© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Fig. 3. Carpogener Faden mit vergrösserter Basalzelle aus einem ähnlichen Entwicklungszustand wie Fig. 1. *B.* = Basalzelle. *C* = Carpogener Faden *O.* = Ooblastemzelle. 580 : 1

„ 4. Peripherischer Conceptakelteil der Fig. 1 in einem etwas weiter vorgeschrittenen Stadium. *A A.* = Auxiliarzellen. *O. O.* = Ooblastemzelle. 580 : 1.

„ 5 Fusionsapparat aus Fig. 4. *C.* = Carpogoner Faden. *O.* = Ooblastemzelle dieses Fadens. *A.* = Auxiliarzelle. 950 : 1.

„ 6. Schnitt durch den Thallus. 230 : 1.

18. Alfred Fischer: Wasserstoff- und Hydroxylionen als Keimungsreize.

Eingegangen am 21. März 1907.

Die oft untersuchte, aber noch nicht einheitlich gelöste Frage, ob die Keimung der Samen durch chemische Reize[1]) gefördert werden könnte, drängte sich bei einer seit 1889 nebenbei ausgeführten Untersuchung über die Keimungsbedingungen der Wasserpflanzen mehr und mehr hervor und verschärfte sich schliesslich zu der Überzeugung, dass die Samen vieler Wasserpflanzen ohne äusseren Anstoss, der in chemischen Einwirkungen zu vermuten war, überhaupt nicht keimen. Einige Beispiele aus vielen seien herausgegriffen.

Bringt man gut gereifte Samen von *Sagittaria sagittifolia* sofort in Wasser und sorgt besonders anfangs durch öftere Spülung dafür, dass das Wasser rein bleibt und sich keine niederen Organismen einnisten, so keimen die Samen so gut wie gar nicht. Von etwa 1400 im Herbst 1905 gesammelten Samen keimte bis zum 14. August 1906 ein einziger. Eine andere Ernte von 1892, 1320 Samen, hatte in neun Sommern, bis März 1902, nur 37 Keime gegeben, obgleich die Samen immer in Wasser sich befanden, die letzten fünf Winter sogar im geheizten Zimmer. Eine dritte Probe von 7000 Samen, Ernte 1905, trocken überwintert, lieferte, nachdem sie am 26. Februar 1906 in Wasser gebracht worden war, bis zum 9. Juli 1906 400 Keimungen, die fast alle in der Zeit bis zum 8. April 1906

1) Die älteren Versuche sind zusammengestellt in NOBBE's Samenkunde, 1876, Seite 254—286, einige neuere bespricht CZAPEK, Biochemie der Pflanzen II, Seite 894.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

erschienen. Diese höhere Zahl erklärt sich daraus, dass die trockenen Samen mit viel Staub vermengt waren. Trotz häufiger Spülung entwickelten sich viel Mikroorganismen, das Material fing an zu stinken und befand sich unter der chemischen Reizung der Gärungs- und Fäulnisprodukte.

Sagittaria platyphylla, am 18. August 1905 gesammelt und sofort in Wasser gebracht, lieferte innerhalb eines Jahres, bis zum 14. August 1906, von 4300 Samen nur 32 Keimungen.

Von *Sparganium ramosum*, am 10. September 1902 geerntet und seitdem in Wasser, keimte von 1350 Samen bis zum 4. Mai 1905 kein einziger. *Sparganium simplex*, am 30. September 1892 gesammelt, gab innerhalb neun Sommern von 225 andauernd in Wasser gehaltenen Samen keinen einzigen Keim. Ein Teil der Ernte von 1892 wurde trocken überwintert (1892/93) und befand sich seit 25. April 1893 in Wasser: von 460 Samen keimten bis zum März 1902 nur zwei.

Alle diese in reinem Wasser nicht keimenden Samen sind gleichwohl gesund und keimen bei geeigneter Behandlung mit hohen Prozenten.

Ähnliche Erfahrungen wurden gemacht mit dem Samen von *Alisma Plantago*, *Potamogeton natans*, *lucens* und *pectinatus*, *Hippuris vulgaris*, *Polygonum amphibium*, *Scirpus lacustris* und *maritimus*. *Nymphaea alba* und *Nuphar luteum* keimen auch in reinem Wasser im allgemeinen gut, vermutlich nach einer chemischen Reizung, die sie dadurch erfahren, dass sie aus ihren saftigen Früchten natürlicherweise herausfaulen.

Die biochemischen Prozesse des Teichschlammes liefern Stoffe verschiedener Art, von denen eine Reizwirkung ausgehen könnte. *Bacillus prodigiosus*, aus Schlamm isoliert und in einer Nährlösung mit 2 pCt Rohrzucker und 0,5 Ammonsulfat als N-Quelle kultiviert, säuert diese Lösung in wenigen Tagen. Es keimten darin *Alisma Plantago*, *Scirpus lacustris*, *Potamogeton pectinatus*, *Sagittaria platyphylla*. In die gleiche Nährlösung, ohne besondere Impfung wurden Samen von *Sparganium ramosum*, *Potamogeton pectinatus* und *Scirpus lacustris* gebracht. Nachdem Bakterien und Pilzmycelien sich entwickelt und die Lösung gesäuert hatten, keimten die Samen.

