

FLORA.

N^o. 32.

Regensburg.

28. August.

1849.

Inhalt: Dr. F. Cohn, Beiträge zur Physiologie des Samens. (Schluss.)
— ANZEIGE von Nees v. Esenbeck in Breslau.

Beiträge zur Physiologie des Samens

von

Dr. Ferdinand Cohn in Breslau.

(S c h l u s s.)

IV. Ueber die Keimfähigkeit unreifer Samen.

A. Historisches.

Die meisten Schriftsteller haben diese Frage verneint, weil sie ihnen widersinnig schien; nichts desto minder führen nicht wenige von ihnen Beobachtungen auf, aus denen das Gegentheil ganz klar hervorgeht. So hält schon Theophrast*), dessen Genius nicht nur seinem Jahrhundert, sondern auch allen folgenden bis auf die neueste Zeit in wissenschaftlicher Betrachtung der Botanik vorausgeeilt ist, es für wunderlich, dass unreife, unvollkommene Samen keimen sollten; sei dies jedoch der Fall, so müsste die Keimfähigkeit von den übrigen Merkmalen der Reife unterschieden werden (ἡ τέλειότης ἢ πρὸς ἡμᾶς καὶ πρὸς τὴν γενεσίν).

Auch aus einer Definition von Gärtner**), dass Samen reif seien, sobald sie keimen könnten, auch wenn sie an Farbe, Gewicht und Grösse nicht so erschienen, scheint hervorzugehen, dass nach seiner Ansicht auch unvollkommen ausgebildete, d. h. unreife Samen keimen könnten.

Direct hat Duhamel de Monceau***) ganz grüne Samen von *Fraxinus Ornus* eingesät und viel schneller als gewöhnlich keimen sehen; auch unreife, durchscheinende, schleimige Wallnüsse sind nach ihm keimfähig gewesen†). Ebenso scheint Lefebure††)

*) Theophrastus Eresius, de causis plantarum liber IV. cap. 4.

**) J. Gärtner, de fructibus et seminibus plantarum volumina II. Stuttgartae. I. p. CXII.

***) Duhamel de Monceau, des semis et des plant. p. 83. Die Samen waren von Frêne à fleurs; DeCandolle versteht darunter *Fraxinus excelsior*.

†) Nach einem Citat in Mirbel Elem. de Bot. et de Phys. végét. 1815. I. 320.

††) Lefebure, Experiences sur la germ. des plant. An IX. p. 26.

nach einer etwas undeutlichen Stelle gefunden zu haben, dass unreife Rettigsamen nach 8 Tagen gekeimt seien; nichts desto minder betrachtet er die Reife als unumgängliche Bedingung für das Keimen. Ganz in derselben Weise nimmt Sennebie^{*)} an, dass unreife Saamen gewöhnlich nicht keimen könnten, weil bei ihnen noch nicht genug Amylum gebildet sei, obwohl er selbst grüne, süsse Erbsen aus grünen zarten Hülsen in der Erde sich entwickeln sah. Auch Reuter^{**}) und Keith^{***}) betrachten die Reife als nothwendig zur Entfaltung des Embryo, während doch letzterer selbst Rettigsamen sich entwickeln sah, wenn es ihnen beliebte (when it pleases to do so). DeCandolle[†]) dagegen hielt es nicht für nothwendig, dass Samen ihre vollständige Ausbildung erlangen müssten, um zu keimen; er scheint jedoch selbst keine besondern Versuche gemacht zu haben, und die Gewährsmänner, auf die er sich beruft, Lefebure, Treviranus, Keith, sind seltsamer Weise gerade zu den entgegengesetzten Schlussfolgerungen gelangt.

Kurr^{††}) und Seiffert^{†††}) haben ebenfalls über diesen Gegenstand Versuche gemacht, indem namentlich der letztere unreife Schminkbohnen, Saubohnen, Linsen, Erbsen und Cytisus auch dann schon keimen sah, wenn sie nur die Hälfte ihrer normalen Grösse und einen gewissen Grad innerer Ausbildung erlangt haben; doch schienen sie ihm etwas später, als gewöhnlich, gekeimt zu sein. Selbst von der *Sophora japonica*, die bei uns nie reife Früchte trägt, konnte er durch Einsäen unreifer Samen 50, mit der Zeit zu gesunden Bäumchen heranwachsende Pflänzchen erzielen.

Dagegen bestreitet L. C. Treviranus^{*)} die Gültigkeit dieser Untersuchung, weil nach seinen Beobachtungen an Erbsen, die mir jedoch nicht ganz schlagend zu sein scheinen, die Samen nie vor der vollendeten Reife zu keimen vermochten^{**}.) Er meint, man

^{*)} Sennebie, phys. veg. III. 347. II. 170.

^{**}) Reuter in Kastner's Archiv für Naturlehre. XVI. XVII. XVIII.

^{***}) Keith, the London and Edinburgh Philosoph. Magaz. and Journ. VIII.

[†]) DeCandolle, l. c. II. 324. 189.

^{††}) Kurr, Protokolle der Naturforscherversammlung in Stuttg. Flora 1835. p. 4.

^{†††}) Seiffert, Flora 1836. p. 83. Isis 1838. Heft I. p. 113—116.

^{*)} Treviranus, vermischte Schriften. Band IV. p. 180. Die Beobachtungen werden hier von *Vicia sativa* erzählt. Physiologie II. p. 575.

^{**}) Er hält die Angabe für unglaublich, dass Samen von der Hälfte der gewöhnlichen Grösse gekeimt seien, während ihm selbst, wie auch mir, Rettigsamen von dieser Grösse ebenso wenig, als kleinere, aufgegangen seien. Meinte Seiffert wirklich Samen mit halb so grossem Durchmesser (denn die Radien einer Erbse von halb so grossem Volumen

müsse reife und trockene Samen unterscheiden und ein Same könne reif sein, aber, weil noch nicht trocken, die diesem Zustand eigenthümliche Färbung noch nicht angenommen haben. Da jedoch die Farbe reifer Samen nicht allein vom Austrocknen, sondern von gewissen chemischen Processen, die eben das Reifen ausmachen, bedingt wird — sonst würde ein unreifer Samen allein durch Trocknen die Farbe des reifen bekommen, und umgekehrt ein reifer Samen durch Befeuchten unreif aussehen müssen — so scheint uns dieser Unterschied nicht ganz stichhaltig.

