

Ueber den
Keimungsprocess der Samenpflanzen.

Von

PROF. DR. ALFRED BURGERSTEIN.

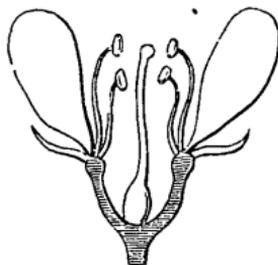
Vortrag, gehalten am 30. Jänner 1878.

Geehrte Anwesende!

Bevor wir den Keimungsprocess der Samenpflanzen, dessen Bedingungen und Erscheinungen ich heute auseinandersetzen werde ins Auge fassen, scheint es mir nothwendig zu sein, zuvor Einiges über den Bau des Samens selbst vorzuschicken, und hiebei dürfte es zweckmässig sein, mit der Besprechung jenes Organes der Pflanze zu beginnen, welchem die Production der Samen obliegt. Bekanntlich ist dies die Blüthe.

In einer vollkommenen Blüthe sind vier Haupttheile zu unterscheiden. Diese sind von aussen nach innen folgende: 1. Der Kelch. Derselbe besteht aus einem Kreise von in der Regel grün gefärbten Blättern, die entweder frei, oder unter sich verwachsen sind, und meistens eine regelmässige, seltener eine unregelmässige Form besitzen. 2. Die Blumenkrone. Sie wird von einem oder mehreren Kreisen gewöhnlich lebhaft gefärbter Blätter gebildet, die wieder entweder unter einander gleich (Nelke) oder ungleich sind (Veilchen), bald getrennt,

Fig. 1.



bald wieder verwachsen erscheinen. Die oft ganz eigenthümliche Form, sowie die herrliche Farbenpracht, welche man an so vielen Blüthen zu beobachten Gelegenheit hat, sind meist durch die Entwicklung der Blumenkrone bedingt. Gehen wir in der Blüthe noch weiter nach innen, so treten uns 3. die Staubgefäße entgegen. Jedes derselben besteht aus einem fadenförmigen oder stielartigen Theile, dem Staubfaden, und aus dem an der Spitze des Staubfadens befindlichen Staubbeutel, welcher letzterer in der Regel aus zwei Säckchen gebildet wird, die durch das obere Ende des Staubfadens mit einander verbunden sind. Der Staubbeutel ist mit einem feinen, gewöhnlich gelben Pulver, dem sogenannten Blüthenstaub oder Pollen erfüllt, der zur Fruchtbildung nothwendig ist, und unter dem Mikroskope gesehen, mit wenigen Ausnahmen aus zahlreichen losen Zellen zusammengesetzt erscheint, die mancherlei, oft sehr zierliche Formen besitzen. Der Staubfaden fehlt bisweilen. Die Zahl, ferner die relative Länge, die Art der Anheftung und Verwachsung der Staubgefäße ist für die systematische Botanik von grösster Wichtigkeit. Ich kann jedoch diesmal auf diesen Gegenstand nicht weiter eingehen. Den innersten Theil der Blüthe endlich bildet 4. jenes Organ, welches man mit dem Namen Stempel oder Pistill bezeichnet. Er kommt in den verschiedenen Blüthen in der Ein- oder Mehrzahl vor, und man unterscheidet an demselben drei Partien: a) den untersten, meist verdickten Theil, der sich zur späteren, die Samen führenden Frucht entwickelt: den Frucht-

knoten. Dieser geht b) in den fadenförmigen, von einem äusserst feinen Kanal durchzogenen Griffel über, der wieder an seinem freien Ende c) die Stempel-
mündung (gewöhnlich Narbe genannt) trägt, die zur Zeit der Blütenperiode eine klebrige Substanz abzusondern pflegt. Manchmal fehlt der Griffel (Tulpe), bisweilen sind aber auch mehrere Griffel vorhanden. Die Narbe dagegen, welche zur Aufnahme des Pollens dient, fehlt niemals, wenn überhaupt ein Stempel zugegen ist.

Die Erfahrung hat gelehrt, dass von den vier Haupttheilen einer vollkommenen und vollständigen Blüthe nur die Staubgefässe und Stempel zur Hervorbringung reifer Früchte und keimfähiger Samen unumgänglich nothwendig sind, weshalb man sie als wesentliche Blüthentheile bezeichnet, zum Unterschiede von Kelch und Blumenkrone, welche zum Schutze der Staubgefässe und Stempel, zum Herbeilocken von Insecten zum Zwecke der Befruchtung und anderen wichtigen, aber minder wesentlichen Functionen dienen. Der Fruchtknoten, beziehungsweise der Stempel, entsteht durch eine bestimmte Verwachsung von einem, zwei oder mehreren Fruchtblättern, und enthält in seinem Innern eine oder mehrere Höhlen oder „Fächer“. Einfächrig ist er beispielsweise bei den Hülsenfrüchten, zweifächrig bei den schotenfrüchtigen Pflanzen, fünffächrig bei den Kernobstarten. Im Inneren des Fruchtknotens findet man in grösserer oder geringerer Menge kleine Körnchen aus

Fig. 2.



denen während der Fruchtreife die Samen entstehen, und welche deshalb Samenknospen genannt werden. Sie sind entweder unmittelbar, oder durch einen Stiel an der inneren Fruchtknotenwand befestigt. Jede Samenknospe erscheint anfänglich als ein kleines Würzchen (Samenknospenkern). Bald aber überzieht sich der Kern vom Grunde aus mit einer oder zwei

Fig. 3.



Hüllen (Samenknospenhüllen), die an seiner Spitze eine feine Oeffnung, den Knospenmund oder die Mikropyle frei lassen. Der Kern und die Hüllen der Samenknospe bestehen nur aus Zellen. Von diesen vergrößert sich noch vor der Blütheneröffnung eine ganz besonders, und wird zum Embryosack, in dem wieder durch freie Zellbildung eine oder mehrere Zellen, nämlich die sogenannten Eizellen oder Keimbläschen entstehen.

Nach der Befruchtung, auf welchen Process ich nicht näher einzugehen beabsichtige, verwelken Blumenkrone und Staubgefässe, in der Regel auch der Kelch, während der Fruchtknoten sammt den in seinem Inneren enthaltenen Samenknospen eine weitere wichtige Entwicklungsperiode durchmacht, welche damit endet, dass die Fruchtknotenwand zur Fruchthülle, beziehungsweise zur Frucht, die Samenknospen zu Samen werden, mit deren vollständiger Ausbildung die Pflanze ihr Lebensziel erreicht hat. Je nach der Anlage und dem Bau des Fruchtknotens, sowie nach den verschiedenen Umgestaltungen, die derselbe bei den

einzelnen Pflanzengattungen erleidet, gehen aus ihm verschiedene Arten von Früchten hervor, mit deren Aufzählung und Beschreibung ich die geehrten Zuhörer nicht ermüden will. Dort, wo kein Fruchtknotengehäuse existirt, welcher Fall für die Nadelhölzer charakteristisch ist, kann auch von keiner Frucht, sondern nur von Samen die Rede sein.

Mit der Reifung der Fruchtschale geht auch die Entwicklung der Samenknospen Hand in Hand. Nachdem das früher genannte, im Embryosack befindliche Keimbläschen befruchtet worden, entsteht aus demselben nach mehrfacher Zelltheilung der Keimling oder Embryo, während sich die Integumente der Samenknospe zur Samenhülle umgestalten. Der reife Same besteht nun entweder blos aus der Samenhülle und dem von ihr eingeschlossenen Keimling, oder aber es bildet sich im Embryosack ausser dem Keimling noch ein zelliger Körper aus, den man im Allgemeinen als Sameneiweiss, Albumen oder Endosperm bezeichnet. Je nachdem, ob ein Eiweiss vorhanden ist, oder ein solches fehlt, unterscheidet man eiweisshaltige und eiweisslose Samen.

Nachdem Frucht und Samen ihre Reife erlangt haben, können zwei Fälle eintreten. Entweder die Frucht öffnet sich (Kapsel Früchte), die Samen werden entleert, oder aber das Fruchtgehäuse bleibt geschlossen (Schliessfrüchte), so dass der Keimling nebst der Samenhülle auch noch von der Fruchthülle umschlossen ist. Bisweilen verwachsen sogar beide Hüllen innig mit-

einander, wie dies beispielsweise bei den Getreidekörnern der Fall ist. Daraus folgt, dass dasjenige, was im Handel als Same erscheint, und auch im gewöhnlichen Leben so genannt wird, häufig im botanischen Sinne als Frucht bezeichnet werden muss, und ich bitte gleich hier um Entschuldigung, wenn ich im Verlaufe meines Vortrages der Bequemlichkeit des Ausdrucks halber manchmal vom Samen sprechen werde, wo eigentlich das Wort Frucht das richtige wäre.

