

Über die Austrocknungsfähigkeit gekeimter Samen und Sporen.

Von Franz Rabe.

A. Einleitung.

Die Resistenz pflanzlicher Organismen gegen extreme Einflüsse bildet ein Forschungsgebiet, das auch in neuerer Zeit vielfach studiert wurde. Bietet es doch die Möglichkeit, den vitalen Eigenschaften des Plasmas, jenen Eigenschaften, die von jeher das höchste Interesse aller Naturforscher erweckt haben, in ihrer Erkenntnis näher zu kommen. Physikalische Einflüsse auf die Organismen, wie Temperatur, Licht, Austrocknung etc. sind es neben chemischen, die uns wichtige Aufschlüsse über die Eigenschaften der Zellen liefern, nicht zum mindesten die Austrocknung, da ihrer Einwirkung die Pflanzen auch in der freien Natur sehr häufig ausgesetzt sind. Sobald eine unzureichende Wasserversorgung stattfindet, geht die Lebenstätigkeit der Pflanzen zurück, und je mehr Wasser die Zellen bei einer eintretenden Austrocknung verlieren, desto mehr werden sie in ihren physiologischen Funktionen gestört. Das verdunstende Wasser stammt zum größten Teil aus dem Plasma, welches immer ein mehr oder minder großes Quantum Imbibitionswasser, ohne das es nicht aktionsfähig ist, enthält. Dieses Imbibitionswasser kann bis zu einem gewissen Grade vom Plasma abgegeben werden, wobei nur eine Sistierung der Lebenstätigkeit erfolgt. Sehr deutlich tritt das z. B. bei den Samen der höheren und den Sporen vieler niederer Pflanzen zutage. Diese vertragen die weitgehendste Austrocknung und setzen in ihrer Trockenstarre allen möglichen Einflüssen, welche den turgescennten Pflanzenteilen schädlich sein würden, die größte Resistenz¹⁾ entgegen. Eventuell läßt sich das Imbibitionswasser auch vollständig beseitigen, ohne daß die Lebensfähigkeit der Zelle zerstört wird, denn es kann die Austrocknung im Exsiccator über H_2SO_4 ²⁾ oder P_2O_5 ³⁾

1) Vgl. Pfeffer, Pflanzenphysiologie, II. Aufl. 1901, Bd. II pag. 324; ferner Kurzwelly: „Über die Widerstandsfähigkeit trockener pflanzlicher Organismen gegen giftige Stoffe“. Jahrb. f. w. Bot. Bd. 38, 1902, und die dort citierte Literatur.

2) Saussure, „De l'influence du dessèchement sur la germination de plusieurs graines alimentaires“ in Annal. des sc. nat. 1827, Bd. X pag. 70 ff. — Schröder, „Die Austrocknungsfähigkeit der Pflanzen“ in Pfeffers Untersuchungen a. d. Bot. Institut. z. Tübingen 1886, Bd. II pag. 1—52.

3) Koch's, „Kann die Kontinuität der Lebensvorgänge zeitweilig völlig unterbrochen werden?“ Biolog. Zentralblatt 1890, Bd. 10, pag. 673.

künstlich noch weiter getrieben werden, als sie die Natur bewirkt, so daß fast alles Imbibitionswasser entzogen wird und mit den uns zur Verfügung stehenden Mitteln während langdauernder Beobachtung eine Atmungs-, mithin Lebenstätigkeit nicht mehr nachzuweisen ist, und doch bleiben viele derartig scharf ausgetrocknete Samen und Sporen keimfähig. Allerdings behalten sie ihre Keimfähigkeit nicht unbegrenzt, denn in absehbarer Zeit — in 1—10 Jahren, selten nach noch längerer Zeit¹⁾ — gehen sie aus ihrem inaktiven, scheinbaren Zustand ebenso wie die vegetativen Organe, in den leblosen über. Unter den vegetativen Pflanzen und Pflanzenteilen gibt es zwar auch einige, die völlige Lufttrockenheit vertragen, z. B. Moose, Flechten und einige Algen²⁾, aber die meisten haben sich als ungleich weniger resistent erwiesen. Je nach der Anpassung an ihre Lebensweise ertragen sie einen mehr oder weniger großen Wasserverlust verschieden lange. Gewissermaßen einen Übergang zwischen Vegetativ- und Dauerzuständen in der Resistenz bilden angekeimte Samen, von denen bisher im allgemeinen so viel bekannt ist, daß ihre Austrocknungsfähigkeit mit dem Fortschreiten des Keimstadiums abnimmt, daß die Tötung von Wurzeln noch nicht den ganzen Keimling vernichtet, sondern daß statt der abgestorbenen Wurzeln bei erneuter Wasserzufuhr Adventivwurzeln aus Basalteilen der alten oder aus anstossenden Stengelteilen reproduziert werden können und daß bei einer Beschädigung der Plumula als Ersatz des Sprosses bereits vorhandene Achselknospen zur Ausbildung gelangen können.³⁾ Wissenschaftliche Untersuchungen hierüber sind aber bisher in geringerer Anzahl angestellt, als über die Resistenz ungekeimter Samen und Sporen, wiewohl jene Frage nach der Lebensfähigkeit gekeimter und wieder getrockneter Samen auch in praktischer Hinsicht bedeutungsvoll ist. Zum Teil finden sich sogar widersprechende Angaben in der Literatur über diesen Gegenstand. Deshalb wird es nicht unangebracht sein, die Austrocknungsfähigkeit speziell gekeimter Samen einer eingehenderen Prüfung zu unterziehen. Auf Anraten meines hochverehrten Lehrers, Herrn Geh. Hofrat Prof. Dr. Pfeffer, entschloß ich mich, dieser Frage näher zu treten, um durch zusammenfassende Untersuchungen

1) Siehe Pfeffer, l. c. II pag. 327, und Nobbe, Samenkunde 1876 pag. 370.

2) Schröder, l. c. pag. 15.

3) Siehe Frank, „Krankheiten der Pflanzen“, II. Aufl. 1895, pag. 263, und Detmer, „Vergleichende Physiologie des Keimungsprozesses der Samen“, 1880, pag. 533.

und Ausdehnung derselben auf gekeimte Farn-, Moos- und Pilzsporen unsere Kenntnisse in dieser Beziehung zu erweitern.

B. Literatur.

Kein geringerer als Th. de Saussure (l. c.) hat zuerst diesen Gegenstand mit großer Exaktheit im Anfang vorigen Jahrhunderts behandelt. Er liefs ein Jahr alte Samen unserer hauptsächlichsten Kulturpflanzen zwischen feuchten Schwämmen, die für ganz kleine Samen mit einer Filtrierpapierschicht bedeckt waren, bis zu bestimmten Stadien keimen, dann an der Luft trocknen, bis kein Gewichtsverlust mehr nachzuweisen war (2—3 Monate), und diejenigen, welche dieser Prozedur widerstanden und keimfähig blieben, hinterher noch vier Wochen in einem luftleer gemachten Exsiccator über H_2SO_4 weiter austrocknen. Im Stad. I waren die Wurzeln halb so lang wie der Same, im Stad. II ebenso lang, oder etwas länger als der Same, aber die Plumula war noch nicht hervorgebrochen, und im dritten Stadium war die Plumula eben aus der Schale befreit. Genau war diese Trennung der Keimstadien nicht einzuhalten, da einige Samen, wie z. B. Weizen und Roggen, zugleich mit der Wurzel ihre Plumula entfalten, während bei anderen hinwiderum die Plumula sehr lange von den Kotyledonen bedeckt bleibt. Die meisten Samen von Stad. I vertrugen die Austrocknung an der Luft¹⁾, im zweiten und dritten Stadium blieben nur wenige lebendig, wie Triticum und Secale und gegenüber Schwefelsäuretrokkenheit erwiesen sich nur die ersten Stadien von Triticum, Secale, Hordeum und Brassica resistent. Viele erlitten eine Verzögerung ihres neuen Wachstums, namentlich die des zweiten und dritten Stadiums, deren Wurzeln abstarben und durch neue ersetzt wurden. Näheres über die Reproduktion von Wurzeln ist nicht angegeben worden. Die Lebensdauer der gekeimten Samen wurde aber durch das Austrocknen bereits an der Luft derartig herabgedrückt, dafs nach einem Jahr kein einziger Same seine Lebensfähigkeit wieder aufnahm. Manche Keimlinge der Cerealien, jedoch nur lufttrockene unterhalb des dritten Stadiums, vertrugen sogar eine mehrfache Wiederholung von Austrocknung und Wiedergewinn der Turgescenz.

Hierauf sich beziehende Versuche von Nowoczek²⁾ an Weizen, Gerste, Hafer, Mais, Raps, Lein, Erbsen und Rotklee ergaben, dafs

1) Genauere Angaben Tab. IV.

2) „Über die Widerstandsfähigkeit junger Keimlinge“. Wissensch. prakt. Unters. etc. herausg. v. F. Haberlandt, 1875, Heft I, pag. 122 ff.

nach sechsmaligem Austrocknen bei 15—20° von Weizen noch 1%, Gerste 4% und Hafer noch 8% der Samen ihren Keimprozess fortsetzten. Diese auf den ersten Blick hin frappant erscheinende Tatsache verliert aber an Bewunderung, wenn man berücksichtigt, dass die erste Trocknung bereits nach dem Einquellen der Samen begonnen wurde, so dass nach dem sechsten Wechsel von Austrocknung und Vegetation die Keimung noch nicht weiter als bis zum dritten Saussure'schen Stadium vorgerückt war. Außerdem ist die Dauer der Trocknung nicht angegeben. Aus den Daten, zwischen welchen je eine Trocknung und Weiterkeimung stattfand, zu schliessen, sind die Keimlinge 8, höchstens 14 Tage getrocknet worden. Immerhin entspricht diese Methodik des Austrocknens am ehesten der natürlichen, und man begreift, von wie hoher biologischer Bedeutung es ist, dass gerade die Cerealiensamen auch bei diesen Versuchen sich resistenter zeigten, als alle anderen. Die bei der wiederholten Austrocknung zugrunde gegangenen Wurzeln wurden mehrmals neu gebildet. Der erste Blatttrieb der Cerealien vertrocknete, die inneren Blätter aber wuchsen weiter.

In teilweisem Widerspruch mit den Versuchsergebnissen der beiden vorigen Autoren stehen die Resultate, welche v. Tautphöus¹⁾ erzielte. Eben angekeimte und wieder getrocknete Samen von Mais, Erbse, Bohne, Wicke und Lupine büßten ihre Lebensfähigkeit ein. Von Gerste, Roggen und Weizen wuchsen nur diejenigen zum größten Teil weiter, bei welchen nur Wurzeln entwickelt gewesen waren; wenn sich auch die Plumula entwickelt hatte, so ging die Mehrzahl der Keimlinge zugrunde. Anderthalb Zentimeter dürfte die Plumula nicht überschreiten. — Ferner bestätigten v. Tautphöus' Versuche an Roggen und Gerste die Angabe Saussures, dass selbst die jüngsten Keimlinge nach einjähriger Austrocknung ihre Lebenskraft verlieren.

Marek²⁾ experimentierte mit angekeimten Samen von Weizen, Erbse, Lein, Rübsen und Pferdebohne, die er vor dem Trocknen nicht nach der Entwicklungsgröße, sondern Entwicklungszeit auswählte und zwar nach 2-, 3-, 4- und 10 tägiger Keimung. Er berücksichtigte dabei die Widerstandsfähigkeit großer und kleiner Keimlinge, benutzte aber von jeder Sorte bloß 6 Samen (3 große und 3 kleine).

1) „Die Keimung der Samen bei verschiedener Beschaffenheit derselben.“ München 1876.

2) „Das Saatgut und dessen Einfluss auf Menge und Güte der Ernte“, Wien 1875, pag. 159 ff.

Natürlich ist diese Anzahl zwecks allgemeiner Schlussfolgerung viel zu gering, ebenso wie die Auswahl der Keimlinge nach der Zeit, wegen ungleicher Evolution, nicht zu billigen ist. Ferner ist auch bei Marek über die Trockendauer nichts angegeben. Es heisst nur: „Die gekeimten Samen wurden im Wärmezimmer getrocknet und nach abgetrocknetem Zustande wieder zur Keimung ausgelegt.“ Bis zum konstanten Gewicht wurde sicher nicht getrocknet, da bei den 10 Tage alten Keimlingen die Stengel nach dem Trocknen noch feucht waren. Nach 2, 3 und 4 Tagen hatten die Keimlinge gewöhnlich das 1.—3. Saussure'sche Stadium erreicht, nach 10 Tagen dieselben aber bedeutend überholt. Weizen hatte nach 10 Tagen eine Plumula von 12,1 cm, Pisum eine solche von 8,4 cm und eine Radicula von 8 cm. Nichtsdestoweniger wuchsen 2 vom Weizen weiter und 1 von Pisum mit Entwicklung von Axillarknospen. Gekeimte Lein- und Rübensamen erwiesen sich als nicht resistent. Marek schenkte indes zuerst dem Reproduktionsvermögen der ausgetrockneten Keimlinge grössere Aufmerksamkeit, indem er zeigte, dass statt der abgestorbenen Wurzeln neue aus den Wurzelanlagen des Hypokotyls oder dem Stamminternodium gebildet werden und dass die Plumula grössere Resistenz besitzt, als die Wurzeln. Die Plumula wird, wenn sie abstirbt, durch Entwicklung vorhandener Achselknospen ersetzt.

Ehrhardt¹⁾ führte Versuche an gekeimtem Roggen aus. Er liess Roggen in 15 aufeinanderfolgenden Stufen ankeimen und wieder lufttrocken werden. Im 9.—11. Stadium (Plumula im Maximum 19 mm, Wurzeln durchschnittlich 37,5 mm), welche ungefähr dem Saussure'schen dritten Stadium entsprechen, waren noch 54—56 % entwicklungsfähig. Im 12.—15. Stadium (Plumula 45 mm, Wurzeln 75 mm) blieben 4 % der Keimlinge resistent.

Sehr genaue Versuche in dieser Richtung wurden von Will²⁾ angestellt. Gekeimte Samen von Gerste, Hafer, Roggen, Weizen, Rotklee, Erbse, Wicke und Buchweizen wurden — unter genauer Mafsangabe — in sechs verschiedenen Stadien bis zum konstanten Gewicht an der Luft getrocknet (15 – 20 Tage), worauf ihre Wachstumsfähigkeit mit teilweiser Berücksichtigung verschiedener Varietäten prozentualiter

1) Deutsche landw. Presse 1881, VIII. Jahrgang, No. 76. „Wie verhält sich die Keimfähigkeit bei ausgewachsenem Getreide?“

2) „Über den Einfluss des Einquellens und Wiederaustrocknens auf die Entwicklungsfähigkeit der Samen, sowie über den Gebrauchswert ‚ausgewachsener‘ Samen als Saatgut.“ Nobbe, Landw. Versuchsst., 1883, Bd. 28, pag. 51 ff.

festgestellt wurde. Die Stadien III—VI entsprachen dem Saussure'schen ersten bis dritten. Die Trocknung nach 12stündigem Quellen (Stadium I) schädigte gar nicht, nach 24stündigem wenig, nach der Auskeimung aber mehr und mehr „proportional dem vorgerückten Keimstadium“. Die monokotylen Samen erwiesen sich resistenter als die dikotylen, unter ersteren wiederum z. B. die Cerealien besser als Mais, unter den dikotylen Wicken und Rotklee besser als Buchweizen und Erbsen. Statt der abgestorbenen Wurzeln und Knospen wurden meist Seitenwurzeln resp. Achselsprosse erzeugt.

Nach Bonnier¹⁾ erholten sich von Weizen-, Bohnen-, Schminkbohnen-, Erbsen- und Maiskeimlingen in einem Stadium, das dem 3. Saussure'schen entspricht, nach 24stündiger Trocknung bei 35° alle, nach längerer Austrocknung an der Luft bis zum konstanten Gewicht aber gar keine außer Weizen. „Wenn Wurzel und Plumula sich nicht selbst erholten, so bildeten sich neue Adventivwurzeln und -sprosse“ sagt auch er.

Nach Schröder²⁾ ertrugen die Keimlinge unreifer Samen von *Hordeum vulgare*, *Triticum durum* und *T. spelta* in allen drei Saussure'schen Stadien 10wochenlanges Austrocknen über Schwefelsäure. In 2—4 Tagen setzten sie ihre Wachstumstätigkeit fort, und außer den Wurzeln, die durch Adventivbildungen ersetzt wurden, starben an ihnen keine Pflanzenteile ab.

Will teilt (l. c. pag. 54) mit, daß noch einige Berichte über Feldanbauversuche an „ausgewachsenem“ Getreide vorliegen. Er bemerkt aber dazu ganz richtig, daß ausgewachsenes Saatgut aus Keimlingen verschiedenen Entwicklungsgrades gemengt besteht und im Felde so viel unkontrollierbaren Einflüssen ausgesetzt ist, daß derartige Versuche im Gegensatz zu den Versuchen im künstlichen Keimbett keine wissenschaftlich brauchbaren Aufschlüsse geben. —

Während über die Resistenz ungekeimter Sporen zahlreiche Arbeiten vorliegen³⁾ sind die Angaben über eben gekeimte Pilzsporen nur spärlich. Über gekeimte Moos- und Farnsporen ist in dieser Hinsicht überhaupt nichts näher untersucht. Hoffmann⁴⁾ stellt nach

1) Note sur la réviviscence des plantules desséchées. Rev. gén. de Bot. 1892, pag. 193—201.

2) Schröder, l. c. p. 13.

3) Die Literatur hierüber ist zu finden bei Schröder, Pfeffer, Kurzwelly l. c. l. c.

4) Untersuchungen über die Keimung der Pilzsporen. Jahrb. f. w. Bot. 1860, Bd. II, pag. 329.

seinen Versuchen die Austrocknung des Keimfadens der Uredineen für das Weiterwachsen als absolut tödlich hin.

Schröder (l. c. pag. 34) sagt: „Fäden von *Penicillium glaucum*, *Phycomyces nitens*, *Mucor mucedo*, selbst wenn sie eben erst aus der Spore hervorgegangen waren, fand ich schon nach ganz geringer Austrocknung desorganisiert.“

Zopf¹⁾ behauptet, daß vegetative Fäden und Conidienträger schon durch wenigstündiges, sicher durch mehrtägiges Austrocknen absterben, und daß die höchst zartwandigen Promycelien der Rost- und Brandpilze schon nach $\frac{1}{2}$ —1stündigem Trockenliegen zugrunde gehen.

Nordhausen²⁾ konstatierte, daß völliges Austrocknen junger Pilzkeimschläuche auf dem Objektträger schon nach wenigen Minuten tödlich ist. Sogar den Keimfäden parasitärer Pilze, z. B. *Botrytis*arten, auf Blättern wurde der Aufenthalt in einem Raum, der noch 60% relative Feuchtigkeit besaß, zum Verderben.

Nach einigen orientierenden Versuchen an *Aspergillus*conidien erwähnt Lode³⁾ nebenbei, daß die Widerstandsfähigkeit der Mycelien „sicherlich nicht größer, sondern vermutlich viel kleiner“ sei als bei den Conidien.

Ebenso ist bei Pfeffer⁴⁾ nur allgemein angegeben: „analog, wie bei den Samen, wird bei dem Keimen der austrocknungsfähigen Sporen von *Penicillium*, *Phycomyces*, *Mucor*, *Uredo* ein Keimschlauch gebildet, der durch Wasserentziehung getötet wird.“

In neuerer Zeit hat sich Duggar⁵⁾ beiläufig mit der Austrocknungsfähigkeit gekeimter Sporen von *Botrytis vulgaris* und *Aspergillus flavus* beschäftigt und gibt nur einen kurzen Bericht über seine Resultate. Die auf Nährlösung gekeimten Sporen wurden abfiltriert und auf dem Filter getrocknet. Von *Botrytis* waren nach 24 Stunden alle tot, von *Aspergillus* nach 20 Tagen die meisten noch lebendig, nach 65 Tagen ungefähr die Hälfte, nach 100 Tagen alle tot.