Zunächst war an Gärungssäuren zu denken; in der Tat gab Milchsäure bei *Sagittaria sagittifolia* und *platyphylla*, bei *Sparganium ramosum* und auch bei 13 Jahre alten Samen von *Sparganium simplex* hohe Keimprozente.

Die weitere Untersuchung zeigte, dass nicht das spezifische Säuremolekül oder sein Anion den Reiz ausübte, sondern dass alle Säuren durch ihr H-Ion, ihrer Acidität entsprechend, wirkten. Eine ebenso kräftige Reizung geht vom Hydroxylion der starken Alkalien, KOH und NaOH, aus.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Bevor ich diese Tatsache durch eine grössere Tabelle vorführe, schicke ich einige Versuche voraus, die die Wirkung stark verdünnter Säuren bei langer Dauer veranschaulichen.

Versuch I.

Sagittaria sagittifolia. Ernte 1906. Temperatur 25—27°.
Milchsäure, jeden zweiten Tag erneuert, je etwa 25 *ccm.*
16. Dezember 1906 bis 14. Januar 1007.

Konzentration der Säure in Litern	25	50	100	200	400
Konzentration der Säure in pCt.	0,36	0,18	0,09	0,045	0,0225
Zahl der Samen	174	159	147	196	124
innerhalb 7 Tagen gekeimt	1	6	8	4	5
innerhalb 14 Tagen gekeimt	23	35	53	24	43
innerhalb 21 Tagen gekeimt	46	51	54	109	71
innerhalb 29 Tagen gekeimt	47	101	71	165	82
Keimprozente nach 29 Tagen	27	63	48	84	66

Die Toleranz gegen Säure ist sehr ansehnlich, in 25 Literlösung wuchsen viele Keimlinge innerhalb zwei Tagen bis 1 *cm* heran, aber ohne zu ergrünen, ebenso in 50 Liter. In 100 Liter nahmen die Keimlinge eine bleichgrüne Farbe an, und in den beiden grössten Verdünnungen ergrünten sie in zwei Tagen vollständig bei einer maximalen Länge von 1,5 *cm.* Ob in der Säure die Keime sich noch weiter entwickelt hätten, wurde nicht untersucht.

Die Versuche I—III verlangen eine ausführliche Besprechung, die an dieser Stelle unterbleiben muss. Die vom Wasserstoffion ausgeübte Keimreizung wird je nach Konzentration und Säure bald mehr, bald weniger vom Anion oder vom unzerlegten Molekül beeinflusst, anscheinend gefördert oder nicht gestört bei der Apfelsäure, gehemmt bei der Oxalsäure.

Statt der lange anhaltenden Reizung durch stark verdünnte Säuren kann man schneller durch kürzere Reizung mit höherer Konzentration und bei höherer Temperatur die Keimung hervorrufen. Bei den als Versuch IV tabellarisch zusammengestellten zahlreichen Einzelversuchen wirkte die vorgewärmte Lösung genau zwei Stunden im Thermostat bei 40°, die Samen wurden etwa fünf Minuten unter der Wasserleitung gewaschen und dann am Nordfenster bei 25—27° in Leitungswasser aufgestellt.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Versuch II.

Sagittaria platyphylla. Ernte 1906. Temperatur 25—27°.
Apfelsäure, jeden zweiten Tag erneuert.
25. Dezember 1906 bis 30. Januar 1907.

Konzentration der Säure in Litern	16,7	25	33,3	66,7	133,4	267
Konzentration der Säure in pCt	0,8	0,52	0,4	0,2	0,1	0,05
Zahl der Samen	269	341	399	558	477	541
nach 8 Tagen gekeimt	29	5	3	10	10	3
nach 14 Tagen gekeimt	203	41	12	26	16	8
nach 21 Tagen gekeimt	254	318	259	147	83	17
nach 29 Tagen gekeimt	—	319	382	539	427	302
nach 29 Tagen Keimprozente	94	94	96	97	90	56
Durchschnittliche Länge der Keime in zwei Tagen in *mm*	$^1/_2$–1	1—2	1—3	1—5	2—6	2—6

Versuch III.

Sagittaria platyphylla, Ernte 1906. Temperatur 25—27°.
Oxalsäure, täglich erneuert.
6. Januar 1907 bis 10. Februar 1907.

Konzentration der Säure in Litern	125	250	500	1000	2000
Konzentration der Säure in pCt.	0,1	0,05	0,025	0,0125	0,00675
Zahl der Samen	546	582	628	587	623
innerhalb 7 Tagen gekeimt	4	7	3	6	5
innerhalb 14 Tagen gekeimt	35	26	14	15	22
innerhalb 21 Tagen gekeimt	63	60	62	41	62
innerhalb 29 Tagen gekeimt	139	272	427	388	357
innerhalb 35 Tagen gekeimt	157	361	467	445	415
in 35 Tagen Keimprozente	29	62	74	76	67
Durchschnittliche Länge der Keime in zwei Tagen in *mm*	0,5 - 1	1—2	2 - 4	2—6	3—6

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Versuch IV.

Sagittaria sagittifolia.

In den vorgewärmten Lösungen zwei Stunden bei 40°.
In Leitungswasser aufgestellt bei 25—27°.