In neuester Zeit hat Göppert*) die alte Sage, dass das Getreide schon bald nach der Blüthe keimen könne**), dadurch bestätigt, dass er Roggen, der am 9. Juli 1846 erst reif wurde, schon am 20. Juni einsäte und ihn am 25. Juni in ziemlich gleicher Lebhaftigkeit, jedoch um $2\frac{1}{2}$ Tag später, als gleichzeitig eingesteckte reife Körner, keimen sah. Hiermit ergibt sich, dass der Roggen nur etwa $\frac{3}{5}$ bis $\frac{2}{3}$ seiner Reifungszeit durchlaufen haben müsse, um die Fähigkeit des Keimens zu erlangen.

B. Eigene Beobachtungen.

Durch diese Beobachtung meines hochverehrten Lehrers Göppert veranlasst, habe ich selbst im Sommer des Jahres 1846 eine Reihe von Versuchen angestellt, um den Widerspruch zwischen den Ansichten und Beobachtungen der älteren Schriftsteller zu lösen. Ich habe nämlich eine Anzahl Samen von sehr verschiedenen Pflanzen aus allen Stadien der Entwicklung gleichzeitig neben einander in ein Beet gesät, und zwar jede Altersstufe in eine besondere Furche, nachdem ich sie vorher möglichst genau beschrieben hatte. Ich suchte alsdann möglichst gleiche Licht- und Wärmeverhältnisse für die einzelnen Furchen herbeizuführen und bestimmte als Zeitpunkt der Keimung den Moment, wo das Würzelchen die Schale durchbrach.

als eine andere, verhalten sich etwa wie 2,4''' : 3''' und finden sich bei zahlreichen keimfähigen Samen), so wären dieselben nach meiner Erfahrung allerdings einer Fortentwicklung unfähig, und ich könnte mir diese Behauptung nur dadurch erklären, dass Seiffert seine Samen vor der Aussaat austrocknete, wodurch sie noch mehr als die Hälfte des Volumens verlieren können, ohne dass sie aufhörten, keimfähig zu sein.

*) Göppert, Verhandl. der schlesischen Gesellschaft. 1846. Bot. Zeit. von Mohl und Schlechtendal. 1847. 28. Mai.

**) Sie wurde schon von Kurr in Stuttgart als begründet nachgewiesen, aber von Treviranus bestritten. Vgl. Protokolle der Naturforscherversammlung zu Stuttgart in Flora 1835. p. 4. und Physiologie der Gewächse II. 6. p. 577.

Es zeigt sich hierbei der eigenthümliche Umstand, dass während bei der Reife der Same unzählige, ohne Unterbrechung in einander übergehende Stufen durchläuft, bei der Keimfähigkeit, die gleichsam Function der Reife ist, kein Uebergang existirt. Denn offenbar kann ein Same nur entweder keimen, oder nicht keimen; ein drittes giebt es nicht. Daher muss es unter den ganz allmählig in einander verlaufenden Reifungsstadien doch eine bestimmte Grenze geben, von der aus die Keimfähigkeit beginnt, vor der sie noch nicht vorhanden war. Bei meinen Beobachtungen fand ich in der That, dass erst bei einer gewissen, durch gewisse Kennzeichen characterisirten Altersstufe das Keimen des Samens beginnt; doch entwickeln sich in der Regel aus jüngeren Stadien weniger Samen, was sich bei ihrer leicht verletzten, zarten Organisation wohl erklärt.

Um aus den auf diese Weise angestellten Beobachtungen einzelne herauszuheben, so säte ich am 13. August 1846 aus 6 Kapseln von *Canna orientalis* je 6 Samen von dem verschiedensten Alter in 6 neben neben einander liegende Furchen ein; alle waren unreif, da sie alle durch Trocknen sich mehr oder minder runzelten; bei den kleinsten war der Embryo noch nicht gebildet und Flüssigkeit erfüllte die Kernhöhle; die ältesten waren dem Stadium der Reife ziemlich nahe; die übrigen entsprachen allen dazwischen liegenden Stadien. Die Samen wurden nicht vorher getrocknet, wie Seiffert gethan hat, der sonst ein Verfaulen derselben befürchtete. Dass dies nicht eintritt, wird durch die folgenden Beobachtungen nachgewiesen, was um so weniger auffallen kann, da die Samen ja bald wieder in der Erde das verdunstete Wasser durch Aufsaugen ersetzen. Als ich andere Samen von *Canna* nach Seiffert's Vorschrift in der Kapsel trocknete, so fand ich, dass nach einiger Zeit die konischen, breiten, aus grünen Parenchymzellen bestehenden, in der Mitte eine grosse, oben offene Höhle umschliessenden Stacheln, die auf der ganzen Oberfläche der Klappen sitzen, abfallen. Von so getrockneten Samen keimte der erste am 4. Tage nach der Einsaat, am 17. August, indem die Radicula ein bräunlich rothes Deckelchen abstiess; er gehörte zu den sehr unreifen mit blassgelber Testa, feuchtem, weichem, die Kernhöhle nicht ganz ausfüllendem Embryo, und hatte sich durch Trocknen sehr stark gerunzelt. Am folgenden Tage, am 18., keimte ein anderer, nicht getrockneter Samen von derselben Beschaffenheit in der Erde, sowie ein noch jüngerer kleinerer mit weniger entwickeltem Embryo; am 20. waren ihre Wurzeln schon an 2''' lang und 3 Nebenwurzeln gebildet; am 19. keimte ein etwas älteres Korn und entfaltete bereits am 21. das

