

Beobachtungen über den Bau und die Keimung des Samens von *Nelumbo nucifera* Gärtn.

Von

Dr. Richard v. Wettstein.

(Mit Tafel I.)

(Vorgelegt in der Versammlung am 7. December 1887.)

Die in mehrfacher Hinsicht höchst merkwürdige Keimung der Samen von *Nelumbo* hat schon wiederholt die Aufmerksamkeit der Botaniker auf sich gelenkt, besonders im Anfange dieses Jahrhunderts, als die Art der Keimung zum Anlass einer Controverse über die systematische Stellung der Gattung *Nelumbo* wurde. Nachdem aber trotzdem manche Verhältnisse noch nicht hinreichend aufgeklärt sind, insbesondere der Bau des Samens selbst bisher nicht Beobachtung fand, benützte ich eine sich mir darbietende Gelegenheit, als im botanischen Garten der Wiener Universität Samen zum Keimen gebracht wurden, um den Gegenstand nochmals zu untersuchen. Die Resultate dieser Untersuchung sollen im Folgenden in Kürze mitgetheilt werden.

Der circa 1·8 Centimeter lange schwarze Samen von *Nelumbo nucifera* Gärtn. ist von ellipsoidischer Form und dabei von relativ bedeutendem Gewichte, welches das Untersinken des reifen Samens im Wasser bewirkt. In der Nähe des einen Poles findet sich die kleine Mikropyle, während eine Oeffnung am anderen Ende des Samens, wie eine solche („trou ombilical“) von Poiteau¹⁾ angegeben wird, stets fehlt. Die Oberfläche des Samens erscheint bei Loupenvergrößerung etwas eingestochen grubig. Der Keimling ist von früheren Beobachtern in der verschiedensten Weise gedeutet worden. Er besteht aus den beiden weissen, dicken schalenförmigen Cotylen (vergl. Taf. I, Fig. 4), die mit Amylum erfüllt sind und zwischen sich einen cylindrischen Hohlraum freilassen.

¹⁾ Mém. s. l'embryo des Gram. Cyp. et du *Nelumbo* in Ann. d. Mus. d'hist. nat., XIII, p. 381 (1809).

In diesen Hohlraum ragt aus dem Grunde des Samens die Plumula, umhüllt von einer überaus zarten Membran. Die Plumula weist ein weit entwickeltes, seitlich eingerolltes Blatt mit scharf eingeknicktem Blattstiele auf, dem gegenüber ein zweites, weitaus kleineres, doch gleichfalls schon vollkommen ausgebildetes und in gleicher Weise eingerolltes und eingeschlagenes Blatt in der in Fig. 1 dargestellten Weise steht. Die weiteren Blätter sind nur rudimentär entwickelt. Beide Primordialblätter sind schon im ruhenden Samen ergrünt, ihre Zellen dicht mit Chlorophyll erfüllt.

Von den meisten Beobachtern wurde die Radicula des Samens vollkommen übersehen, die allerdings nur geringe Ausbildung zeigt. An jener Stelle, wo sich am Grunde des Samens die mächtigen, aber kurzen Stiele der Cotylen berühren, in der Verlängerung der Axe findet sich eine kleine Spalte (Fig. 10), die nach innen führt und an deren Basis die Radicula liegt. Fig. 10 und 11 stellen einen Längsschnitt durch den reifen, noch nicht keimenden Samen dar; derselbe zeigt die höckerförmige, aus durchwegs meristematischen Zellen bestehende Radicula, die immer denselben Grad der Ausbildung zeigt und meist ein im Längsschnitte 12—15zelliges Dermatogen aufweist. Der axilläre Gefässbündelstrang, der das Epicotyl an der Basis durchzieht, setzt sich ein Stück in die Radicula fort, löst sich jedoch bald in Tracheiden auf, die am Längsschnitte durch ihre helle Farbe leicht aus dem umgebenden, stark Licht absorbirenden Gewebe hervortreten und eine kegelförmige Fortsetzung des Epicotyls darstellen. Wir werden später sehen, dass bei der Keimung die Radicula nur ganz kurze Zeit weiter wächst, bald jedoch ganz abstirbt. Aus meinen Beobachtungen geht aber unzweifelhaft hervor, dass die Samen von *Nelumbo* in der Anlage immer eine Radicula, wie die Samen der anderen Dicotylen, besitzen.