Lösung	Konzentration in Mol.	Datum der Behandlung	Samensorte	Zahl der Samen	Innerhalb 6 Tagen gekeimt	
					Zahl	pCt.
1. Destilliertes Wasser .	—	3. 1. 07	III	230	8	3,5
2. Destilliertes Wasser .	—	2. 2. 07	IV	138	0	0
3. Chlornatrium	0,2	26. 2 07	IV	257	1	0,4
4. Chlorkalium	0,2	26. 2. 07	IV	284	4	1,4
5. Salpetersaures Kalium	0,3	29. 11. 06	I	131	3	2,3
6. Neutrales oxalsaures Kalium	0,3	26. 12. 06	II	146	5	3,4
7. Saures oxals. Kalium	0,3	26. 12. 06	II	188	125	66,5
8. Monokaliumphosphat .	0,3	13. 1. 07	III	190	52	27,4
9. Dikaliumphosphat . .	0,3	13 1 07	III	155	18	11,6
10. Kaliumhydrat	0,3	29. 11. 06	I	112	101	90
11. Kaliumhydrat	0,2	10. 2. 07	I+II	152	139	91
12. Kaliumhydrat	0,2	16. 2. 07	I+II	135	122	90,4
13. Kaliumhydrat	0,2	22. 2 07	IV	174	155	89
14. Kaliumhydrat	0,2	4. 3. 07	IV	138	127	92
15. Natriumhydrat. . . .	0,3	19. 12 06	II	222	170	77
16. Salzsäure	0,3	8. 12. 06	I	157	120	76,4
17. Salzsäure	0,2	16. 2. 07	I+II	128	104	81
18. Salzsäure	0,2	8. 2. 07	III	248	210	85
19. Salzsäure	0,09	28. 12. 06	III	335	314	94
20. Salpetersäure	0,3	8. 12. 06	II	177	132	75
21. Salpetersäure	0,3	23. 11. 06	I	190	176	93
22. Salpetersäure	0,2	27. 11. 06	I	113	104	92
23. Salpetersäure	0,08	3. 1. 07	III	329	215	65
24. Schwefelsäure	0,55	30. 12. 06	II	140	72	51
25. Schwefelsäure	0,3	30. 12. 06.	II	152	114	75
26. Schwefelsäure	0,15	30. 12. 06	II	198	80	40,4
27. Orthophosphorsäure .	0,3	8. 1. 07	III	276	251	91
28. Orthophosphorsäure .	0,1	8. 1. 07	III	229	163	71
29. Ameisensäure	0,32	9. 12. 06	II	210	0	0
30. Essigsäure	0,3	5. 12. 06	I	149	0	0
31. Propionsäure	0,3	15. 1 07	III	170	2	1
32. Buttersäure	0,3	15. 1. 07	III	132	1	0,8

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Fortsetzung der Tabelle von S. 112.

Lösung	Konzentration in mol.	Datum der Behandlung	Same	Zahl der Samen	Innerhalb 6 Tagen gekeimt	
					Zahl	pCt.
33. Trichloressigsäure . .	0,3	10. 1 07	III	279	0	0
34 Glycolsäure	0,3	10. 1 07	III	227	38	16,7
35. Milchsäure	0.3	26 12 06	II	204	33	16,2
36. Oxalsäure	0,3	20. 12 06	II	206	109	53
37. Oxalsäure	0,15	30. 12. 06	II	183	144	79
38. Bernsteinsäure	0 3	13. 12. 06	II	226	19	8,4
39. Aepfelsäure	0,3	13. 12. 06	II	242	53	22
40. Weinsäure	0,3	7. 12. 06	I	180	32	15
41. Zitronensäure	0,3	8. 12 06	II	152	7	4,6
42 Gesätigtes Schwefelwasserstoffwasser .	etwa 0,1	15. 1. 07	I+II	228	0	0
43. Kupfersulfat	1	4. 1. 07	I+II	228	51	22,4

Die Keimung beginnt am zweiten oder dritten Tage nach der Behandlung und läuft innerhalb 5—6 Tagen, wenige Nachzügler abgerechnet, zu Ende. Die Keimlinge erreichen oft schon am dritten Tage eine Länge von 1 *cm* und ergrünen. Alle Versuche wurden mit *Sagittaria sagittifolia* ausgeführt mit vier verschiedenen, annähernd gleich gut keimenden Ernten, die in der Tabelle mit I—IV bezeichnet werden.

Die Ernten I—III stammten von denselben Stöcken im botanischen Garten Basel, IV wurde in Wasser von HENKEL-Darmstadt bezogen.

I wurde gesammelt Anfang September 1906, dauernd in Wasser aufbewahrt,

II geerntet am 23. Oktober 1906, dauernd nass,

III geerntet zweite Hälfte Oktober 1906, acht Tage an dumpfem Ort getrocknet, dann bis zum Verbrauch in Wasser,

IV andauernd in Wasser, geerntet Oktober 1906, Darmstadt.

Die Tabelle deren Vervollständigung nach vielen Seiten erst mit neuen Ernten möglich sein wird, gestattet heute schon eine Reihe wichtiger Folgerungen.