im Spalt des Cotyledons verborgene Federchen; dagegen waren die jüngsten Samen jetzt sämmtlich von Fäulniss ergriffen. Am 23. keimte der erste Samen aus einer älteren Kapsel von bläulich schwarzer Farbe und ziemlich entwickeltem weissem Embryo und durchbrach am 24. die Erde; an demselben Tage zeigte sich auch ein Federchen aus der ältesten Kapsel; von den mittleren hatten alle Samen zahlreiche Wurzeln und mehrere Blättchen entwickelt; von den jüngsten hatte keines, von den ältesten nur wenige gekeimt. Die Keimpflänzchen gediehen vortrefflich und am 8. September, am 27. Tage nach der Aussaat, wo der Versuch beendet wurde, hatten fast alle Samen gekeimt, mit Ausnahme der jüngsten, von denen keiner gekeimt hatte. Es ergab sich daraus, dass bei *Canna orientalis* die Keimfähigkeit den Samen nicht nur vor der Reife, sondern sogar schon in einem sehr frühen Entwicklungsstadium zukömmt, sobald nämlich der Embryo ziemlich ausgebildet ist und die Kernhöhle zum grössten Theil ausfüllt, wenn auch das Eiweiss noch sehr weich und feucht, die Testa zart und bleich ist. Während kein Same vor diesem Moment keimt, so entwickeln sich fast alle älteren, und zwar keimen die älteren Samen bei weitem später als die jüngeren, sowie überhaupt die unreifen Samen bei *Canna* auffallend rascher zu keimen scheinen als die vollkommen entwickelten. Denn reife Samen pflegen nicht unter 14 Tagen, jährige sogar erst nach vielen Wochen oder selbst Monaten aufzugehen; dagegen hatten mir die unreifen alle vom 4. bis 11. Tage ihr Würzelchen entwickelt. Was die Lebenskräftigkeit der aus ihnen gezogenen Pflänzchen betrifft, so zeigten sie keine geringere Gesundheit und Frische, als die aus reifen gewachsenen; und zwar hatten sich am schönsten und kräftigsten die Pflänzchen entwickelt, die aus einer mittleren Reifungsstufe herstammten; ihnen standen in dieser Beziehung sowohl die älteren, als auch die jüngeren nach, indem dieselben nicht über das zweite Blatt entfaltet hatten, wo jene schon das dritte zeigten. Dagegen waren alle aus den jüngsten Samen gezogenen Pflänzchen hinfällig und schwächlich und gediehen kaum über das erste Blatt.

Von je 20—50 in 12 Furchen gesäten und aus 12 Kapseln von verschiedenem Alter genommenen Samen von *Oenothera speciosa*, die am 16. August in die Erde gelegt wurden, zeigte sich folgende Entwicklung. Die Furchen A—C enthielten sehr unreife, weisse bis blassröthliche Samen mit wenig oder gar nicht entwickeltem Embryo; die von D—G mittlere mit bräunlich rother Samenschale

und ziemlich entwickeltem Embryo; die von H—K näherten sich der Reife. Es zeigten sich keimend aus

A	B	C	D	E	F	G	H	I	K	
—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	am 22. Aug., 6 Tage n. d. Aussaat.
—	—	—	—	—	—	2	3	—	—	am 24. August.
—	—	—	1	1	—	2	4	—	—	am 25. August.
—	—	—	2	2	—	2	4	—	2	am 26. August.
—	—	—	3	5	2	6	10	4	18	am 31. August.
—	—	—	3	5	2	12	12	9	29	am 2. September.
—	—	—	8	7	9	24	34	30	48	am 8. September.
—	—	—	12	8	13	28	24	35	50	am 27. September.

wo der Versuch beendet wurde. Also auch bei *Oenothera* keimen unreife Samen aus früheren Entwicklungsstadien, sobald nur der Embryo den grössten Theil der Testa ausfüllt, wenn auch diese feucht und bleich, der ganze Same noch voll Flüssigkeit ist; Samen, die noch nicht so weit entwickelt waren, keimten gar nicht; von den älteren die meisten. Und zwar entfalteten sich zuerst jüngere Samen; dagegen entwickelten sich die Keimpflänzchen in grösserer Anzahl aus älteren Stadien, doch waren alle aus den unreifen Samen gezogenen Pflänzchen im Allgemeinen gesund und kräftig; in der Energie des Wachsthum's liess sich kein festes Gesetz auffinden; sicherlich waren die reifsten nicht gerade auch immer die kräftigsten, oder die jüngeren die schwächlichsten. Die so erzielten Pflänzchen erhielten sich bis Mitte October, wo ich sie, da ich Breslau verliess, in Stich lassen musste. Die Temperatur wechselte, wie bei *Canna*, während der Beobachtungszeit von 13,20° bis 16,93° R. Das Maximum der Wärme war 24,7°, das Minimum 10,9°; mittlere Temperatur während der ganzen Beobachtungszeit 10,15° R.

Von *Colutea arborescens* wurden am 15. Sept. Samen aus allen Stadien mit Ausnahme der jüngsten eingesät. Ihre Farbe wechselte von grün bis schwarz, die des Embryos von grün bis weisslich gelb. Da die Temperatur der Keimung nicht mehr günstig war (die mittlere Tageswärme variierte von 7,53°—13, 53°; Maximum der Temperatur war 16,52°, Minimum 4,3° R., mittlere Temperatur während der ganzen Beobachtung 9,15°), so hatte bis zum 24. kein Same gekeimt. Desshalb schälte ich von je 2 Samen aus jeder Reihe die Schale los und steckte die Würzelchen in die Erde, während die Cotyledonen in die Luft hinausragten. Schon am folgenden Tage zeigte sich das Wachsthum der Würzelchen; die Cotyledonen entfalteten sich sehr kräftig in Luft und Licht und zwar alle aus allen Reihen, ohne dass ein Unterschied zwischen den ein-

zelenen Altersstufen deutlich wurde. Bei den kleinsten Samen blieben die Cotyledonen grün, bei den reiferen waren sie gelb und erhielten erst allmählig ihre grüne Färbung wieder. Auffallend war mir dabei ein Same mit 3 Cotyledonen: ein Fall, den ich auch bei *Phaseolus vulgaris* bemerkt habe. Hier waren die 3 Cotyledonen im Kreise eingefügt und bildeten gegen einander rechtwinklige Flächen. Auch beweist das obige Experiment, dass die Samenschalen keineswegs zum Gelingen des Keimungsactes nothwendig sind, ja dass dieser vielmehr stets rascher eintritt, sobald man den Zutritt des Wassers durch Entfernung, oder wenigstens durch Einschneiden der Testa erleichtert. Auf diese Weise konnte ich viele, in der Regel sehr langsam keimende Samen, wie *Canna*, alte Lupinen u. s. w. binnen wenigen Tagen zur Entwicklung bringen.