Bei Abschluss meiner Untersuchungen kamen mir noch 2 diesbezügliche Notizen zu Gesicht, die ich hier vorläufig nur kurz erwähnen

1) „Pilze“ in Schenks Hdbch. d. Bot., 1890, Bd. IV, pag. 487.

2) „Beiträge zur Biologie parasitärer Pilze“, Jahrb. f. w. Bot., 1899, Bd. 33, pag. 29.

3) „Studien über die Absterbebedingungen der Sporen einiger *Aspergillus*arten.“ Archiv f. Hygiene, 1902, Bd. 42, pag. 121.

4) Pfl.-Physiol., II. Aufl., II, pag. 325.

5) „Physiological Studies with Reference to the germination of certain fungous spores,“ Botanical Gazette Vol. XXXI, 1901, pag. 65.

will. Es hat Gatin-Gruzewska¹⁾ konstatiert, daß Teile von Pilzen verschiedener Polyporusarten nach 4—10tägiger, von *P. lucidus* sogar nach dreimonatiger Austrocknung bei 37° noch lebendig waren, indem er die gemessene Respirationsintensität als Kriterium des Wiederauflebens der Pilze benutzt hat.

Ferner ist eine Mitteilung von C. Wehmer²⁾ zu finden, wonach sich eine submerse Mycelflocke (alter Bodensatz) von *Mucor hiemalis* aus einer 2¹/₂ Jahre alten, nach und nach eingedickten Zuckerlösung in neuer Nährlösung weiterentwickelte.

Vergegenwärtigen wir uns, daß es bei Moosen, Pilzen, Bakterien etc. Objekte gibt, die im vegetativen Leben ein Austrocknen vertragen³⁾, so dürfen wir wohl vermuten, daß auch im Keimstadium befindliche Sporen, analog den Samen, in Anpassung an ihre Aufgaben, eventuell einer Austrocknung widerstehen können, wie denn überhaupt der Zweck der Einrichtungen im Pflanzenreich eine hervorragende Rolle spielt, demzufolge vielfach nur gewisse Entwicklungsphasen der Pflanzen austrocknungsfähig sind. Daß und inwieweit unsere Annahme bezüglich der Resistenz gekeimter Sporen zutrifft, werden wir später sehen.

C. Methodisches.

Bevor wir zum speziellen Teil übergehen, seien noch kurz einige Bemerkungen über die angewandte Methodik eingeschaltet. Als einfachste und beste Keimapparate, die zugleich eine ständige, bequeme Be-

1) „Résistance à la desiccation de quelques Champignons.“ Comptes Rendus de l'Acad. d. Sciences, 1904, T. CXXXIX, No. 24, pag. 1040—42.

2) „Über die Lebensdauer eingetrockneter Pilzkulturen.“ Bericht. d. d. bot. Ges., 1904, Bd. XXII, pag. 476—8.

3) Über Pilze vgl. Schröder und Gatin-Gruzewska l. c. Bei manchen Pilzen veranlaßt partielles Austrocknen zuweilen Bildungen von Dauerzuständen. (Nägeli, Die niederen Pilze, 1877, pag. 28, Schröder l. c. 35.) Aufserordentlich resistent sollen z. B. die vegetativen Zellen der *Saccharomyces*arten sein (nach Schröder l. c. 35, zwei Jahre lang, und Will, Zentralblatt f. Bakteriologie II. Abt. 1900, Bd. 6, pag. 226, sechs Jahre), und von Bakterien sind die vegetativen Formen verschiedener Arten teils kurze, teils auch sehr lange Zeit austrocknungsfähig. *Bact. Termo* z. B. bleibt nach Eidam („Die Einwirkung verschiedener Temperaturen und des Eintrocknens auf die Entwicklung von *Bact. Termo*“ in Cohns Beitr. z. Biol. Bd. I, pag. 223) getrocknet sieben Tage lebendig, der Tuberkelbazillus nach Fischer aber 2—3 Monate. (Vorlesungen über Bakterien. II. Aufl., 1903, pag. 110). Ebendasselbst ist übrigens eine Aufstellung über die Lebensdauer staubtrockner, sporenloser, pathogener Bakterien zu finden, ebenso bei M. Ficker („Über Lebensdauer und Absterben von pathogenen Keimen“ in Zeitschrift für Hygiene und

obachtung der Keimlinge zuliefen, erwiesen sich mit Fließpapier ausgelegte feuchte Kristallisierschalen, in welchen etwas oberhalb der wasserbenetzten Bodenfläche mit Filtrierpapier bedeckte Glasscheiben auf Glasunterlagen (Petrischalenhälften) ruhten. Natürlich stand das Papier in Verbindung mit der dauernd nassen Bodenfläche. Nach der Keimung wurden die Samen in Filtrierpapierkästen teils an der Luft in einem Raum von ca. 20° C. und durchschnittlich 45 % relativem Feuchtigkeitsgehalt getrocknet, teils in einem Exsiccator über H₂SO₄. Im folgenden wollen wir deshalb, analog der Schröder'schen Ausführung, zur Unterscheidung beider Methoden einfach von Luft- und Schwefelsäuretrocknenheit sprechen.

Die sehr kleinen Samen, sowie die Moos-, Farnsporen etc., wurden auf 1 cm hohen, glatten Gipsblöcken, welche bis zur halben Höhe in Knoop'scher Nährlösung standen und von einer tubulierten, wattebepropften Glasglocke verdeckt waren, keimen gelassen. Wenn die Keimung erfolgt war, wurden die Sporen resp. Samen mitsamt den Gipsblöcken getrocknet und bei späteren Prüfungen einfach wieder in Nährlösung gestellt. Zu Beobachtungen konnten die Blöcke in toto unter das Mikroskop gesetzt werden, für genauere Untersuchungen aber ließen sich Proben mit der Nadel leicht herunternehmen.

Die Pilzsporen wurden im Hängetropfen in einer feuchten Glaskammer, welche zur Erhaltung konstanter Konzentration des Tropfens die gleiche Nährlösung auf dem Boden enthielt, zur Keimung gebracht und direkt auf dem Deckgläschen teils an der Luft, teils über H₂SO₄ eintrocknen gelassen und zwar in sterilen, zwecks Schaffung einer rauhen Unterlage mit Fließpapier ausgelegten Petrischalen. Bei der Aussaat wurden die Sporen in den betreffenden Nährlösungen suspendiert und diese soweit verdünnt, daß in jeden Hängetropfen nicht mehr wie 30 Sporen, meist 10—15, gelangten. Flüchtige Skizzen von der Lage und GröÙe der Keimlinge sofort nach dem Wiederbefeuchten dienten dazu, um mit Sicherheit zu erkennen, welche Mycelfäden weiterwuchsen und welche nicht, oder wo etwa eine vor dem Trocknen ungekeimte Spore zu keimen begann. Denn meist waren die Sporen ein und desselben Nährtropfens in der Entwicklung sehr ungleich und manche noch gar nicht ausgekeimt, bevor sie zum Trocknen ausgesetzt wurden.

Infektionskrankheiten, 1898, Bd. 29, pag. 5). Vgl. ferner De Bary, Vergl. Morph. u. Biol. d. Pilze, 1884, pag. 515, u. Flüggé, Microorganismen, III. Aufl. 1896, Bd. I, pag. 445.

D. Spezieller Teil.

I. Versuche an Samen.

1. Prüfung der bekannten Tatsachen mit Berücksichtigung der Reservestoffentleerung und Reproduktivität der Keimlinge.

Da die Samen, von gewissen Arten abgesehen, nach bloßem Quellen eine Austrocknung ohne Schaden vertragen, so wurde bei unseren Versuchen zur Unterscheidung der Entwicklungsstufen der Keimlinge die Saussure'sche Trennung (siehe pag. 255) ungefähr innegehalten. Indes sei über die genaue Größe der hervorgewachsenen Teile in den drei verschiedenen Stadien eine Tabelle beigelegt.

Tab. I. Entwicklungsstadien der Keimlinge vor der Trocknung.

Art	Stadium	Anzahl der Wurzeln	Länge d. Radicula resp. Radicula + Hypocotyl in mm	Länge d. Plumula in mm	Art	Stadium	Anzahl der Wurzeln	Länge d. Radicula resp. Radicula + Hypocotyl in mm	Länge d. Plumula in mm
Avena sativa	I	1	5-10	—	Lup. lut. et coerul.	I	1	5	—
	II	1-3	15-20	—		II	1	10-15	—
	III	1-3	30-40	5-10		III	1	20-30	—
Secale cereale	I	1	2-5	2	Lupin. alb.	I	1	5	—
	II	1-3	10-15	5		II	1	20	—
	III	1-3	20-30	10-15		III	1	30-40	—
Triticum vulgare	I	1	2-5	—	Pisum sativ.	I	1	3	—
	II	1-3	10	2-4		II	1	10-15	—
	III	1-4	20-30	5-10		III	1	20	2
Hordeum distichum	I	1	1-3	—	Cucurbita Pepo *	I	1	10-15	—
	II	1-2	10-15	—		II	1	30	—
	III	2-4	20-30	5-10		III	1	40-50	—
Linum usitat.	I	1	1-2	—	Ricinus communis *	I	1	5	—
	II	1	4-5	—		II	1	10	—
	III	1	20-30	—		III	1	20-30	—
Brasica Napus et Sinapis alba	I	1	1	—	Phaseolus multiflor. *	I	1	10	—
	II	1	4	—		II	1	30	—
	III	1	10	—		III	1	50	—
Helianthus annuus	I	1	3	—	Vic. faba maior	I	1	10	—
	II	1	10	—		II	1	20	—
	III	1	30	—		III	1	30	5
Vicia sativa	I	1	3	—	Vic. faba minor	I	1	5	—
	II	1	10	—		II	1	10-15	—
	III	1	20	4		III	1	20-30	2

Bei den mit einem * versehenen Arten hatten sich bereits Seitenwurzeln zu entwickeln begonnen.

Zunächst wurde eine Prüfung der bisher bekannt gewordenen Resultate vorgenommen. Gekeimte Samen ¹⁾ von *Triticum vulgare*, *Hordeum distichum*, *Avena sativa*, *Brassica Napus*, *Sinapis alba*, *Lupinus albus* und *luteus*, *Helianthus annuus*, *Cucurbita Pepo*, *Vicia faba maior* et *minor*, *Mirabilis Jalapa*, *Phaseolus multiflorus*, *Linum usitatissimum* und *Pisum sativum* wurden nach dreiwöchiger Lufttrockenheit ²⁾ 24 Stunden in Wasser quellen gelassen und dann in feuchtes Sägemehl gepflanzt. Das Ergebnis zeigt Tab. II.

Tab. II. Resistenz gegen 3wöchige Austrocknung an der Luft.

		Triticum			Hordeum			Avena mit Spelzen			Brassica			Sinapis			Lup. albus			Helianthus			
Prozentzahlen der Weitergewachsenen	Stadium	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	
	sofort ³⁾	100	100	79	100	100	10	60	47	—	60	—	—	100	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	später ⁴⁾	—	—	18	—	—	31	24	18	20	40	—	—	—	—	—	100	11	—	61	—	—	
in Summa		100	100	97	100	100	41	84	65	20	100	—	—	100	—	—	100	11	—	61	—	—	

Im dritten Stadium hatten alle unter der Austrocknung gelitten, zum mindesten war eine Wachstumsverzögerung eingetreten. Stad. II und III von *Brassica*, *Sinapis* und *Helianthus* erholte sich überhaupt nicht, von *Lup. albus* nur schwach, dagegen war Stad. I fast aller Keimlinge resistent geblieben, nur *Avena* und *Helianthus* hatten an Keimzahl verloren. Die übrigen, als *Cucurbita*, *Vic. fab. maior* und *minor*, *Mirabilis*, *Phaseolus*, *Linum*, *Pisum*, *Lup. luteus* gingen zugrunde und verfaulten. Das wahrscheinlich etwas zu feucht gewesene Sägemehl hatte sich für diese als Keimbett nicht bewährt; ebenso liefs sich hierin der Ersatz etwa abgestorbener Teile nicht deutlich verfolgen, deshalb wurden die getrockneten Keimlinge bei anderen Versuchen in die unter C beschriebenen Keimapparate gelegt.

Zu weiteren Versuchen wurden die gleichen Samenarten verwendet wie oben, ferner Samen von *Secale cereale*, *Ricinus communis*, *Vicia sativa*, *Lupinus coeruleus*, Pferde Zahn- und Körnermais. Keimlinge aller drei Stadien wurden teils an der Luft, teils ⁵⁾ über H_2SO_4

1) Zu allen Versuchen wurden von den kleinen Samen, z. B. den Gramineen und Cruciferen ca. 100—200 Stück, von den gröfseren, z. B. den Leguminosen, ca. 30—50 Stück verwendet.

2) Nach Will (l. c. pag. 55) ist vollständige Lufttrockenheit nach 15—17 Tagen erreicht, während Saussure 1 Monat angibt.

3) Deutliche Weiterentwicklung ohne oder höchstens mit 1—2 Tagen Verzug.

4) Deutliche Weiterentwicklung nach 3—14 Tagen.

5) Letztere Portion wurde 1 Monat an der Luft, darauf 2¹/₂ Monate im Exiccator getrocknet, zusammen = 3¹/₂ Monate.

3 1/2 Monate lang getrocknet und dann nach halbtägigem Quellen in Wasser 1) unter gleichen Bedingungen wieder in Keimapparate gelegt.

Tab. III. Prozentzahlen der nach 3 1/2-monatiger Luft- und Schwefelsäuretrockeneit weitergewachsenen Keimlinge.

Der * bedeutet, dafs noch eine Anzahl einzelner Kotyledonen resistent war, die aber keine vollständige Pflanze reproduziert hatten.

Art	Stad. I		Stad. II		Stad. III	
	Luft	H ₂ SO ₄	Luft	H ₂ SO ₄	Luft	H ₂ SO ₄
Triticum vulgare . . .	92	22	86	24	89	56
Secale cereale . . .	54	4	30	5	55	7
Avena sativa ohn. Spelzen	56	21	15	—	34	—
Avena sativa mit Spelzen	22	—	21	—	25	—
Hordeum distichum . .	50	4	6	—	15	—
Sinapis alba	100	100	3	—	—	—
Brassica napus . . .	54	37	20	6	—	—
Helianthus annuus . .	63*	31*	19*	—*	—	—
Körnermais .	56	—	31	—	—	—
Pferdezahmais . . .	22	—	—	—	—	—
Pisum sativum . . .	75	—	—	—	—	—
Linum usitatiss. . .	15*	2	—*	—	—	—
Lupinus coeruleus . .	40*	31*	—*	—	—	—
Lupinus luteus . . .	13*	4*	—*	—*	—	—
Lupinus albus . . .	20*	—	—*	—	—	—
Vicia sativa	7	—	—	—	—	—
Phaseolus multiflorus .	—*	—*	—*	—*	—*	—
Cucurbita Pepo . . .	—*	—*	—*	—	—	—
Vicia faba maior et min.	—	—	—	—	—	—
Ricinus communis . .	—	—	—	—	—	—

Tab. IV. Nach Saussures Resultaten zum Vergleich angefertigte Tabelle über die Resistenz d. Keimlinge gegen 2 1/2 monatige Lufttrockeneit.

+ bedeutet: Weiterwachstum zum grössten Teil.

— bedeutet: Absterben aller Keimlinge.

Art	Stad. I	Stad. II	Stad. III
	Triticum hybridum . .	+	+
Secale cereale . . .	+	+	+
Avena ohne Spelzen . .	+	—	—
Avena mit Spelzen . .	—	—	—
Hordeum vulgare . . .	+	+	—
Sinapis alba	+	+	—
Brassica oleracea . . .	+	+	—
Polygonum fagopyrum .	+	2/3 +	wenige +
Mais . . .	+	—	—
Ervum leus .	+	+	—
Pisum (sechs Wochen getrocknet)	1/3 +	1/3 +	—
Cannabis sativa . . .	+	—	—
Lactuca sativa . . .	+	—	—
Trifolium repens . . .	1/5 +	—	—
Lepidium sativum . .	wenige +	wenige +	—
Vicia sativa	+	+	1/2 +
Phaseolus multifl. . .	—	—	—
Pastinaca sativa . . .	1/4 +	—	—

Die von Saussure geprüften, nicht resistent befundenen Spezies sind ausgelassen worden.

1) Infolge schnellerer Wasseraufnahme von den getrockneten Keimlingen genügt nach Will (l. c. pag. 56) eine 2 stündige bis 1/2 tägige Wiedereinquellung.

Da die Keimlinge in der Tab. III möglichst nach ihrer Resistenzfähigkeit geordnet sind, so läßt sich leicht überblicken, welche Samen in angekeimtem Zustande ein Austrocknen am besten vertragen. Es sind wieder in erster Linie die Gramineen, dann die ölreichen Samen von Brassica, Sinapis, Helianthus und darauf die Leguminosen. Phaseolus und Cucurbita waren zwar zu der Entwicklung einer vollständigen Pflanze unfähig, zeigten aber in den Kotyledonen ihre Erhaltung durch starke Reproduktionstätigkeit an. Nur Ricinus communis, Vicia faba maior und minor hatten alles Leben verloren.

Ein Vergleich mit den in der nebenstehenden Tabelle IV angeführten Resultaten Saussures läßt erkennen, daß die resistenten Samenarten beiderseits die gleichen sind. Wenn die Untersuchungen anderer Autoren bei den einzelnen Spezies teils günstigere, teils ungünstigere Resultate ergaben — bei Mareks Versuchen erwies sich z. B. Linum überhaupt nicht resistent —, so ist das wohl nur auf ungleiche Methodik zurückzuführen. Die einen Forscher haben kürzere Zeit getrocknet als die anderen und diese vielleicht ein vorteilhafteres Keimblatt als jene verwendet. Ferner waren die Keimstadien nie die gleichen und nicht zum mindesten mag die Varietät¹⁾ der verwendeten Samensorten die Ursache des ungleichen Erfolges gewesen sein. Nicht zu vergessen sind auch die Störungen der Keimversuche durch Pilze, was v. Tautphöus besonders hervorheben zu müssen glaubt. Denn wenn sich auch im allgemeinen die Keimlinge, die einmal nach dem Austrocknen lebendig geblieben sind, unter günstigen Bedingungen erhalten, so ist doch nicht zu verkennen, daß manche von ihnen nur durch Verschimmelung oder durch Bakterienwirkung zugrunde gehen. Tatsächlich wurden bei meinen Versuchen durch Waschen, rechtzeitiges Entfernen verfaulte Teile und Umlegen in ein neues Keimbett viele Pflänzchen vor dem Untergang bewahrt und es ist sicher, daß durch sorgfältigste, womöglich sterile Behandlung sich bedeutend höhere Keimzahlen erzielen lassen. Denn außer Triticum und Secale, die nach der Lufttrockenheit ihre Evolutionsfähigkeit sogar schneller wieder begannen als bei der ersten Keimung²⁾, erholten sich alle Keimlinge erst nach 2—10 und noch mehr Tagen, und innerhalb dieser Zeit konnten sie durch Pilze stark geschädigt werden. Gerade die Durchbruchstellen der Wurzeln durch die Samen-

1) Vgl. Will, l. c. pag. 55 u. 78.

2) Ist ebenfalls von Will (l. c. pag. 55) beobachtet an Gerste, Hafer, Roggen und Weizen.

resp. Fruchtschale wurden am meisten von Pilzen befallen. Von einer sterilen Behandlung der Samen und Keimlinge wurde aber wegen der damit verknüpften Schwierigkeiten abgesehen.

Dafs in unserem Versuch schon die Dauer der Trocknung einen Rückgang der Keimfähigkeit bewirkt hat, geht daraus hervor, dafs bei einem anderen Versuch blofs sechs Wochen lang an der Luft getrocknete Keimlinge von Triticum und Secale im 2. und 3. Stadium noch bis zu 97 % wachstumsfähig waren. (Siehe Tab. V.)