Betrachten wir nun den Bau des Samens etwas näher. Zunächst die Samenschale, dann den Samenkern. Vom anatomisch-physiologischen Gesichtspunkte kann man an der Samenschale, die, wie wir schon wissen, aus den Hüllen der Samenknospe hervorgegangen ist, folgende vier Zonen oder Schichten unterscheiden:

1. Die Hartschichte. Sie besteht aus besonders dickwandigen Zellen, und auf ihrer Consistenz beruht wesentlich die mechanische Festigkeit der Samenschale.
- 2. Die Quellschichte. Dieselbe ist bei sehr vielen Samen vorhanden, und zeichnet sich vor den anderen Partien der Samenhülle durch ein besonderes Vermögen aus, bei Wasserzutritt aufzuquellen, wodurch der Same oft auf das Vielfache seines Volumens sich vergrößert.
- 3. Die Pigmentschichte. Von ihr hängt die Farbe der Samenschale ab. Auf der Menge des vorhandenen Pigmentes beruht die Tiefe des Farbtones der Samenhaut. In manchen Samen tritt endlich noch 4. eine „Stickstoffschichte“ auf, welche stickstoffhaltige Nährstoffe enthält.

Die Aufgabe, welche die Samenhülle für den ruhenden Pflanzenkeim zu erfüllen hat, ist eine mehrfache. Sie hat demselben vor Allem einen Schutz gegenüber mechanischen Verletzungen zu gewähren, und diese Function erfüllt die früher genannte Hartschicht. Eine zweite Aufgabe der Samenschale besteht in der Erhaltung der Keimfähigkeit der Samen. Ich werde über dieses Thema später ausführlicher sprechen, und erwähne einstweilen nur, dass die Keimkraft vieler Samen schon nach wenigen Jahren erlischt. Hauptsächlich sind es allerdings innere Eigenthümlichkeiten des Pflanzenkeimes, welche diese Erscheinung bedingen, zum grossen Theil sind es aber auch äussere Umstände, welche die Dauer der Keimfähigkeit mitbestimmen. Denken wir uns nun die zartgebauten Samen ohne Samenhülle. Was wäre die Folge? Der häufige Wechsel von Durchfeuchtung und Austrocknung, der ungehinderte Zutritt von bald feuchter, bald trockener Luft, die Temperatursdifferenzen, denen der Same ausgesetzt ist, die Schutzlosigkeit gegenüber zahlreichen Schimmelpilzen: dies alles und noch manches andere würde sich vereinigen, um die Keimkraft des Embryo in kürzester Zeit zu zerstören. Eine dritte Aufgabe, welche die Samenhülle des noch schlummernden Pflanzenkeimes zu erfüllen hat, ist die, als Verbreitungsmittel zu dienen. Es ist für die Pflanze von Wichtigkeit, dass ihr Same, dem ja die Erhaltung und Fortpflanzung der Species obliegt, sich so weit als möglich in der Welt verstreue, um unter den verschiedensten äusseren

Bedingungen den Kampf ums Dasein aufnehmen und bestehen zu können. Da aber den Samen keine Eigenbewegung zukommt, so bleibt ihnen nichts anderes übrig, als sich an gewisse äussere Verbreitungsagentien, wie den Wind, das strömende Wasser und die Thiere anzupassen. Als eine dieser Anpassungsformen sind die flügelartigen Anhängsel zu nennen, die eine grosse Mannigfaltigkeit der Gestaltung und Ausbildung erkennen lassen. Solche flügeltragende Samen oder Früchte kommen z. B. bei den Fichten, Föhren, Eschen, Birken, Ulmen, Ahornarten und anderen Pflanzen vor. Ein anderes Verbreitungsmittel der Samen ist in dem Vorkommen eines Haarbüschels oder Federschopfes gegeben, und es existirt eine grosse Zahl von Pflanzen, deren Samen mit dieser Art von Flugapparaten ausgerüstet sind. Die Samen der Weiden und Pappeln, die kleinen Früchte der Disteln, der Kornblumen, des Löwenzahnes, des Wiesen-Bocksbartes und zahlreicher anderer Gewächse gehören hierher. Am auffallendsten kommen diese Bildungen bei den Gossypium-Arten vor. Jener Rohstoff, den man Baumwolle nennt, besteht aus den feinen Haaren, welche in Form eines dichten Schopfes die Samen dieser Pflanzen umhüllen. Eine weitere Anpassungserscheinung sind die hakigen und stacheligen Verbreitungsausrüstungen, für die ich nur die bekannten Kletten als Beispiel anführe. Durch solche Haken hängen sich die Samen und Früchte an das Gefieder der Vögel, an das Fell der Säugethiere, wohl auch oft in zudringlicher Weise an die Kleidung des Menschen an.

und lassen sich durch dieselben weit forttragen vom Standorte der Mutterpflanze.

Nachdem ich nun in nuce die Organisation und die biologische Bedeutung der Samenhülle im ruhenden Samen skizzirt habe, gelange ich zur Besprechung des Samenkernes. Wie früher auseinandergesetzt wurde, besteht der Samenkern entweder ausschliesslich aus dem Keim (Embryo) der zukünftigen Pflanze, oder es ist ausser diesem noch ein besonderes Gebilde, nämlich der Eiweisskörper (Endosperm) an der Constitution des Samenkernes betheiligt. Als Beispiele eiweisshaltiger Samen wären unter Anderem zu nennen die Samen der Getreidearten, der Nadelhölzer, des Buchweizens, der Glockenblumen, der Nachtschattengewächse, des Kaffee- und Oelbaumes, der Mohnarten, der Veilchen, Nelken, Malven, des Leins. Eiweisslos sind die Samen der Birken, Eichen, Buchen, Gurken, Melonen, Rosen, Aepfel, Birnen, Mandeln, Kirschen, Pflaumen, Erbsen, Bohnen etc. Die Consistenz des Eiweisskörpers ist bei den einzelnen Samen sehr verschieden. Ein mehliges Eiweiss haben die Getreidearten, knorpelig ist es bei den Kaffeebohnen, steinhart bei den Samen der Elfenbeinpalmen. ¹⁾

Was den Embryo betrifft, so lassen sich an demselben mit wenigen Ausnahmen drei Theile unterscheiden, die entweder schon makroskopisch, oder erst mit

¹⁾ Das beinharte Sameneiweiss dieser Palmen liefert das „vegetabilische Elfenbein“.

Hilfe eines Mikroskopes sichtbar sind. Und zwar: a) das Würzelchen, als die Anlage der künftigen Wurzel, b) das Knöspchen, auch Federchen genannt, d. i. die Anlage der künftigen Stammachse, und c) die Keim-

Fig. 4.



blätter, auch Samenlappen, Keimlappen, Cotyledonen genannt. Diese sind bald dünn und blattartig, bald dick und fleischig. Im letzteren Falle fehlt meistens das Sameneiweiss, und die Keimlappen nehmen dann den grössten Theil des Sameninnern ein, wie z. B. bei den Erbsen, Bohnen, Mandeln, Haselnüssen und anderen Samen, deren Keimlappen wir theils wegen ihres Wohlgeschmackes, theils wegen ihres Gehaltes an Nährstoffen verzehren. In Bezug auf die Zahl der Keimblätter ist hervorzuheben, dass mit Ausnahme der Nadelholzsamen, von denen die Mehrzahl mit 6 bis 12 und noch mehr Cotyledonen ausgerüstet ist, fast alle anderen Samenpflanzen einen oder zwei Samenlappen besitzen, wonach man in der Botanik einkeimlappige (monocotyledone) und zweikeimlappige (dicotyledone) Pflanzen unterscheidet.

Die Zellen, aus denen die Samen aufgebaut sind, enthalten in grösserer oder geringerer Menge Reservestoffe aufgespeichert. Letztere bestehen meistens aus Stärkemehl oder fettem Oel, und haben den Zweck, während der Keimung dem jugendlichen Pflänzchen zur ersten Nahrung zu dienen. Bei eiweisshältigen Samen sind die genannten Reservestoffe grösstentheils im Eiweisskörper deponirt, bei eiweisslosen Samen aber

in den Keimlappen, welche in diesem Falle dick und fleischig entwickelt sind.

Ich gelange jetzt zur Beantwortung zweier Fragen, welche nicht nur ein grosses theoretisches, sondern auch ein eminent praktisches Interesse haben, nämlich 1. in welchem Stadium der Reifung tritt die Keimfähigkeit eines Samens ein, und 2. wie lange behält ein Same seine Keimkraft? — Während sich die Samenknospen zu Samen entwickeln, nimmt das Volumen derselben durch Zellvermehrung, Wasseraufnahme und Aufspeicherung von Reservestoffen immer mehr und mehr zu, und in einem gewissen Zeitpunkt hat der noch unreife Same sein grösstes Volum erreicht, von wo ab bis zur völligen Reife wieder eine oft nicht unbedeutende Schrumpfung desselben eintritt. Es ist nun bemerkenswerth, dass die Keimfähigkeit früher eintritt, als die vollständige Reife, nämlich in jenem Stadium, in dem der Same sein grösstes Volum besitzt und sich also in einem Zustande befindet, den man ohne Zweifel als unreif bezeichnen müsste. Ueber die Keimfähigkeit unreifer Samen liegen eine Reihe von meist älteren Beobachtungen vor, welche durch neue Experimente theils bestätigt, theils als unrichtig bezeichnet wurden.