Um nicht durch Beschreibung der einzelnen, bei anderen Versuchen gemachten Erfahrungen zu ermüden, wegen deren ich wieder auf meine Dissertation verweise, so begnüge ich mich, die Namen der Pflanzen aufzuführen, bei denen von Anderen und auch von mir unreife Samen bisher keimend beobachtet wurden. Es sind dies: *Secale cereale* (nach Göppert und Kurr?); *Zea Mays*, *Sorghum saccharatum*, *Canna orientalis* und *indica*, *Amaranthus caudatus* (nach mir); *Fraxinus Ornus* (nach Duhamel); *Willoughbeia speciosa* (nach v. Martius); *Salvia verbascifolia*, *Ipomea purpurea*, *Datura quajacinensis*, *Capsella Bursa pastoris* (nach mir); *Raphanus sativus* (nach Lefebure, Keith und mir); *Cucumis sativa*, *Momordica Elaterium*, *Dianthi species?* *Althaea officinalis*, *Ricinus communis*, *Oenothera speciosa*, *Pyrus Malus* (nach mir); *Cytisus Laburnum*, *Sophora japonica*, *Ervum Lens* (Seiffert); *Phaseolus vulgaris* (nach Seiffert und mir); *Pisum sativum*, *Vicia Faba* (nach Seiffert); *Lupinus Cruikshankii*, *albus*, *luteus*, *angustifolius* (nach mir).

Bei allen diesen — und ich glaube nicht zu viel zu sagen, da ich bei keiner von mir untersuchten Pflanze eine Ausnahme fand, — bei den meisten Pflanzen fallen Reife und Keimfähigkeit nicht zusammen; diese geht jener mehr oder minder voran. Um wie viel, lässt sich allgemein nicht genau bestimmen; nur dass der Embryo den grössten Theil der Testa oder der Kernhöhle ausfülle, ist unumgänglich erforderlich; damit zusammen trifft gewöhnlich eine gewisse Dichtigkeit oder das Verschwinden des Albumens. Genauere Kennzeichen lassen sich bei den unmerklichen Uebetgängen zwischen je zwei Stadien kaum angeben.

In welchem Verhältniss die Geschwindigkeit des Keimens zur Reife steht, wage ich nicht genau zu bestimmen. Im Allgemeinen vermag man nicht daraus, dass unter dem Einfluss einer gewissen Bedingung der Same früher oder später als gewöhnlich gekeimt hat, den Schluss zu ziehen, dass diese Bedingung der Keimung förderlich oder nachtheilig sei. Denn auch ohne dies beobachtet man, dass wenn möglichst gleiche Samen in möglichst gleiche Verhältnisse gebracht werden, doch zwischen dem Keimen der ersten und letzten mehrere Tage, ja Wochen dazwischen liegen. Nur durch Annahme von unbekannten Einflüssen, oder Idiosynkrasien der Samen lässt sich diese Erscheinung erklären. Nur so ist es auch begreiflich, dass fast ebenso viele und ebenso ausgezeichnete Beobachter einen fördernden, als einen nachtheiligen Einfluss des Lichtes, der Electricität oder jeder andern beliebigen Einwirkung für das Keimen beobachtet haben. Ich habe mir Tabellen entworfen, nach denen es vom Wasser bis zur Blausäure fast keinen Stoff giebt, von dem nicht die Einen behauptet hätten, dass er das Keimen beschleunige, die Anderen, dass er es verhindere. Auch dass unreife Samen rascher keimen, haben Duhamel und Sennebier beobachtet, eine Verspätung fanden Lefebure (?), Treviranus (?), Seiffert, Göppert. Ich selbst habe bei *Canna*, *Oenothera*, Lupinen und anderen ein mittleres Stadium im Reifungsprocesse beobachtet, in dem die Samen sich am schnellsten entwickelten; von da aufwärts und abwärts die reifen und die weniger ausgebildeten schienen mir langsamer zu keimen. Ob dieses Gesetz allgemein gilt, weiss ich nicht.

V. Ueber die Ursachen, warum unreife Samen keimen.

Wenn nun untersucht werden soll, aus welchen Gründen unreife Samen schon keimfähig sind, so vermag ich auch diese Frage nicht absolut zu entscheiden. Es sind hier zwei Möglichkeiten; für beide sprechen gewichtige Gründe. Entweder sind die nach dem Momente der eintretenden Keimfähigkeit beim Reifen gebildeten Substanzen zum Keimen überflüssig, oder sie werden noch in der Erde durch Nachreifen nachgebildet.

Die erstere Ansicht wird von DeCandolle*) und anderen Schriftstellern getheilt; nach ihnen ist die Aufhäufung des Amylums, die Austrocknung und Verhärtung des Zellgewebes nicht zum Keimen, sondern nur zur Erhaltung des Samens gegen äussere Einflüsse erforderlich.

*) DeCandolle l. c. II. p. 180. 321.

Hiefür spricht nicht nur die Analogie mit vielen anderen Vorgängen im Pflanzenleben, wie mit der schon vor der Reife eintretenden Irritabilität des Pericarps bei *Momordica Elaterium*, *Impatiens Noli tangere* etc., sondern auch und vorzüglich der Keimungsprocess selbst, der wesentlich darin besteht, dass eine grosse Menge Kohlensäure aus dem Kohlenstoff des Amylums gebildet, ausgehaucht und dadurch der Same selbst des grössten Theils der während der letzten Reifungsperiode gebildeten Substanzen wieder entledigt wird*). Es wäre daher nicht wunderbar, dass die Samen auch dann schon keimen könnten, wenn diese Substanzen noch nicht gebildet wären, da dieselben ja doch nachher wieder in der Gestalt von Kohlensäure ausgeathmet würden.