Tab. V. Resistenz gegen sechswöchige Austrocknung an der Luft.

Es wuchsen weiter von	Stad. I	Stad. II	Stad. III
Triticum		97 %	96 %
Secale		96 %	97 %
Vic. fab. maior . .	—	—	—
Vic. fab. minor . .	—	—	—

Außerdem ist auch aus Tab. II und III ersichtlich, dafs die Zahl der 3¹/₂ Monate lang getrockneten, resistent gebliebenen Keimlinge erheblich hinter der drei Wochen lang getrockneter zurückbleibt, dafs also die Dauer der Austrocknung von entschiedenem Einfluß auf die Wiedererweckung der Lebenstätigkeit ist, wie dies schon von Saussure (l. c. pag. 81) hervorgehoben worden ist. Die negativen Resultate an Vic. fab. maior et minor und Ricinus beweisen zugleich, dafs solche Keimlinge, welche nach drei Monaten überhaupt kein Leben mehr aufweisen, gewöhnlich schon durch kürzere, völlige Lufttrockenheit zugrunde gehen, dafs also die Resistenz gegen Austrocknung im angekeimten Zustand auch von einer spezifischen Eigenart der Samen abhängig ist.

Aus Tab. III geht ferner hervor, dafs der Einfluß stärkerer Wasserentziehung durch 2¹/₂ monatige Austrocknung im Schwefelsäure-exsiccator ein ganz bedeutender ist. Im 1. Stadium sind Triticum, Secale, Hordeum, Avena, Brassica, Sinapis, Helianthus, Linum, Lupin. luteus und coeruleus resistent geblieben, aber — aufser Sinapis (100 %) — mit erheblichem Rückgang der Keimzahl, im 2. Stadium blofs Secale, Triticum und Brassica, im 3. nur noch Secale und Triticum. Übrigens haben meine Keimlinge innerhalb 2¹/₂ Monaten im Exsiccator nicht mehr Wasser abgegeben, als die Saussures und Schröders über H₂SO₄, nämlich durchschnittlich 10 %.

Tab. VI. Wasserverlust lufttrockener Keimlinge nach 2¹/₂ monatigem Aufenthalt im Schwefelsäureexsiccator.

Art	Stad. I %	Stad. II %	Stad. III %	Art	Stad. I %	Stad. II %	Stad. III %
Triticum . . .	8,53	7,93	8,53	Pisum	8,91	4,24	9,03
Secale	8,41	8,40	8,36	Körnermais .	8,36	9,78	10,53
Avena mit Spelzen . . .	8,00	8,41	8,20	Pferdezahn- mais	7,50	7,61	7,38
Avena ohne Spelzen . . .	9,48	11,29	9,28	Phaseolus . .	7,50	8,00	10,44
Hordeum . . .	8,17	7,61	7,31	Vic.fab.maior	7,87	9,07	8,34
Sinapis	4,62	5,88	6,82	Vic.fab.minor	8,39	8,61	9,16
Brassica . . .	3,75	1,54	4,58	Vic. sativa .	7,88	8,18	8,30
Helianthus .	5,85	4,58	5,49	Lup. lut. . . .	10,43	12,33	11,83
Linum	6,07	5,45	3,85	Lup. alb. . . .	13,39	8,53	8,55
Cucurbita . .	4,95	5,04	3,05	Lup. coerul. .	8,13	8,28	8,38

Meist haben die lufttrockenen Keimlinge im Exsiccator weitere 8—10% ihres Gewichtes an H₂O verloren, die ölhaltigen Samen, wie Sinapis, brassica, Helianthus, Linum und Cucurbita aber blofs ca. 3—6%, und auf den ersten Blick möchte es scheinen, als sei in dem geringen Wasserverlust ihre verhältnismässig grofse Resistenz zu suchen. Dagegen spricht aber der Umstand, dafs in den einzelnen Stadien keine nennenswerten gesetzmässigen Differenzen vorliegen, trotz sehr verschiedener Resistenz. Sausure behauptet, dafs die Resistenzfähigkeit gekeimter Samen weniger von dem Grade als hauptsächlich von der Dauer der Austrocknung abhängt, weil die Samen binnen kürzerer Zeit im Exsiccator mehr Wasser verlieren als binnen längerer an der Luft, ohne abzusterben. Das ist wohl richtig, dennoch dürfte dieses Urteil zu einseitig sein. Denn es ist unzweifelhaft, dafs die über H₂SO₄ getrockneten Keimlinge infolge gröfseren Wasserverlustes viel früher ihr Leben einbüfsen als die lufttrockenen.¹⁾ Sicher sind für die Resistenz der Keimlinge sowohl die Dauer als auch der Grad des Austrocknens maafsgebend. Wer von beiden eine gröfsere Rolle spielt, mag dahingestellt bleiben.

Die mikroskopische Untersuchung der getrockneten Keimlinge ergab, dafs die hervorgewachsenen Teile der Wurzeln und des Hypo-

1) Vgl. auch Schröder l. c. pag. 49.

kotyls durch die Austrocknung stets abgestorben waren. Das Plasma derselben war vollständig deformiert und zur Plasmolyse unfähig. Die Zellen der Plumulae ließen sich sofort nach der Trocknung und Wiederbenetzung, ebenso wie im frischen Zustand, nur unscharf oder gar nicht plasmolysieren, so daß ihre Erhaltung erst durch neue Vegetation erkannt werden konnte. Zwar hatte im 2. und 3. Stadium die Translokation der Reservestoffe in der Nähe des Skutellum bei den Gräsern, bei den Dikotylen in der Nähe der Kotyledonarstiele (bei Phaseolus auch am Rande und in der Mitte der Keimblätter) begonnen, doch waren die nur teilweise entleerten Zellen nach der Trocknung meist nicht plasmolysierbar. Dafür bezeugten die Keimblätter der resistent gebliebenen Dikotylen ihr Leben durch Ergrünen und mehr oder minder starkes Eigenwachstum, verbunden mit reproduktiver Tätigkeit. So weit, wie die Zellen der Kotyledonen teilweise entleert waren, trat die Fäulnis oft und sehr schnell ein, während die noch nicht oder wenig entleerten Zellen nach dem apikalen Ende der Kotyledonen zu nur ganz successive von ihr ergriffen wurden. Es gab Fälle, wo die Plumula tagelang lebendig blieb, obwohl die ihre Basis umgebenden Zellen der Reservestoffbehälter längst verfault waren. Daraus darf man schließen, daß letztere Zellen bereits durch das Trocknen zum größten Teil ihr Leben eingebüßt hatten, daß also die Resistenzfähigkeit der Keimlinge mit dem Verschwinden der plastischen Nährstoffe abnimmt. Die kausale Bedingung zum Absterben dieser Zellen wird aber wahrscheinlich weniger die Entleerung von Reservestoffen sein, als vielmehr, wie wir später sehen werden, die damit verknüpfte Zustandsänderung des Plasmas.

Einzelbesprechung.

Triticum, Secale, Hordeum, Avena.

Wie schon erwähnt, zeichneten sich durch die größte Resistenzfähigkeit, namentlich im 2. und 3. Stadium, sowie gegen Schwefelsäuretrokkenheit die Cerealienkeimlinge aus und unter ihnen wieder Triticum und Secale mehr wie Hordeum und Avena. Lufttrockener Weizen blieb bis zu 92 % lebensfähig (siehe Tab. III), schwefelsäuretrockener aber bloß bis 24 % im 2. und 56 % im 3. Stadium. In beiden letzteren hatten außerdem noch je 13 % weiterzuwachsen begonnen, waren aber bald zugrunde gegangen. Ebenso waren von schwefelsäuretrockenen Gerstekeimlingen außer den lebensfähig gebliebenen im 1. Stadium 17 % und im 2. Stadium 14 % eine Zeitlang weitergewachsen, um dann abzusterben. Merkwürdigerweise erholte

sich Triticum und Secale bei vorgeschrittenerem Keimstadium, namentlich nach Schwefelsäuretrokkenheit, in größerer Anzahl als in den Anfangsstadien. Den gleichen Fall hat schon Ehrhardt (l. c.) an lufttrockenen Secale-Keimlingen beobachtet. Während in seinem siebenten Stadium (Plumula 9 mm) 54 % der getrockneten Keimlinge weiterwuchsen, taten es im achten 78 %. Woran das liegt, ist nicht ohne weiteres einzusehen. Nicht minder auffallend ist es, daß vor dem Trocknen von den Spelzen befreite Avena-Keimlinge in größerer Anzahl weiterwuchsen, als solche mit Spelzen, wie es auch Saussure schon bemerkt hat. Über H_2SO_4 blieb angekeimter Hafer mit Spelzen überhaupt nicht resistent. — An allen Getreidekeimlingen, die sich erholten, blieb der Vegetationspunkt unversehrt, meist sogar die ganze Plumula. Bei Triticum und Secale kam es im zweiten und dritten Stadium nur vereinzelt vor, daß die Plumularscheide und das erste Blatt anfaulten. In solchen Fällen wuchs das nächstinnere Blatt schneller weiter. Bei einigen Exemplaren, wo die Blätter mehrmals abwelkten, wurden diese immer vom nächsten Blatt überholt, bis schliesslich eins intakt blieb und dann erst traten neue Seitenwurzeln aus dem inzwischen stark verbreiterten Gewebestück zwischen Stengel- und Wurzelbasis hervor. Die mikroskopische Prüfung eines solchen Exemplars zeigte, daß bereits eine Achselknospe im Wachsen begriffen war, welche die alte Plumula ersetzt hätte, falls der Vegetationspunkt abgestorben wäre. Die ursprünglichen Wurzeln faulten stets ab und wurden durch neue Adventivwurzeln ersetzt, die aus dem ersten Stamminternodium hervorsproßten.

Mais.

Gelber Körnermais und Pferdezahnmals war gegen Schwefelsäuretrokkenheit überhaupt nicht resistent. Die lufttrockenen Keimlinge des Körnermais aber wuchsen im ersten Stadium bis 56 %, im zweiten bis 31 % weiter und reproduzierten Ersatzwurzeln aus dem stark angeschwollenen Internodium zwischen Stengel- und Wurzelbasis statt der abgestorbenen. Lufttrockener Pferdezahnmals blieb nur im 1. Stadium bis zu 22 % resistent.

Linum.

Während bei Linum die Zahl der wirklich lebensfähigen Keimpflanzen eine sehr geringe blieb (15 % im ersten Stadium), war die Mehrzahl der Kotyledonen nach dem Trocknen lebendig und reproduktionsfähig. Die Wurzeln waren stets abgestorben und statt ihrer wurden neue aus dem sehr schnell wachsenden Hypokotyl gebildet. Oft war auch das Hypokotyl mit der Plumula aus der Mitte der Kotyle-

donenansätze herausgefaut, und doch wuchsen beide lose zusammenhängende Kotyledonen allein weiter und erzeugten Callusgewebe, aus welchem dann sehr bald Wurzeln hervorschossen.¹⁾ In einem Falle, wo die Kotyledonen selber schon angefaut waren, kämen zwei neue Wurzeln hinter dem absterbenden Gewebe direkt aus der Keimblattoberfläche heraus. Vielfach war die Fäulnis so weit vorgeschritten, daß die beiden Kotyledonen nach der Entfernung aus der schleimigen Schale auseinanderfielen. Wurden sie dann vom fauligen Gewebe befreit und in ein neues Keimbett gelegt, so bildeten sie an der Schnittfläche erst Callus und dann Wurzeln. Einige wuchsen und ergrünten, ohne Wurzeln zu reproduzieren, lebten jedoch nicht lange. In Erde gepflanzt hielten sich die bewurzelten Kotyledonen drei Monate lang, um dann allmählich abzusterben. Nur die, welche eine intakte Plumula gehabt hatten, bildeten eine entwicklungsfähige Pflanze. — Die Schwefelsäuretrockenheit ertrugen nur 2 % des ersten Stadiums. 18 % dieser Kotyledonen verhielten sich aber, was die Reproduktion anbetrifft, ebenso wie die lufttrockenen. Im zweiten Stadium wurde nur Lufttrockenheit von einigen Kotyledonen ertragen und im dritten Stadium waren die ganzen Keimlinge sämtlich zugrunde gegangen. Übrigens mußten alle Keimlinge künstlich aus der Schale befreit werden, da sie sonst verfault wären.

Brassica. Sinapis.

Sehr resistent verhielt sich Sinapis in Stad. I sowohl gegen Luft wie gegen Schwefelsäuretrockenheit (100 %), während von Brassica nur ungefähr die Hälfte an Zahl zur weiteren Entwicklung fähig war. Dafür war letztere aber im zweiten Stadium resistenter als Sinapis. Im dritten Stadium gingen sämtliche Keimlinge von beiden zugrunde. Ihre im ersten Stadium kaum 1 mm lange Wurzel schien lebendig geblieben zu sein, doch war bei näherer Beobachtung zu sehen, daß eine Regeneration derselben stattfand.²⁾ Bei den Objekten des Stad. II wurden die vertrockneten Wurzeln durch neue, aus plagiotropen Anlagen im Hypokotyl hervorwachsende, aber infolge von verändertem Geotropismus die Richtung der Hauptaxe einnehmende Adventivwurzeln zunächst beiseite gedrängt³⁾ und dann nach und nach von

1) Vgl. Sorauer, Pflanzenkrankheiten 1886, II. Aufl., Bd. I pag. 533, und Pfeffer, Physiol. II, pag. 156. II. Aufl.

2) Über die Unterscheidung von Regeneration und Reproduktion siehe Pfeffer, Physiol., II. Aufl., Bd. II pag. 204.

3) Vgl. Simons Versuche an frischen dekapitierten Wurzelspitzen. Jahrb. f. w. Bot. 1904, Bd. XL pag. 138, „Unters. üb. d. Regeneration der Wurzelspitze“.

dem rapid wachsenden neuen Gewebe verschluckt, so daß der ganze Reproduktionsvorgang einer Regeneration täuschend ähnlich sah und auch hier die ursprüngliche Wurzel lebendig geblieben zu sein schien. In Wirklichkeit waren an allen Keimlingen die Wurzeln, soweit sie hervorgewachsen waren, bereits durch das Trocknen getötet.

Helianthus.

Von Helianthus waren im ersten Stadium 63 % der lufttrockenen Keimlinge zu erneuter Vegetation fähig, im zweiten 19 % und im dritten gar keine. Die Wurzeln waren abgestorben, wurden aber (im Stad. I) durch neue, aus dem Hypokotyl entspringende Seitenwurzeln, die oft in die Richtung der Hauptachse rückten, ersetzt und in das Gewebe des stark in die Länge und Dicke wachsenden Hypokotyls aufgenommen, ähnlich wie bei Sinapis und Brassica. Auch hier erweckte es den Anschein, als wäre die erste Wurzel lebendig geblieben. War auch das Hypokotyl abgestorben, wie meist im zweiten Stadium, so trat eine mächtige glockenförmige Verdickung der Kotyledonenansatzstiele ein, aus denen sich an der Unterseite neue Wurzeln entwickelten. Gewöhnlich war in diesen Fällen auch die Plumula mit zugrunde gegangen, und so kam es, daß bei einem Keimling auf der Oberfläche des einen Keimblattes in der Nähe des Ansatzstieles eine neue Plumula reproduziert wurde. In Erde gepflanzt, starb dieser Keimling leider bald ab, wie alle übrigen stark reproduzierenden Keimlinge nach und nach ihre Lebenstätigkeit einstellten, die ihre Plumula mit-samt den Achselknospen verloren hatten. Einzelne, sogar bis zur Hälfte ihrer Länge abgeschnittene, vom fauligen Gewebe befreite Kotyledonen wuchsen unter Ergrünen bis zur doppelten Größe und bildeten Callus und Wurzeln. Kein einziger von diesen war aber imstande, eine vollständige Pflanze zu reproduzieren. Innerhalb sechs Wochen starben sie allmählich ab. — Die über H_2SO_4 getrockneten Keimlinge verhielten sich bezüglich ihrer reproduktiven Tätigkeit ebenso wie die lufttrockenen, nur war kein einziger von ihnen komplett resistent geblieben. Im Stad. I blieben 67 %, im Stad. II 12 % der Kotyledonen lebendig, im Stad. III gar keine.

Lupin. coerul., albus und luteus.

Unter den Lupinenkeimlingen zeichneten sich besonders die von *Lup. coeruleus* durch Resistenzfähigkeit aus, in zweiter Linie *Lup.*

Ferner Prantl, „Über die Regeneration des Vegetationspunktes der angiospermen Wurzel“, Morphol. Abhdlg., Leipzig 1872, und Pfeffer, Physiol., II. Aufl., Bd. II, pag. 207.

luteus und in dritter erst *Lup. albus*, wenn auch alle nur im ersten Stadium entwicklungsfähige Pflanzen lieferten. Im zweiten Stadium blieben nur Kotyledonen lebendig und im dritten waren alle Teile der Austrocknung erlegen. Hier war mikroskopisch deutlich ersichtlich, daß im zweiten und dritten Stadium die Zellen der Wurzel, des Hypo- und Epikotyls, sowie eines Teiles der Kotyledonen schon vor dem zweiten Aufenthalt im Keimbett tot, also durch Austrocknen vernichtet waren. Im ersten Stadium waren die Wurzeln ebenfalls abgestorben. Sie faulten ab und wurden durch neue aus dem Hypokotyl entspringende ersetzt. Bei manchen Keimlingen, wo ein Teil des Hypokotyls mit abgestorben war, verdickte sich der noch lebensfähige Rest desselben zu einem Stumpf, welcher ebenfalls Wurzeln reproduzierte. Einige Exemplare vegetierten nur mit einem Kotyledon weiter, da der andere, abgestorbene, entfernt worden war. War auch das Epikotyl angegriffen, so konnte eine vollständige Pflanze nicht mehr erhalten werden, obwohl die rechtzeitig von den verfaulten Teilen befreiten Kotyledonen noch sechs Wochen lang frisch und grün blieben, Callus und Wurzeln erzeugten. Selbst Kotyledonen, denen über $\frac{1}{4}$ ihres Volumens weggeschnitten war, blieben viele Tage lang lebendig, allerdings ohne neues Gewebe zu produzieren. Sobald aber die in Fäulnis geratenen Teile nicht rechtzeitig entfernt wurden, starb der ganze Kotyledon rasch ab. Andererseits sind auch Fälle zu verzeichnen, wo das Epikotyl intakt blieb und nur die primären Laubblätter abwelkten. Dann entwickelten sich aus ihren Achselknospen neue Blätter und wenn diese auch abstarben, wieder neue, wobei eine im Vergleich zur Länge anormale Verdickung des Stengels, sowie der Kotyledonenstiele auftrat. Obwohl derartige Keimlinge die potentielle Fähigkeit zur Entfaltung einer normalen Pflanze besaßen, starben sie, in Erde gepflanzt, doch bald ab. Meist wurde bei diesen eine höchst mangelhafte Wurzel reproduziert und vielleicht war dies mit ein Grund des Absterbens.

Von den schwefelsäuretrockenen Keimlingen des ersten Stadiums verhielten sich nur wenige von *L. coeruleus* und *L. luteus* resistent, während ihre Kotyledonen noch in ziemlich beträchtlicher Anzahl lebendig blieben und in ihren Reproduktionen ein den lufttrockenen analoges Verhalten zeigten.

Leider liefs sich plasmolytisch nicht mit Sicherheit feststellen, ob im zweiten und dritten Stadium die primären Blätter der Plumula mit dem Vegetationspunkt unversehrt geblieben waren. Sie hatten bei der ersten Keimung kaum eine Spur von Streckung oder Wachstum

angezeigt und boten nach dem Trocknen das gleiche Aussehen wie vordem. Da aber unter erneuten Keimungsbedingungen bei verschiedenen Keimlingen eine deutliche Streckung, sowie Ergrünen der Plumularblätter beobachtet wurde, während der ganze übrige Teil des Samens der Fäulnis unterlag, so ist anzunehmen, daß die Plumularblätter mit dem eingeschlossenen Vegetationspunkt in den vorgeschritteneren Stadien tatsächlich nicht abgestorben waren, sondern nur nicht zur Entfaltung kommen konnten.