Die im Vorhergehenden in Kürze geschilderten und auf Tafel I dargestellten Verhältnisse wurden im Allgemeinen mehrfach beobachtet, jedoch vielfach falschen Deutungen unterzogen.

Die ersten Beobachtungen rühren von Gärtner¹⁾ her, der dem Samen von *Nelumbo* die Cotylen absprach, indem er diese für Speichergewebe hielt. Nach ihm fehlt dem Samen auch die Radicula. Durch diese Deutung getäuscht, erklärte Jussieu²⁾ *Nelumbo* für eine monocotyle Pflanze, indem auch er die Cotylen für Endosperm hielt, jedoch durch die Ueberzeugung von der Nothwendigkeit der Existenz der Cotylen beeinflusst, das grössere Primordialblatt für das Keimblatt erklärte. Uebrigens zweifelte Jussieu selbst an der Richtigkeit seiner Erklärung (l. c., Note). Noch weiter ging Richard.³⁾ Nach ihm ist *Nelumbo* gleichfalls monocotyl; als Keimblatt deutete er jenes zarte Häutchen, das die Plumula umhüllt, während nach ihm die Cotylen ein fleischiges, tief zweispaltiges Würzelchen darstellen. Mehr Klarheit ergaben die Beob-

¹⁾ Gärtner J., De fruct. et semin. plant., I, p. 73, tab. XIX (1788).

²⁾ Genera plantar., p. 68 et 453 (1789).

³⁾ Analyse der Frucht und des Samenkorns, übers. v. Voigt, S. 66, 73, 133 (1811).

achtungen Poiteau's,¹⁾ der die Theile des Samens im Allgemeinen richtig deutete und abbildete, aber die Radicula übersah. Er sagt a. a. O. ausdrücklich: „elle n'existe pas“. Die Mittheilungen Poiteau's erhielten eine wesentliche Ergänzung durch die Untersuchungen Mirbel's,²⁾ der den Nachweis erbrachte, dass den in Rede stehenden Samen die Cotylen keineswegs fehlen, der die Plumula richtig deutete und schliesslich sogar den gegen die Radicula gerichteten zapfenförmigen Fortsatz des axillären Gefässbündels sah, denselben für die Radicula selbst hielt und „radicule latente“ nannte. Wenn Mirbel's Beobachtungen im Einzelnen auch ungenau und fehlerhaft sind, so war er doch der Erste, der die Verhältnisse im Allgemeinen richtig erkannte. Seine Beobachtungen wurden weiterhin von Trecul³⁾ bestätigt und blieben auch bis heute allgemein anerkannt, wenn auch die Angabe, dass die Samen von *Nelumbo* keine Radicula besitzen, häufig wieder auftaucht.

Zur Ergänzung der Angaben Mirbel's mag die Eingangs gegebene Schilderung des Samens dienen. Bisher nicht beobachtet und in mehrfacher Hinsicht interessant ist der Bau der Samenschale, der im Folgenden erläutert werden soll. Die circa 0·8 Millimeter dicke, im ungequollenen Zustande hornige Testa besteht aus vier Gewebeschichten (vergl. Taf. I, Fig. 5), die auffallendst verschieden sind. Die erste, äusserste, ist die Epidermis, die aus gleichen abgeplatteten Zellen mit excentrisch verdickten Membranen besteht und zahlreiche Durchtrittsstellen aufweist (Fig. 5a), die der Oberfläche des Samens ihr grubig-punktirtes Aussehen verleihen. Die zweite Schichte (Fig. 5b) ist die weitaus auffallendste und gleicht vollkommen den Pallisadenschichten in zahlreichen anderen Samen; ihre feinere Ausbildung soll sogleich besprochen werden. Die dritte Schichte (Fig. 5c) ist die mächtigste und besteht aus gegen das Innere immer grösser werdenden abgerundeten Zellen mit grossen Intercellularräumen, deren stark verdickte farblose Membranen von Porenkanälen durchzogen sind und die im Innern einen dunkelbraunen festen Farbstoff enthalten. Derselbe ist körnig, dabei sehr dunkel und verleiht hauptsächlich der Testa ihre Färbung. Mit Eisenchlorid behandelt, färbt er sich blau, deutet mithin auf Gerbstoffe. In Alkohol und Aether, Aetzkali und Chloroform ist er unlöslich. In kochendem Wasser zeigt er sich in sehr geringem Grade löslich. In der Mehrzahl der Merkmale gleicht er mithin dem in den Samen anderer Pflanzen vorkommenden (z. B. *Linum* u. a.⁴⁾). Die vierte, innerste Schichte (Fig. 5d) besteht aus zartwandigen, eng aneinander schliessenden, tangential abgeplatteten Zellen, in 5—8facher Lage, welche den für die Schichte c so charakteristischen Farbstoff, allerdings in homogener Lösung und bedeutend heller, enthalten.