Nach den Untersuchungen von Lucanus waren einzelne von den „kleinen, grünen und noch ganz weichen Roggenkörnern“ schon vier Wochen vor der vollen Reife keimungs- und entwicklungsfähig. Analoge Ergebnisse wurden von Seiffer für unreife Erbsen,

Bohnen und Linsen, von Novacki für verschiedene Reifezustände des Weizens gefunden.

Die genauesten Versuche über diesen Gegenstand wurden von Professor F. Cohn in Breslau durchgeführt, welcher die Samen von Mais, Moorhirse, Rettig, Gurken, Ricinus, Aepfeln, Birnen und vielen anderen Pflanzen in jenem unreifen Zustande, in dem der Embryo sein grösstes Volum besass, vollkommen keimfähig fand.

Die zweite für den Landwirth höchst wichtige Frage ist die, wie lange ein Same keimfähig bleibt, wie lange er also ruhen darf, ohne seine Lebenskraft einzubüssen. Man findet in dieser Beziehung für die Cultursamen in den land- und forstwirthschaftlichen Handbüchern bestimmte Ziffern aufgeführt. Es sollen die Samen der Weizenarten drei Jahre, die anderer Cerealien: Roggen, Gerste, Hirse, Mais nur zwei Jahre keimfähig bleiben. Von anderen Pflanzen wird dem Raps eine dreijährige, dem Hanf eine vierjährige, den Kleearten und Grassamen eine zweijährige Keimkraftdauer zugeschrieben. Die forstlichen Samen stehen der Mehrzahl nach im Rufe einer sehr vergänglichen Keimkraft. Die Samen der Pappeln und Weiden bleiben nur einige Tage keimfähig, müssen also alsbald ins Keimbett gelangen. Die Eicheln und Bucheckern sollen sich nur bis zum nächsten Frühjahre lebensfähig erhalten. Das Gleiche gilt für die Samen des Ahorn und der Tanne. Für die Kiefer nimmt man an, dass einjähriger Kiefern-same noch gute Keimkraft habe, zweijähriger schon merklich nachlasse, dreijährigen säet man ungerne.

Fichten- und Lärchensamen sollen sich drei bis vier Jahre keimfähig erhalten. Nach den Untersuchungen von Prof. Haberlandt verlieren bei gewöhnlicher Aufbewahrung Roggen nach zwei, Weizen, Gerste nach drei bis vier, Hafer nach sieben bis acht Jahren ihre Keimkraft.

Nach einer von Dimitriewicz im landwirthschaftlichen Laboratorium der hiesigen Hochschule für Bodencultur ausgeführten Arbeit keimten von den nachstehenden Samenarten, die im lufttrockenen Zustande in kleinen Fläschchen versiegelt aufbewahrt wurden, nach eilf Jahren in Procenten:

Melone	93	Fiseln	26
Luzerne	34	Hirse	23
Tabak	30	Senf	23
Paradiesapfel	26	Hanf	15

Analoge Versuche mit einer grösseren Zahl von etwa eben so alten Samen hat auch Professor Nobbe mitgetheilt. Von 72 zehn- bis zwölfjährigen, in einer Holzschachtel aufbewahrten Samenarten hatten 50, also mehr als zwei Drittel, ihr Keimvermögen vollständig verloren. Bei den anderen Arten ergab sich nicht nur eine procentisch quantitative Abnahme der Keimkraft, sondern auch eine qualitative Aenderung in der Art, dass die Keimpflänzchen häufig eine abnorme Entwicklung zeigten. Im Allgemeinen scheint es, dass die Lebenskraft mehlhaltiger Samen eine länger andauernde ist, als die ölhaltiger und stickstoffreicher Samen, da die fetten Oele, sowie die stickstoffhaltigen Substanzen sich leichter zersetzen. Es gibt jedoch auch hier

Ausnahmen, da noch andere Momente den Tod des Keimlings zu beschleunigen im Stande sind. So vermögen beispielsweise die ölhaltigen Leinsamen einige Jahre keimfähig zu bleiben, während die Lebensdauer der stärkeführenden Weidensamen nur nach Tagen zählt.

Für die Erhaltung der Lebenskraft eines Samens sind drei Momente von Bedeutung: 1. der Reifegrad, in dem der Same zur Aufbewahrung genommen, 2. der Wassergehalt, den er zu dieser Zeit hatte, und 3. die Art wie, und der Ort wo er aufbewahrt wurde. Unvollständig gereifte Samen verlieren viel früher ihre Keimkraft, als gereifte. Zum zweiten Punkte ist zu bemerken, dass das Keimvermögen um so rascher erlischt, je wasserhältiger der Same ist. Demnach sind die Witterungsverhältnisse während der Fruchtreife und Ernte, insofern sie den Feuchtigkeitsgrad des Samens modificiren, von Einfluss auf die Dauer der Keimkraft. Eine vorsichtig geleitete künstliche Wasserentziehung ist daher oft von gutem Erfolge. Beim Klengproceß werden die Samen der Schwarzföhre einer Temperatur von 40 bis 44^o C., die der Rothföhre und Fichte einer solchen von 50 bis 52^o C. ausgesetzt. Dass die Samen der Nadelhölzer, sowie anderer Pflanzen solche und noch höhere Wärmegrade ohne Nachtheil zu ertragen im Stande sind, werden wir später ausführlicher hören. Endlich 3. kann man die Keimkraftdauer dadurch verlängern, dass man die Samen vor dem Einflusse der Atmosphärien schützt, sie also in gut verschlossenen Gefäßen an einem trockenen und kühlen Orte aufbewahrt.

Viele Sämereien, wie Lein, Hanf, Lauch, Hirse, Fisolen, behalten ihre Keimfähigkeit länger, wenn man sie in den Fruchtschalen belässt, und gehörig abgetrocknet an kühlen und trockenen Orten aufbewahrt. Dasselbe ist der Fall beim Kukurutz. Am Kolben belassen kann er mehrere Jahre seine Keimfähigkeit erhalten, während er abgedroschen schon nach zwei Jahren für den Anbau unsicher wird.

Eine grosse Verschiedenheit in der Erhaltung der Keimkraft zeigt die Individualität der Samen selbst, da Samen von derselben Pflanze, zu gleicher Zeit im reifen Zustande geerntet und auf gleiche Weise behandelt, doch in sehr ungleichen Zeiträumen ihr Keimvermögen einbüßen. So keimten beispielsweise nach Versuchen von Professor Nobbe von Lein und Rothklee in Procenten:

	Lein	Rothklee
Im ersten Jahre . . .	72	87
„ zweiten „ . . .	54	70
„ dritten „ . . .	46	51
„ vierten „ . . .	38	41

Wenn man nun weiss, dass sich der Procentsatz der keimfähigen Samen einer Ernte von Jahr zu Jahr rasch vermindert und nach etwa einem oder zwei Decennien entweder nahezu, oder thatsächlich gleich Null wird, so dürfte man wohl etwas bedenklich den Kopf schütteln, wenn man von einer nach Jahrhunderten, ja sogar von einer nach Jahrtausenden zählenden Keimkraft mancher Samen zu hören bekommt. In der That finden sich in der Literatur mehrfache Angaben über

eine solche beinahe unbegrenzte Keimkraftdauer von Samen. In der im September 1834 zu Stuttgart tagenden zwölften Versammlung deutscher Naturforscher und Aerzte berichtete Graf Sternberg — man kann dies im amtlichen Berichte dieser Versammlung nachlesen — dass er von Weizenkörnern, welche in egyptischen Mumiengräbern gefunden wurden, durch eine sorgfältige Behandlung einige zum Keimen gebracht, und aus ihnen reife Aehren erhalten hatte, die er auch demonstirte. Diese Weizenkörner sollen circa 3000 Jahre alt gewesen sein. Ein anderer derartiger „Mumienweizen“ wurde im Jahre 1850 von einem Herrn Wittenbach zu Breitenwaier bei Bern aus Körnern, die in dem Sarcophag einer Mumie zu Cairo gefunden worden waren, erzogen, und soll eine gewiss ganz ungewöhnliche, nämlich eine viertausendfältige Vermehrung, gehabt haben (Oekonom. Neuigkeiten etc. von Professor Dr. Hlubék, 1850, Nr. 94). Nach einem Berichte von Jouanet (Froriep's Notizen, 1835), fand man in einer Gemeinde im Departement Dordogne bei der Eröffnung einiger alter gallischer Gräber, die aus den ersten Zeiten des Christenthums datirten, zahlreiche reife Samen, aus denen dem Gärtner Rousseau in Bergérac, dem sie übergeben wurden, Kornblumen, Sonnenwenden (*Heliotropium*) und eine kleine Kleeart (*Trifolium minimum*) erblühten. In einem Grabmal der Wymondham-Abtei, wahrscheinlich aus der Mitte des zwölften Jahrhunderts fanden sich in einem kleinen, luftdicht verschlossenen Ziegelsarge Früchte von *Centranthus ruber*, einer bei

uns in Gärten häufig cultivirten Zierpflanze, welche ausgesät blühende Exemplare erzeugten. In einem anderen englischen Grabmale, dessen Alter nach den mit eingeschlossenen Münzen und anderen Ueberresten auf sechzehn- bis siebzehnhundert Jahre zu schätzen war, entdeckte man im Jahre 1834 in einem alten Sarge, im Mageninhalte einer hier ruhenden Person eine Menge kleiner Samen der Himbeere, aus denen Lindley nach zwei Jahren Pflanzen mit herrlichen Früchten erzielte. Auch bei uralten Samen von Hülsenfrüchten soll es gelungen sein, dieselben zum Keimen zu bringen und neue Samen zu gewinnen. In einer nahezu dritthalbtausend Jahre alten egyptischen Urne fand man Erbsen (Büschel- oder Doldenerbsen), die nicht nur recht gut aufgingen, sondern auch eine reiche Ernte lieferten. Siebzig aus jenen Erbsen erzogene Pflanzen sollen über 60.000 wohlschmeckende Samen gegeben haben (Allgem. bot. Zeitung, 1849, Bd. I, p. 126).