Pisum.

Von Pisum waren nur im ersten Stadium 75 % der lufttrockenen Keimlinge zu neuer Vegetation fähig. Im zweiten und dritten Stadium waren zwar mehrere Plumulae lebendig geblieben, konnten aber nicht weiterwachsen, weil durch Abfaulen der Kotyledonarstiele ihre Verbindung mit den Reservestoffbehältern unterbrochen war. Mit dem Ergebnis der mikroskopischen Untersuchung, wonach die Zellen aller Teile, aufser der Wurzel und teilweise der Kotyledonarstiele, sich plasmolysieren ließen, also resistent geblieben waren, stimmte die Tatsache überein, daß im neuen Keimbett die alte Wurzel sofort abfaulte, die Plumula aber meist fortlebte, bis zu 10 % sogar im zweiten und dritten Stadium, wo die Plumula während des Trocknens zwischen den auseinandergeklafften Kotyledonen ziemlich frei gelegen hatte. Da in diesen letzteren Stadien die Fäulnis der Wurzeln sehr schnell auch die schmalen Kotyledonarstiele ergriff, so war an ein Weitervegetieren der Plumula nicht zu denken. Ein Umgeben intakter Knospen mit Kugeln von Endospermbrei zwecks künstlicher Ernährung verlief resultatlos.¹⁾ Im ersten Stadium wuchsen verschiedene Pflänzchen, nur von einem Kotyledon gespeist, weiter, da der andere abgefallen war. Mehrfach sproßten aus den Winkeln zwischen Kotyledonenstiel und Epikotyl Achselknospen hervor, wenn die Plumula zu welken begann. Adventivwurzeln kamen nicht bloß aus der Stammbasis, sondern auch

1) Daß der Embryo der Mono- und Dikotylen sich ohne Kotyledon resp. Endosperm bei künstlicher Nahrungszufuhr weiterentwickeln kann, wurde zuerst von Van Tieghem gezeigt („Recherches physiologiques sur la germination“ in Ann. d. sc. nat. 1873, Ser. V, t. XVII p. 212), bestätigt v. Blociszewski („Physiol. Unters. üb. d. Keimung u. weitere Entwicklung einiger Samentheile bedecktsamer Pflanzen“. Landw. Jahrb. 1876, Bd. V. pag. 148—153). Vgl. ferner Brown u. Morris, Journ. of the chem. Society 1890, Vol. LVII, Transactions pag. 458. Hansteen, „Über die Ursachen der Entleerung der Reservestoffe aus Samen“. Flora 1894, Ergzgsbd. pag. 428. Puriewitsch, „Unters. üb. d. Entleerung der Reservestoffbehälter“. Jahrb. f. w. Bot. 1898, Bd. 31 pag. 50.

aus der Mitte des Epikotyls, oberhalb von Achselknospen, hervor. — Schwefelsäuretrockenheit wurde gar nicht vertragen.

Cucurbita.

Die getrockneten Kürbiskeimlinge waren zur Entwicklung lebensfähiger Pflanzen überhaupt nicht imstande. Wurzel und Plumula faulten in allen drei Stadien sehr schnell und wenn die Kotyledonen nicht rechtzeitig von diesem Fäulnisherd befreit wurden, so waren auch sie schnell dem Tode verfallen. Frei von den abgefaulten Teilen aber begannen die Kotyledonen des ersten und zweiten Stadiums an der ganzen Schnittfläche, hauptsächlich unter den Gefäßbündeln, Callus zu bilden, aus welchem zahlreiche Wurzeln hervorsprofsen. In Erde gepflanzt erreichten die Keimblätter das ca. 20—30fache ihrer ursprünglichen Gröfse und vegetierten über $\frac{1}{4}$ Jahr lang im Topf, dessen Erde sie mit ihrem Wurzelknäuel ganz durchzogen hatten. Schliesslich starben sie allmählich ab, ohne eine Plumula reproduziert zu haben. Um sie künstlich zur Erzeugung einer solchen zu bringen¹⁾, wurde bei einigen der Mittelnerv nach dem apikalen Ende zu durchschnitten, bei anderen die äufserste Blattspitze abgeschnitten, aber die Hoffnung auf Entstehung eines Sprosses erfüllte sich nicht. Es wurde nur Callus erzeugt, der die Wundstellen verschlofs. Wie grofs aber die Lebensfähigkeit dieser Kotyledonen war, geht daraus hervor, dafs selbst solche, die vom Stiel aus bis zur Hälfte verfault waren, wuchsen, ergrünt und zahlreiche Wurzeln reproduzierten, wenn sie von dem verfaulten Gewebe befreit und in ein frisches Keimbett gelegt wurden. Im dritten Stadium war keiner von den Kotyledonen lebendig geblieben und die Schwefelsäuretrockenheit hatten nur 14% vom ersten Stadium ertragen. Ihr Verhalten bezüglich der Reproduktion war dem der lufttrockenen gleich.

Phaseolus multiflorus.

Die Phaseoluskeimlinge erwiesen sich nach dem Trocknen, sowohl an der Luft, wie über H_2SO_4 , sämtlich als entwicklungsunfähig. Die Wurzeln und das Hypokotyl waren abgestorben und hatten das bei Phaseolussamen schon vor der Keimung stark entwickelte Epikotyl schnell mit in die Fäulnis hineingerissen, so dafs die Plumula, obwohl resistent geblieben, nie zur Entfaltung kommen konnte. Denn bei einigen von der Testa befreiten Keimlingen war deutlich zu sehen, dafs die Plumula etwas gewachsen und ergrünt, also lebendig war.

1) Vgl. Sachs, Vorlesungen 1882, pag. 710.

Übrigens mußte auch bei *Phaseolus* die Testa rechtzeitig erfernt werden, da sonst auch die Kotyledonen sehr bald zu Grunde gegangen wären. Aus der Schale befreit, blieben diese aber sehr lange — 2—3 Monate — lebendig, ergrünten, wuchsen ein wenig, manchmal bis auf das Doppelte des Volumens, das sie nach dem Quellen eingenommen hatten¹⁾ und erzeugten am basalen Ende reichlich Callus, aus welchem oft eine, auch zwei äußerst lange (ca. 30 cm) und schnell wachsende Wurzeln hervorsproßten. Diese wurzelbildenden Kotyledonen produzierten aber, in Erde gepflanzt und feucht gehalten, niemals einen Sproß, obwohl sie monatelang lebten und die Topferde mit ihren Wurzeln und Nebenwurzeln vollständig durchsetzten. Wurzelbildung trat aber nur dann auf, wenn die Kotyledonen möglichst nahe der Plumula abgetrennt worden waren. Wenn sie etwas weiter vom basalen Teil entfernt abgeschnitten wurden, wie es im zweiten und dritten Stadium geschehen mußte, weil hier die schon zum Teil entleerten Zellen nicht resistent gewesen waren, bildeten sie bloß Callus; wurden sie ungefähr in der Mitte durchschnitten, so schlossen sie die große Wundfläche mit Wundperiderm ab, und nur stellenweise brach eine geringe Calluswucherung hervor. — Oft konnte man an Einsenkungen auf der Mitte der Innenfläche, sowie am Welken der peripherischen Ränder der Kotyledonen erkennen, daß auch hier bereits eine Entleerung der Zellen stattgefunden hatte²⁾. Im ersten und zweiten Stadium waren die Kotyledonen gegen Luft- und Schwefelsäuretrockenheit zum größten Teil resistent, im dritten Stadium blieben 15 % der lufttrockenen lebendig, von den schwefelsäuretrockenen aber keine.

Vicia sativa.

Vicia sativa war im Gegensatz zu *Saussures* und *Wills* Resultaten auffallend empfindlich gegen Austrocknung. Nur lufttrockene Keimlinge des ersten Stadiums blieben resistent und zwar 7 %.

Die Keimlinge von *Vicia faba maior* und *minor*, sowie *Ricinus communis* waren in allen Stadien sämtlich abgestorben.

2. Resistenz isolierter Teile.

Die auffallende Resistenz der Kotyledonen drängte zu der weiteren Untersuchung, wie sich die einzelnen Teile der Keimlinge,

1) Unter normalen Bedingungen wachsen die Kotyledonen von *Phaseolus multiflorus* kaum.

2) Vgl. *Detmer*, *Physiol. d. Keimungsprozesses* 1880 pag. 310; ferner *Puriewitsch*, l. c. pag. 36.

voneinander getrennt, gegen Austrocknung verhalten würden. Es wurden von Triticum- und Secale-Keimlingen des zweiten und dritten Stadiums die Plumula mit Skutellum und Wurzeln vom Endosperm getrennt und $3\frac{1}{2}$ Monate an der Luft getrocknet. Sinapis-Keimlinge wurden zunächst von der Samenschale befreit und dann, in größeren Kotyledon und kleineren + Plumula und Radicula zerlegt, getrocknet, da die Trennung der Plumula vom kleineren Kotyledon zu viel Mühe verursacht hätte. Der Hauptzweck, nämlich daß die Plumula freigelegt getrocknet werden sollte, war auf obige Art erreicht. Ferner wurden Keimlinge von Pisum, Helianthus, Lupinus luteus, Lupinus albus und Cucurbita entschalt, ihre Kotyledonen von Plumula + Radicula abgetrennt, 3—4 Monate an der Luft getrocknet und dann auf ihre Lebensfähigkeit hin unter den üblichen Keimungsbedingungen geprüft.

a) Plumulae.

Tab. VII. Zahl der gegen $3\frac{1}{2}$ monatige Lufttrockenheit resistenten Plumulae.

Es vegetierten weiter	Stad. I	Stad. II	Stad. III
von Secale		80 0/0	70 0/0
„ Triticum		33 0/0	4 0/0
„ Sinapis	52 0/0	11 0/0	—

Von den Secale- und Triticum-Embryonen war eine beträchtliche Anzahl der Knospen lebendig geblieben. Sie wuchsen nach zwei-stündigem Quellen in Wasser und darauffolgendem Aufenthalt im Keimbett ebenso schnell, wie die Knospen normaler Keimlinge weiter, ergrüntem, bildeten neue Wurzeln und starben dann nach ungefähr 5 Tagen ab, nachdem sie eine Länge von 2—3 cm erreicht hatten. Bei der Trennung des Embryo vom Endosperm waren stets noch einige mit Stärke gefüllte Zelllagen des Endosperms am Skutellum haften geblieben, die der Plumula Nahrung liefern konnten. Sobald diese aber aufgebraucht war, konnte das Keimpflänzchen naturgemäfs nicht weiterwachsen und mußte zugrunde gehen.

Auch die Plumulae von Sinapis waren im ersten Stadium bis zu 52 0/0, im zweiten bis zu 11 0/0 lebendig geblieben. Sie verhielten sich im Verein mit dem Hypokotyl und dem einen Kotyledon beim Weiterwachsen genau so, wie die in toto getrockneten Keimlinge, indem das schnell wachsende Hypokotyl statt der abgestorbenen eine neue Wurzel reproduzierte. Im dritten Stadium waren sie, wie zu erwarten stand, abgestorben.

Die Knospen aller Stadien von *Pisum*, *Lup. albus*, *Lup. luteus*, *Helianthus* und *Cucurbita* zeigten nach dem Trocknen kein Leben mehr. Sie verfaulten im Keimbett zugleich mit den Wurzeln in wenigen Tagen. Im Vergleich zu den an unversehrten Keimlingen getrockneten Knospen sind also die abgetrennten viel empfindlicher gegen Austrocknung. Besonders auffällig war das an *Pisum* zu beobachten, deren in toto getrockneten Plumulae im Stad. I bis zu 75 % und im Stad. III noch zu 12 % deutlich gewachsen und ergrünt waren, wenn auch der ganze Keimling sich nicht jedesmal weiterentwickelte¹⁾.

b) Kotyledonen.

Bei den abgetrennten, getrockneten Kotyledonen wurde gleichfalls ein, wenn auch nicht regelmässiger, Rückgang der Resistenzfähigkeit gegenüber den in toto getrockneten konstatiert, aber ihre Wachstums- und Reproduktionstätigkeit war dieselbe. In der Tab. VIII sind die Prozentzahlen der lebendig gebliebenen, isolierten Kotyledonen und zum Vergleich die Prozentzahlen derjenigen Kotyledonen angeführt, die beim Trocknen der ganzen, von der Schale noch umgebenen Keimlinge resistent geblieben waren.

Tab. VIII. Prozentzahlen der gegen 3 $\frac{1}{2}$ monatige Austrocknung resistenten Kotyledonen.

	Stad. I			Stad. II			Stad. III		
	in toto getrocknet		abgetrennt getrockn. a. d. Luft	in toto getrocknet		abgetrennt getrockn. a. d. Luft	in toto getrocknet		abgetrennt getrockn. a. d. Luft
	a. d. Luft	über H ₂ SO ₄		a. d. Luft	über H ₂ SO ₄		a. d. Luft	über H ₂ SO ₄	
<i>Phaseolus</i> . .	74	68		73	40		15	—	
<i>Cucurbita</i> . .	79	14	62	60	—	23	—	—	—
<i>Sinapis</i>	100	100	100	—	—	33	—	—	—
<i>Lupin. lut.</i> . .	45	20	41	15	6	25	—	—	—
„ <i>coerul.</i>	86	49		45	—		—	—	—
„ <i>alb.</i> . .	85	—	13	38	—		—	—	—
<i>Helianthus</i> . .	93	67		75	12		—	—	—
<i>Linum</i>	63	18		7	—		—	—	—
<i>Ricinus</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Unzweifelhaft sind die für sich getrennten Teile der entschalteten Keimlinge bedeutend empfindlicher, als wenn sie im ganzen mit der Schale getrocknet werden. Trotzdem ist es erstaunlich, dass sie, von

1) Siehe pag. 273.

den Wurzeln abgesehen, nach mehr als dreimonatigem Trocknen in nicht unbeträchtlicher Anzahl lebendig geblieben sind. Aus Van Tieghems (l. c.) und Blociszewskis (l. c.) Experimenten an frischen Teilen von Keimpflanzen zu schließen, müßte die Plumula bei künstlicher Nahrungszufuhr zur Bildung einer selbständigen Pflanze fähig sein. Doch ergaben diesbezügliche Versuche an *Pisum* negative Resultate.

Wollen wir nun mit Berücksichtigung der oben gemachten Beobachtungen die einzelne Teile der Keimlinge nach ihrer Resistenzfähigkeit ordnen, so kommen wir zu dem Ergebnis, daß die Wurzeln resp. Wurzeln + Hypokotyl, soweit sie in Wachstum und Streckung getreten, überhaupt nicht austrocknungsfähig sind, daß aber die Reservestoffbehälter resistenter sind, als die Plumulae und von letzteren die Vegetationspunkte und Achselknospen resistenter als die sich entfaltenden Knospenblätter.

Vergleichsweise getrocknete Knospen von Sträuchern und Bäumen gaben zu keiner Schlußfolgerung Anlaß, da sie nicht näher untersucht wurden. Es sei deshalb nur folgende nackte Tatsache erwähnt. Die an 10—20 cm langen Zweigen sitzenden Knospen von *Aesculus lutea*, *Ribes Alpinum*, *R. nigrum*, *Lonicera Alpigenum*, *L. tartarica* und *Tilia americana*, welche teils mit, teils ohne Schuppen zwei Monate lang (Mitte Februar bis Mitte April) lufttrocken sowohl, wie schwefelsäuretrocken aufbewahrt worden waren, konnten in der normalen Triebperiode auf keine Weise zum Austreiben gebracht werden, obwohl die von Schuppen umgeben gewesenen Blättchen noch biegsam waren und normales Aussehen behalten hatten. —

Im großen und ganzen haben wir also die Resultate früherer Untersuchungen bestätigt gefunden. Am augenfälligsten ist die ökologisch wichtige Tatsache, daß die Resistenz gegen Austrocknung immer geringer wird, je weiter die Keimung fortschreitet und je mehr die Entleerung der Reservestoffbehälter realisiert ist. Ferner ist die reproduktive Ersatztätigkeit der Keimlinge zu beachten, die zwar um so ausgedehnter in Aktion treten muß, je mehr Partien vertrocknet sind, also in den vorgerückteren Stadien, die aber an Intensität und positivem Erfolg in den höheren Stadien abnimmt. Statt der vertrockneten Wurzeln können sich Adventivwurzeln und statt der vertrockneten Hauptachse des Sprosses Achselknospen entwickeln. Jedoch muß betont werden, was bisher nicht geschehen ist, daß die völlig lufttrockenen Wurzeln resp. Wurzeln + Hypokotyl regelmäßig absterben, soweit sie aus der Schale hervorgewachsen

sind. Hat die Wurzel nicht weiter als ca. 1 mm, also mit dem äußersten urmeristematischen Spitzenteil, hervorgeragt, wird sie regeneriert, ist sie größer gewesen, reproduziert, und zwar meist aus dem hypokotylen Stammglied; in Fällen, wo letzteres abgestorben ist, aus dem Epikotyl oder der Stengelbasis. Die Plumula ist meist sehr resistent. Welken ihre ersten Blätter ab, so sprossen die jüngeren Anlagen hervor, so lange der Vegetationspunkt intakt bleibt. Ist er mit dem Epikotyl abgestorben, so können sich eventuell noch aus den Achselknospen zwischen Epikotyl und Kotylansatz neue Sprosse bilden. Auf keinen Fall scheint unter normalen Verhältnissen die Reproduktion einer totalen Pflanze stattzufinden, wenn die ursprüngliche Plumula und die im Winkel zwischen ihr und dem Kotyledon angelegten Achselknospen zugrunde gegangen sind, obwohl sie unter ganz besonders günstigen Bedingungen wohl möglich ist. Am resistentesten sind ohne Zweifel die Kotyledonen. Sie sind nach dem Austrocknen noch zu denselben interessanten „echten Neubildungen“ im Sinne Vöchtings¹⁾ fähig, wie frische, abgetrennte oder lädierte Keimblätter. Potentiell besitzen sie nach dem Trocknen die Fähigkeit, eine ganze Pflanze zu reproduzieren, denn sie bilden an ihrer basalen Schnittfläche, besonders an den durchschnittenen Blattnerven, reichlichen Callus und teilweise (z. B. bei Cucurbita) zahlreiche Wurzeln und der Callus ist schließlich unter günstigen Bedingungen zu jeder Neubildung von Organen imstande. Aber faktisch ist es mir an getrockneten, isolierten Keimblättern ebensowenig wie Blociszewski (l. c. pag. 160) an frischen gelungen, eine lebensfähige komplette Pflanze zu erzielen. An einem Helianthuskeimling, dessen Plumula und Wurzel mit Hypokotyl abgefaut waren und dessen Gewebestück zwischen Epi- und Hypokotyl sich mit den Kotylansatzstielen glockenförmig verdickt hatte, beobachtete ich einmal, daß, nachdem die Hälfte vom akroskopen Teil des einen Keimblattes wegen Fäulnis abgeschnitten worden war, nach dem basiskopen Teil desselben zu, in der Nähe des Randes direkt aus der Blattoberfläche ein winziger Sprofs hervorwuchs, ein Beweis, daß selbst in somatisch schon weit differenzierten Zellen noch die Fähigkeit zu einer Sprofsbildung schlummert. Dieses interessante Pflänzchen konnte jedoch trotz einer aus dem verdickten Kotyledonarstiel neugebildeten Wurzel nicht am Leben gehalten werden. Hypertrophe, kallusähnliche Wucherungen an der Keimblattoberfläche von *Linum*, *Helianthus*,

1) Über Organbildung im Pflanzenreich 1878, Bd. II pag. 20.