¹⁾ Mém. sur l'embryo des Gram. Cyp. et du *Nelumbo* in Ann. d. Mus. d'hist. nat., XIII, p. 381 (1809).

²⁾ Mém. du Mus. d'hist. nat. 1808, und in Journ. de Physiol., tom. 58. Ders. in Ann. d. Mus. d'hist. nat., tom. XIII, p. 465 ss. (1809).

³⁾ Études anatomiques in Ann. sc. nat., sér. IV, tom. I, p. 159 (1854).

⁴⁾ Vergl. Wiesner J., Rohstoffe d. Pflanzenr., S. 725, Leipzig, 1873.

Die als Schichte II bezeichnete Stäbchenschichte erinnert, wie schon erwähnt, lebhaft an die Pallisadenschichten anderer Samen, insbesondere an die äusserste Pallisadenschichte in der Fruchtschale der *Marsilia*-Arten.¹⁾ Sie besteht aus langgestreckten, 0.2—0.3 Millimeter langen, schmalen, oben abgestutzten, nach unten in eine Spitze auslaufenden, 5—6seitig-prismatischen Zellen, die nahezu lückenlos aneinander schliessen und bedeutend verdickte Zellwände aufweisen, die oft sogar das Zelllumen ganz zum Verschwinden bringen. Meistens ist das Lumen im untersten Theile der Zelle am weitesten, nimmt dann allmählig nach oben ab, wird sogar stellenweise ganz unterbrochen, um sich gegen das obere Ende der Zelle wieder etwas zu erweitern. Zellmembran und Inhalt sind vollkommen farblos. Die Membran erscheint zart und undeutlich längsstreifig. Das auffallendste Merkmal bietet die in den Pallisadenschichten so häufig vorkommende „Lichtlinie“, die etwa in der Mitte der Zellen verläuft. Die folgenden Mittheilungen dürften vielleicht beitragen, das Zustandekommen dieser merkwürdigen Erscheinung etwas zu erklären.

Die Lichtlinie wurde bisher in sehr verschiedener Weise gedeutet. Mettenius²⁾ erklärte sie hervorgerufen durch zahlreiche Porenkanäle, die in sämtlichen Zellen in der Zone der Lichtlinie correspondiren. Er selbst hebt jedoch hervor, dass er die Porenkanäle niemals direct beobachtete. Hanstein³⁾ kam zuerst zu der Ansicht, dass die Pallisadenschichte aus zwei übereinander liegenden Zellreihen bestehe, deren Trennungswände so weit verschmolzen seien, dass sie nur mehr in der Lichtlinie ihren Ausdruck fänden. Später⁴⁾ glaubte derselbe Forscher, dass an der bezeichneten Stelle ein von der primären Membran umschlossener, in der Mitte perforirter Discus von stärkerem Lichtbrechungsvermögen die Verdickungsschichten ganz durchsetze, dass es aber dahingestellt bleiben müsse, ob derselbe als Rest verschmolzener Querwände oder anders aufzufassen sei. Russow⁵⁾ kommt auf Grund eingehender anatomischer und entwicklungsgeschichtlicher Untersuchungen zu der Ansicht, dass „eine Verschiedenheit in der Molecularzusammensetzung der Zellmembran“, eine Differenzirung derselben in Querzonen von verschiedener Dichtigkeit (verschiedenem Wassergehalte) Ursache des Auftretens der Lichtlinie sei. Sempolowski⁶⁾ sah nicht nur darin, sondern auch in einer chemischen Modification der Zellwand die Veranlassung dieser Linie, während spätere Autoren, wie Haberlandt⁷⁾ und v. Höhnelt⁸⁾ sich zum Theile Russow, zum Theile Sempolowski anschlossen.

