthylalkohol. Wie wir uns diese Entstehung des Hemmungsprinzips, insbesondere die eigenartige Tatsache, dass verschiedenartige Stoffe, wie N-Verbindungen, Säuren und Äthylalkohol neben der physikalisch-chemischen Lichtwirkung seine Entstehung verhindern können, zu erklären haben, wissen wir heute noch nicht. Selbstverständlich kann die Lichtwirkung hierbei eine katalytische sein, aber sie wäre es immer nur auf die äusseren Samenschichten und nicht auf das Innere des Kornes, wie LEHMANN-OTTENWÄLDER es gefordert haben. Auf jeden Fall stellt die Beeinflussung der Samenkeimung auf dem Umwege einer Beeinflussung toter Aussen-schichten der Samen einen physiologisch bisher vereinzelt dastehenden Fall dar.

Die vorstehenden Untersuchungen wurden im Botanischen Institut der Technischen Hochschule zu Braunschweig ausgeführt. Herrn Prof. Dr. GASSNER, der mich zu der Arbeit anregte, bin ich für die Anleitung und ständige Anteilnahme bei der Ausführung der Arbeit zu grossem Dank verpflichtet.

SCHRIFTENVERZEICHNIS.

- (1) BECKER, Über die Keimung verschiedener Früchte und Samen bei derselben Spezies. Diss. Münster 1912. - (2) BOS, VAN DEN, Action stimulante des sels azotés sur la germination de l'Amarantus caudatus. Rec. trav. bot. Néerland. XVII (1920) p. 69. - (3) CROCKER, Role of seed coats in delayed germination, Bot. Gaz. 1906, p. 265. - (4) CROCKER and DAVIS, Delayed germination in seed of Alisma Plantago, Bot. Gaz. 1914, p. 285. - (5) FISCHER, Wasserstoff- und Hydroxylionen als Keimungsreize, in Ber. D. bot. Ges. XXV (1907) p. 108. - (6) GASSNER, Untersuchungen über die Wirkung des Lichts und des Temperaturwechsels auf die Keimung von *Chloris ciliata*, in Jahrb. Hamb. Wiss. Anst. XXIX (1911) p. 1. - (7) GASSNER, Altes und Neues zur Frage des Zusammenwirkens von Licht und Temperatur bei der Keimung lichtempfindlicher Samen. Ber. D. Bot. Ges. XXXIII (1915) p. 203. - (8) GASSNER, Über die keimungsauslösende Wirkung der Stickstoffsalze auf lichtempfindliche Samen, in Pringsh. Jahrb. LV (1915) p. 259. - (9) GASSNER, Einige neue Fälle von keimungsauslösender Wirkung der Stickstoffverbindungen auf lichtempfindliche Samen, in Ber. D. bot. Ges. XXXIII (1915) p. 218. - (10) GASSNER, Beiträge zur Frage der Lichtkeimung, in Zeitschr. f. Bot. 1915, p. 609. - (11) KINZEL, Frost und Licht als beeinflussende Kräfte bei der Samenkeimung. Stuttgart 1913. - (12) KINZEL, Frost und Licht als beeinflussende Kräfte bei der Samenkeimung, in Naturw. Zeitschr. f. Land- und Forstwissensch. XIII (1915) p. 433. - (13) KUHN, Dunkelkeimer und Substrat, in Ber. D. bot. Ges. XXXIV (1916) p. 369. - (14) LEHMANN, Zur Keimungsphysiologie und -Biologie von *Ramunculus sceleratus* und einigen andern Samen, in Ber. D. bot. Ges. XXVII (1909) p. 476. - (15) LEHMANN, Temperatur und Temperaturwechsel in ihrer Wirkung auf die Keimung lichtempfindlicher Samen, in Ber. D. bot. Ges. XXIX (1911) p. 577. - (16) LEHMANN, Über die Beeinflussung der Keimung lichtempfindlicher Samen durch die Temperatur, in Zeit. f. Bot. IV (1912) p. 465. - (17) LEHMANN, Lichtkeimungsfrage, in Zeitschr. f. Bot. 1915, p. 560. - (18) LEHMANN, Über die minimale Belichtungszeit, welche die Keimung der Samen von *Lythrum Salicaria* auslöst, in Ber. D. Bot. Ges. XXXVI (1918) p. 157. - (19) LEHMANN, Referat über die Arbeiten von WIENTJES (25) und VAN DEN BOS (2) in Zeitschr. f. Bot. XIV (1922) p. 310. - (20) LEHMANN und OTTENWÄLDER, Über die katalytische Wirkung des Lichtes bei der Keimung lichtempfindlicher Samen, in Zeitschr. f. Bot. 1913, p. 337. - (21) MAGNUS, Hemmungstoffe und falsche Keimung, in Ber. D. bot. Ges. XXXVIII (1921) Generalvers. p. (19). - OTTENWÄLDER, Lichtintensität und Substrat bei der Lichtkeimung. Dias. Tübingen 1914. - (22) PROMSY, De rôle des acides dans la germination. Thèse de la fac. de Paris, 1912. - (23) RIPPEL, Bemerkungen über die vermeintliche Widerstandsfähig-

keit des trockenen pflanzlichen Protoplasmas gegen wasserfreien Alkohol, Äther u. andere Anästhetika, in Biol. Zentralbl. XXXVII (1917) p. 477. - (25) WIENTJES, Accélération de la germination sous l'influence des acides. Rec. trav. bot. néerland. XVII (1920) p. 33.