Cucurbita, Lupinus wurden des öfteren beobachtet, erzeugten aber keine Neubildungen. Berücksichtigen wir noch, daß selbst solche Keimblätter, die vom basalen Ende aus bis zur Mitte abgestorben und verfault waren, nach Entfernung des fauligen Gewebes Callus und Wurzeln bildeten, so ist es sehr wohl möglich, daß unter ganz besonders günstigen Bedingungen auch eine Totalreproduktion aus getrockneten Kotyledonenpartien statthaben kann, wie sie z. B. Van Tieghem (l. c. pag. 211) an gevierteilten frischen Helianthuskotyledonen beobachtet hat. Bei meinen Versuchen wurde solche Totalreproduktion, wie gesagt, niemals beobachtet, und man darf wohl behaupten, daß zur Erhaltung eines nach der Austrocknung lebensfähigen Keimlings für gewöhnlich der Zusammenhang der Plumula oder mindestens einer unversehrten Achselknospe mit mindestens einem unversehrten Kotyledon — bei den Dikotylen — erforderlich ist, bei den Monokotylen der Zusammenhang der Plumula resp. einer Achselknospe mit einem hinreichenden Teil des Endosperms.

3. Resistenz unreifer Samen.

Nach den vorigen Versuchen drängt sich die Vermutung auf, daß die eminente Resistenzfähigkeit der Kotyledonen gegen Austrocknung darauf beruht, daß die Zellen der Keimblätter mit plastischen Reservestoffen geradezu vollgepfropft sind und durch Wasserverlust nicht derartig schrumpfen können, daß dies ein Schaden für sie bedeutet, zumal gerade die Teile, in denen bereits eine Translokation der Reservestoffe eingeleitet ist, zumeist eine Schädigung erkennen lassen. Wenn dem so wäre, so müßten unreife getrocknete Samen, deren Reservestoffbehälter ja bekanntlich mit plastischen Nährstoffen bei weitem nicht so erfüllt sind wie die der reifen, ganz beträchtlich unter dem Austrocknen leiden, indem sie sehr viel stärker schrumpfen als reife¹⁾. Allein es ist längst bekannt²⁾, daß unreife getrocknete Samen sehr wohl keimen können, ja, daß die aus ihnen hervorgehenden Pflanzen denen der reifen Samen an kräftiger Entfaltung

1) Pfeffer, Unters. üb. d. Proteinkörner usw. Jahrb. f. w. Bot. Bd. 8 pag. 510, 1872.

2) Nobbe, Samenkunde, 1876, pag. 335. Cohn, Symbola ad seminis physiologiam 1847. Hier sind auch die Angaben älterer Forscher über diesen Gegenstand zu finden. Z. B. soll schon Theophrast von der Keimfähigkeit unreifer Samen gewußt haben, während die erste positive Mitteilung hierüber in Duhamel de Monceau, „Des Semis et des plantations“ pag. 83 zu finden sei. (Cohn l. c. pag. 39.)

nur wenig (nach Cohn l. c. pag. 55 überhaupt nicht) nachstehen, vorausgesetzt, daß die unreifen Samen nicht allzu jung sind. Demnach könnte die Resistenz gegen Austrocknung also nicht an der Verhinderung der Schrumpfung stark magaziniertes Zellen liegen, und inwieweit dieser Schluss zu Recht besteht, soll im folgenden Gegenstand unserer nächsten Untersuchung sein.

Nach Cohn keimen die Samen am schnellsten in einer mittleren Periode zwischen Unreife und Reife (pag. 59: *mediam quandam in maturando esse periodem observavi, qua celerrime explicentur semina*). Also Reife und Keimfähigkeit fallen zeitlich nicht zusammen (*apud pluras plantas non coincidunt in idem tempus maturitas et vis germandi, altera alteram plus minus praecedit* pag. 60). Natürlich gibt es Ausnahmen, aber für die meisten unserer Nutzpflanzen ist die Behauptung richtig. Die Untersuchungen von Siegert¹⁾ an Sommerweizen, Lucanus²⁾ an Roggen, Nowacki³⁾ an Weizen beweisen das gleiche, indem daraus hervorgeht, daß das Stadium der Gelbreife, zwischen Grün- und Vollreife stehend, das günstigste für die Ernte ist, sofern das Getreide als Saatgut Verwendung finden soll. Nun muß aber berücksichtigt werden, daß die Samen, wenn sie nicht als solche, sondern mit ihren übrigen Blütenteilen resp. Fruchtständen eingesammelt und getrocknet werden, noch viele wanderungsfähige Stoffe aus den langsam trocknenden Schoten, Hülsen, Kapseln, Ähren etc. aufsaugen und in plastische Stoffe umsetzen können⁴⁾. Die Magazinierung von Reservestoffen würde daher noch mehr verhindert werden, wenn die Samen im unreifen Zustande ihrer Umhüllungen sofort entledigt und dann getrocknet würden. Allerdings fällt dabei die Keimfähigkeit etwas ungünstiger aus, denn die Versuche von Kinzel⁵⁾ an Cuscutasamen haben ergeben, daß halbreife, aus der Kapsel befreite Samen geringere Keimfähigkeit besitzen als die unter gleichen Umständen in der Kapsel getrockneten, und Siegert, Lucanus und Nowacki (l. c. l. c.) konstatierten ein analoges Verhalten an *Triticum* und *Secale*. Andererseits haben an der Ähre getrocknete unreife Samen von *Triticum spelta*, *T. durum* und *Hordeum vulgare*, die, soweit aus den Angaben Schröders

1) Nobbes Landw. Versuchsst. 1864, VI, pag. 134.

2) Nobbes Landw. Versuchsst. 1862, IV, pag. 262.

3) Unters. üb. das Reifen des Getreides 1870. Vgl. ferner Nobbe, Landw. Versuchsst. XVII, pag. 277. 1874.

4) Pfeffer, Physiol. II. Aufl., I, pag. 616. 1897.

5) Landw. Versuchsst. LV pag. 262. 1901.

(l. c. pag. 10) zu ersehen ist, in der Grünreife gesammelt waren, selbst die Schwefelsäuretrocknenheit bis fast zu 100 % ertragen. Unter diesen Voraussetzungen wurden unreife Samen resp. Früchte von *Triticum vulgare*, *Secale cereale*, *Pisum sativum*, *Phaseolus multiflorus*, *Lupinus albus*, *L. luteus*, *L. coeruleus*, *Brassica Napus*, *Br. oleracea* und *Vicia faba maior* möglichst ohne Hülle 2—6 Wochen an der Luft getrocknet, und nur die ganz weichen Früchte der Cerealien, die sich frisch nicht unverletzt aus den Spelzen nehmen ließen, einige Tage an der Ähre getrocknet und dann erst von den Spelzen befreit.

Tab. IX. Keimzahlen lufttrockener unreifer Weizen- und Roggenkörner (in Prozenten).

Stadium		10 Tage getrocknet		3 Wochen getrocknet		6 Wochen getrocknet	
		Secale	Tritic.	Secale	Tritic.	Secale	Tritic.
I	gelbreif	90	100	95	80		100
II	grünreif	86	98	54	32	28	100
III	jünger (grün)	47	91	13		12	
IV	ganz jung (gelb)			45		—	

Triticum, Secale.

Makroskopisch betrachtet hatten die gelbreifen Körner von *Triticum* und *Secale* (Stad. I) mit ganz reifen verglichen, $\frac{3}{4}$ normale, die grünreifen (Stad. II) $\frac{1}{2}$ normale, die noch jüngeren grünen (Stad. III) $\frac{1}{3}$ und die ganz jungen (Stad. IV) $\frac{1}{4}$ normale Größe. Die Körner von Stad. I erreichten die größte Keimzahl, wie voraussehen war. Makroskopisch waren sie nicht unbeträchtlich geschrumpft, trotzdem waren die Zellwände des Endosperms kaum wellig verbogen¹⁾ und die meisten Zellen voll von fertig ausgebildeten Stärkekörnern. Nach dem Endosperminneren zu waren die Zellen weniger stärkehaltig und infolgedessen auch mehr oder weniger geschrumpft, namentlich bei *Secale* ziemlich bedeutend. Auffallend stark war der schon ausgewachsene Embryo geschrumpft und in das Endosperm tief eingesunken, und doch waren seine Zellwände, mikroskopisch betrachtet, nicht wellig verbogen. — Von Stad. II hatten die grünen Getreidekörner während des Trocknens zum größten Teil ein gelbes Aussehen angenommen, ein Zeichen der Nachreife (Cohn l. c. pag. 69) und der

1) Zur mikroskop. Betrachtung wurden Schnitte in konz. Glycerin und zur Kontrolle in Wasser gelegt.

Translokation organischer Stoffe im Samen trotz der Trennung von der Mutterpflanze ¹⁾. Die Zellwände des Endosperms waren hier durchweg stark gewellt. Infolge der starken Schrumpfung waren die Zellen scheinbar vollgepfropft von Stärkekörnern, aber im turgeszenten Zustand betrachtet, zeigte es sich, daß bedeutend weniger Stärke in ihnen magaziniert war als in denen der gelbreifen Früchte. Vom Embryo ist das gleiche zu sagen wie bei Stad. I. — Im dritten Stadium waren die ganz dunkelgrünen Früchte während der Austrocknung noch mehr zusammengeschrumpft wie im zweiten Stadium und nur teilweise gelb geworden. Die Schale (Fruchtknotenwand + übrig gebliebenes inneres Integument) war hier im Querschnitt, der ungefähr den Anblick eines spitzwinkligen Dreiecks mit abgerundeten Ecken darbot, noch beinahe so dick wie das Endosperm und zeigte bei den grün gebliebenen Früchten vor den Kleberzellen eine stark chlorophyllhaltige Schicht. Nach dem dem Embryo entgegengesetzten Ende des Kornes zu verschwand das Chlorophyll und das Endosperm wurde dort stärkereicher. Bleiben wir bei dem Bilde des Dreiecks, so hatten die Zellen der Basis noch stärker gewellte Wände als die Endospermzellen der vorigen Stadien. An der Spitze des Dreiecks waren sie kaum gewellt, aber vollständig eckig zusammengeschoben, hier ärmer an Stärke als dort. Die Lumina war erheblich kleiner als in älteren Samen und mit kleinen und mittelgroßen, teils unausgebildeten, nahezu spindelförmigen Stärkekörnern mäsig gefüllt. Die Zellen nach der Spitze zu waren selbst in geschrumpftem Zustande nicht völlig mit Stärke gefüllt. Der von der dicken Schale umgebene Embryo war makroskopisch kaum zu sehen. — Die Früchte des Stad. IV sahen von vornherein gelb aus, da das Gewebe der Fruchtknotenwand in diesem Stadium auch reichlich Stärke enthielt, so daß die grüne Farbe der tiefer gelegenen chlorophyllhaltigen Zellschicht verdeckt wurde ²⁾. Das Volumen des Endosperms war hier kleiner als das der Schale. Seine Zellen waren meist nicht gewellt, aber ganz unregelmäßig zusammengepfert. Selbst die dickwandigen Kleberzellen waren ganz ungleichförmig aneinander gereiht. Das ganze Endosperm war fast platt gedrückt und die Größe seiner Zellen der Entwicklung der Frucht entsprechend gering. Trotzdem enthielten die Zellen an den Seiten des (platten) Endosperms kleine, unfertige Stärkekörner. Nur die Centrumszellen hatten noch gar keine Stärke gespeichert.

1) Vgl. Pfeffer, *Physiol.* II. Aufl., 1897, I, 616.

2) Vgl. Nowacki, l. c. pag. 25.

Betrachten wir die Tab. IX, so sehen wir, daß zwar die Keimfähigkeit der unreifen Samen mit dem Alter und der Reservestoffmagazinierung zunimmt, daß aber trotz zum Teil außerordentlich starker Schrumpfung (z. B. im Stadium IV) durch Austrocknung eine bedeutende Anzahl von Körnern keimfähig bleibt. Die keimungsunfähigen Körner von Stad. III bestanden zumeist aus solchen, die nicht nachgereift waren und trotz des Trocknens ein grünes Aussehen darboten.

Pisum.

Unreife Erbsen von $\frac{3}{4}$, $\frac{1}{2}$ und $\frac{1}{4}$ normaler Größe, teils 7, teils 14 Tage an der Luft getrocknet, hatten eine ziemlich hohe Keimzahl. Jedoch muß bemerkt werden, daß sich die in der Tab. X angegebenen Prozentzahlen um die Hälfte vermindern, da ziemlich genau die Hälfte der Samen von Stad. I—III grün blieb und im Keimbett verfaulte resp. verschimmelte. Die gelbgewordenen, nachgereiften Samen sind rechtzeitig von den grünegebliebenen getrennt zum Keimen ausgelegt worden.

Tab. X. Keimzahlen lufttrockener unreifer Erbsen.

Stad.	Größe	7 Tage getrocknet	14 Tage getrocknet
I	$\frac{3}{4}$ normal	91 0/0	100 0/0
II	$\frac{1}{2}$ normal	75 0/0	74 0/0
III	$\frac{1}{4}$ normal	77 0/0	80 0/0

Die Samen unter $\frac{1}{4}$ normaler Größe keimten überhaupt nicht, da die Embryonen dieses Stadiums noch zu klein waren. Es bestätigte sich der Satz von C o h n, daß kein Same keimt, „bevor der Embryo zum größten Teil die Höhle des Nucleus ausgefüllt hat“. ¹⁾ Makroskopisch war von einer Schrumpfung der Samen des Stad. I—III wenig zu sehen. Auch unter dem Mikroskop waren die Kotyledonenzellwände des Stad. I kaum gewellt. An der Peripherie und nach dem Ansatzstiel der Kotyledonen zu war die Stärke nur in geringer Anzahl vorhanden, in den inneren Zellen dagegen im Überflus. Im Stad. II wiesen die Kotyledonen schon ziemlich stark gewellte Zellwände auf, namentlich an der Peripherie und im Zentrum des Samens. Der Schrumpfung gemäß war an diesen Stellen noch weniger Stärke gespeichert als an den übrigen, wo die Zellen schon merklich weniger

1) l. c. pag. 55: „Ubi primum embryo maxima ex parte explevit cavenam nuclei, etiamsi albumen sit molle, humidissimum testa albida, tenera.“

Stärke enthielten als in Stad. I. In den Kotyledonen des dritten Stadiums waren die Zellen nicht sehr viel stärker geschrumpft als bei denen der vorigen Stadien, da sie ein der Kleinheit des Samens entsprechend kleines Volumen besaßen und ihre Stärkekörner ebenfalls kleiner, aber im Verhältnis zu den vorigen Stadien in nicht geringerer Anzahl vorhanden waren, mit Ausnahme der peripherischen Zellschichten und der Zellen in der Nähe der Kotyledonenstiele, wo die Stärkekörner fast ganz fehlten.

Phaseolus.

Auch von *Phaseolus multiflorus* wurden unreife Samen teils 2, teils 3 Wochen an der Luft getrocknet und zwar von $\frac{3}{4}$ normaler Größe an bis zu $\frac{1}{10}$ normaler Größe. Bis zu $\frac{1}{4}$ normaler Größe keimten sämtliche Samen. Die noch jüngeren waren nicht keimfähig. Letztere besaßen noch ganz grüne Kotyledonen und waren sehr stark geschrumpft, da der Embryo den Embryosack noch nicht genügend ausgefüllt hatte. Die Zellwände der $\frac{3}{4}$ und $\frac{1}{2}$ normalgroßen Samen waren fast gar nicht wellig verbogen, aber im Vergleich zu den Erbsen gleichen Stadiums waren die Bohnenzellen ziemlich arm an Stärke. Hier hatte sich die Speicherung von Reservestoffen in dem Centrum des Samens und in der Nähe der Kothyledonarstiele in geringerem Maße als an den übrigen Stellen der Kothyledonen vollzogen und die Bildung von Proteinkörnern, wie sie beim Trocknen reifer Bohnen aus der zwischen den Stärkekörnern befindlichen eiweißreichen Grundmasse vor sich geht¹⁾, war nur minimal gewesen. Auffallend wenig Stärke besaßen die Zellen der $\frac{1}{4}$ normalgroßen Bohnen. Trotzdem waren auch hier die Zellwände nach der Austrocknung nur an den Stellen verschoben und verbogen, wo sich schon makroskopisch eine deutliche Schrumpfung zeigte. Obgleich die Anhäufung des Reservematerials bei *Phaseolus* verhältnismäßig sehr gering war, hatten die unreifen getrockneten Samen doch die günstigste Keimzahl (100%) unter den untersuchten Samen aufzuweisen, was deutlich dafür spricht, daß die Resistenz gegen Austrocknung nicht allein auf der Verhinderung der Schrumpfung durch Anhäufung plastischer Stoffe beruhen kann, sondern vorwiegend auf einer spezifischen Eigenschaft des Plasmas.

Brassica.

Ein weiteres, ziemlich günstiges Resultat gaben die Keimungsversuche mit unreifen Brassicasamen.

1) Pfeffer, „Unters. üb. d. Proteinkörner“, l. c. pag. 516.
Flora, Ergänzgsbd. 1905.

Tab. XI. Keimzahlen lufttrockener unreifer Samen von Brassica.

		Brassica Napus		Brassica oleracea	
		Größe		Größe	
		1/2 normal	1/4 normal	1/2 normal	1/4 normal
4 Wochen getrocknet	mit Schote	20 0/0	64 0/0	85 0/0	54 0/0
	ohne Schote	—	—	4 0/0	18 0/0

Es ist der Tabelle nichts weiter hinzuzufügen, als dafs sich hier ein deutlicher Unterschied zwischen den Samen bemerkbar macht, die in der Schote, und denen, die von der Schote befreit getrocknet wurden.

Lupinus.

Merkwürdigerweise verliefen alle Keimversuche an unreifen Lupinensamen resultatlos. Unreife Samen von *L. luteus*, *L. albus* und *L. coeruleus* von 1/2 normaler Größe an abwärts, 3 Wochen an der Luft getrocknet, keimten alle nicht, obwohl bei den Samen von 1/3 normaler Größe an der Embryosack von den jungen Embryonen bereits vollständig ausgefüllt war. Der ganze Embryo war dunkelgrün geblieben und nur auf der Schmalseite der Kotyledonen zusammengesunken. Die mikroskopische Prüfung ergab denn auch, dafs nur die zur Breitseite senkrechten Zellwände stark gewellt waren und dafs die Zellen zahlreiche Chlorophyll-, aber wenig Proteinkörner enthielten. Das negative Keimergebnis ist um so merkwürdiger, als gerade die angekeimten reifen Lupinensamen eine beträchtliche Resistenz gegen Austrocknen besitzen, wie aus früheren Versuchen hervorgeht. Hier scheint die mangelnde Anfüllung mit Reservestoffen in der Tat den Ausschlag zu geben, zumal die unreifen, frisch ausgelegten Lupinensamen bis zu halbnormaler Größe alle keimten.

Vic. faba maior.

Gerade das Gegenteil der Resultate an Lupinensamen lieferten die Samen von *Vic. faba maior*. Während diese nach der Reife nicht einmal im ersten Keimstadium die Austrocknung vertrugen, waren sie in unreifem Zustande resistent. Samen von halbnormaler Größe, die 6 Wochen lufttrocken gelegen hatten, waren alle keimfähig, obwohl besonders an der Schmalseite stark geschrumpft, ähnlich wie bei den Lupinensamen. Die Zellen erwiesen sich nur zur Hälfte mit großen Stärkekörnern gefüllt, im übrigen aufser dem Plasma und wenig Proteinstoffen mit so viel kleinkörnigem Chlorophyll, dafs, makroskopisch betrachtet, die Kotyledonen ganz grün aussahen. Trotz einer

erheblichen Wasserentziehung und Schrumpfung waren diese Samen im unreifen Zustand lebendig und keimfähig geblieben.