Nr. 1 und 2. Destilliertes Wasser, soll zeigen, dass nicht schon die zweistündige Zufuhr höherer Temperatur genügt, um die Keimung deutlich anzuregen; eine sehr bescheidene Wirkung (Nr. 1)

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

ist bei der überhaupt etwas leichter zu mobilisierenden Samensorte III bemerkbar

Nr. 3—9, Salze. Die neutralen Salze 3—6 haben die Keimung nicht mehr gefördert wie destilliertes Wasser. Die mit neutralen Salzen behandelten Samen waren nicht tot, sondern keimten nach Zufuhr von H- oder OH-Ionen so gut, als ob sie gar nicht vorbehandelt gewesen wären. Man vergleiche hierzu S. 119.

Ganz anders hat das saure Oxalat (Nr. 7) gewirkt, fast so hoch wie in 0,15 Mol. Oxalsäure sind die Keimprozente, bedingt durch die freien H-Ionen in der Lösung des sauren Salzes. Im Monokaliumphosphat sind H-Ionen, im hydrolysierten Dikaliumphosphat OH-Ionen und nicht das Kalium oder die phosphorhaltigen Gruppen die Keimerreger.

Nr. 10—15. Die Hydroxylionen der starken Alkalien wirken ebenso als Keimungsreize wie die Wasserstoffionen der stärksten und mittelstarken Säuren (16—28, 36 und 37). Mit 0,2 Mol. KOH ist die niedrigste Konzentration, die in 2 h bei 40° etwa 90 pCt. Keimung vorbereitet, sicherlich noch nicht getroffen. Die fünf Parallelversuche mit KOH stimmen recht gut überein. Etwas zurück tritt das Natriumhydrat (Nr. 15), innerhalb sechs Tagen nur 77 pCt. Keimung. Diese stieg aber in weiteren vier Tagen auch noch auf 87 pCt. Ihrer annähernd gleichen Stärke entsprechend haben die Hydroxyde der beiden Alkalien auch annähernd gleich gewirkt.

Nr. 16—28. Die Wasserstoffionen der Mineralsäuren bringen zwar allgemein hohe Keimprozente hervor, aber die Zahlen geben noch keine exakte Übereinstimmung mit der elektrischen Leitfähigkeit.

Die Versuche mit Salzsäure (Nr. 16—19) sind reiner ausgefallen wie die mit Salpetersäure (Nr. 20—23). Mit beiden Säuren lässt sich durch so geringe Konzentrationen, die sicher die Samenschalen nicht chemisch verändern, starke Keimung erreichen, 0,09 H Cl ist gleich 0,33 pCt., 0,08 Mol. HNO_3 = 0,5 pCt. Die schwächere Schwefelsäure hat in aequivalenter Verdünnung von 0,15 Mol. (Nr. 26) mit derselben Samensorte, die 0,3 Mol. Salpetersäure zu 75 pCt. Keimung brachte, nur 40,4 pCt. gegeben.

Setzt man die Wirkung der Salpetersäure gleich 100, so ist die Vergleichszahl für aequivalente Schwefelsäure 54, was annähernd dem Verhältnis der Aequivalent-Leitvermögen[1]) für diese Verdünnung, nämlich 100 : 63, entspricht.

Vergleicht man mit den starken Mineralsäuren die schwächere, viel weniger dissociierte Orthophosphorsäure (Nr. 27 und 28), so überrascht diese in aequivalenter Lösung von 0,1 Mol. durch ihre fast

1) Kohlrausch und Holborn, Leitvermögen der Elektrolyte. 1898. Seite 160.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

ebenso grosse Wirkung wie Salz- und Salpetersäure (0,3 Mol.). Die damit aequimolekulare Phosphorsäure (Nr. 27) leistet noch mehr. Es scheint das so sich erklären zu sollen, dass das Anion der Phosphorsäure oder auch das unzerlegte Molekül nicht schädlich ist und die Wirkung der H-Ionen hier reiner sich zeigt, als bei den anderen Mineralsäuren, bei denen ein Teil dieser Wirkung durch die Anionen aufgehoben wird.

Dass die phosphorhaltigen Gruppen selbst keimerregend wirken, scheint mir ausgeschlossen, weil die Phosphatlösungen (Nr. 8 und 9) nur entsprechend ihrem Gehalt an H- resp. OH-Ionen die Keimung befördern.

Nr. 29 - 32. Fettsäuren, ausser der Ameisensäure, sehr wenig dissociiert, würden nach sechstägiger Keimung bemessen als unwirksam erscheinen, denn so geringe Prozente wie bei Nr. 31 und 32 erreicht man schon durch Behandlung mit destilliertem Wasser oder Neutralsalzen (Nr. 1—6).

Die Ameisensäure, deren elektrisches Leitvermögen mehr als dreimal so hoch ist als das der anderen Fettsäuren, sollte gewirkt haben. In der Tat waren schon in der Säure von den 210 Samen 150 Stück, also 71 pCt., in das erste Keimstadium eingetreten, d. h. die weisse Embryospitze hatte das Endokarp durchbohrt und sich bis etwa 1 *mm* weit in das Exokarp vorgeschoben. Es ergab sich, dass alle Samen tot waren, unzweifelhaft durch das Anion oder die unzerlegten Moleküle getötet. Schwächere Ameisensäure gibt, besonders bei geringerer Temperatur, 20—25°, gute Keimung. Näheres hierüber wird später mitzuteilen sein.