Kritische Untersuchungen über die Entstehung der Zuwachsringe und der Xylemzerklüftungen bei Erycibe Roxb.

Von H. PFEIFFER (Bremen).

§ 1. WARBURG (1883, p. 640) hatte für *Bauhinia* behauptet, dass die nachträgliche Zerklüftung des gesamten Holzkörpers durch von aussen her eindringendes und ihn von aussen her sprengendes meristematisches Dilatationsparenchym stattfindet. SCHENCK (1893, p. 191 f.) wies darauf hin, dass bei sämtlichen von ihm untersuchten Lianen das Dilatationsparenchym durch nachträgliche Streckung und Teilung der parenchymatischen Elemente des Holzes und Markes, also an Ort und Stelle entsteht. Weiter spricht er sich dahin aus, dass in Lianenstämmen das unverholzte Parenchym, die Zellen der Markstrahlen und des Markes, die in den Dauerzustand übergegangen waren, ja selbst vielleicht die Holzfasern (l.c. p. 240) die Fähigkeit besitzen, ihre Verdickungsschicht wieder aufzulösen und meristematischen Zustand erneut anzunehmen. Darauf wandte sich WARBURG (1893) gegen seine Meinung, dass Elemente des axialen Holzes wieder dünnwandig und teilungsfähig werden könnten, und fährt dann fort (p. 435): "Auch vom Mark, soweit dasselbe verholzt ist, geht die Neubildung niemals aus. Bei *Bauhinia* dringt das unregelmässige, neugebildete Parenchym von der Rinde beiderseits ins Zentralholz (periaxiales Holz) vor und breitet sich im Mark je nach dem Widerstande in verschiedener Weise aus...". Er weist darauf hin, dass es schwer ist, eine sichere Entscheidung zu treffen, da jede eventuelle Dilatation im Marke natürlich die Sprengung des Holzes zur Folge hat, worauf dann die schnelle Ausfüllung der Spalten mit Neubildungsgewebe nicht mehr erkennen lässt, ob wie hier endogene oder exogene Entstehung des neuen Gewebes vor uns haben. Auch nach CRUEGER (p. 108, Taf. II, fig. 21; s. auch Tafel IV, fig. 6) beginnt bei *Bignonia*-Arten die Parenchymbildung in den Spalten, die sich zwischen dem vorspringenden Holze und den in den Stamm eindringenden Rindenmassen befinden und schreitet von dort gegen das Mark zu fort durch den dieser Spalte gegenüber liegenden Markstrahl. Für den einzigen unzweideutigen Fall, wo sich deutlich im unverdickten Holzparenchym von einzelnen Zellgruppen ausgehende Neubildungszentren nachweisen lassen, hält WARBURG (l.c.) *Stigmatophyllum*. Er erklärt diese Erscheinung hier als eine Kambium-Neubildung, die vielleicht von dem im jugendlichen Zustand zurückgebliebenen und dann im Holzparenchym eingeschlossenen Kambialgewebe ausgeht und seiner Meinung nach nichts mit den Alterszerklüftungserscheinungen zutun hat. Damit muss er auch die von ROBINSON studierten Neubildungen bei *Jodes* ausschliessen, die vom Kambium der marktändigen Bündel ausgehen. Auch GILG (p. 357) wandte sich gegen die Anschauungen SCHENCKs und suchte von *Mendoncia* und *Afromendoncia* zu beweisen, dass die Sprengung des Holzkörpers nicht vom Marke ausgeht, dass vielmehr die Bildung des Dilatationsgewebes sich ausschliesslich vom Kambium herleitet, mindestens bei *Afromendoncia*. SCHENCK (1895 p. 582) hat sich nach nochmaliger Überprüfung seines Materials überzeugt, dass in manchen Fällen ein peripherisches Eindringen der Dilatationsinitialen vorkommt, weist aber darauf hin, dass ein solcher Vorgang keineswegs bei allen Zerklüftungserscheinungen in Lianenstämmen sich abspielt, sondern dass die Hauptmasse des Dilatationsparenchyms an Ort und Stelle aus lebenden Elementen des Holzkörpers und des Markes hervorhegt. Doch kann er an dem fertigen Stadium nicht mehr unterscheiden (l.c. p. 599), ob die Initialen der breiten, das ganze axiale Holz durchbrechenden Radialstreifen ursprünglich von aussen oder von innen auf Rissen eingedrungen sind oder gleichzeitig von beiden Seiten her. ROTHERT (p. 1284) berührt die

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Botanisches Archiv. Zeitschrift für die gesamte Botanik](#)

Jahr/Year: 1924

Band/Volume: [5](#)

Autor(en)/Author(s): Hesse Otto

Artikel/Article: [Untersuchungen über die Einwirkung chemischer Stoffe auf die Keimung lichtempfindlicher Samen 133-171](#)