Aus all diesen Beobachtungen geht zur Evidenz hervor, daß diejenigen Samen, die nach der Reife im angekeimten Zustand gegen Austrocknung resistent sind, gewöhnlich auch im unreifen austrocknungsfähig sind, wo ihre Reservestoffbehälter bedeutend weniger Nährstoffe enthalten, als die nur teilweise entleerten Zellen reifer Keimlinge. Aber Lupinensamen machen eine Ausnahme, und Saubohnen sind vor der Reife sogar resistenter als nach der Reife. Vergegenwärtigt man sich noch, daß gerade die Plumulae und Radiculae, obwohl sie sehr wenig plastische Nährstoffe enthalten, makroskopisch betrachtet kolossal zusammenschrumpfen und doch die ersten Anzeichen des Lebens erkennen lassen, so ist es keine Frage, daß die Austrocknungsfähigkeit der Zellen in erster Linie von einer spezifischen Eigenschaft des Plasmas resp. Änderung derselben abhängt. Wenn also mit der Abnahme der Reservestoffe meist eine Abnahme der Resistenz Hand in Hand geht, so ist dies wohl mit Sicherheit auf eine damit verbundene Zustandsänderung des Plasmas zurückzuführen. Jedenfalls spielt die Magazinierung plastischer Stoffe in der kausalen Frage nach der Austrocknungsfähigkeit nicht die allein entscheidende Rolle. Besonders auffallend beweist das die oben erwähnte Eigenschaft der großen Saubohne.

4. Vergleich der Resistenz von Keimlingen hydrophytischer und xerophytischer Pflanzen.

Nehmen wir als erste Bedingung zur Resistenz gegen Austrocknung eine spezifische Eigenschaft des Plasmas an, so ist mit Rücksicht darauf, daß nicht alle Pflanzenkeimlinge austrocknungsfähig sind, zu erwarten, daß die Samen und Keimlinge gerade derjenigen Pflanzen besonders resistent sind, die gewöhnlich auf trockenem Boden wachsen, weil diese in ihrem Kampf ums Dasein Eigenschaften durch Anpassung erworben haben müssen, mit Hilfe deren sie solche Samen erzeugen, welche in einem leicht und oft trocknenden Boden selbst in angekeimtem Zustande einer Austrocknung Widerstand leisten. Hingegen haben es die Pflanzen, die auf sehr feuchtem Boden oder gar in Wasser wachsen, nicht nötig, austrocknungsfähige Samen zu produzieren. Ihre Keimlinge dürften voraussichtlich keine Austrocknung ertragen. Nach Schröder (l. c. pag. 9) waren ungekeimte Samen von *Caltha palustris* nach 11wöchiger Lufttrockenheit noch keimfähig, nach 20wöchiger aber nicht, nach der Austrocknung

über H_2SO_4 ebenfalls nicht, und wenn, wie Wichura¹⁾ näher untersucht hat, die Samen der Weiden nur dann aufgehen, wenn sie möglichst sofort auf feuchten Boden fallen, so ist das eine deutliche Anpassung, da ja die meisten Salixarten normalerweise an feuchten Standorten vegetieren. Meines Wissens ist die Austrocknungsfähigkeit spezifischer Hydrophytensamen in angekeimtem Zustande noch nicht untersucht, deshalb mag im folgenden die Resistenz der Hydrophyten- der von Xerophytenkeimlingen vergleichsweise gegenübergestellt werden. Leider konnten die meisten Arten der zum Versuch herangezogenen Hydrophytensamen nicht zum Keimen gebracht werden, deshalb mußte die Anzahl ihrer Spezies hinter derjenigen der Xerophyten zurückbleiben, wiewohl von letzteren auch nicht viel Arten zur Keimung gebracht werden konnten.

Tab. XII. Entwicklungsstadien der Keimlinge vor der Trocknung.

Art	Triglochin maritimum			Sedum Cepaea			Opuntia Rofinesqu,			Cereus giganteus			Mamillaria polythele			Mamillaria dolichocentra		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
Länge d. Radicula resp. Rad. + Kotel. in mm	0,5	1,5	3	0,2	0,6	1,5	0,5	1	2—3	0,3	0,5—0,8	2	0,3	0,5—1,0	2	0,3	0,6	1,5—2,0

Als Repräsentant spezifischer Hydrophyten diene Triglochin maritimum, als spezifische Xerophyten dienten Sedum Cepaea, Opuntia Rofinesquiana, Mamillaria polythele, M. dolichocentra und Cereus giganteus. Keimlinge dieser Spezies wurden nach der Unterscheidungsweise von Saussure getrennt (genaue Mafsangabe s. Tab. XII) und nach zweimonatiger Austrocknung an der Luft wieder zum Weiterwachsen ausgelegt. Es ergab sich, dafs die Hydrophytenkeimlinge alle abgestorben waren, während die Sedumkeimlinge aller drei Stadien sämtlich weiterwuchsen. Auch sämtliche Cacteenkeimlinge schienen lebendig geblieben zu sein, denn sie boten nach der Befuchtung zwei Tage lang das Aussehen lebensfrischer Keimlinge dar, wurden dann aber schnell von den Pilzen überwuchert, von denen sie schon bei der ersten Keimung befallen waren und nicht

1) Die Bastardbefruchtung im Pflanzenreich erläutert an den Bastarden der Weiden, 1865, pag. 6. Vgl. ferner Wiesner, Biolog. d. Pflanzen, 1889, pag. 43, und Pfeffer, Physiol. II. Aufl. Bd. II pag. 327.

befreit werden konnten. Ihre Resistenzfähigkeit mußte daher unentschieden bleiben, wiewohl nach meiner Überzeugung die Wahrscheinlichkeit der Weiterentwicklung sehr groß war. Leider konnte wegen Mangel an Material der Versuch nicht wiederholt werden. Um so deutlicher trat die Resistenz der Crassulaceensamen hervor. Selbst nach fünfmonatiger Lufttrockenheit waren die meisten Keimlinge aller drei Stadien lebens- und reproduktionsfähig. Da ihre beiden Kotyledonen mit der eingeschlossenen Plumula noch nicht ganz aus der Testa hervorgewachsen waren, so starben nur ihre Wurzeln resp. Wurzeln + Hypokotyl ab, welche durch zahlreiche kleine Seitenwurzeln ersetzt wurden.

Tritt auch der Unterschied zwischen den Keimlingen der Hydrophyten und Xerophyten nicht gerade sehr evident hervor, so wird man doch nicht fehl gehen, aus diesem Versuch und in Hinsicht darauf, daß sich ungekeimte Hydrophytensamen nach Beobachtungen früherer Autoren (s. pag. 287) stets als nicht oder sehr wenig austrocknungsfähig erwiesen haben, zu schließen, daß die Samen der Xerophyten, besonders im angekeimten Zustand in der Resistenz gegen Austrocknung denen der Hydrophyten bei weitem überlegen sind, und daß diese größere Austrocknungsfähigkeit in erster Linie durch eine spezifische Eigenschaft des Plasmas bedingt ist, welche die Mutterpflanzen durch Anpassung an ihren Standort und an eine daran geknüpfte besondere Lebensweise für ihre Epigonen erworben haben. Das nimmt nicht Wunder, denn schliesslich muß es ja so sein, wenn man bedenkt, daß die spezifischen Xerophyten der exotischen Länder in wasserarmen Gegenden, auf felsigem Boden und steinigem Gefilde oft monatelange Trockenheit ertragen müssen.

5. Bedeutung der Testa beim Austrocknen der Keimlinge.

Daß die Abnahme der Widerstandsfähigkeit von einander getrennter Teile der Keimlinge nicht mit der Entfernung der Samenhülle in Zusammenhang gebracht werden kann, soll im folgenden dargetan werden. Es war bei den früheren Keimversuchen allgemein zutage getreten, daß sich bei den Samen der Dikotylen selten die Keimlinge erholten, welche im Keimbett von ihrer Testa umgeben blieben. Die meisten mußten, um sie vor einer schnellen Verfaulung zu schützen, nach einigen Tagen von ihrer Testa befreit werden. Daraus war zu schließen, daß die Testa resp. Fruchtschale bei der wiederholten Keimung eher schädlich denn nützlich sei. Zur Ver-

gewisserung wurden deshalb Helianthus-Keimlinge teils mit, teils ohne Schale an der Luft getrocknet und nach vier Monaten zum Weiterwachsen ausgelegt. Es entwickelten sich dann von ersteren nur im ersten Stadium 5 % der Keimlinge weiter, im zweiten und dritten kein einziger, von letzteren ohne Schale jedoch im ersten Stadium 63 %, im zweiten 19 % und im dritten ebenfalls keiner. — Als Repräsentant der Monokotyledonen mag gekeimter Hafer zu diesem Versuch herbeigezogen werden, welcher drei Monate ohne Spelzen an der Luft getrocknet, in größerer Anzahl weiterwuchs als mit Spelzen.

Tab. XIII. Resistenz von Keimlingen mit und ohne Samenhülle.

Es wuchsen nach 3—4monatiger Lufttrockenheit weiter von							
Helianthus				Avena			
Stadium	I	II	III	Stadium	I	II	III
mit Schale .	5 %	—	—	mit Spelzen .	22 %	21 %	25 %
ohne Schale .	63 %	19 %	—	ohne Spelzen .	56 %	15 %	34 %

Offenbar geht der Nutzen der Schale, speziell der Schutz gegen äußere Einflüsse¹⁾ bei der Austrocknung bereits gekeimter Samen, namentlich der dikotylen Pflanzen, verloren, ja die Gegenwart der Samenhülle kann den Keimlingen bei den erneuten Vegetationsbedingungen geradezu schädlich werden, wie Tab. XIII beweist. Denn bei den von der Schale nur locker umgebenen Keimlingen tritt im Keimbett viel leichter Fäulnis ein, als bei den von der Schale ganz befreiten. Während nämlich die mit der Testa stark gequollenen Kotyledonen nach dem Trocknen auf ihr ursprüngliches Volumen zusammensinken, schrumpft die geplatze Testa fast gar nicht, so daß sich die Schale vom Embryo mehr oder minder stark lockert. Die geringe Resistenzfähigkeit isolierter Samentheile ist mithin wohl nur durch stärkere Austrocknung und Schaffung von verhältnismäßig großen Wundflächen bedingt.

6. Einfluß schneller und langsamer Wasserzufuhr.

Haben die Untersuchungen von Just²⁾ ergeben, daß kein Unterschied zwischen schneller und langsamer Wasserzufuhr in der Wirkung auf trockene ungekeimte Samen besteht, so war es interessant, festzustellen, wie sich angekeimte getrocknete Samen dieser ver-

1) Siehe Kurzwelly, l. c. pag. 317, und Detmer, l. c. pag. 539.

2) „Über die Einwirkung höherer Temperaturen auf die Erhaltung der Keimfähigkeit der Samen“ in Cohns Beiträge z. Biol., 1877, Bd. II pag. 338.

schiedenen Behandlung gegenüber verhalten würden, zumal auch über diesen Gegenstand gegenteilige Urteile vorliegen. Nämlich Saussure gibt an (l. c. pag. 73), dafs im dritten Auskeimungsstadium getrocknete Weizenkeimlinge sich nur dann erholten, wenn sie im dampfgesättigten Raum vorsichtig an der Wurzelbasis benetzt wurden und dafs sie zwischen feuchten Schwämmen abstarben. Dagegen führt Schröder (l. c. pag. 47) an, dafs er bei allen seinen diesbezüglichen Beobachtungen an luft- und schwefelsäuretrockenen Objekten keinen wesentlichen Unterschied in der Wirkung schneller und langsamer Wasserversorgung hat konstatieren können. Zur Entscheidung dieser Frage wurden schwefelsäuretrockene Keimlinge aller drei Stadien von Avena, Triticum, Secale, Linum, Helianthus, Sinapis und Brassica zur einen Hälfte nach 24stündigem Liegen an der Luft drei Tage lang in einen wasserdampfgesättigten Raum gebracht und dann ohne Benetzung auf feuchtes Fließpapier gelegt, zur anderen direkt in Wasser geworfen und nach 24 Stunden ins Keimbett gebracht. Der Unterschied in der Erholung der Keimlinge war ein frappanter, wie Tab. XIV zeigt.

Tab. XIV. Erholung schwefelsäuretrockener Keimlinge nach schneller (a) und langsamer (b) Wasserzufuhr.

	Stad. I		Stad. II		Stad. III	
	a %	b %	a %	b %	a %	b %
Sinapis	100	100	—	—	—	—
Brassica	37	34	6	6	—	—
Triticum	22	11	24	—	56	—
Secale	4	—	5	—	7	5
Avena	20	21	—	—	—	—
Helianthus . . .	31	—	—	—	—	—
Linum	2	—	—	—	—	—

Aufser Sinapis und Brassica waren die Keimlinge nach schneller Wasserzufuhr in bedeutend größerer Anzahl weitergewachsen als nach langsamer. Bei langsamer Befeuchtung erholten sich die meisten überhaupt nicht. Aber dieser Nachteil ist nicht in der langsamen Wasserzufuhr an sich zu suchen, als vielmehr in der eo ipso damit verknüpften Retardation des neuen Wachstumsbeginnes. Denn mit Anrechnung der zur Methodik verwendeten Zeit waren die langsam

befeuchteten Keimlinge gegenüber den schnell befeuchteten in der Neubeginnenden Entfaltung mindestens um acht Tage zurück und innerhalb dieser Zeit wurden viele Keimlinge von Pilzen überwuchert, ehe sie ihre Wachstumstätigkeit wieder aufnehmen konnten.

Mag theoretisch langsame Wasserzufuhr günstiger sein, faktisch aber ist schnelle Wasserzufuhr zu angekeimten und wieder getrockneten Samen entschieden vorteilhafter, als langsame. Es ist somit diese Eigenschaft getrockneter und lebendig gebliebener Zellen, schnelle Wasseraufnahme vorteilhaft zu vertragen, von hohem biologischem Wert insofern, als die in der Natur getrockneten Pflanzen meist eine schnelle Befeuchtung durch plötzliche Niederschläge erfahren. Eine analoge Anpassung finden wir übrigens in der Fähigkeit gefrorener Pflanzen, ein schnelles Auftauen ohne Schaden zu vertragen.¹⁾

7. Resistenz großer und kleiner Keimlinge.

Da bekannt ist²⁾, daß von ein und derselben Spezies große Samen kräftigere und größer entwickelte Pflanzen erzeugen als kleine, andererseits kleine Samen oft schneller keimen als größere³⁾, so lag die weitere Frage nahe, ob sich auch in der Resistenzfähigkeit gegen Austrocknung ein Unterschied zwischen großen und kleinen Keimlingen bemerkbar macht. Marek (l. c. pag. 169) spricht den großen Samen einen entschiedenen Vorzug vor den kleinen zu, indem er zum Schluss seiner diesbezüglichen Untersuchungen sagt, je kleiner das Korn sei, um so empfindlicher würden die Keimpflanzen durch Entwicklungsstörungen berührt. Es basiert aber seine, bereits von Detmer (l. c. 533) angezweifelte Behauptung auf Versuchen an sehr weit entwickelten Keimlingen von Weizen, Erbse und Pferdebohne, deren Reservestoffbehälter schon weit entleert waren. Zudem hat er nur je drei große und drei kleine Samen verwendet. Also dürfte seiner Behauptung schon einiger Zweifel entgegensetzen sein.

Eine größere Anzahl der teils schwefelsäure-, teils lufttrockenen Keimlinge von *Triticum*, *Secale* und *Avena* wurden in große und kleine geschieden und wie üblich zum Weiterwachsen ausgelegt. Die

1) Pfeffer, *Physiol.* II. Aufl., 1901, Bd. II pag. 300.

2) Marek, l. c. pag. 147. Nobbe, *Samenkunde* 1876.

3) Letztere Tatsache soll nach Marek (l. c. pag. 101) nicht auf eine Stärkung, sondern nur auf eine Beschleunigung der Keimkraft zurückzuführen sein, weil geringere Körnerinhaltsmengen früher in Bewegung kämen, als größere und darum früher ihre Kräfte für die Keimung äußern könnten.

Cerealien wurden deshalb gewählt, weil sie sich durch relativ große Maßsdifferenzen auszeichnen, sowie erwiesenermaßen in allen drei Stadien die größte Keimfähigkeit nach dem Austrocknen besitzen.

Tab. XV. Keimfähigkeit großer und kleiner Keimlinge nach 3 $\frac{1}{2}$ monatiger Austrocknung.

	Stad. I		Stad. II		Stad. III	
	gr. %	kl. %	gr. %	kl. %	gr. %	kl. %
Triticum H ₂ SO ₄ -trocken	20	25	23	26	66	57
Avena " "	20	20	—	—	—	—
Secale " "	—	4	5	6	8	5
" lufttrocken . .	55	52	30	30	46	45

Das Resultat ist in der Tab. XV leicht zu überschauen. Die Zahlen weisen in den einzelnen Stadien teils gar keine, teils nur sehr geringe Unterschiede auf. Wo geringe Differenzen vorliegen, sind bald die großen, bald die kleinen Keimlinge im Vorteil. Jedenfalls ist in allen drei Stadien kein wesentlicher Unterschied in der Resistenzfähigkeit großer und kleiner Keimlinge gegen Austrocknung unter gleichen Bedingungen zu konstatieren.

8. Behandlung exsiccator-trockener Keimlinge mit absol. Alkohol und Benzin.

Die Resistenz trockener pflanzlicher Organismen gegen anderweitige extreme Einflüsse, wie supramaximale Temperaturen, chemische Agentien etc., sowie die künstliche Erhöhung der Resistenz durch Exsiccator-trockenheit¹⁾ drängten zu der neuen Frage, inwieweit exsiccator-trockene Keimlinge wasserfreien Agentien, wie absol. Alkohol, Benzin, Äther etc., Widerstand leisten würden, ob sie die gleiche Resistenz dagegen bewahren würden, wie ungekeimte Samen oder nicht. Daß diese Flüssigkeiten auf alle Fälle schädlich wirken, hat bereits Kurzwelly festgestellt, da nach längerer Zeit alle derartigen Flüssigkeiten mehr oder weniger in nichtgekeimte Samen eingedrungen sind und eine Herabsetzung der Keimfähigkeit realisiert haben. Immerhin haben die meisten Samen monatelangen Aufenthalt

1) Kurzwelly, l. c. pag. 313.

in wasserfreien Medien, wie Alkohol und Äther, ohne starke Schädigung vertragen.¹⁾

Zu unserem Versuch wurden Keimlinge aller drei Stadien von den meisten der bisher benützten Samenarten nach 2¹/₂monatiger Schwefelsäuretrokkenheit zunächst in frisch entwässerten absoluten Alkohol gelegt und in gut verschlossenen Flaschen unter einer mit Chlorcalcium trocken gehaltenen Glocke vier Wochen lang aufbewahrt. Von Brassica und Sinapis wurde ein Teil auch in Benzin gelegt. Nach Befreiung vom Alkohol resp. Benzin und Verdunsten desselben im direkten Sonnenlicht wurden die Keimlinge einen Tag später vier Stunden lang eingequollen und dann in die üblichen Keimapparate gebracht. Von sämtlichen Keimlingen begannen dann nur einige des ersten Stadiums von Brassica wieder aufzuleben und zwar 4 % der mit Benzin und 2 % der mit Alkohol behandelten. Alle übrigen waren tot. Da die Kontrollkeimlinge, deren Lebenstätigkeit die gleiche Zeit lang durch bloßes Trockenliegen sistiert war, wenigstens im ersten Stadium noch in beträchtlicher Anzahl bei Befeuchtung weiterlebten (s. Tab. III), so ist klar, daß der Tod fast aller Keimlinge in diesem Versuch hauptsächlich durch den eingedrungenen Alkohol und durch Benzin beschleunigt worden war. Es ist auch ganz plausibel, daß angekeimte Samen gegen Alkohol weniger resistent sind als nicht gekeimte. Denn wenn derselbe mit der Zeit in vollständig von der Schale umgebene Samen teilweise einzudringen vermag, so kann er es in Samen mit geplatzter Hülle viel leichter und schneller, selbst in diejenigen Keimlinge, deren Verband mit der Testa noch nicht gelockert ist, nämlich an der Durchbruchstelle der Radicula. Der im reaktionslosen, trockenstarren Zustand befindliche Protoplast allein ist also weniger resistent gegen schädigende Flüssigkeiten als wenn ihm noch ein mechanisches Schutzmittel, z. B. eine für das betreffende Medium schwer durchlässige Zellwand oder Testa zur Verfügung steht.²⁾ Von einer Behandlung trockener Keimlinge mit noch anderen wasserfreien giftigen Agentien wurde daher in der Voraussetzung negativer Resultate abgesehen.