Auch bei den anderen, viel schwächeren Fettsäuren wird die ihren H-Ionen entsprechende Reizwirkung durch eine giftige Nebenwirkung verdeckt. Es bedarf längerer Zeit, damit die Keimung eintritt, deren Prozentzahl in erster Linie ein Mass für die Giftigkeit ist. Man beachte folgenden weiteren Verlauf der Nr. 30—32 (siehe die Tabelle auf S. 116).

Die Giftigkeit dieser drei Fettsäuren ist annähernd gleich. Ob sie kleiner ist wie die der Ameisensäure geht aus diesen Versuchen nicht hervor, weil die stärkere Ameisensäure das ruhende Protoplasma kräftiger mobilisiert und der nebenherlaufenden Giftwirkung zugänglicher macht.

Nr. 33. Trichloressigsäure ist zwar viel stärker, aber zugleich auch giftiger wie die Essigsäure. Von 279 Samen keimten innerhalb drei Wochen nur sechs. Der Rest von 273 Samen wurde mit 0,3 Mol. H_3PO_4 2 h 40° behandelt und gab in elf Tagen drei Keime. Eine zweite Nachbehandlung mit 0,2 Mol. KOH 2 h 40° lieferte innerhalb 14 Tagen nur noch sechs Keime. Insgesamt keimten von 279 Samen nur 15 oder 5,4 pCt., alle andern waren getötet.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

	30 Essigsäure	31 Proprionsäure	32 Buttersäure
Zahl der Samen	149	170	132
innerhalb 6 Tagen gekeimt . . .	0	2	1
in 14 Tagen gekeimt	2	20	15
in 25 Tagen gekeimt	37	34	29
in 25 Tagen pCt.	25	20	22
nach 25 Tagen mit 0,3 Mol. H_3PO_4 2 h 40° jetzt innerhalb 10 Tagen gekeimt	0	2	8
jetzt mit 0,2 Mol. KOH, innerhalb 8 Tagen gekeimt	0	1	0

Nr. 34 und 35. Die Oxyessigsäure (Glykolsäure) ist ebenso giftig wie die Essigsäure, beschleunigt aber infolge ihrer grösseren Dissoziation, die Keimung stärker, in sechs Tagen 16,7 pCt. Innerhalb 21 Tagen keimten 46 Samen = 20 pCt. Nachbehandlung mit H_3PO_4, später mit KOH brachte noch 17 Keime, es waren also von 227 Samen 154 oder 68 pCt. getötet.

Die Milchsäure (Oxypropionsäure), deren Leitfähigkeit derjenigen der Glykolsäure nahezu gleich ist, hat die Keimung entsprechend gefördert, scheint aber weniger giftig zu sein. Hierüber sind weitere Untersuchungen anzustellen, die auch zeigen werden, ob die gute Übereinstimmung der Keimzahlen nach sechs Tagen bei den Nr. 34 und 35 nur Zufall ist oder wirklich der gleichen Stärke dieser beiden Oxysäuren entspricht.

Nr. 36 und 37. Oxalsäure reicht infolge ihrer starken Dissoziation an die stärksten Mineralsäuren heran, in aequivalenter Konzentration (0,15 Mol.) leistet sie annähernd soviel wie 0,3 Mol. HCl oder HNO_3. Ganz rein dürfte aber diese Keimzahl die volle Wirkung der H-Ionen nicht wiedergeben, weil giftige Nebenwirkungen auch hier vorkommen. Man vergleiche das saure und neutrale Kaliumsalz (Nr. 6 und 7).

Nr. 38—41. Diese vier organischen Säuren wurden bis jetzt nur in 0,3 Mol. Verdünnung, also aequimolekular mit 0,3 HCl geprüft und gaben Keimprodukte, die nicht der molekülaren Leitfähigkeit entsprechen. Nur das Verhältnis von Äpfelsäure zur schwächeren Bernsteinsäure ist annähernd richtig.

Nr. 42. Schwefelwasserstoffwasser, frisch gesättigt, kann auf einen Gehalt von 0,1 Mol. H_2S angenommen werden. Die schwache

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Schwefelwasserstoffsäure reizt nur sehr schwach: in sechs Tagen keine Keimung, innerhalb zwölf Tagen fünf Keime, kein weiterer bis zum 17. Tag, tötet aber die Samen nicht. Nachdem der Rest 223 Samen mit 0,3 Mol. H_3PO_4 2 h 40° behandelt worden war, keimten innerhalb sechs Tagen 147 Samen oder 66 pCt., innerhalb 17 Tagen 157 oder 70 pCt.

Man darf nicht annehmen, dass die Samen deshalb nicht getötet werden, weil der Schwefelwasserstoff die Samenschale nicht durchdringen könnte. Der bei Zimmertemperatur 4 h mit dem H_2S-Wasser behandelte Samen (120 Stück) keimte nach Einwirkung von Phosphorsäure 2 h 40° innerhalb sechs Tagen nur mit 12,5, innerhalb 17 Tagen mit 14 pCt, eine starke Schädigung durch H_2S war bemerkbar. Die Erklärung liegt in dem geringen Gehalt des Schwefelwasserstoffwassers an H-Ionen, die nicht ausreichen, um in 2 h 40° das ruhende Protoplasma zu erwecken und in den volllebendigen, für H_2S empfindlicheren Zustand überzuführen.