Wenn Sie nun geehrte Damen und Herren jene Thatsachen, die ich Ihnen früher über die Keimkraftdauer der Samen mitgetheilt habe, mit dem vergleichen, was ich Ihnen soeben über das Keimvermögen einzelner, aus dem grauen Alterthume stammender Samen erzählt habe, so werden Sie, abgesehen von einem fast unvermeidlichen Erstaunen wohl fragen, wie sich diese Dinge erklären lassen? Was den egyptischen Getreidesamen aus der Zeit der Pyramiden betrifft, so muss ich bemerken, dass man in diesem Artikel oft betrogen wird, wie dies auch bei dem vermeintlichen Mumienweizen

des Herrn Grafen Sternberg der Fall war. Professor Unger hätte Gelegenheit, sich echten Samen aus den vorhandenen Resten der altegyptischen Bauten zu verschaffen. Nach seinen, in den Berichten der Wiener Akademie publicirten Beobachtungen, setzte er eine ziemlich grosse Menge von Gerstenkörnern, die er aus Theben in einer wohlverschlossenen Thonflasche nach Europa gebracht hatte, den Keimungsbedingungen aus. Trotzdem die letzteren so günstig als möglich waren, keimte dennoch nicht ein einziges Korn. Ein andermal untersuchte der genannte Forscher zwei Ziegel der Dashurpyramide (unweit Cairo) nach ihrem Inhalte an organischen Einschlüssen. Ein Keimversuch mit Weizenkörnern, welche aus diesen, aus Nilschlamm und Stroh verfertigten Ziegeln erhalten wurden, lieferte dasselbe Resultat. Trotz aller hiebei verwendeten Sorgfalt trat statt der Keimung nur Fäulniss ein.

Aus dem Mitgetheilten dürfte sich ergeben, ich wenigstens habe die Ansicht, dass es auch in jenen Versuchen; in denen die anderen uralten Samen, welche ich erwähnt habe, nicht nur ein Keimvermögen, sondern mitunter auch eine so ausserordentliche Reproductionskraft besaßen, wahrscheinlich nicht „mit rechten Dingen zugegangen ist“.

Um die Keimkraft von Samen zu erproben, und die Keimungsvorgänge zu studieren, lässt man meistens die Samen zunächst in Wasser quellen, und setzt sie dann auf ein geeignetes feuchtes Substrat aus. Als Keimbett kann man Erde, Sand, Sägespäne, Löschpapier,

Flanellappen benützen. Nobbe, Vorstand der physiologischen Versuchs- und Samencontrolstation zu Tharand, hat einen eigenen Keimapparat angegeben, welcher die Anwendung der genannten Stoffe vermeidet. Im pflanzenphysiologischen Institute der hiesigen Universität, wo jährlich zahlreiche Keimlinge zu wissenschaftlichen Untersuchungen erzogen werden, bedient man sich glasierter Thonschalen, die einen Durchmesser von 30 Cm. und eine Höhe von 6 Cm. haben. Auf dem Boden dieser Keimschalen wird feuchtes Löschpapier ausgebreitet, auf dem sich die Keimung der ausgesäten Samen vollzieht.

Was nun den Keimprocess selbst betrifft, so hat man bei demselben drei qualitativ verschiedene, von einander unabhängige Vorgänge zu unterscheiden: 1. die Quellung der Samen durch Aufnahme von Wasser, 2. die Auflösung und Umbildung der Reservestoffe und 3. die Entfaltung des Embryo. Beginnen wir mit dem ersten Stadium. Wird ein reifer Same in tropfbar flüssiges Wasser gelegt, so erfährt derselbe eine beträchtliche Vergrößerung seines Volumens. Diese Aufschwellung des Samenkornes, welche durch die früher genannte Quellschicht der Samenschale eingeleitet, und vorzugsweise durch sie effectuirt wird, ist lediglich ein mechanischer Vorgang. Er ist bisweilen das Werk weniger Minuten, oft einiger Stunden; manchmal sind aber auch viele Monate dazu nöthig. Die Zeit, welche vergeht, bis ein Same vollständig aufquillt, ist nicht nur für die verschiedenen Samenspecies

eine höchst verschiedene, sondern es stellen sich auch bei einer und derselben Art grosse individuelle Differenzen heraus.

Nobbe theilt einen Versuch mit, in welchem von 1000 keimkräftigen Wiesenkleesamen in reinem Wasser sich gequollen fanden:

Nach 1 Tag . . .	927	Uebertrag .	966
„ 2 Tagen . . .	17	Nach 36 Tagen . . .	8
„ 10 „ . . .	5	„ 48 „ . . .	3
„ 15 „ . . .	7	„ 56 „ . . .	3
„ 19 „ . . .	5	„ 91 „ . . .	3
„ 24 „ . . .	5	„ 157 (!) „ . . .	7
Fürtrag .	966	Summe .	990

Damit der Quellact sich vollständig vollziehe, ist die Berührung des Samens mit tropfbar flüssigem Wasser unerlässlich. Es vergrößern zwar Samen in einem mit Wasserdunst gesättigten Raume durch Aufnahme und Condensirung von gasförmigem Wasser ihr Gewicht oft um mehr als 20 Procent — dies ist natürlich nur möglich bei wechselnder Temperatur des Versuchsraumes — allein die auf diese Weise gewonnenen Wassermengen sind weit entfernt von jenem Quantum, welches zur Keimerregung der betreffenden Samen erforderlich ist. Damit der Same sich vollständig durchtränke, ist ein unmittelbarer Contact der Samenhülle mit tropfbar flüssigem Wasser nöthig, wobei jedoch auch eine einseitige Berührung ausreicht, wie die unzählbaren, in Keimapparaten durchgeführten Versuche lehren. Sowie der Zeitraum, während dessen

das zur Keimung nöthige Wasser aufgenommen wird, für verschiedene Samenarten ein sehr ungleicher ist, und vorzugsweise durch den anatomischen Bau der Samenschale bedingt wird, so hat auch das während des Quellactes eingesogene Flüssigkeitsquantum für die einzelnen Samenarten eine verschiedene Grösse. Es beträgt beispielsweise nach den Untersuchungen von Rob. Hoffmann bei

Mais	44	Linsen	93
Weizen	45	Erbsen	107
Gerste	48	Rothklee	117
Roggen	58	Runkelrübe	120
Hafer	60	Saubohne	157 (nach Nobbe).

Procente vom lufttrockenen Gewichte der betreffenden Samen. Man ersieht aus diesen Zahlen, dass die Samen der Hülsenfrüchte eine relativ viel grössere Wassermenge aufzunehmen im Stande sind, als etwa die der Getreidearten. Mit der grösseren oder geringeren Wasseraufnahme ist natürlich auch eine verschiedene Volumszunahme der Samen verbunden. Viele Hausfrauen wissen, welch' mächtige Volumsvergrösserung Erbsen erfahren, die während einiger Stunden gequollen sind. Nach den Quellungsversuchen von Nic. Dimitriewicz betrug die Volumszunahme bei 15⁰ C. in Procenten:

	Dauer der Quellung in Stunden:		
	6	12	24
Raps	53	53	53
Kichererbse	107	133	133
Rothklee	131	144	138