1) Z. B. keimte Sinapis nach 12monatigem Aufenthalt in Alkohol noch bis 60%,
 „ „ „ „ Äther „ „ 80%.
 Ferner vertrugen nach Nobbe (l. c. pag. 116) Kleesamen viermonatigen Aufenthalt in absol. Alkohol ohne Schädigung.

2) Auch Kurzwelly hat an ungekeimten geschälten Samen eine intensivere Schädigung der Objekte durch giftige Stoffe konstatiert (l. c. pag. 315).

9. Behandlung frischer und getrockneter Keimlinge mit Glycerin und Zuckerlösung.

Im Anschluß an die Austrocknung schien es angebracht, die Wasserentziehung auf osmotischem Wege durch ungiftige Flüssigkeiten, wie Glycerin oder konzentrierte Zuckerlösung zu bewirken, also zu entscheiden, ob die Keimlinge durch einen Aufenthalt in wasserentziehenden indifferenten Medien ohne Schaden ebensolange konserviert werden könnten, wie durch Austrocknung. Da bei dieser Manipulation, wenigstens in den gewachsenen Zellen, Plasmolyse auftreten mußte, bei fortgesetzter Plasmolyse aber alle Zellen schliesslich absterben, so war wohl zu erwarten, daß die frischen Keimlinge gegen diese Art der Wasserentziehung nicht sehr resistent sein würden. Auch trockene Keimlinge dürften voraussichtlich in Glycerin zugrunde gehen, wenn es wasserhaltig ist, denn die Objekte quellen ja in wasserhaltigem Glycerin. Selbst in Glycerin, welches nur 5—10 % Wasser enthält, muß eine Wasseraufnahme seitens der Keimlinge stattfinden, wenn auch bedeutend langsamer als in verdünnterem. In ganz wasserfreiem Glycerin aber würden sich ganz trockene Keimlinge wahrscheinlich länger halten.

Unter diesen Erwägungen wurden sowohl frische als auch luft- und schwefelsäuretrockene Keimlinge nach einem längeren Aufenthalt in verschieden konzentriertem Glycerin auf ihre Lebensfähigkeit hin untersucht und zum Vergleich wurde auch der Einfluß des Glycerins auf ungekeimte, trockene oder eben gequollene Samen konstatiert. Ältere Versuche einiger Forscher haben bereits ergeben, daß ungekeimte Samen den Aufenthalt in „dickem“ Glycerin (Handelsmarke) ziemlich lange ertragen können, weil besonders die Samenhülle zufolge ihres anatomischen Baues für Glycerin schwer durchlässig ist.¹⁾ Nobbe (l. c. pag. 103) konstatierte z. B., daß das Benetzen des Saatgutes mit Glycerin vor dem Keimen zwar nicht schädlich, sicherlich aber nicht nützlich ist und Giglioli²⁾, der hauptsächlich mit Luzernensamen operierte, fand, daß nach 129tägigem Aufenthalt in „gewöhnlichem“ Glycerin noch 40 % dieser Samen keimfähig war, nach 484 Tagen aber nur mehr 5,2 %. Also wirkt mit der Zeit das Glycerin selbst auf ungekeimte Samen schädlich. Da nun das Glycerin des Handels noch ziemlich viel Wasser — mindestens 5—10 % —

1) Nobbe, Samenkunde 1876 pag. 117.

2) Resistenza dei semi, e specialmente dei semi di medica, all'azione prolungata di agenti chimici gassosi e liquidi“. *Gazetta chimica italiana* 1879 pag. 490.

enthält, so war es mit der Länge der Zeit wahrscheinlich in die Samen eingedrungen und es dürften sich die Samen mit wasserfreiem Glycerin wohl noch viel länger am Leben gehalten haben. Da auch die zu unseren Versuchen benutzten ungekeimten Samen in fast wasserfreiem Glycerin sicher sehr lange am Leben geblieben wären, so wurden dieselben nur mit wasserhaltigem Glycerin behandelt.

Zunächst wurden Samen von *Brassica Napus*, *Pisum sativum*, *Helianthus annuus*, *Cucurbita Pepo*, *Vicia faba maior* und *minor*, *Lup. albus*, *L. luteus*, *Triticum vulgare* und *Zea Mays* in 40, 60 und 75proz. Glycerin¹⁾ nur quellen gelassen und dann auf ihre Keimfähigkeit hin nach schneller und langsamer Wasserzufuhr geprüft. Die langsame Wasserzufuhr geschah so, daß die mit Wasser schnell, aber gründlich abgespülten Samen zwischen Fließpapier abgetrocknet und dann in die Keimapparate gelegt, die schnelle so, daß die abgespülten Samen vor dem Keimen 24 Stunden in Wasser belassen wurden. Da die Quellung unregelmäßig vor sich ging, so wurde, um eine gleichmäßige Versuchsanordnung zu erhalten, ein achttägiger Aufenthalt in Glycerin durchgeführt, wenn auch manche Samen innerhalb dieser Zeit nicht vollständig aufgequollen waren. Je nach dem Stadium der Quellung war das Glycerin bei den einen weiter eingedrungen als bei den andern (siehe Tab. XVI pag. 297).

Aus nachstehender Tabelle geht zur Evidenz hervor, daß wasserhaltiges Glycerin auf trockene Samen schon binnen acht Tagen einen schädigenden Einfluß ausübt und zwar um so mehr, je verdünnter das Glycerin ist. Dabei bietet schnelle Wasserzufuhr bedeutenden Vorteil vor langsamer, weil bei langsamer das in die Samen eingedrungene Glycerin allmählich hinausdiffundiert und an der Außenfläche der Samen haften bleibend einen vorzüglichen Nährboden für Schimmelpilze bietet, so daß der Nachteil, von diesen zerstört zu werden, größer ist als der bei schneller Wasserzufuhr, daß durch plötzlichen Wechsel der osmotischen Druckzustände in den Zellen ganze Gewebekomplexe zerplatzen, wie dies zuweilen tatsächlich vorgekommen ist. Die Schädigung macht sich sowohl durch Verringerung der Keimprozentage als auch durch teilweise Retardierung des Keimprozesses bemerkbar.

Zur weiteren Kenntnis der Glycerineinwirkung wurden darauf 24 Stunden in Wasser gequollene, zwischen Fließpapier abgetrocknete Samen von *Helianthus*, *Brassica*, *Cucurbita*, *Pisum*, *Vic. faba maior*,

1) Diese Konzentrationen wurden durch entsprechende Verdünnung eines fast wasserfreien Glycerins hergestellt, welches höchstens 2% H₂O enthielt.

Tab. XVI. Keimfähigkeit ungekeimter Samen nach der Quellung in verdünntem Glycerin.

a = bei langsamer Wasserzufuhr; b = bei schneller Wasserzufuhr.

		8 Tage i. 40proz. Glycerin		8 Tage i. 60proz. Glycerin		8 Tage i. 75proz. Glycerin		Keimzahlen d. Kontroll-samen i. Prozenten
		langs.	schnell	langs.	schnell	langs.	schnell	
		a	b	a	b	a	b	
Brassica	normal	19	15	7	—	36	30	87
	verzögert	23	52	52	14	26	46	
	in Summa	42	67	59	14	62	76	
Pisum	normal	3	11	6	55	15	49	82
	verzögert	—	—	—	—	—	—	
	in Summa	3	11	6	55	15	49	
Helianthus	normal	12	35	3	51	9	60	86
	verzögert	6	—	—	4	—	—	
	in Summa	18	35	3	55	9	60	
Cucurbita	normal	—	75	17	77	20	58	80
	verzögert	25	—	—	—	—	8	
	in Summa	25	75	17	77	20	66	
Vic. faba maior	normal	66	63	6	78	71	100	100
	verzögert	—	12	41	15	15	—	
	in Summa	66	75	47	93	86	100	
Vic. faba minor	normal	81	81	56	91	55	95	95
	verzögert	6	—	25	—	27	—	
	in Summa	87	81	81	91	82	95	
Lup. albus	normal	65	73	95	100	100	100	100
	verzögert	—	—	—	—	—	—	
	in Summa	65	73	95	100	100	100	
Lup. lut.	normal	—	—	92	90	60	60	87
	verzögert	8	13	—	—	24	25	
	in Summa	8	13	92	90	84	85	
Triticum	normal	82	78	84	86	79	71	94
	verzögert	—	—	—	—	—	—	
	in Summa	82	78	84	86	79	71	
Zea Mays	normal	50	52	25	87	25	52	92
	verzögert	16	—	20	—	33	—	
	in Summa	66	52	45	87	58	52	

Lup. albus, Zea Mays und Triticum 14 Tage lang in 75proz. und ganz konzentriertem Glyzerin belassen und nach dem Abspülen nach schneller Wasserzufuhr zum Keimen ausgelegt. Das Resultat war, daß sich mehrere Arten bereits als keimunfähig erwiesen und daß die Keimzahlen der übrigen Spezies selbst nach dem Aufenthalt in konzentriertem Glyzerin merklich gesunken waren. Siehe Tab. XVII.

Tab. XVII. Keimprozent 24 Stunden gequollener Samen nach 14tägigem Aufenthalt in 75- und 100proz. Glyzerin.

	75proz. Glyzerin	100proz. Glyzerin	Normale Keimprozent
Zea Mays	29	64	92
Triticum	7	43	94
Pisum	—	—	82
Vic. faba maior	—	—	54
Lupin. albus	—	—	100
Helianthus mit Schale . .	52	62	90
„ ohne Schale	72	92	
Brassica	7	46	87
Cucurbita mit Schale . .	100	94	100
„ ohne Schale	88	100	

Die nachteilige Wirkung des Glyzerins war also auf gequollene Samen viel intensiver als auf trockene. Nach dreimonatigem Aufenthalt in verdünntem sowohl wie in konzentriertem Glyzerin mit und ohne Schale hatten eben gequollene Samen alle ihr Leben eingebüßt, mit Ausnahme von Helianthus, dessen Fruchtschale übrigens vor dem Auslegen in das Keimbett entfernt worden war. In konzentriertem Glyzerin blieben 76 % bei langsamer, 60 % bei schneller Wasserzufuhr lebensfähig, außerdem 7 % der Kotyledonen. In 85proz. Glyzerin blieben 48 % der ganzen Samen lebendig und außerdem noch 17 % der Kotyledonen, in 50proz. aber gar keine. Siehe Tab. XVIII.

Tab. XVIII.

Nach einem 3monatigen Aufenthalt	in 50proz. Glyzerin	in 85proz. Glyzerin	in konzent. Glyzerin bei	
			schneller Wasserzufuhr	langsamer Wasserzufuhr
blieben lebendig	—	ganze Keimlinge 48 %	ganze Keimlinge 60 %	ganze Keimlinge 76 %
	—	Kotyledonen 17 %	Kotyledonen 7 %	—

An diesen entwicklungsfähigen Helianthussamen war die Wurzelspitze meist tot, wurde aber durch eine neue ersetzt. Bei einigen Objekten waren Radicula und Plumula lädiert, während die dazu gehörigen Kotyledonen unbeschädigt und lebendig geblieben waren.

Konstatieren wir nun die Wirkung des Glycerins auf gekeimte Samen. Keimlinge der meisten bisher verwendeten Samenarten wurden in den drei Keimstadien frisch, nach kurzem Abtrocknen zwischen Fließpapier, teils in konz. Zuckerlösung (50proz.), teils in verschieden konzentriertes Glycerin gelegt und zwar in Glycerin mit 50, 25, 15 Gewichtsprozenten Wasser, und in fast wasserfreies. Nach drei Mo-

Tab. XIX. Prozentzahlen der weitergewachsenen getrocknet gewesenen Keimlinge nach einmonatigem Aufenthalt in konz. Glycerin.

	Stad.	der luft-trocknen	der H ₂ SO ₄ -trocknen	der Kontroll-keimlinge
Brassica	I	49	46	96
	II	3	—	31
	III	—	—	—
Secale	I	4	6	90
	II	—	—	92
	III	2 Plumulae	22	100
Helianthus	I	13	30	komplet 28 Kotyledon. 20
	II	—	—	—
	III	—	—	—
Pisum und Lup. alb.	I	—	—	—
	II	—	—	—
	III	—	—	—

naten waren, wie vermutet, sämtliche Keimlinge tot. Nur von Helianthuskeimlingen, die in 85proz. Glycerin gelegen hatten, waren 9% der Kotyledonen des zweiten Stadiums lebendig geblieben mit gleichen Reproduktionsfähigkeiten, wie sie getrocknete Kotyledonen besaßen, und von Secale-Keimlingen, die in konzentriertem Glycerin gelegen hatten, war das erste Blatt einer einzigen Plumula gewachsen und ergrünt, nach mehreren Tagen aber zugrunde gegangen. Da eine Schädigung durch plötzliche Verdünnung des Außenmediums resp. Aufhebung der Plasmolyse bei schneller Befeuchtung eingetreten sein konnte, so wurde ein Teil der Keimlinge auch unter allmählicher Wasserzufuhr ausgelegt, aber ebenfalls erfolglos, weil mit den oben

erwähnten wenigen Ausnahmen alle Zellen bereits tot waren. Glycerin sowohl wie Zuckerlösung hatten Zellwände und Plasma derartig durchsetzt, daß die Keimlinge ein ganz glasiges Aussehen bekommen hatten. Ein anderer Versuch lehrte, daß frische Keimlinge bereits nach einmonatigem Aufenthalt in konzentriertem Glycerin zugrunde gehen.

Resistenter verhielten sich die luft- und schwefelsäuretrockenen Keimlinge in konzentriertem Glycerin. Keimlinge von Brassica, Secale, Helianthus, Pisum und Lup. albus, welche 2¹/₂ Monate lang teils an der Luft, teils über H₂SO₄ getrocknet waren, wurden einen Monat lang in konzentriertem Glycerin aufbewahrt und dann nach schneller Wasserzufuhr in die Keimapparate gelegt. (Siehe Tab. XIX.)

Durch Vergleich mit den Kontrollkeimlingen, welche dieselbe Zeit statt in Glycerin an der Luft gelegen hatten, ist zu ersehen, daß zwar die Zahl der lebensfähigen Keimlinge nach dem Aufenthalte in Glycerin bedeutend abgenommen hatte, aber gegenüber den frischen Keimlingen war die Resistenz der getrockneten, besonders der schwefelsäuretrockenen, in konzentriertem Glycerin ganz ansehnlich. Jedenfalls entspricht dieses Ergebnis völlig unseren Voraussetzungen, nach welchen sich trockene Keimlinge in möglichst wasserfreiem Glycerin länger halten würden als frische, und nach welchen mit weitgehendstem Ausschluß von Wasser die Resistenz der Samen und Keimlinge gegen Glycerineinwirkung erhöht würde.¹⁾

Ziehen wir das Fazit aus den Versuchen mit verschiedener Glycerinbehandlung der Samen und Keimlinge, so ergibt sich folgendes: Je verdünnter und länger Glycerin auf trockene sowohl wie frische Keimlinge einwirkt, desto mehr schädigt es dieselben. Selbst eben gequollene und sogar trockene ungekeimte Samen werden dem Grade der Verdünnung gemäß in ihrer Keimfähigkeit mehr oder weniger gestört. In konzentriertem Glycerin sind getrocknete Keimlinge resistenter als frische, und zwar schwefelsäuretrockene mehr wie lufttrockene, jedoch ist ihr Aufenthalt in Glycerin um vieles nachteiliger als der an der Luft. Mithin kann die von Nobbe²⁾ aufgestellte Behauptung, das früher als Keimungserreger empfohlene Glycerin wirke „nicht förderlich“, dahin erweitert werden, daß Glycerin, zumal wasserhaltiges, unter allen Umständen schädlich influiert. Bei allen erneuten Keimungs- und Wachstumsbedingungen ist schnelle Wasserzufuhr vorteilhafter als langsame.

1) Vgl. das analoge Verhalten ungekeimter Samen gegenüber wasserfreien giftigen Flüssigkeiten bei Kurzweily, l. c. pag. 309 ff.

2) Samenkunde 1876 pag. 283.

II. Versuche an Moos- und Farnsporen.

Gleich den Samen der meisten Phanerogamen zeichnen sich die Sporen vieler Kryptogamen durch grofse Resistenz gegen Austrocknung aus.¹⁾ Ob sie aber analog den Samen in angekeimtem Zustande bis zu einem gewissen Grade der Austrocknung widerstehen, darüber ist, mit Ausnahme der Pilze,²⁾ nichts näheres bekannt. Prüfen wir daraufhin zunächst die Sporen einiger Laubmoose, deren Austrocknungsfähigkeit in ungekeimtem Zustand alle bisherigen Beobachtungen an anderen Kryptogamensporen übertrifft. Keimten doch nach Schimper³⁾ noch Laubmoossporen, welche 50 Jahre lang trocken gelegen hatten; und nach Schröder (l. c.) sind sogar die vegetativen Formen der Laubmoose mehrere Jahre lang austrocknungsfähig und ihr zartes Protonema verträgt monatelange Luft- und Schwefelsäuretrockenheit, wenn es langsam eingetrocknet wird, wobei einzelne Zellen oder Zellreihen mit verdickter Membran in eine Art Dauerzustand übergehen sollen. Darnach dürften wahrscheinlich auch die eben gekeimten Organe austrocknungsfähig sein.

a) Laubmoose.

Frische Sporen von *Barbula muralis*, *Bryum inclinatum* und *Physcomitrium pyriforme* wurden auf Gipsblöcke gesät und nach der unter „Methodik“ (C.) angegebenen Weise zum Keimen gebracht. Zwar keimten die Sporen sehr unregelmäßig, doch konnte durch Herstellung je dreier Aussaaten von jeder Spezies und verschieden lange Keimzeit erreicht werden, dafs die Blöcke von einem der drei Stadien die Mehrzahl trugen. *Barbula* keimte in diesen drei Stadien gewöhnlich nur an einer Stelle der Spore und zwar mit einem relativ breiten chlorophyllreichen Keimfaden. In Stad. I hatte sich nach der Teilung der stark gequollenen Spore die kleinere Hälfte keilförmig zu verlängern begonnen. In Stad. II war diese Verlängerung zu einem Protonemafaden von zwei Zellen ausgewachsen und in Stad. III zu einem solchen von 3—5 und mehr Zellen, wobei nicht selten ein zweiter chlorophyllhaltiger Protonemafaden auf der entgegengesetzten Seite der Sporenzelle hervorzuwachsen begann. Alle Zellen besafsen zahlreiche, grofse Chlorophyllkörner. — *Bryum* keimte ähnlich wie *Barbula*, doch war sein Protonemafaden im Vergleich zur Spore

1) Vgl. Schröder, l. c. pag. 15; de Bary, Pilze 1884 pag. 372; Flügg e Mikroorganismen III. Aufl., 1896, Bd. I pag. 437.

2) Siehe pag. 259.

3) Rech. anatom. et morphol. sur les mousses 1848 pag. 22.

dünnere und im dritten Stadium nur in den jungen Spitzenzellen stark chlorophyllhaltig, während die basalen Zellen kein oder nur wenig Chlorophyll ausgebildet und Rhizoidcharakter angenommen hatten. Gleichzeitig sproßte dann im dritten Stadium der zweite chlorophyllhaltige Keimfaden auf der entgegengesetzten Sporensseite hervor. — Der erste Keimschlauch von *Physcomitrium* war rein rhizoidartig, sehr dünn, chlorophyllfrei und hatte im zweiten Stadium die ca. 5fache, im dritten Stadium 8—10fache Länge des Sporendurchmessers. In Stad. I und II war nur eine seitliche grüne Anschwellung an der dem Rhizoidschlauch gegenüberliegenden Stelle der Spore zu sehen; zu einem deutlichen chlorophyllhaltigen Faden wuchs sie erst im dritten und späteren Stadium heran.