Nr. 43. Kupfersulfat, in starker Lösung (1 Mol.) wirkt ebenfalls als Keimreiz wohl nicht durch das Säureion, sondern durch das Cu-Ion, dessen allbekannte Nebenwirkung in der Bordeauxbrühe sich hier wiederspiegelt. Auch diese Tatsache zeigt, dass die Samenschale permeabel für gelöste Stoffe ist. Das Kupfersulfat (1 Mol.) wirkt bei Zimmertemperatur nur sehr schwach giftig auf das ruhende Protoplasma. Von 101 Samen, die fünf Tage in der Lösung gelegen hatten, keimten bei Nachbehandlung mit 0,2 Mol. Salpetersäure 2 h 40° innerhalb sechs Tagen 78 oder 77 pCt. Nach zehntägiger Wirkung von 1 Mol. $CuSO_4$ keimten, mit Salpetersäure nachträglich gereizt, 39 von 87 Samen oder 45 pCt. Samen, die acht Tage gekupfert waren, keimten, nachdem sie einfach gründlich mit destilliertem Wasser gewaschen waren mit 15 pCt. (10 von 68), wiederum unter dem Reiz der Cu-Ionen.

Anhang. Sublimat, 16 Liter-Lösung = 1,7 pCt., drückte bei 30 Minuten Einwirkung (Zimmertemperatur) die später durch 0,2 Mol. Salpetersäure ermittelten Keimprozente auf fünf herab (zehn Samen von 200) und tötete vollständig innerhalb einer Stunde. Wie für die Cu-Ionen ist die Samenschale auch ohne Vorbehandlung mit Säuren und Alkalien für die giftigen Hg-Ionen schon ursprünglich durchlässig.

Zur vorläufigen Orientierung über die Abhängigkeit von der Temperatur wird nachstehender Versuch V genügen. Er spricht nicht gegen die Deutung, dass die Ionen der Lösungen auf das ruhende Keimplasma erweckend wirken, könnte aber auch so ausfallen, wenn nur eine Veränderung der Samenschale den Anstoss zur Keimung gebe.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Versuch V.

Sagittaria sagittifolia, Samensorte Nr. II.
Einwirkung von 0,3 Mol. Lösungen zwei Stunden bei 4—6°, 24—26° und 40°.
Bei jeder Temperatur gibt die erste Reihe die Zahl der Samen, die zweite die Keime innerhalb sechs Tagen bei 25—27° an.

0,3 mol	4—6°		24—26°		40°		Keimprozente in sechs Tagen		
							4-6°	24-26°	40°
Salpetersäure . . .	205	7	207	30	177	132	3,4	14,5	75
Oxalsäure	146	1	134	5	206	109	0,7	3,7	53
Milchsäure	175	4	188	21	204	33	2,3	11,2	16
Natriumhydrat . .	208	9	170	56	220	170	4,3	33	77

Die in reinem Wasser liegenden und nicht keimenden Samen der *Sagittaria* enthalten keineswegs trockene Embryonen, die etwa durch impermeable Hüllen vor der Durchfeuchtung geschützt wären. Der aus sorgfältig abgetrockneten Samen herausgezogene Embryo sieht durchfeuchtet aus und hinterlässt auf frisch getrocknetem Kobaltchloridpapier zerquetscht einen roten Fleck. Lässt man die frei präparierten ölreichen Embryonen in der Luft trocknen, so schrumpfen sie deutlich in etwa zehn Minuten zu etwas teigiger Konsistenz zusammen und röten Kobaltpapier nicht mehr. Vom Endokarp umschlossene, durchfeuchtete Embryonen trocknen langsamer ein, nach sechs Stunden sind sie fast, nach 20 Stunden ganz trocken. Längere Zeit getrocknete intakte Samen enthalten auch trockene Embryonen, die Kobaltpapier gar nicht röten. Es folgt hieraus, dass die Samenhüllen für Wasser schon ursprünglich durchlässig sind und es nicht erst durch die Behandlung mit Lösungen werden.

Sowohl das flügelartig verbreiterte Exokarp, als auch das die Embryohöhle umschliessende glänzend braune Endokarp bestehen aus sehr widerstandsfähigen Zellwänden, deren Reaktionen auf Verkorkung hinweisen. Jodjodkalium färbt gelb, Jod und Schwefelsäure gelbbraun, die konzentrierte Schwefelsäure löst nicht in 24 Stunden, ebensowenig löst Kupferoxydammoniak. Konzentrierte Chromsäure löst nicht in 2—3 Stunden. Nach zweistündiger Einwirkung von 0,2 Mol. KOH oder HCl bei 40° erschien die Samenhülle gegenüber den genannten Reagentien mikroskopisch völlig unverändert, woraus freilich keine Sicherheit dafür folgt, dass jede Veränderung unterblieben wäre. Wichtiger erscheint mir, dass die Keimung durch so schwache Konzentrationen, die diesen resistenten Membranen wohl kaum etwas anhaben können, hervorgerufen werden kann, z. B. durch 0,09 Mol.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

HCl = 0,33 pCt. oder 0,08 Mol. HNO_3 = 0,5 pCt. oder 0,2 Mol. KOH = 1.12 pCt.