25*

Das zweite Stadium im Keimprocese, welches, wenn nicht fast unmittelbar mit der Quellung, doch schon während derselben beginnt, ist die Lösung und Umbildung der während der Vegetationsperiode in den Laubblättern erzeugten und im Samenkern deponirten Reservestoffe. Diese sind theils organischer, theils unorganischer Natur, erstere wiederum entweder stickstoffhaltig oder stickstofffrei. Was zunächst die stickstoffhaltigen Reservestoffe betrifft, so sei hervorgehoben, dass Ritthausen in seiner ausgezeichneten Arbeit über die Proteinstoffe der Samen die sämtlichen hieher gehörigen Körper in drei Gruppen getheilt hat, nämlich 1. in die Eiweissgruppe, wohin das Pflanzenalbumin zählt, 2. in die Gruppe des Pflanzencaseïns, in die unter anderen das namentlich in den Hülsenfrüchten vorkommende Legumin gehört, und 3. in die Kleberstoffe, welche beispielsweise in den Samen der Getreidearten vorkommen, und deren Werth als Nahrungsmittel so wesentlich erhöhen. Die räumliche Vertheilung der stickstoffhaltigen Reservestoffe in den einzelnen Partien des Samenkerns ist sehr ungleichmässig. Der Keimling pflegt dann grössere Quantitäten der genannten Stoffe zu führen, wenn das Endosperm oder (bei eiweisslosen Samen) die Keimblätter arm an denselben sind, und umgekehrt. — Unter den stickstofffreien Reservestoffen ist am verbreitetsten das Stärkemehl oder Amylum. Es tritt in Form von mikroskopisch kleinen Körnern auf, die bald rund (Weizenstärke), bald eiförmig (Kartoffelstärke) sind, in anderen Fällen eine mehr oder

weniger polyëdrische Gestalt besitzen, wie bei den Erbsen Linsen, Bohnen und anderen Hülsenfrüchten. Bisweilen kommen auch „zusammengesetzte“ Stärkekörner vor, die aus zahlreichen Theilkörnern bestehen. Ausser der Stärke tritt ferner als Reservestoff auf: Oel (Ricinussamen), Zellstoff (Dattel), Rohrzucker (Raps), Gummi etc. Ist ein Sameneiweiss vorhanden, so führt dieses allein Stärke, der Embryo aber in der Regel nur Oel oder stickstoffhaltige Stoffe; bei den eiweisslosen Samen pflegen das Würzelchen und das Knöspchen des Keimes Oel zu führen, während die Stärkekörner in den Keimblättern abgelagert sind. Unter den unorganischen (mineralischen) Reservestoffen treten namentlich Kali, Magnesia und Phosphorsäure, dann noch in geringerer Menge Kalk, Eisen, Schwefelsäure und Kieselsäure in den Samenkörnern auf.

Die Reservestoffe müssen, um zur Ernährung und zum Aufbau des Keimlings verwendet werden zu können, sich im gelösten Zustande befinden. Manche derselben sind nun im Wasser unmittelbar löslich; die wichtigsten dagegen, wie die Proteïnsubstanzen, das Oel, das Stärkemehl und andere sind dies entweder gar nicht, oder in so geringem Grade, dass sie erst durch Vermittlung gewisser anderer, entweder schon vorhandener, oder erst während der Keimung entstehender Substanzen in Lösung gebracht werden. Die Metamorphose der stickstoffhaltigen Eiweissstoffe besteht daher zunächst darin, dass dieselben unter Mitwirkung von Kali und Phosphorsäure in einen im Wasser löslichen

Zustand überführt werden. Was die Umbildung der stickstofffreien Reservestoffe während des Keimungsprocesses betrifft, so verwandelt sich das Oel in Stärke, welches wieder in Zucker oder Zellstoff umgewandelt wird, aus dem sich die Zellwände der Keimpflanze aufbauen. Dass bei der Keimung ölhaltiger Samen der Oelgehalt stetig abnimmt, wobei zugleich Stärke, Zucker, Zellstoff und andere Kohlehydrate in der Keimpflanze in zunehmender Menge auftreten, ist durch eine Reihe hervorragender Forscher, wie Boussingault, Mohl, Sachs, E. Peters u. A. constatirt worden. So verloren beispielsweise die ölreichen Samen des Gartenkürbis nach den Untersuchungen von E. Peters bis zu dem Zeitpunkte, wo die Samenschale zu bersten begann, von ihrem ursprünglichen Oelgehalt 24 Procent; bis zu jenem Stadium, in dem die Basis der Keimblätter zu ergrünen anfang, weitere 34 Procent, und als endlich schon das erste Laubblatt in der Bildung begriffen war, zeigten sich 90 Procent des Urvorrathes an Oel verschwunden.

Mit der Umbildung und dem Verbräuche der Reservestoffe ist in der Keimpflanze immer eine lebhaft Athmung verbunden, welche darin besteht, dass Sauerstoff aufgenommen und Kohlensäure abgegeben wird. Der Keimprocess erfordert also Sauerstoff, er ist ein Oxydationsprocess, und die Pflanze somit während der Keimung ein wärmeentwickelnder Organismus. Da sich hiebei der aus der Luft aufgenommene Sauerstoff mit dem in der Pflanze vorhandenen

Kohlenstoff zu Kohlensäure verbindet, welche eben ausgeathmet wird, so folgt, dass während der Keimung auch ein entsprechender Verlust an organischer Substanz eintritt, abgesehen von den an das Quellwasser abgegebenen Stoffen. Nach dem eben Gesagten wird es einleuchtend, dass Samen in einer sauerstoffarmen Atmosphäre nur sehr dürftig, in einem sauerstofffreien Raume überhaupt nicht zu keimen im Stande sein werden. Aber ebenso, wie theilweiser Mangel an Sauerstoff die Keimung beeinträchtigt, ein gänzlich Fehlen dieses Gases sie sogar unmöglich macht, so wirkt anderseits ein zu grosser Sauerstoffgehalt der Luft ebenfalls hemmend auf den in Rede stehenden Process ein.

Ueber die Menge der während des Keimactes ausgeschiedenen Kohlensäure liegen mehrere directe Beobachtungen vor. Nach Wiésner verloren keimende Hanfkörner in 101 Stunden circa $22\frac{1}{2}$ Procent, nach R. Sachsse keimende Erbsen in 114 bis 184 Stunden durchschnittlich $8\frac{4}{5}$ Procent ihrer Trockensubstanz. Mit der grösseren oder geringeren Athmungsenergie ist auch eine entsprechende Wärmeentwicklung verbunden. Man erkennt dies daraus, dass ein in einer grösseren Menge keimender Samen befindliches Thermometer eine um einige Grade höhere Temperatur anzeigt, als ein daneben in freier Luft aufgehängtes Thermometer.

Professor Wiesner constatirte, dass eine Temperaturerhöhung keimender Samen schon vor der Kohlensäureentwicklung auftritt, und zwar in Folge einer bei

der Wasseraufnahme der Samen eintretenden Wasserverdichtung. Im Keimacte sind somit zwei Wärmequellen betheiligt: Verdichtung des Wassers und Bildung von Kohlensäure.

In einer gewissen Beziehung zu dem während der Keimung erforderlichen Sauerstoffverbrauch steht die praktische Frage, wie tief die Saatkörner der verschiedenen Culturpflanzen nach Maassgabe der verschiedenen Bodenbeschaffenheit unterzubringen seien.

A. d. und E. Stöckhart („der angehende Pächter“) nehmen als eine für die meisten Verhältnisse annähernd richtige Saattiefe in Centimetern an:

für Klee	$\frac{1}{2}$ — $1\frac{1}{2}$	für Weizen	$2\frac{1}{2}$ —4
„ Rogen	$1\frac{1}{1}$ — $2\frac{1}{2}$	„ Gerste	$2\frac{1}{2}$ —5
„ Runkelrübe	2— $2\frac{1}{2}$	„ Erbsen	4—5
„ Hafer	2—4	„ Bohnen	4—5

Ebenso Burkhardt („Säen und Pflanzen“) für forstliche Samen in Centimetern:

für Linde	} $1\frac{1}{2}$	für Kiefer	} $\frac{1}{2}$
„ Ahorn		„ Fichte	
„ Eiche	$2\frac{1}{2}$ —4	„ Buche	4

Dagegen verträgt das Saatkorn der Esche, Ulme, Hainbuche, Birke, Erle, Lärche u. a. nur eine sehr geringe Bedeckung. Man streut daher diese Saatkörner entweder blank, oder mit etwas Erde vermengt aus.

Die Tiefenlage der Samenkörner hat einen grossen Einfluss auf deren Entwicklung, und daher auch eine Wichtigkeit für den Land- und Forstwirth. Es ist klar, dass ein zu flach gesätes Korn der Gefahr des Aus-

trocknens, des Erfrierens, dem Raube der körnerfressenden Vögel in bedenklichem Grade ausgesetzt ist, während eine zu tiefe Saatlage wiederum den Nachtheil hat, dass der Keimling aus den tieferen Bodenschichten verspätet an's Tageslicht kommt. Es sind zwar die tiefsten Saatkörner noch zu keimen im Stande, aber bei dem langen Weg, den der Keimling in diesem Falle im Boden zurückzulegen hat, können die Reservestoffe schon früher verbraucht werden, bevor noch die Pflanze die Oberfläche erreicht hat, wo sie erst im Stande ist, unter Vermittlung des Lichtes sich selbstständig zu ernähren. Es stimmen denn auch die diesbezüglichen Versuche älterer und neuerer Forscher darin überein, dass namentlich für kleinere Samen, welche nur mit geringen Mengen von Reservestoffen versehen sind, eine tiefere Saatlage sehr verderblich werden kann.