Doch lässt sich auch gegen diese Schlussfolgerung vieles einwenden. Sie ist nicht anders, als ob jemand deshalb die von einem erwachsenen Manne täglich aufgenommene Speise für überflüssig erklären wollte, weil sie nachher, in Gase verwandelt, ohne Vermehrung des Körpergewichtes wieder ausgehaucht würde. Dass die während des eigentlichen Reifens gebildeten festen Substanzen zur

*) Aus einer von Schleiden und Schmidt angestellten chemischen Untersuchung von *Vicia sativa* (Froriep's Notizen 1847. Nro. 27.) ergibt sich, dass die Samen, die vor dem Keimen 0,046 Gramm. trockener Substanz enthielten, nachdem sie sich zu zweiblättrigen Pflänzchen entfaltet hatten, nur 0,035 Gramm. wogen, also 24 Procent durch Ausathmen verloren hatten. Es ist jedoch nicht anzunehmen, dass die Keime während der ganzen 18tägigen Periode keine neue Nahrung zu sich genommen haben, wie schon aus der Vergleichung der anorganischen und organischen Bestandtheile hervorgeht; während diese nämlich um 0,118 Gramm. = 26,5 Procent abnahmen, nahmen jene um 0,00075 Gramm. zu. Da nun offenbar während der Keimungszeit nicht blos anorganische, sondern auch die mit ihr stets verbundene organische Substanz von der Pflanze aufgenommen wurde und nur jene unvermindert zurückbehalten, diese theils ausgeathmet, theils zum Ersatz des Verlustes beim Keimen verwendet wurde, so muss zu den obigen 0,118 Gramm. noch eine den 0,00075 Gramm. anorganischen Stoffes entsprechende Quantität organischer Materie hinzugerechnet werden. Nimmt man als Verhältniss zwischen diesen beiden das Durchschnittliche von 93:7 Proc., so ergibt sich:

die Samen enthalten an organischer Substanz 0,044 Gramm.

sie nahmen während 18 Tagen noch auf „ ca 0,009 Gramm.

ca 0,053 Gramm.

am Ende des Experiments enthielten sie „ 0,033 Gramm.

also hatten sie während d. Keimens verloren ungefähr 0,029 Gramm. = 45 Proc. Diese 20 Gramm. scheinen demnach für das Keimen überflüssig. Auch Boussingault schätzt den Verlust der Erbsen und Weizenkörner auf die Hälfte. Landwirthschaft. Band I. p. 26.

Erhaltung der Keimfähigkeit der Samen nicht unumgänglich notwendig sind, beweist ein Experiment von mir, nach dem ausgetrocknete, unreife Lupinen, die dadurch 75 Procent ihres Gewichts verloren hatten, nach 14 Tagen und gewiss auch noch länger keimfähig waren. Umgekehrt sollen auch viele völlig reife Samen das Austrocknen nicht ertragen, sondern dadurch ihre Keimfähigkeit verlieren; so *Zizania aquatica*, *Coffea**) u. a. Andererseits muss offenbar die Verbrennung einer solchen Masse von Kohlenstoff und die dadurch herbeigeführte Wärme vom höchsten Einfluss beim Keimen sein**); fehlt der Brennstoff, so könnte auch diese Wärme nicht erzeugt werden. — Von dieser Art erheben sich noch mehrere Bedenken; doch lässt sich wegen Mangel an Beobachtung darüber nicht vollständig entscheiden.

Auf der anderen Seite könnten die gewöhnlich an der Mutterpflanze während des Reifens gebildeten Substanzen sich auch in der Erde von selbst nachbilden, d. h. die Samen könnten vielleicht auch in der Erde nachreifen. Diese Ansicht ist von mehreren Beobachtern, namentlich von Theophrastus***), Lefebure†) und Duhamel††) zur Erklärung des Keimens unreifer Samen aufgestellt worden. Der letztere hat auch beobachtet, dass Wallnüsse aus dem Stadium, wo der Embryo nur ein schleimiges, durchsichtiges Gewebe ist, sich von selbst ebenso entwickelt hätten, als wenn sie auf dem Baume gereift wären†††). In einem trockenen Orte gehalten, wurde der Same kleiner, als gewöhnlich; im feuchten, wie in einem Keller aufbewahrt, erreichte er seine gewöhnliche Grösse.

VI. Ueber das Nachreifen unreifer Samen.

Diese Beobachtung spricht ganz unzweifelhaft dafür, dass die unreifen Samen wenigstens dann nachreifen können,

*) Treviranus Physiologie II. p. 574. Den Kaffee sah jedoch Gleichen drei Wochen nach der Ernte keimen. „Das Neueste aus dem Reiche der Pflanzen“ 1764. p. 23. Auch nach einer mündlichen Nachricht, die ich Hrn. Dr. Herrmann Karsten verdanke, soll der Kaffee unter den Tropen erst Wochen nach der Reife gesät werden.

**) Vgl. Göppert über Wärmeentwicklung in d. lebenden Pflanze. Wien 1832.

***) Theophrastus, de causis plantarum IV. 7.; er erklärt durch diese Nachreife die von Röper „Cours complet ou diction. d'agriculture, Article: Espèce“ der *Avena fatua* zugeschriebene Erscheinung, dass von 2 Samen der $\alpha\gamma\iota\lambda\sigma\psi$ der eine sofort, der andere gewöhnlich erst im zweiten Jahre keime.

†) Lefebure Expér. sur la germin. p. 24.

††) Duhamel des sem. et plant. p. 101.

†††) Mirbel El. de Bot. et de Phys. veg. I. 320.

wenn sie von der Pflanze getrennt, aber von der Frucht eingeschlossen sind.

Auch wird dasselbe durch viele andere Erfahrungen bewiesen. Dass unreife Früchte nachreifen können, ist bekannt; aber unreife Früchte enthalten unreife Samen, und doch weiss jeder, dass die von einer nachgereiften Citrone oder Birne umschlossenen Samen eben so vollkommen entwickelt sind, als die auf dem Baume zur vollständigen Entwicklung gelangten. Auch ich habe mich mehrfach bei Bohnen, Canna und anderen Kapseln und Hülsenfrüchten überzeugt, dass, wenn nur eine zu schnelle Austrocknung verhindert wird, die unreifen Samen, von ihnen umschlossen, vollkommen nachreifen. Man hat selbst dieses Verfahren dazu benutzt, um schwer reifende Samen sicherer zur Vollendung zu bringen, indem man die Kapseln vor der Reife abschnitt, wie Tournefort*) bei *Lilium album* und Kühlmeier bei *Velltheimia capensis* und einigen Orchideen gethan haben**).