Dass Exo- und Endokarp auch ohne Vorbehandlung schon für Cu- und Hg-Ionen, ferner für die Anionen oder die unzerlegten Moleküle der verdünnten Fettsäuren durchlässig sind, wurde schon hervorgehoben.

Ich halte den Schluss für berechtigt, dass die Samenhüllen der *Sagittaria* schon ursprünglich für Wasser und darin gelöste Stoffe, unzerlegte Moleküle und Ionen mehr oder weniger permeabel sind, nach Individuen und Reifungsgrad selbstverständlich etwas schwankend. So völlig permeabel wie reine Cellulosemembranen sind sie allerdings nicht, ein gewisser Grad von Impermeabilität ist vorhanden. Die Keimung erregenden Stoffe dringen sicher nicht in voller Aussenkonzentration sein, sondern nur ein Bruchteil davon wirkt. Selbst wenn Ionen und unzerlegte Moleküle gleich gut die Samenhüllen passieren, so müsste doch ihre Wirkung auf das ruhende Protoplasma des Embryo eine ungleiche sein.

Die aktivsten Teilchen, das sind die H- und OH-Ionen, wirken am stärksten und erwecken das ruhende Protoplasma, das man als nichtionisiert ansehen könnte, durch Ionisierung. Nunmehr beginnt der mobilisierte Embryo auf eigene Kraft die Keimung.

Vergleicht man die Wanderungsgeschwindigkeit der Ionen bei der Elektrolyse als Mass für ihre chemische Reaktionsfähigkeit, so zeigt sich, dass die H- und OH-Ionen allen anderen weit überlegen sind, z. B. in 0,1 Mol. äquivalenter Lösung:[1])

H	OH	K	Na	Cl	NO_3	$\frac{1}{2}SO_4$	$\frac{1}{2}C_2O_4$
296	157	55,8	35	56,5	57,3	41,9	39

Lösungen, in denen neben H Säureionen oder neben OH Alkaliionen enthalten sind, können demnach eine sehr starke Wirkung auf das ruhende Protoplasma ausüben. Enthalten aber die Lösungen, wie die der in Versuch IV genannten Kalisalze die annähernd gleich schnellen Ionen K und Cl oder K und NO_3, so wird die Reizung entweder von vornherein ganz ausbleiben, oder die gleichen Reizungen der entgegengesetzten Ionen heben sich sofort auf. Sind die Differenzen gering, wie zwischen Na und Cl oder K und C_2O_4, so bleibt die Reizung unterhalb der eine Keimung auslösenden Schwelle.

Die in dieser Mitteilung besprochenen Ionenwirkungen sind anderer, allgemeinerer Art, als die verschiedenen von LOEB[2]) be-

---

1) KOHLRAUSCH und HOLBORN, l. c. S. 200.

2) LOEB, Studies in general physiology 1905, Bd. II, und Untersuchungen über künstliche Parthenogenese, deutsch von SCHWALBE, 1906.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

schriebenen, die an spezifische Metallionen oder wie bei den zuletzt veröffentlichten Untersuchungen über Parthenogenese an das OH-Ion gebunden erscheinen.

Später wird sich Gelegenheit finden, diese Beobachtungen mit den meinigen zu vergleichen.

Wie explosiv die Wirkung auf das ruhende Protoplasma sein muss, erkennt man aus folgendem Versuch:

Versuch VI.

Sagittaria platyphylla.

Die Samen wurden mit 10 Mol. HCl bei 20° behandelt und nach guter Spülung in Leitungswasser bei 25 - 27° aufgestellt.

	10 Mol. HCl bei 20°					
	1/2 Min.	1 Min.	2 Min.	4 Min.	8 Min.	10 Min.
Zahl	357	312	331	376	382	400
gekeimt innerhalb 13 Tagen. . . .	63	116	213	10	1	0
in Prozent . . .	18	37	64	2,7	0,3	0

Auch dieser Versuch kann nicht dadurch erklärt werden, dass die Samenschale angegriffen wird, sondern nur durch Erweckung des ruhenden Plasmas durch die H-Ionen. Schon in 4 Minuten tötet sie starke Säure.

Eine Frage, deren vollständige Lösung erst mit der neuen Samenernte möglich sein wird, soll noch kurz gestreift werden: Kann die durch H- und OH-Ionen hervorgebrachte Reizung durch entsprechende Behandlung beseitigt oder wenigstens gedämpft werden?

Zweistündiges Auswaschen mit 8° kaltem Wasser der stark fliessenden Leitung, zwei- und dreitägige Abkühlung im Eisschrank bei etwa 3°, kürzeres Einfrieren in — 3° war gegenüber Samen, die mit 0,2 Mol. KOH bei 40° vorbehandelt waren, ohne Erfolg. Ihre Keimung verlief ohne merkliche Verzögerung mit 85—90 pCt.

Längere Kältewirkung verspricht besseren Erfolg. Von 192 (*Sagittaria sagittifolia*) mit 0,2 Mol. KOH 2 h 40° gereizten Samen, die sofort in viel Wasser von 2,5° gebracht wurden und über Nacht vor dem Fenster bis zum anderen Morgen eingefroren waren, keimten innerhalb sechs Tagen nur 34 Stück oder 18 pCt, innerhalb zwölf Tagen 38 Stück oder 20 pCt. Der Rest von 154 Samen wurde

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

abermals mit 0,2 Mol. KOH 2 h 40° behandelt und lieferte innerhalb sechs Tagen 104 Keime oder 67 pCt.