¹⁾ Vergl. Russow, Vergl. Unters., S. 29 ff., Taf. IV (1872).

²⁾ Beiträge zur Kenntniss d. Rhizocarp., 1846, S. 26.

³⁾ In Monatsber. d. Berliner Akad., 1862, S. 109.

⁴⁾ *Pilulariae globuliferae generatio cum Marsil. comp.*, 1866.

⁵⁾ a. a. O., S. 33.

⁶⁾ Beiträge z. Kenntniss d. Baues d. Samensch., S. 11 (1874).

⁷⁾ Ueber die Entwicklungsgesch. und den Bau des Samens von *Phaseolus* in Sitzungsber. der kais. Akad. der Wissensch. in Wien, 1877, S. 7.

⁸⁾ Ueber die Ursache der Quellungsunfähigkeit der Leguminosensamen, S. 81.

In chemischer und physikalischer Hinsicht zeigt die Lichtlinie in den Samen von *Nelumbo* folgendes Verhalten. Mit Jod und Schwefelsäure behandelt färbt sich die Säulenschichte intensiv blau, die Lichtlinie anfangs gelblich, jedoch später allmählig gleichfalls blau. Eine Beschleunigung der Reaction kann durch gelindes Erwärmen bewirkt werden. Nach Behandlung mit Jod zeigt sich dieselbe Erscheinung, nur tritt hier die Färbung der Lichtlinie viel rascher ein. Bei Behandlung mit wasserentziehenden Mitteln bleibt die Lichtlinie lange unverändert, verblasst aber etwas bei länger dauernder Einwirkung. Nach längerem Kochen in Kalilauge oder Stehen in kalter Kalilauge quellen die Zellen bedeutend auf, anfangs bleibt die Lichtlinie unverändert, verschwindet aber schliesslich, indem die stark aufgequollenen benachbarten Theile der Zelle gleiches Lichtbrechungsvermögen erlangen. Alle diese Thatsachen scheinen für die Richtigkeit der Anschauungen Russow's und Sempolowsky's zu sprechen, und ich möchte auch nicht bezweifeln, dass thatsächlich in der Querzone der Lichtlinie die Zellmembran eine chemisch und physikalisch etwas verschiedene Ausbildung besitzt; die wichtigste Eigenschaft der Lichtlinie, die einerseits ihr Aussehen, andererseits zum Theil das oben geschilderte Verhalten gegen Reagentien erklärt, ferner aber die Bedeutung der Lichtlinie begreiflich macht, ist folgende:

Die Zellen der Säulenschichte sind durchzogen von zahlreichen, in den benachbarten Zellen correspondirenden spaltenförmigen Porencanälen, die auf dem Querschnitte deutlich hervortreten und von der Spitze wie von der Basis der Zelle gegen die Mitte an Zahl und Länge bedeutend zunehmen. Fig. 7 zeigt einen Querschnitt im oberen Theile der Säulenschichte, Fig. 8 einen solchen in der Nähe der Lichtlinie. In der Längensicht der Zellen erscheinen diese Spalten als zarte dunklere Linien, die gegen die Mitte der Zelle immer zahlreicher auftreten und das zart-streifige Aussehen der Zelle bedingen. In der Lichtlinie fehlen diese Poren ganz. Fig. 9 zeigt einen Querschnitt in der Zone der Lichtlinie. Die Membran ist an dieser Stelle in Folge dessen am dichtesten und undurchlässigsten, was ihr Verhalten gegen Reagentien begreiflich macht. Aber auch die stärkere Brechung des Lichtes, die das Aufleuchten verursacht, wird erklärlich, wozu noch der Umstand tritt, dass der Contrast zwischen der weissen Lichtlinie und dem benachbarten streifigen Theil der Zellmembran den Glanz der ersteren erhöht.