Ob jedoch unreife Samen auch dann nachreifen können, wenn sie nicht blos von der Mutterpflanze, sondern auch aus dem Pericarp gelöst werden, das hängt vornehmlich von dem Einflusse ab, den man dem letzteren in den eben erwähnten Fällen auf die Nachreife der Samen zuschreibt. Es ist allerdings möglich, dass die im Innern der Frucht nachreifenden Samen von derselben zum Theil ernährt werden können. Erwägt man jedoch die bei der Reife der Samen bereits erwähnten Erscheinungen: dass der Nabelstrang um diese Zeit ganz ausgetrocknet sei, dass die Grösse abnehme, das Wasser verdunste und noch andere Anzeichen bekannt seien, durch welche das Hinüberführen neuer Nahrungssäfte um diese Epoche höchst unwahrscheinlich wird; fasst man dazu in's Auge, dass bei sehr vielen Früchten die Samen sehr zeitig und schon vor der Reife sich entgliedern***), so wird es auch wahrscheinlich, dass die Wirksamkeit des Pericarp bei der Nachreife der Samen im Allgemeinen vorzüglich darin bestehe, dass es die allzurasche Verdunstung der eingeschlossenen Feuchtigkeit verhindert. Diese nämlich ist die erste und unumgänglichste Bedingung der Reife; denn wie in der Chemie, so gilt auch in der Physiologie als allgemeines Gesetz „corpora non agunt nisi fluida“. Auch spricht dafür die Bemerkung Duhamel's, dass die im Fruchtfleisch eingeschlossenen Wallnuss-

*) DeCandolle l. c. II. 324.

**) Vgl. Aubert du Petit Thouars Ann. de la Soc. d'hortic. de Paris IV.

***) Endlicher u. Unger, Grundzüge der Botanik. §. 849.

kerne nur dann vollständig reiften, wenn sie im Feuchten aufbewahrt wurden, weil nämlich selbst das dicke Pericarp sonst nicht hinreichte, um die Verdunstung zu hemmen.

Wirkt aber das Pericarp auf den nachreifenden Samen vorzugsweise als Schutz gegen das Vertrocknen, so ist es allerdings nicht unwahrscheinlich, dass die Processe des Heranreifens eben so gut von statten gehen können, wenn diese Verdunstung auf andere Weise, etwa durch feuchte Erde, verhindert wird. Diese Ansicht gewinnt um so mehr an Wahrscheinlichkeit, wenn man die sich bis in's einzelne zeigende Analogie zwischen dem Reifen der Frucht und des Samens verfolgt und an das Nachreifen der ersteren denkt. Dennoch können solche theoretische Schlussfolgerungen erst dann Beachtung beanspruchen, wenn sie durch Beobachtungen unterstützt werden.

Und in der That habe ich gefunden, dass ein gewisses Nachreifen beim Samen auch dann ohne allen Zweifel stattfindet, wenn er aus dem Pericarp gelöst und in die Erde gelegt wird. Bewahrt man nämlich unreife Samen aus verschiedenen Entwicklungsstufen im Feuchten, so zeigt sich nach einiger Zeit eine Veränderung in der Farbe der Samenschalen; diese Veränderung schreitet stetig von Tag zu Tag fort und endet bei den höher entwickelten Samen, wo der eigentliche Reifungsprocess schon begonnen hat, damit, dass der Samen die Farbe, den Glanz und das ganze Ansehen reifer Samen erlangt. Die minder entwickelten versuchen ebenfalls die beim normalen Reifen eintretende Farbenscala zu durchlaufen, aber sie erreichen erst spät oder gar nicht den eigentlichen reifen Habitus. Die kleinsten Samen endlich zeigen diese Erscheinungen wenig oder gar nicht; sie entfärben sich bald und verfaulen.

Diese Veränderungen werden bei allen unreifen Samen, die keimfähig sind, beobachtet, so dass die frisch durch die Farbe deutlich unterschiedenen Samen früher oder später eine gleiche Färbung bekommen. So waren alle in dem bereits beschriebenen Versuche angewendeten Samen von *Canna orientalis* am Ende desselben ohne Ausnahme schwarz geworden.

Ueberhaupt zeigt sich bei *Canna* dies Phänomen sehr schön, da die bleiche Farbe der unreifen von dem glänzenden Schwarz der reifen Samen so sehr absticht. Weisse Samen von genügender Grösse zeigen in der Erde, oder einem sonstigen der Luft und Feuchtigkeit zugänglichen Orte bald schwarze Flecken; bald darauf wird die ganze Testa schwarz und nach einigen Tagen sind die Samen kaum von reifen zu unterscheiden. An einem trockenen Orte dagegen werden die Samen runzelig und missfarbig. Ebenso werden die weissen Aepfel- und Birkerne im Feuchten allmählig schwarz; die unreifen purpurrothen Amaranthussamen werden dunkelbraun, die noch unreiferen blassgelben werden röthlichgelb; die in der Jugend rothbräunlichen von *Polygonum tataricum* schwarz. Dieselbe Beobachtung machte ich an den Samen von *Colutea*. Selbst die gefleckte Farbe der Testa kann sich durch Nachreifen bilden, wie ich bei bunten Bohnen und Lupinen gesehen habe.

Am auffallendsten zeigte sich diese Nachreife bei *Koelreuteria paniculata*, von der ich am 12. Sept. 7 Samen in feuchten Sand legte; alle waren unreif, grün, in grünen Kapseln, jedoch von verschiedenem Alter und Grösse. Am folgenden Tage waren die reiferen Samen schön orangeroth, später purpurroth geworden; kleinere waren rothgelb mit rothen Flecken; die vom Sande nicht ganz bedeckten Stellen der Samen zeigten sich dunkler gefärbt. Dies scheint zu beweisen, dass zu diesen Nachreifungsprocessen die Gegenwart der Luft vorzüglich wirksam ist, was auch dadurch unterstützt wird, dass solche Samen in einem tiefen Glase Wasser keine Nachreife zeigten. Nach 3 Tagen wurden die Samen von Neuem untersucht; die kleinsten waren noch immer am unteren Theile grün, am oberen, der Luft ausgesetzten röthlich gelb; ein grösserer Same war gelb mit dunklen Flecken, ein vierter purpurroth, ein fünfter auf der einen Seite schwarz, auf der anderen vom Sande bedeckten purpurroth; der sechste und siebente zeigte überall und gleichmässig das schönste und glänzendste Schwarz. Hier war offenbar unter Einwirkung des Sauerstoffs der Luft und der Erdfeuchtigkeit eine Nachreife eingetreten, in der die Farbe genau dieselben Nuancen in derselben Ordnung durchlief, als ob die Samen in den Kapseln geblieben wären. Nach einigen Tagen waren alle Samen schwarz geworden, mit Ausnahme der kleinsten, welche gelb blieben und bald darauf verfaulten.