Es war ferner zu versuchen, die durch OH-Ionen erzeugte Erregung durch H-Ionen und umgekehrt abzudämpfen.

Versuch VII.

Sagittaria sagittifolia. 25—27°.

	A 0,2 Mol. KOH 2 h 40°						B 0,2 Mol. HCl 2 h 40°		
			0,2 mol. HCl 40°						
	Kontrolle	2 h. destilliertes Wasser 40°	30 Min.	60 Min.	90 Min.	120 Min.	Kontrolle	2 h destilliertes Wasser 40°	0,2 Mol. KOH 2 h 40°
	I	II	III	IV	V	VI	I	II	III
Zahl	135	119	142	151	144	182	128	131	147
innerhalb 6 Tagen gekeimt	122	117	120	135	120	172	104	121	137
in Prozent	90,4	98,3	85	90	83	94,5	81,3	92,4	95,2

Die Samen der Serie A wurden nach der Kalibehandlung kurz unter der Leitung gewaschen, Nr. I sofort als Kontrolle aufgestellt, II mit destilliertem Wasser 2 h 40°, die anderen 30, 60, 90 und 120 Minuten mit äquivalenter HCl bei 40° nachbehandelt, gewaschen und aufgestellt. Bei B folgte der Reizung durch H-Ionen eine Gegenreizung durch OH-Ionen. Das destillierte Wasser hebt die Keimprozente, verändert aber nicht den Charakter der Keimung, die nach OH-Reizung anders verläuft als nach H-Reizung. Bei ersterer bleiben die Keimlinge etwas länger farblos und auf einer Grösse von 2—5 *mm* stehen, bei H-Reizung wachsen die Keime etwas schneller und ergrünen auch rascher; z. B. A I am zweiten Tag 42 Keime, davon 41 2—5 *mm* lang und weiss, A II 65 Keime, alle 2—5 *mm* lang und weiss, dagegen B I am zweiten Tage 69 Keime, davon 43 5—10 *mm* lang und ergrünend, B II 77 Keime, darunter 38 5—10 *mm* lang und ergrünend.

Bei zweistündiger Nachbehandlung mit dem entgegengesetzten Ion heben sich nicht nur die Keimprozente, besonders bei B, sondern der Keimtypus schlägt um in die Art der zuletzt wirkenden Ionen. A II hat H-Typus, am zweiten Tag unter 131 Keimen 44 5—10 *mm* lange, ergrünende, B III noch ausgesprochener OH-Typus, am zweiten Tag unter 45 Keimen 41 nur 2—3 *mm* lange und weisse. In der

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Serie A hat III noch der ersten Reizung entsprechenden OH-Typus, IV dagegen bereits H-Typus. Es ist zweifellos, dass durch die zweite Behandlung eine neue Ionenwirkung ausgeübt worden ist, die die erste gewissermassen neutralisiert hat, aber viel zu stark war, um nur zu neutralisieren.

Wenn durch die erste Einwirkung die Samenschale permeabler geworden wäre, so würden die Embryonen wohl nicht die zweite Behandlung vertragen.

Durch äquivalente Reizung mit dem entgegengesetzten Ion ist, wie Versuch VII zeigt, die Ionen-Reizung nicht abzudämpfen. Eine Reihe weiterer Versuche durch viel schwächere Lösungen des anderen Ions die erste Reizung zu unterdrücken, hat noch zu keinem einheitlichen Resultat geführt Ich behalte mir vor, hierüber mit der neuen Ernte abschliessende Versuche auszuführen, denen sich solche über die Wirkung von H- und OH-Ionen auf schwer keimende Samen von Landpflanzen und auf andere Arten des ruhenden Protoplasmas anschliessen sollen.

---

19. Julius Stoklasa, Adolf Ernest und Karl Chocenský: Über die anaërobe Atmung der Samenpflanzen und über die Isolierung der Atmungsenzyme.

Eingegangen am 23. März 1907.

III.

Zur Isolierung der Rohenzyme wurden gewöhnlich 5—6 *kg* junge und frische Pflanzensubstanz verwendet.

Die frische Pflanzenmaterie, welche keinerlei Zersetzung durch Fäulnis aufweisen darf, wurde zerstückelt und der Saft aus der so erhaltenen Masse unter einem Drucke von 300—400 Atmosphären ausgepresst. Dem so gewonnenen Safte wird ein Gemisch von Alkohol und Äther zugesetzt, worauf ein an Eiweissstoffen reicher Niederschlag sich absetzt. Diese Operation geschah in einem hohen Zylinder, welchen man vor dem Gebrauche mit Sublimat und sterilisiertem Wasser ausschweifte.

Auf 500 *ccm* des zellfreien Saftes verwendeten wir 600 *ccm* eines

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft

Jahr/Year: 1907

Band/Volume: 25

Autor(en)/Author(s): Fischer Alfred

Artikel/Article: Wasserstoff- und Hydroxylionen als Keimungsreize. 108-122