Was übrigens die erwähnte Gefahr des Austrocknens junger Keimpflanzen betrifft, so hat sich durch eine vor 2 Jahren von Novaczek im landwirthschaftlichen Laboratorium der hiesigen k. k. Hochschule für Bodencultur durchgeführte Reihe von Versuchen gezeigt, dass Keimlinge in dieser Beziehung eine ausserordentliche Widerstandsfähigkeit besitzen. Samen, die durch 24, resp. 48 Stunden gequollen waren, wurden getrocknet und dann zwischen Flanelllappen zum Keimen ausgelegt. Die gekeimten Körner wurden, nachdem Würzelchen und Stengelchen eine Länge von je 1 Centimeter erreicht hatten, getrocknet und abermals zum Keimen ausgelegt. Der erneuerte Keimungsprocess wurde

wieder durch Austrocknung unterbrochen und dieses Verfahren so lange fortgesetzt, bis bei sämtlichen Keimlingen die Keimungs- und weitere Entwicklungsfähigkeit erloschen war. So keimten beispielsweise in Procenten:

	Nach 1-,	2-,	3-,	4-,	5-,	6-
	sofort:	maliger Austrocknung				
Hafer . . .	90 . .	83	77	62	40	27 8
Gerste . . .	85 . .	78	74	40	33	17 4
Weizen . . .	75 . .	70	57	31	25	10 1

Da der Versuch 98 Tage dauerte, und unter viel ungünstigeren Verhältnissen verlief, als solche überhaupt im Boden vorkommen können, so ist man wohl berechtigt anzunehmen, dass die Samen der genannten Getreidearten ihre Keimfähigkeit nicht einbüßen, wenn sie auch in den obersten Bodenschichten oder an der Oberfläche des Bodens zu keimen beginnen, durch die Sonnenhitze austrocknen, durch Thau oder Regen wieder ins Leben gerufen werden, ja selbst wenn sie wiederholt den Wechsel von Austrocknung und Wasseraufnahme erleiden, bis endlich ein grösserer Niederschlag ein ununterbrochenes Wachstum der Keimpflanzen und das Eindringen der Würzelchen in tiefere Bodenschichten ermöglicht.

Mit der Auflösung und Umbildung der Reservestoffe beginnt auch die Entwicklung des Embryo, die ich als das dritte Stadium des Keimprocesses bezeichnet habe. Von den früher genannten Theilen des Keimlings ist es fast ausnahmslos das Würzelchen,

welches zuerst sichtbar wird. Es tritt nun entweder der Fall ein, dass die ausgetretene Wurzel selbst zur Hauptwurzel wird, und immer weiter wachsend ausserhalb des Samens Seiten- oder Nebenwurzeln erzeugt, die nach einer gesetzmässigen Ordnung vertheilt sind, wie bei den Erbsen, Bohnen, Nadelhölzern u. a., oder es entstehen die Nebenwurzeln schon innerhalb der Samenhülle, während die Hauptwurzel selbst abstirbt, wie man dies bei der Keimung der Cerealien beobachten kann, wo gewöhnlich drei bis sieben Faserwurzeln aus dem Samen hervorbrechen.

Das Längenwachsthum der Keimwurzel beruht, wie jedes Pflanzenwachsthum auf Neubildung und Streckung von Zellen. Die Zellneubildung findet fast ausschliesslich an der Spitze der Wurzel, also am jüngsten Theile derselben statt, und fast unmittelbar hinter der Spitze ist auch die stärkste Zellstreckung thätig. Dass in der That hier das grösste Wachsthum statt hat, kann man leicht dadurch zur Anschauung bringen, wenn man eine wachstumfähige Wurzel mittelst Tusch oder Asphaltlack in gleichen Abstände durch feine Punkte markirt. Nach Verlaufe eines Tages sieht man schon, dass die der Wurzelspitze am nächsten gelegenen Punkte am weitesten, die von ihr entferntesten Punkte dagegen fast gar nicht auseinander gerückt sind, ein Beweis, dass unmittelbar hinter der Spitze das stärkste Wachsthum stattfindet. An der Wurzel kommen in grosser Menge fast mikroskopisch kleine Haare zur Entwicklung. Diese „Wurzelhaare“, welche bei Keimver-

suchen im feuchten Raume die Wurzeln in Form eines dichten, schimmelartigen Ueberzuges einhüllen, dienen zur Aufnahme der gelösten Nahrungsstoffe, und dieser Zweck wird dadurch in ausgiebiger Weise erreicht, als die Wurzelhaare durch ihr massenhaftes Auftreten die die Flüssigkeit aufnehmende Oberfläche in bedeutendem Maasse vergrößern.

Was die Entwicklung der Keimblätter betrifft, so gibt es Pflanzensamen, deren Keimlappen von der Samenhülle umschlossen, für immer im Boden bleiben, während andere, die Samenschale abstreifend, sich über den Boden erheben, ergrünen und als erste Laubblätter functioniren. Dies kommt dadurch zu Stande, dass jener Theil der Keimachse, der sich zwischen der Wurzel und der Keimblätterbasis befindet, und den man das hypocotyle Stengelglied nennt, in die Länge streckt, wodurch die Cotyledonen über den Boden gehoben werden und oberirdisch erscheinen. Demgemäss unterscheidet man unterirdische (hypogäische) und oberirdische (epigäische) Keimlappen. Erstere Art besitzen die Samen der Gräser, der Hülsenfrüchte, der Eichen, Kastanien; letztere die Samen der Nadelhölzer, der Gurken, Melonen, des Leins, der Buchen und vieler anderer Pflanzen. Die Lebensdauer der oberirdischen Keimlappen ist manchmal nur eine kurze (hinfällige Cotylen), oft aber bleiben sie, nachdem sie ans Licht getreten, ergrünt und bedeutend gewachsen sind, während der ganzen Vegetationsperiode saftig und verhalten sich in ihren physiologischen Verrichtungen wie Laubblätter.

Mit dem Beginn des Wurzelwachsthums und der Function der Keimblätter erwacht auch jener Theil des Samenkerns zum Leben, den wir früher unter dem Namen Knöspchen oder Federchen kennen gelernt haben, und entwickelt sich bei hinreichender Zufuhr von Nährstoffen zum beblätterten Stamm. Sobald das junge Stengelchen die Samenschale durchbrochen hat, zeigt es in seinem Wachsthum eigenthümliche Krümmungen, welche ihren Grund theils in inneren, theils in äusseren Ursachen haben. Es zählen hieher die sogenannte Nutation, welche darin besteht, dass die Spitze des Keimlings nicht aufrecht, sondern übergebogen (nickend) erscheint, ferner die heliotropischen Krümmungen, welche durch das Licht, sowie die geotropischen Richtungen, welche durch die Schwerkraft veranlasst werden.

Ich werde auf diesen Gegenstand nicht näher eingehen, da eine kurze populäre Darstellung desselben ziemlich schwierig ist, und derselbe vom wissenschaftlichen Standpunkte noch nicht genau erforscht ist.

Die Zeit zwischen der Aussaat des Samens und der ersten sichtbaren Entwicklung des Keimlings ist für die verschiedenen Samenarten eine sehr ungleichmässige. Die Samen der kleartigen Gewächse, der Kresse, des Rettigs, der Weiden, der meisten Getreidearten entfalten, unter günstige Keimbedingungen gebracht, schon nach 12 bis 24 Stunden ihr Würzelchen. Dagegen sind die Baumsamen mit wenigen Ausnahmen durch eine langsame Keimung bekannt, welche oft mehrere, bei der

Zirbelkiefer sogar 18 Monate in Anspruch nimmt. Auch manche Blumensamen stellen die Geduld des Blumenfreundes nur zu oft auf eine harte Probe, und ist bisweilen ein monatelanges Zuwarten nothwendig. Diese Verschiedenheit der Keimdauer tritt auch zwischen Individuen derselben Samenspecies auf. Ein auffallendes Beispiel dieser Art führt H. Duvernoy für Herbstzeitlose und Aron an. Von den Samen der genannten Pflanzen, die in Töpfe gesät wurden, und den Winter über in einem mässig geheizten Zimmer sich befanden, keimte ein Theil im nächsten Frühjahr, ein anderer Theil ein Jahr später, und wieder andere erst im dritten Frühling.

Professor Nobbe hat durch zahlreiche Einzelprüfungen die Keimungsenergie für die wichtigsten Handelssamen bestimmt. Indem ich aus den diesbezüglich mitgetheilten Resultaten nur einige Fälle herausgreife, erwähne ich, dass die „grössere Hälfte“ gekeimt war:

In 2 bis 3 Tagen: bei Klee, Kresse, Raps, Wicke, Rettig, Mohn und den Getreidearten; in 4 bis 5 Tagen: Bohne, Gurke, Kürbis, Spinat, Lein, Mais, Buchweizen; in 4 bis 6 Tagen: Zwiebel, Porrey; in 6 bis 7 Tagen: Möhre, Fenchel, Runkelrübe; in 7 bis 9 Tagen: Roth- und Schwarzföhre; in 15 bis 20 Tagen: Tanne.

Die Verschiedenheit in der Keimungsenergie ist ohne Zweifel in den meisten Fällen auf die Beschaffenheit der Samenhülle zurückzuführen. Der Beweis hiefür liegt in der Thatsache, dass jedwede Verletzung der Hülle, wodurch dem Wasser und dem Sauerstoff der

Eintritt gestattet wird, unmittelbar mit der Quellung auch die Keimung herbeiführt, nachdem vielleicht der Same ein halbes Jahr unverändert im Wasser geruht hatte. Dies gilt namentlich für alle Kleearten.