Ob dieser Nachreife der Testa bei den unreifen Samen, die, obwohl bisher gänzlich übersehen, doch ein allgemeines Gesetz zu sein scheint, eine innere Umwandlung des Samens genau entspricht, wage ich nicht als gewiss zu behaupten, da das chemische Verhalten seiner einzelnen Bestandtheile noch nicht hinreichend erforscht ist. Nicht unwahrscheinlich wird dies jedoch, wenn man bedenkt, wie genau bei dem normalen Reifen der Samen und Früchte, sowie beim Nachreifen der letzteren, diese chemischen Umwandlungen mit den Farbenveränderungen Schritt zu halten pflegen. Es wäre unerklärlich, wie ein Theil des Samens bei der unterirdischen Nachreife, die ja nichts als eine Reife an ungewohntem Orte ist, zur vollkommenen Entwicklung gelangen könne, ohne dass die übrigen eine entsprechende Veränderung erlitten. Dennoch möchte ich nicht behaupten, dass diese Nachreife der inneren Substanzen bei allen Samen völlig in derselben Weise stattfinde, als bei denen, die mit der Mutterpflanze noch zusammenhängen. Zwei Bedingungen nämlich fehlen in der Erde, die bei der Reife von grösstem Einflusse sind, die Austrocknung und die genügende Wärme.

Hiermit erledigt sich auch von selbst die Frage, ob das Keimen unreifer Samen durch die Nachreife derselben in der Erde bewirkt wird, wie Theophrast, Duhamel und Lefebure angenommen, aber nicht bewiesen haben. Dass im unreifen, von der Erde umschlossenen, dem Wasser, der Wärme und der Luft ausgesetzten Samen ganz ähnliche Processe beginnen, wie die bei der normalen Reife stattfindenden, beweist der Augenschein, die Farbenveränderung

der Testa. Wie weit diese Processe aber nach Innen vorwärts schreiten, wann sie enden und wie sie in die eigentliche Thätigkeit des Keimens übergehen, darüber ist im Augenblick ein Urtheil zu fällen unmöglich. Möchte nicht die Keimung selbst vielleicht als eine Art von Nachreife in der Erde zu betrachten sein, die an dem in der Frucht ausgetrockneten Samen nur durch den Mangel der Feuchtigkeit auf einige Zeit unterbrochen wurde? Vielleicht sind die Veränderungen des unreifen Samens beim Keimen denen analog, die bei einem in der Pulpa eines fleischigen Pericarps keimenden vor sich gehen. Bei beiden ist keine Austrocknung, also auch keine Unterbrechung der Vegetation möglich; daher können bei beiden nicht alle Eigenschaften und Bildungen der Nachreife zu Stande kommen, da ihre Hauptursache, das Austrocknen, nicht vorhanden ist. Wie sich nun aber bei beiden die Processe des Reifens und Keimens verhalten, das mögen Andere entscheiden.

VII. Allgemeine Resultate.

Ob diese Beobachtungen, durch die, wie ich glaube, die Keimfähigkeit unreifer Samen allgemein nachgewiesen ist, auch einen praktischen Nutzen für die Gartencultur haben können, weiss ich nicht. Doch möchten vielleicht seltenere exotische Pflanzen, die bei uns nur schwer reife Früchte bringen, sich auch durch unreife Samen fortpflanzen lassen. Wie günstig der Erfolg bei *Sophora japonica* war, hat uns Seiffert's Beobachtung*) gelehrt. Möchten zahlreiche Versuche auch auf practischem Gebiete das entscheiden, was theoretisch ausser allen Zweifel gesetzt ist.

Dass eine Aussaat unreifer Samen für den Ackerbau nützlich werden könne, wage ich noch weniger zu behaupten. Dass diese Methode bei einer tropischen Pflanze in Brasilien, der *Willoughbeia speciosa*, allgemein im Gebrauch ist, hat uns v. Martius gelehrt**). Auch Göppert meint, dass es Fälle geben könne, wo wegen nicht vollendeter Reife der Samen die Anwendung unreifer zur Aussaat von Vortheil sein möchte. Vielleicht möchte auch dadurch die Cultur mancher Pflanze erleichtert werden, deren Bau bei uns, wegen der unter unserm Himmel nicht zur Reife gelangenden Samen, unmöglich ist. Vom wissenschaftlichen Standpunkte zeigt sich ein anderer Gesichtspunkt. Dass der thierische Fœtus schon vor der normalen Geburt lebens- und entwicklungsfähig sei, wissen wir längst. Dasselbe haben wir jetzt auch für das Pflanzenreich bewiesen. Dadurch haben wir zu der auffallenden, bereits einem Malpighi bekannten Analogie, wenn auch nicht gerade Verwandtschaft, zwischen den Zeugungsphänomenen der Pflanzen und Thiere einen neuen Beitrag geliefert.

Fassen wir den wesentlichen Inhalt dieser Abhandlung in wenigen Sätzen zusammen, so ergiebt sich:

*) l. c. Flora 1835.

**) Man glaubt dort, dass auf diese Weise gezogene Pflanzen bessere und minder schleimige Früchte trügen. Protokolle der Naturforscherversammlung zu Stuttgart in Flora 1835. p. 5.

1. Wie bei den Früchten, so scheinen auch beim Reifen der Samen 2 Perioden getrennt werden zu müssen; die sich durch die wesentlichsten Eigenschaften unterscheiden.

2. In der ersten wiegt das Wachstum vor, indem der Same durch den Nabelstrang Säfte aus der Mutterpflanze an sich zieht und von dieser abhängig ist und ernährt wird.