Unmittelbar neben der Lichtlinie sind die die Membran radial durchsetzenden Spalten am weitesten und dort scheint auch die Permeabilität für Flüssigkeiten am grössten zu sein, wovon man sich durch einen einfachen Versuch überzeugen kann. Legt man Schnitte durch die Samenschale in irgend ein Tinctionsmittel, so färben sich die Spalten neben der Lichtlinie sogleich aus; von dort dringt die Färbung nach oben und unten in die Zellen ein, während die Lichtlinie erst viel später eine schwache Tinction annimmt.

Noch muss der Umstand hervorgehoben werden, dass unterhalb der auf S. 43 erwähnten Durchtrittstellen der Epidermis auch die Säulenschichte unterbrochen ist (vergl. Fig. 5). Einer durch diese Durchtrittstellen eindringenden

Flüssigkeit ist dadurch die Möglichkeit geboten, dort in die Zellen der Säulenschichte längs der Lichtlinie einzudringen, ein Umstand, auf dessen Wichtigkeit ich sogleich zurückkommen werde.

Nach dieser kurzen Schilderung des Samenbaues soll noch der Beginn der Keimung beschrieben werden, der ja immer mit dem Bau der Integumente des Samens auf das Innigste zusammenhängt.

Sobald der Samen von *Nelumbo* in das Wasser gelangt, bieten sich demselben zwei Eintrittstellen: die Mikropyle und die erwähnten Durchtrittsstellen. Erstere ist erfüllt mit leichtem braunen Filzgewebe, das auch in der Nähe der Mikropyle die Basis der Cotylen umgibt (vergl. Fig. 2). Wie man sich an Samen, die in ein mit irgend einer Anilinfarbe tingirtes Wasser gelegt wurden, leicht überzeugen kann, imbibiren sich die Zellen dieses Gewebes rasch mit Wasser, wodurch die Basis der Cotylen, mithin auch die Anlage der Radicula und die Plumula mit dem zum Beginne der Keimung nöthigen Wasser versorgt erscheint.

Der Eintritt liquiden Wassers in die Durchtrittsstellen der Epidermis bewirkt die Erweichung und das Aufquellen der Samenschale, den zweiten für die Keimung wichtigen Factor. Wie schon oben erwähnt, zieht sich nämlich das Wasser durch die Säulenschichte längs der Lichtlinie hindurch, auf diese Weise die Testa mit einer Wasserhülle umgebend. Auch dieser Vorgang lässt sich bei Anwendung tingirten Wassers leicht verfolgen. Nach circa 24 Stunden erscheinen die Ränder der Lichtlinie gefärbt, nach weiteren 12 Stunden die übrigen Theile der Säulenschichte. Von der Säulenschichte aus erfolgt eine allmähliche und gleichmässige Durchfeuchtung der Testa, die dadurch erweicht und sprengbar wird. Angeregt durch die durch die Mikropyle eingedrungene Feuchtigkeit, quellen die Cotylen auf und nun beginnt sowohl die Entwicklung der Plumula als auch jene der Radicula. In den Oberflächenzellen derselben treten nämlich Zelltheilungen ein, die eine Vermehrung der auf S. 42 erwähnten Dermatogenzellen auf 18—24 bewirken. Das Wachsthum dieser neu entstandenen Zellen ist allerdings sehr gering, erlischt bereits in kurzer Zeit und von nun an bleibt die Radicula unverändert. Fig. 11 stellt die Anlage, Fig. 12 das zuletzt erwähnte Stadium dar. Daraus folgt aber, dass *Nelumbo* in Bezug auf die Radicula keineswegs eine Ausnahmstellung unter den Dicotylen einnimmt. Von jenen Samen, aus denen zunächst bei der Keimung eine kräftige Hauptwurzel hervorgeht, die sich weiterentwickelt, finden sich alle Uebergänge bis zu den rudimentären Hauptwurzeln verschiedener Wasserpflanzen, wie *Nuphar*, *Nymphaea*, *Victoria* etc.,¹⁾ welche anfangs sich entwickeln, aber bald im Wachsthum einhalten, und an diese schliesst sich als äusserstes Glied der Entwicklungskette *Nelumbo* an, in dessen Samen die Radicula, wie bei allen anderen Dicotylen, angelegt ist, welche sich bei der Keimung weiterentwickelt, aller-