Wie eine jede Lebenserscheinung der Pflanze, so ist auch die Keimung von dem Einflusse äusserer Bedingungen abhängig. Was zunächst die Beziehungen des Lichtes zum Keimprocess betrifft, so steht fest, dass dieses Agens für die Einleitung der Keimung entbehrlich ist, da dieselbe auch in völliger Finsterniss mindestens ebenso gut stattfindet. Dadas Licht gegenüber der Dunkelheit auf das Flächenwachsthum der Blätter fördernd, auf das Längenwachsthum der Stengel dagegen hemmend einwirkt, weil ferner das Licht, wie ich im vorigen Jahre ausführlicher auseinandergesetzt habe, zur Ergrünung nothwendig ist, so folgt, dass „Dunkelkeimlinge“ sogar rascher sich entwickeln, ihre Blätter jedoch im Vergleich mit den belichteter Individuen klein bleiben und ein gelbes Aussehen zeigen. Ein ganz befremdendes Verhalten in dieser Beziehung zeigen die Keimlinge der Nadelhölzer, welche auch in tiefer Finsterniss normal ergrünen, eine Erscheinung, deren Ursache heute unbekannt ist. Sind einmal die Reservestoffe aufgebraucht, und soll sich die Pflanze weiter entwickeln, dann ist der Einfluss des Lichtes allerdings unentbehrlich. Mit dem Verbrauch der Reservestoffe ist aber auch die Keimung beendet, und das weitere Schicksal des Pflänzchens fällt daher nicht mehr in den Bereich unserer heutigen Betrachtungen.

Wichtiger als die Beziehungen des Lichtes zum Keimprocesse sind die der Temperatur. Hier drängen sich vor allem zwei Hauptfragen auf, nämlich: 1. Welche Wärmegrade können Samen ertragen, ohne ihre Keimkraft zu verlieren, und 2. innerhalb welcher Temperatursgrenzen vermag ein Same noch zu keimen? Ueber den ersten Punkt ist zunächst zu sagen, dass Samen, resp. Früchte, welche eine dicke und harte Samenschale haben, viel grössere Extreme der Temperatur ertragen, als solche mit dünner und zarter Samenhülle, während anderseits saftreiche Samen viel empfindlicher sind, als trockene. — Es macht ferner einen grossen Unterschied, ob die betreffenden Samen in trockener oder in feuchter Luft oder gar im Wasser einer hohen Temperatur ausgesetzt werden.

Eine trockene Atmosphäre von 75° C., unter Umständen selbst von 100° C., ist in mehrstündiger Einwirkung nicht im Stande, die Keimkraft stärkemehlhaltiger Samenkörner gänzlich zu tödten. Die Samen einiger Nadelhölzer vermochten nach den Untersuchungen von Professor Wiesner eine Temperatur von 70° C., auf die sie langsam erwärmt, und bei der sie durch eine Viertelstunde belassen wurden, ohne Nachtheil zu ertragen, ja, die erwärmt gewesenen Samen keimten in der Mehrzahl der Fälle sogar früher, als die nicht erwärmten. Zahlreiche, von Professor Haberlandt mit 88 Arten und Varietäten unserer Culturpflanzen angestellte Versuche ergaben folgendes Resultat: Bei

48stündiger Erhitzung auf 100° C. büssten 12 Samenarten ihre Keimfähigkeit zur Gänze ein; 12 keimten zu 10 bis 25 Procent, die übrigen 64 keimten vollständig. Bei 48stündiger Erwärmung auf 87.5° C. trat eine gänzliche Tödtung nur bei zwei Arten (Bohne und Melone) ein; vier keimten theilweise, alle anderen vollständig, und zwar theils gleichzeitig, theils früher, theils später, als die nicht erwärmten Samen. — Eine durch 48 Stunden andauernde Temperatur von 56 bis 75° C. hatte keinen schädlichen Einfluss zur Folge. Auch diese Versuche ergaben die Thatsache, dass eine vorsichtige und allmälige Erwärmung lufttrockener Samen auf 56 bis 88° C. im Allgemeinen eine Verkürzung der Keimdauer bewirkte. Erst bei 100° trat eine bedeutende Retardation der Keimung ein. Professor Just fand, dass trockene Kleesamen, denen bei langsamer Erwärmung zugleich das Wasser entzogen wurde, erst bei einer Temperatur von 120° C. getödtet wurden. Pouchet theilt in den Comptes rendus eine Beobachtung mit, nach der die Samen einer Luzernkleeart, welche in rohen Wollflüssen aus Brasilien nach Elboeuf in Frankreich eingeführt wurden, sich noch zum Theil lebensfähig erwiesen, nachdem sie während der verschiedenen Operationen der Färbung der Wolle einer vierstündigen Siedhitze ausgesetzt gewesen waren. Pouchet stellte zugleich fest, dass nur solche Exemplare widerstanden hatten, welche während des Siedens der Quellung entgangen waren. Professor Nobbe hatte Gelegenheit, das Verhalten vieler anderer Samenarten gegen siedendes

Wasser zu prüfen. Er fand, dass zwar manche hartschalige Früchte und Samen solche Hitzegrade sogar durch eine halbe Stunde ohne Einbusse ihrer Keimkraft vertragen, dass dagegen die meisten Samen gegen heisses Wasser äusserst empfindlich sind, manche schon bei einem Aufenthalt von einigen Minuten in siedendem Wasser die Keimfähigkeit verlieren. Nach den Untersuchungen von Dr. v. Höhnel können die meisten Samen eine einstündige Erwärmung von 110°C . durchmachen, wenn sie nur hinreichend trocken sind, höchstens 3 Procent Wassergehalt haben, und ihre Keimkraft nicht schon früher geschwächt wurde. — Aus dem Gesagten ergibt sich, dass Samen sehr hohe Temperaturen ertragen können, ohne ihr Keimvermögen zu verlieren, ja dass bei einer Erhitzung, welche nicht zu nahe der Maximaltemperatur liegt, die Keimung in manchen Fällen sogar rascher eintritt. Drei Dinge sind hier vorzugsweise massgebend: 1. der anatomische Bau der Samenhülle, 2. der Wassergehalt des Samens, und 3. die Dauer und der Grad der Erhitzung. Während Samen, welche entweder von Natur aus oder auf künstlichem Wege sehr trocken geworden sind, Temperaturen von 100° ohne Nachtheil zu ertragen vermögen, sind bei wasserreichen Samen schon 50° und selbst 35° genügend, um die Keimkraft zu tödten.

Die zweite Frage: „innerhalb welcher Temperaturgrenzen verschiedene Samen die Stadien des Keimungsprocesses zu durchlaufen im Stande sind“, findet nach dem heutigen Standpunkte der Wissenschaft folgende

Beantwortung. — Der Act des Aufquellens scheint innerhalb der relativ weitesten Wärmegrade verlaufen zu können. Nobbe constatirte, dass Erbsensamen sogar bei der Temperatur des Eispunktes aufquellen. (Allerdings ging dabei die Keimkraft verloren.) Professor Haberlandt hat durch ausführliche Untersuchungen zu ermitteln gesucht, bis zu welchem Wärmegrad das zur Quellung dienende Wasser gesteigert werden kann. Aus den diesbezüglich mitgetheilten Versuchsreihen mögen hier nur einige Zahlen Platz finden. (Die Colonne A gibt die absolute Keimfähigkeit in Procenten an, B die Anzahl der gekeimten Samen, welche sich behufs Quellung durch zehn Stunden in einem Wasser von 30° C. befanden, C den Procentsatz der gekeimten Samen, welche durch fünf Stunden in Wasser von 50° C. gequollen waren.

	A	B	C		A	B	C
Mais . .	95	100	94	Rothklee .	100	92	28
Weizen. .	98	97	60	Hanf . .	91	45	21
Roggen. .	94	72	48	Hafer . .	100	76	8
Melone . .	100	66	46	Buchweizen	79	24	3
Raps . .	99	69	43	Fisolen . .	100	96	2
Runkelrübe	76	59	31	Gerste . .	98	36	0

Eine geringe Empfindlichkeit gegen die die Keimung schwächende Wirkung des warmen Quellwassers zeigten, wie sich aus der vorstehenden Tabelle ergibt, Mais, Weizen, Roggen, Melone, Raps; sehr geringe Widerstandsfähigkeit dagegen zeigten Hafer, Buchweizen, Fisolen, Gerste. Bei Gerste und Hafer soll sogar eine

Quellwassertemperatur von 20⁰ einen schädlichen Einfluss ausüben. Wichtiger als für den mechanischen Act des Aufquellens ist die Temperatur für das chemisch-physiologische Stadium der Keimung, also für die Umbildung der Reservestoffe und die Entwicklung des Embryo. Man unterscheidet hiebei insbesondere drei Wärmegrade, nämlich a) die niederste Temperatur, bei der schon die Keimung eintritt (Keimungsminimum), b) die höchste Temperatur, bei der noch eine Keimung stattfindet (Keimungsmaximum) und c) jene Temperatur, bei welcher die Keimung am sichersten und raschesten verläuft (Keimungsoptimum). So fand Professor Sachs annähernd das

	Minimum	Optimum	Maximum
für Gerste	5 ⁰	29 ⁰	38 ⁰ C.
„ Bohne	9 ⁰	33 ⁰	46 ⁰ C.
„ Kürbis	11 ⁰	33 ⁰	46 ⁰ C.