3. Allmählig vertrocknet der Nabelstrang; da durch denselben allein der Same mit der Mutterpflanze zusammenhängt, so wird das Herbeiführen neuer Nahrungsstoffe täglich mehr gehemmt.

4. Dadurch wird die zweite Periode, die der eigentlichen Reife herbeigeführt, in der die bisher aufgesogenen Nahrungsstoffe unter Verdunstung des Wassers und Einwirkung der Luft in Stärke*), Oel, Protein, Alkaloide, Mucilagoarten und die übrigen, reifen Samen eigenen Substanzen umgewandelt werden.

5. Diese Prozesse gehen mehr oder minder unabhängig von der Mutterpflanze vor sich, da während dieser Periode keine neuen Säfte weiter zugeführt werden, wie die Austrocknung und Erhärtung des Zeligewebes, das Verschwinden des feuchten Glanzes, das Verschmelzen der Samenhäute, die Zunahme des specifischen Gewichts, die Abnahme der Grösse und anderes beweisen.

6. Das Volumen der Samen nimmt während der Periode des Wachstums beständig, aber nicht stetig zu, bis es ein Maximum erreicht; mit Beginn der eigentlichen Reife nimmt es sehr rasch ab, so dass die reifsten Samen bei sehr vielen Pflanzen kaum grösser als sehr junge sind.

7. In Beziehung auf die Austrocknung lassen sich 3 Grade unterscheiden: der erste, wo die unreifen Samen durch Austrocknen mehr oder minder runzelig und bedeutend kleiner werden; der zweite, wo die Samen durch Austrocknen viel kleiner, aber nicht mehr runzelig werden, obwohl sie inwendig noch unreif sind; der dritte, wo die Samen erst in längerer Zeit wenig kleiner, gar nicht runzelig werden, innen aber reif sind.

8. Das specifische Gewicht wächst nicht stetig mit der Entwicklung der Samen, sondern scheint in den verschiedenen Entwicklungsstufen zu variiren; es ist weder bei allen reifen Samen grösser als 1, noch sind alle Samen, die schwerer als Wasser sind, reif.

9. Die Reife scheint bei vielen Samen von oben nach unten fortzuschreiten.

10. Da das eigentliche Reifen des Samens von der Mutterpflanze

*) Dass nicht alle Samen Amylum enthalten, ist bekannt, obwohl es oft genug, als sich von selbst verstehend, angenommen wird. Selbst unter den Leguminosen, deren Samen doch vorzugsweise als stärkhaltig betrachtet werden, findet sich ausschliesslich Amylum nur in der Abtheilung der *Viciaceen*; dagegen wird es ganz oder grösstentheils durch fette Oele substituiert in den Abtheilungen der *Loteen* und *Hedysareen*; selbst in der Abtheilung der *Phaseoleen* findet sich neben vielem Amylum auch Oel in verschiedenem Verhältniss (*Arachis hypogaea* u. a.). Ueberhaupt scheinen sich Oel und Stärke in den Samen und selbst in den Sporen (*Chara*) in jedem beliebigen Verhältniss, bis zum Verschwinden des einen, substituiren zu können.

unabhängig ist, so scheint anzunehmen, dass es auch eintreten werde, wenn der Samen von derselben getrennt ist, d. h. die Samen scheinen nachreifen zu können.

11. Dass Samen, die von der Mutterpflanze getrennt, aber vom Pericarp eingeschlossen sind, nachreifen, ist gewiss.

12. Dass Samen, die von der Mutterpflanze, sowie von dem Pericarp getrennt sind, in gewissen äusseren Eigenschaften, besonders in der Farbe der Testa nachreifen, ist gewiss; und zwar durchläuft die Farbe in der Erde dieselben Nuancen, durch die sie bei der normalen Reife geht.

13. Ob dem Nachreifen der Testa ein Nachreifen der inneren Substanzen des unreifen Samens genau entspricht, ist nicht unwahrscheinlich, jedoch noch nicht bewiesen.

14. Die Keimfähigkeit fällt gewöhnlich mit der Reife nicht zusammen, sondern geht ihr voraus.

15. Bei sehr vielen Pflanzen aus allen Familien, wohnt die Keimfähigkeit schon sehr frühen Entwicklungsstadien bei, jedoch scheint ein die Samenhöhle zum grössten Theil ausfüllender Embryo und ein entweder absorbirtes, oder etwas erhärtetes Eiweiss zur Entwicklung unumgänglich nothwendig zu sein.

16. Im Allgemeinen sind aus unreifen Samen gezogene Keimpflänzchen nicht schwächer, als die aus reifen.

17. Am schnellsten scheinen Samen aus einer mittleren Reifungsstufe, ältere und jüngere langsamer zu keimen.

18. Ob unreife Samen darum keimen, weil die während des Reifens gebildeten Stoffe für diesen Act unnöthig sind, oder weil sie durch Nachreifen in der Erde nachgebildet wurden, lässt sich noch nicht entscheiden.

A n z e i g e.

Ich habe nach meiner fast jahrelangen Abwesenheit von Breslau viele freundliche Zuschriften und Zusendungen vorgefunden, deren Erwiderung, wenn ich sie nach Gebühr ausführen und Alles, was mich dabei näher berührt, sogleich mit aufnehmen wollte, die Erledigung dieses mir nahe am Herzen liegenden Geschäfts bei der Menge von Berufsgeschäften, die noch auf mich warten, weit länger verzögern würde, als meine Verpflichtung gestattet.

Daher mögen denn diese vorläufigen Worte den Empfang melden und den herzlichen Dank, wozu mich liebe Worte und sehr werthe Gaben verbinden, aussprechen. Was ich noch weiter hinzuzufügen habe, werde ich entweder diesem Blatt in Kürze anhängen oder einer späteren Beantwortung vorbehalten.

In aufrichtigstem Wohlwollen und Hochachtung

Breslau.

Nees v. Esenbeck.

Redacteur und Verleger: Dr. Fürnrohr in Regensburg.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Flora oder Allgemeine Botanische Zeitung](#)

Jahr/Year: 1849

Band/Volume: [32](#)

Autor(en)/Author(s): Cohn Ferdinand Julius

Artikel/Article: [Beiträge zur Physiologie des Samens 497-512](#)