¹⁾ Vergl. hierüber insbesondere Klebs in Botan. Unters. aus d. botan. Inst. Tübingen, herausg. v. Pfeffer, Bd. I, 1881.

dings dann sehr bald, noch vor dem Verlassen der Testa, verkümmert.

Die Plumula wächst in den durch die Cotylen freigelassenen Hohlraum hinein, mit den in der oben geschilderten Weise zusammengelegten Primordialblättern ein keulenförmiges compactes Gebilde darstellend. Durch den seitlichen Druck der Cotylen reißt die genügend erweichte Testa und nun schiebt sich das Epicotyl mit den Primordialblättern zu dem gebildeten Spalt hinaus, wobei die zarten Theile der Blätter durch deren Lage und Faltung vor Verletzungen durch den Rand der Testa, sowie durch umgebende fremde Körper geschützt werden.

Die Weiterentwicklung der Pflanze, nämlich die Entfaltung der Blätter und die Ausbildung der Adventivwurzeln an dem oberen Theile des Epicotyls, ist in den obcitirten Abhandlungen¹⁾ bereits im Wesentlichen richtig gegeben, weshalb ich hiermit meine Mittheilung beende. Versuche ich es schliesslich, die wichtigsten Ergebnisse derselben hervorzuheben, so bestehen diese in dem Nachweise der vollständigen Uebereinstimmung des Samenbaues mit jenem anderer dicotyler Pflanzen, nämlich in dem Nachweise der Anlage und der ursprünglichen Weiterentwicklung der Radicula, sowie ferner in der Feststellung des Baues und der Function der einzelnen Theile der Testa.

¹⁾ Hierzu wäre noch zu erwähnen: A. Wigand, *Nelumbium speciosum* W. in Botanische Zeitung, 1871, Bd. 29, S. 816.

Erklärung der Abbildungen.

Tafel I.

- Fig. 1. Längsschnitt durch den reifen Samen.
" 2. Längsschnitt durch den keimenden Samen.
" 3. Keimender Samen.
" 4. Querschnitt durch den gequollenen Samen. Derselbe weist zwischen den Cotylën die Querschnitte der beiden Primordialblattstiele, sowie der zusammengefalteten Blattflächen auf. — Fig. 1—4 schwach vergrößert.
" 5. Querschnitt durch die Samenschale. Circa 150fach vergrößert.
" 6. Säulenschichte. 500fach vergrößert.
" 7—9. Querschnitte durch die Säulenschichte bei circa 750facher Vergrößerung. 7 im oberen Theile der Schichte, 8 in der Nähe der Lichtlinie, 9 in der Lichtlinie selbst.
" 10. Längsschnitt durch den unteren Theil des Samens. Halbschematisch. Die Basis des Epicotyls und der Cotylen, sowie die Radicula darstellend.
" 11. Die Radicula im reifen Samen. Längsschnitt. Circa 120fach vergrößert.
" 12. Die Radicula während der Keimung. Höchstes Entwicklungsstadium. Etwa 120fach vergrößert.
-

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Verhandlungen der Zoologisch-Botanischen Gesellschaft in Wien. Früher: Verh. des Zoologisch-Botanischen Vereins in Wien. seit 2014 "Acta ZooBot Austria"](#)

Jahr/Year: 1888

Band/Volume: [38](#)

Autor(en)/Author(s): Wettstein Richard

Artikel/Article: [Beobachtungen über den Bau und die Keimung des Samens von Nelumbo nucifera Gärt. \(Tafel 1\) 41-48](#)