Professor Haberlandt, welcher durch ausgedehnte und mühevollte Versuche für die meisten inländischen Cultursamen die Minima und Maxima der Keimungstemperatur, sowie die Geschwindigkeit bestimmte, mit der die betreffenden Samen bei verschiedenen Temperaturen keimten, kam zu folgendem Ergebnisse: Die Mehrzahl der gekeimten Samen, unter anderen: Weizen, Roggen, Gerste, Buchweizen, Hanf, Raps, Senf, Kresse, Mohn, Lein, Roth- und Luzernklee, Wicken, Bohnen, Linsen, Erbsen keimten bei einem Temperaturminimum von + 5⁰ C. Zwischen + 5 und 10⁰ C. die Samen von Mais, Sonnenblume, Kümmel, Möhre, Esparsette, Fiole;

zwischen $+ 10$ und 15° C.: Baumwolle, Tabak, Kürbis, Paradiesapfel; zwischen $+ 15$ bis 18° C.: Gurke und Melone. Als obere Grenze (Maximum) ergaben sich die Temperaturen von 25 bis 31° C.: für Leindotter, Koriander, Majoran; 31 bis 37° für Weizen, Roggen, Gerste, Hafer, Weid, Kohl, Senf, Radieschen, Fenchel, Möhre, Kümmel, Petersilie, Mohn, Lein, Tabak; 37 bis 44° C.: Rothklee, Buchweizen, Cichorie, Sonnenblume; 44 bis 49° Mais, Hirse, Hanf, Paradiesapfel, Kürbis, Gurke, Zuckermelone. Bei 50° C. oder darüber keimte keiner von den untersuchten Samen. Aus den von dem genannten Forscher mitgetheilten Versuchsergebnissen können auch leicht die Keimungsoptima ermittelt werden. Bei Prüfungen der Keimkraft von Samen dürfte für die Praxis eine Temperatur von 20° C. als die günstigste angenommen werden.

Ein interessantes Factum für ein Minimum der Keimungstemperatur fand A. Uloth bei Keimpflanzen von Weizen und Spitzahorn, welche sich auf Eisstücken in einem Keller entwickelt hatten. Das im Winter gebrochene Eis hatte einige Tage in einem mit dem erwähnten Ahorn bepflanzten Hofe gelegen. Einzelne, an die Eisschollen festgefrorenen Früchte waren mit diesen in den Keller gekommen, die Weizenkörner stammten aus dem zur Bedeckung des Eises dienenden Stroh. Im Eiskeller betrug die Temperatur an jenen Stellen, wo die Samen lagen, genau 0° . Die normal gebildeten Würzelchen hatten durch die beim Keimproceß sich entwickelnde Wärme das Eis geschmolzen, und

waren 5 bis 7 Centimeter tief in dasselbe einge-
drungen.

Diese Beobachtungen Uloth's sind durch Versuche Kerner's in Innsbruck für die meisten Alpenpflanzen dahin bestätigt worden, dass die Samen derselben jedenfalls schon bei einer Temperatur von $+2^{\circ}\text{C}$. zu keimen beginnen. Professor Kerner senkte die Versuchssamen in Gläseröhren mit etwas Erde eingeschlossen unter den nöthigen Vorsichtsmassregeln in mehrere kalte Quellen der zum Innthale abfallenden Berggehänge, deren Temperatur innerhalb zweier Monate höchstens um einige Hundertel eines Grades differirt, und daher nahezu constant, jedenfalls constanter anzusehen ist, als sie durch künstliche Mittel hergestellt werden kann. Durch Beobachtungen an den am Rande der Schneefelder wachsenden Alpenpflanzen überzeugte sich Professor Kerner weiters, dass nicht nur das Wachsen der Keimtheile, sondern auch die fernere Entwicklung bei einer Temperatur von 0° erfolgen könne.

Ausser dem Licht und der Wärme haben auch noch verschiedene chemische Substanzen einen Einfluss auf die Keimung. In der That findet man in der Literatur zahlreiche solche „Beizmittel“ angegeben, welche dazu dienen können, um resistente Samenhüllen aufzulockern und dadurch die Keimung zu beschleunigen, oder die im Stande sein sollen, einer geschwächten Lebenskraft des Embryo zu Hilfe zu kommen. Die diesbezüglichen Versuche, in denen von den einzelnen Beobachtern diverse organische und unorganische Säuren

und Alkalien, ferner auch verschiedene Salze in Anwendung kamen, lassen häufig Manches zu wünschen übrig und zeigen auch vielfach widersprechende Resultate. Ich werde mich daher in das Detail dieser Frage nicht einlassen, und möchte nur über eines dieser Beizmittel, mit dem vielleicht am meisten und genauesten experimentirt wurde, einiges erwähnen. Es ist dies das Kupfervitriol. Dasselbe wurde schon im Jahre 1817 von Prevost, in neuerer Zeit von dem berühmten Mykologen Kühn als das sicherste Schutzmittel gegen die Rost- und Brandpilze des Getreides empfohlen. Die zerstörende Kraft des Kupfervitriols auf die genannten äusserst schädlichen Pilze ist jedenfalls eine bemerkenswerthe Eigenschaft desselben, allein für die Praxis handelt es sich auch darum, ob mit der Tödtung jener Pilze nicht zugleich auch die Keimkraft der behandelten Samen alterirt werde.

Diesbetreffende, von Nobbe mit Weizen, Roggen, Gerste, Hafer, Senf angestellte Versuche ergaben bei Anwendung einer $\frac{1}{10}$ -, $\frac{1}{2}$ - und einprocentigen Kupfervitriollösung im Vergleich zum destillirten Wasser eine Beeinträchtigung der Keimungsenergie. Diese Ergebnisse wurden durch die Untersuchungen von Dreisch und in neuester Zeit durch die von Haberlandt bestätigt. Als einen wesentlichen Charakter solcher, durch Kupfervitriol gebeizter, in Keimapparaten exponirter Samen fand Nobbe ein auffallend geschwächtes, nahezu sistirtes Wurzelsystem. Während nun bei derartigen Versuchen, auf Löschpapier, zwischen Tuchlappen oder in Porzellan-

schalen, wo das Kupfersalz frei einwirkt, eine Depri-
mirung der Keimkraft, eine pathologische Entwicklung
der Keimlinge, bisweilen sogar eine Tödtung der Samen
bewirkt wird, findet dies im Boden nicht statt. Die
verschiedenen Bodenarten besitzen nämlich ein ver-
schieden grosses Absorptionsvermögen für Kupfer. In
Folge dessen treten die früher genannten Erschei-
nungen nicht ein, die Keimlinge der mit Kupfersalz
gebeizten Samen zeigen in der Ackerkrume nicht nur
einen besseren Zustand des Wurzelsystems, sondern
gehen auch viel sicherer auf, als bei Versuchen in
Keimschalen und dergleichen. Kennt man die Ver-
heerungen, welche die Verbreitung der Brandpilze nach
sich ziehen, so wird man ein vorsichtiges zehn- bis
zwölfstündiges Einbeizen des Saatgutes kaum unterlassen,
wenn auch einige Samen hiebei geschwächt oder getödtet
werden.

Ich habe es nun versucht, Ihnen geehrte An-
wesende, in gedrängter Kürze nahezu alle wichtigen
Thatsachen vorzuführen, welche in Bezug auf den
Keimungsprocess der Samenpflanzen durch ältere und
neueste Forschungen Eigenthum der Wissenschaft
geworden sind. Sie haben, nachdem ich das Wesent-
lichste über die Entwicklung und den Bau der Samen
vorausgeschickt hatte, gehört, wann die Keimfähigkeit
der Samen eintritt, wie lange sie sich erhält, welche
Stadien der Keimprocess durchläuft, welche Verände-
rungen der Keimling erfährt, vom Beginn der Quel-
lung bis zum Verbräuche seiner Reservestoffe, und

endlich in welcher Weise gewisse äussere Agentien auf den in Rede stehenden Process einzuwirken vermögen. In der Hoffnung, hiemit etwas zur Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse beigetragen zu haben, schliesse ich meinen heutigen Vortrag.

Erklärung der Figuren.

- Fig. 1. Schematischer Durchschnitt durch eine vollkommene Blüte.
- Fig. 2. Querschnitt durch den Fruchtknoten eines Storchschnabels (*Geranium*).
- Fig. 3. Schematischer Längsschnitt durch eine Samenknospe. In dem von den beiden Integumenten umschlossenen Samenknospenkern befindet sich der Embryosack, der selbst zwei Keimbläschen in seinem Inneren enthält.
- Fig. 4. Keimling der Bohne. Zwischen den geöffneten Keimlappen ist das Würzelchen und Knöspchen sichtbar.
-

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Schriften des Vereins zur Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse Wien](#)

Jahr/Year: 1878

Band/Volume: [18](#)

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

Artikel/Article: [Ueber den Keimungsprocess der Samenpflanzen. 365-409](#)