Die so ausgekeimten Sporen wurden nun mitsamt den Gipsblöcken drei Monate an der Luft und eine gleich vorbereitete Aussaat im Exsiccator getrocknet. Bei allen drei Spezies wuchs dann nach der Wiederbefeuchtung ungefähr die Hälfte von den luftgetrockneten gekeimten Sporen in allen drei Stadien weiter, von den schwefelsäuregetrockneten weniger als die Hälfte; die übrigen waren zugrunde gegangen. Von den lebensfähigen Keimlingen blieb aber nicht das ganze Protonema resistent, sondern meistens nur ein Teil davon. Bei *Barbula*, wo alle Zellen viel Chlorophyll besaßen, wuchsen bald die Spitzen-, bald die Basalzellen der ersten Keimachse, bald bloß die primäre Sporenzelle oder die Zelle der zweiten Keimachse, bald eine einzige, von lauter toten umgebene, Zelle im Protonema weiter. Kurz, ganz beliebige Zellen begannen ihre Wachstumstätigkeit von neuem und zwar die Sporen- und die Spitzenzellen in der Richtung der alten Keimachsen, die beiderseits eingeschlossenen Zellen aber oft mit seitlichen Auswüchsen. Hie und da war auch einmal der ganze Vorkeim lebendig geblieben, besonders in den jungen Stadien, wo er noch nicht vielzellig differenziert war und zumeist die Sporenzelle resistent blieb. — Bei *Bryum* hatten vorwiegend die chlorophyllreichen Spitzen- und primären Sporenzellen ihre Lebensfähigkeit bewahrt, doch wurden auch unter den chlorophyllarmen mittleren Zellen einige entdeckt, welche zwischen toten lebendig geblieben waren und sich bald mit neu erzeugten Chlorophyllkörnern anfüllten. Bei *Physcomitrium* war der Rhizoidschlauch regelmäßig abgestorben, soweit er hervorgewachsen war, während die Spore selber und der chlorophyllhaltige Faden des dritten Stadiums der Austrocknung meist Widerstand geleistet hatten. Im ersten und zweiten Stadium wurde der Keimschlauch sehr bald erneuert und zwar entweder in der alten

Richtung oder seitlich abzweigend, jedoch stets an der ursprünglichen Durchbruchstelle, im dritten Stadium aber erst, nachdem der grüne Faden einen gewissen Vorsprung erreicht hatte. Überhaupt verhielt sich *Physcomitrium* in dieser Beziehung ganz ähnlich wie ein Samenkeimling, dessen Wurzeln durch Austrocknung stets absterben und dessen Plumula unter diesen Umständen eine zeitlang schneller wächst als die neu zu produzierenden Adventivwurzeln.

Durch das Austrocknen waren die gekeimten Sporen total zusammengeschrumpft, aber meist ohne Abhebung des Protoplasten von der Zellwand.¹⁾ Nur selten war das Plasma von der Zellwand abgehoben und zwar in chlorophyllarmen Zellen, wo sich das Chlorophyll an beiden Querwänden angehäuft hatte. Die Keimfäden waren platt gedrückt und wie ein schmales, dünnes Band wellig zusammengeknickt. Nach dem Befeuchten wurden nur die lebendig gebliebenen Zellen völlig turgescient, so daß sie von den toten meist leicht zu unterscheiden waren. — Trotz der totalen Schrumpfung und der gänzlichen Wasserentziehung, die bei den exsiccator-trockenen Zellen unzweifelhaft bis zum äußersten gediehen war, sind also eine große Anzahl von gekeimten Sporen lebendig geblieben. Diese Tatsache beweist, ebenso wie die Resistenz ganzer Laubmoospflanzen, noch viel mehr die schon oben aufgestellte Behauptung, daß die Austrocknungsfähigkeit der Zellen nicht unbedingt von der Speicherung plastischer Reservestoffe abhängig ist. Der Grad der Austrocknung hat sich auch hier durch intensivere Schädigung bemerkbar gemacht, wenn auch nicht so auffällig, wie bei den Samenkeimlingen. Überhaupt ist die Resistenz gekeimter Laubmoosporen größer als die gekeimter Samen, was auch mit der Tatsache harmoniert, daß sogar die entwickelten Pflanzen der Laubmoose monatelang austrocknungsfähig sind. *Bryum*keimlinge, welche nach der ersten dreimonatigen Trocknung weitergewachsen und zum zweitenmal an der Luft getrocknet worden waren, vegetierten beim Wiederbefeuchten nach fünf Monaten in nicht unbeträchtlicher Anzahl mit gleicher Reproduktionstätigkeit wie das erstemal weiter, und sicherlich hätten *Barbula* und *Physcomitrium* bei wiederholter Austrocknung dieselbe Resistenz bewahrt. Aber die Bildung einer Art Dauerzelle, wie sie Schröder nach langsamer Eintrocknung beobachtet hat und die übrigens nach Heald²⁾ ohne Austrocknung auch auf feuchtem Substrat entstehen soll, konnte

1) Die Objekte wurden teils in Öl, teils in konzentriertem Glycerin betrachtet.

2) Gametophytic Regeneration as exhibited by mosses, and conditions for the Germination of Cryptogam spores. Dissert., Leipzig 1897, pag. 59.

ich bei meinen Objekten nicht konstatieren. Vielmehr unterschieden sich in meinen Versuchen die lebendig gebliebenen Protonemazellen durch nichts von den normalen, frischen. Folglich ist die Austrocknungsfähigkeit des zarten Protonemas nicht an eine Bildung distinkter, sporenähnlicher Zellen gebunden.

b) Lebermoose.

Die Versuche an Lebermoosporen ergaben negative Resultate, indem sämtliche Sporen von *Marchantia polymorpha* und *Anthoceros laevis* in allen Keimstadien durch eine dreimonatige Austrocknung an der Luft oder über H_2SO_4 abstarben. Die bei der ersten Befeuchtung blofs gequollenen Sporen von *Marchantia* waren zwar sowohl nach der Luft- wie nach der Schwefelsäuretrokkenheit zumeist keimfähig geblieben, doch kommt diese Tatsache hier weniger in Betracht und mag nur erwähnt sein, um sie der Schröder'schen Angabe, dafs ungekeimte Lebermoosporen nicht sehr resistent sind und ein „gründliches“ Austrocknen überhaupt nicht vertragen, gegenüberzustellen. Die gekeimten Sporen, die je nach der Intensität des Lichtes¹⁾ teils blofs zu einem Keimschlauch, teils zu einer Scheibe von 2—6 Zellen ausgewachsen waren und im Vergleich zu den Protonemazellen der Laubmoose wenig Chlorophyll enthielten, waren nach der Austrocknung sämtlich tot. Somit erstreckt sich die bisher konstatierte gröfsere Empfindlichkeit der vegetativen Lebermoose gegen Austrocknung, speziell den Laubmoosen gegenüber, auch auf ihre eben ausgekeimten Sporen, was eigentlich nicht zu verwundern ist, da die Lebensweise der Lebermoose für gewöhnlich einen feuchteren Standort erfordert als die der Laubmoose.

c) Farne.

Da die Farnprothallien das Austrocknen nicht vertragen (Schröder, l. c. pag. 13), so stand zu erwarten, dafs auch die gekeimten Farnsporen gegen Austrocknung nicht sehr resistent sein würden, wenn auch die ungekeimten im ausgetrockneten Zustand in der Regel lange keimfähig bleiben. Eine Ausnahme machen z. B. die Sporen mancher Osmundaceen und Hymenophyllaceen²⁾, die ihre Keimfähigkeit bald verlieren.

Frische, gekeimte Sporen von *Aspidium angulare*, *A. filix mas*, *A. falcatum*, *Asplenium lucidum* und *Ceratopteris thalictroides* waren

1) Leitgeb, „Die Keimung der Lebermoosporen in ihrer Beziehung zum Licht.“ Sitzgsber. d. K. Akad. d. Wiss. Wien 1876, Bd. 74 pag. 429.

2) Sadebeck in Schenks Handb. d. Bot. 1879, Bd. I pag. 156.

nach 2¹/₂monatiger Austrocknung an der Luft und über H₂SO₄ alle tot, während die blofs gequollen gewesenen Sporen von *Aspid. fil. mas.* und *Aspid. angulare* dieser intensiven Austrocknung zum grössten Teil widerstanden hatten und, ohne Schaden gelitten zu haben, bei Befeuchtung normal keimten. — *Ceratopteris* hatte zuerst blofs einen Rhizoidschlauch ausgetrieben, der im zweiten Stadium 3—4mal so lang war als die Spore. Erst im dritten Stadium waren die ersten Prothalliumzellen hervorgesprosst. Bei den Sporen der übrigen Spezies hatte dagegen die Bildung eines Prothalliums sofort begonnen. Im ersten Stadium waren zwei Prothalliumzellen vorhanden, von denen stets die basale (primäre) seitlich ein Rhizoid ausgesandt hatte.¹⁾ Im zweiten und dritten Stadium waren die Prothalliumzellen zu einem 3—5zelligen, wulstigen, unregelmässig gewundenen Schlauch herangewachsen, der bei gleicher Breite der gequollenen Spore die ca. 3—6fache Länge besafs, während das schmale Rhizoid sehr klein geblieben war, höchstens doppelt so lang als die Spore. Die gewöhnliche Gestaltung der Prothalliumzellen war also, wahrscheinlich infolge mässigen Tageslichtes²⁾, unterblieben.

Durch das Trocknen waren die Zellen ohne Abhebung des Protoplasten von der Zellmembran total zusammengeschrumpft, wobei sich die verblassten Chlorophyllkörner zu gröfseren Haufen an den beiden Querwänden der Zellen angehäuft hatten. Nach dem Befeuchten wurden die Zellen nicht wieder turgescens und liefsen sich nicht mehr plasmolysieren, waren also tot. Ihre Resistenz gegen Austrocknung ist somit ebenso gering, wie die der ausgewachsenen Prothallien. Das dürfte wohl auch darauf zurückzuführen sein, dafs die Farnprothallien einen stets feuchten Boden gewohnt sind.

Dieser zweite Teil unserer Untersuchungen läfst erkennen, dafs ebenso wie den Dauer- und Vegetativzuständen unserer Farne und Moose, auch den eben gekeimten Sporen derselben in Anpassung an ihre Lebensweise eine verschiedene Austrocknungsfähigkeit eigen ist, welche durch eine spezifische Eigenschaft des Plasmas bedingt sein mufs.

III. Versuche mit Pilzsporen.

Im folgenden wollen wir uns nun der Austrocknungsfähigkeit gekeimter Pilzsporen zuwenden. Zur Untersuchung gelangten die

1) Vgl. auch Heald, l. c. pag. 63.

2) Vgl. Kny, „Beitr. z. Entwicklungsgesch. d. Farnkräuter.“ Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. 8, 1877, pag. 13.

frischen Sporen der gewöhnlichsten Schimmelpilze *Aspergillus niger* Van Tieghem, *Penicillium glaucum* Linck, *Botrytis cinerea* und *Mucor stolonifer*. Ihre ungewöhnliche Resistenz gegen extreme Einflüsse im ungekeimten Zustande ist ja zur Genüge festgestellt¹⁾ und Gegenstand so zahlreicher Versuche gewesen, daß wir uns nicht mit dieser Frage beschäftigen und nur dem Thema gemäß die Frage nach der Resistenz der eben gekeimten Sporen berücksichtigen wollen. Nach den meisten bisherigen Angaben²⁾ sind die Keimfäden der Pilzsporen sehr empfindlich und gehen schon nach kurzer Austrocknung zugrunde. Dagegen erwähnt Duggar (l. c. pag. 65), daß auf Nährlösung ausgekeimte *Aspergillus*sporen nach acht Stunden oder „wann alle ausgekeimt waren“ abfiltriert und auf dem Filter getrocknet, nach 65 Tagen noch zirka zur Hälfte an Zahl lebendig waren. Wenn man aber bedenkt, wie leicht man eine ungekeimte Spore übersehen kann, selbst wenn man die einzelnen jungen Mycele in zählbarer Menge im Hängetropfen unter dem Mikroskop betrachtet, so bietet die Methode von Duggar keine absolute Sicherheit vor Täuschungen, denn es können zahlreiche, vor dem Trocknen nicht ausgekeimte Sporen mit auf das Filter gekommen sein. Die Austrocknungsfähigkeit gekeimter Pilzsporen in einem Kulturmedium war also noch näher zu untersuchen. Ohne Substrat sind die vegetativen Fäden oben genannter Pilze auf jeden Fall nicht austrocknungsfähig (vgl. pag. 259). Wie werden sich aber die gekeimten Sporen derselben mit einem Nährsubstrat, beispielsweise Zuckerlösung, eingetrocknet verhalten?

1. Austrocknung in verdünnten und konzentrierten Lösungen von Rohrzucker.

Zunächst wurden gekeimte Sporen von *Aspergillus*, *Botrytis* und *Penicillium*³⁾ in Nährlösung von 1—10% Rohrzuckergehalt direkt im Hängetropfen eingetrocknet bei einer Temperatur von durchschnittlich 20° C. Nach $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{2}$ Stunde waren die Tropfen gewöhnlich schon zu einer zähen Masse eingetrocknet und nach 24 Stunden zu einer harten, ziemlich trockenen Masse geworden. — Die Zusammensetzung

1) Siehe Nägeli, De Bary, Schröder, Lode, Flügge, Kurzwelly, Wehmer, Pfeffer, l. c. l. c.

2) Siehe pag. 259.

3) Zu sämtlichen Versuchen diente frisches Sporenmateriale, das von Kulturen auf 10proz. Rohrzuckerlösung stammte.

der Nährlösungen war folgende: Aufser 1 resp. 2, 4, 6, 8, 10 % Rohrzucker	
	MgSO ₄ + 7H ₂ O 0,25
	KH ₂ PO ₄ 0,5
	Pepton 2,0
	H ₂ O ad 200,0

Fast in jedem Tropfen waren die verschiedensten Keimstadien enthalten: Sporen mit eben hervorgetretenem Keimschlauch und solche mit 2—10- und noch mehrzelligem Mycel. Nach 24stündiger Austrocknung an der Luft wurden die Kulturen wieder befeuchtet,¹⁾ teils direkt mit einem Tropfen Wasser oder 5—10prozentiger Nährlösung (schnelle Wasserzufuhr), teils indirekt, indem sie über eine feuchte Kammer gelegt wurden, in welcher der Zucker von selbst langsam Wasser anzog. In keinem Falle entwickelte sich irgend ein Mycel der zahlreich angesetzten Kulturen von *Aspergillus*, *Penicillium* und *Botrytis*. *Aspergillus*sporen, welche auf Leitungswasser ausgekeimt und dann getrocknet waren, wuchsen nach Befeuchtung mit Zuckerlösung erklärlicherweise ebenfalls nicht weiter. Es entstand daher die Frage: Wie verhalten sich die Sporen gegen Austrocknung, wenn sie in noch höher konzentrierter Nährlösung gekeimt sind? Da die meisten Schimmelpilze noch auf 50proz. Zuckerlösung wachsen,²⁾ wurde als Kulturmedium obige Nährlösung so modifiziert, daß sie 50 % Rohrzucker enthielt. Ferner wurden 40-, 30-, 20prozentige Lösungen aus der 50prozentigen durch entsprechende Verdünnung hergestellt. Nach dem Eintrocknen der jungen Mycelien in diesen konzentrierten Nährtropfen und vorsichtiger Wiederbefeuchtung derselben ergab sich nun die beachtenswerte Tatsache, daß die meisten Mycelien noch lebendig und wachstumsfähig waren. Freilich waren fast in jedem mehrgliedrigen Mycel einige Zellen abgestorben — an manchen war sogar nur eine einzige

1) Selbstverständlich wurde stets steril gearbeitet und zu allen Tropfenkulturen ein und dieselbe Platinöse benutzt, um bei Wiederbefeuchtung die Konzentrationen der Tropfen ungefähr abschätzen zu können.

2) Nach Eschenhagen (Über den Einfluß von Lösungen verschiedener Konzentration auf das Wachstum von Schimmelpilzen, 1889, pag. 35) liegt das Maximum der Zuckerkonzentration:

	für <i>Aspergillus</i> bei 53 %
„ <i>Penicilium</i> „	55 %
„ <i>Botrytis</i> „	51 %

Vgl. ferner Pantanelli, „Zur Kenntnis der Turgorregulation bei Schimmelpilzen“. Jahrb. f. w. Bot. 1904 Bd. 40 pag. 357. Nach Klebs (Beding. d. Fortpfl. etc. 1896 pag. 461) wuchsen andere Pilze, z. B. *Eurotium repens*, in bedeutend höheren Zuckerkonzentrationen.

Zelle resistent geblieben —, aber die, welche einmal entwicklungs-fähig geblieben waren, traten ein neues reproduktives Wachstum an, indem sie in wenigen Stunden zunächst auf das 2—3fache des ursprünglichen Querdurchmessers anschwollen (infolge des anfänglichen osmotischen Überdrucks im Innern der Zelle), und dann nach beliebigen Richtungen hin ihre Seitenäste von normalem Durchmesser aussandten.¹⁾ Selbst im ersten Auskeimungsstadium befindliche Sporen, die noch keinen septierten Keimfaden besaßen, konnten weiterwachsen, jedoch fiel es auf, daß von den jüngeren Stadien bedeutend weniger resistent blieben als von den älteren, daß also die Pilzmycelien sich in ihrer Resistenz gegen Austrocknung hinsichtlich des Keimstadiums gerade umgekehrt verhielten wie die Samen. Je größer die Anzahl der Zellen und je weiter das Stadium der Keimung vorgerückt war, desto mehr Mycelien hielten der Austrocknung stand, ohne daß bestimmte Zellen, etwa die Spitzenzellen oder die primären Sporenzellen, besonders bevorzugt erschienen; ganz beliebige Zellen wuchsen weiter, bald eine oder mehrere Zellen aus der Mitte, bald vom apikalen, bald vom basalen Teil der Hyphen. Seltener blieb das ganze Mycel lebendig. Falls eine einzige Zelle inmitten von abgestorbenen resistent geblieben war, was nicht selten eintrat, so konnte sie ein vollständiges, normales, conidientragendes Mycel reproduzieren.²⁾

Vor der Austrocknung zeichneten sich die jungen Spitzenzellen durch homogenes Plasma aus, während die älteren Zellen Vakuolen bildeten, die mit dem höheren Alter der Zellen an Zahl und Größe immer mehr zunahmten, wie das schon von Esch en h a g e n (l. c. pag. 8) beschrieben worden ist. Das Wachstum der Pilze ging etwas langsamer vonstatten als in den niedrigeren Konzentrationen, die Länge der Zellen nahm durch häufigere Querteilung ab³⁾ und die Dicke der Zellmembranen zu. Doch war der Unterschied gegenüber den auf verdünnterer Lösung gewachsenen Pilzen — wenigstens in den Sta-

1) Vgl. das Verhalten normaler Pilze, bei welchem gleich nach der Verdünnung der Aufsenflüssigkeit eine Wachstumshemmung eintritt, die aber nur transitorisch ist. Späterhin, wenn die Pilze dem verdünnten Medium akkomodiert sind, beginnt ein normales Wachstum. Pfeffer, *Physiol.* II. Aufl. B. II pag. 138; Pantanelli, l. c. pag. 360.

2) Daß bei manchen frischen Schimmelpilzen jede Zelle des Mycels nach dem Abtrennen das Ganze zu reproduzieren vermag, ist bereits durch Klebs bekannt: *Jahrb. f. w. Bot.* 1900 Bd. 35 pag. 180; und nach Van Tieghem (*Ann. d. sc. nat.* 1875 S. VI T. 1 pag. 19) sind sogar kleine isolierte Plasmastücke von *Mucor*, wenn sie einen Kern enthalten, zur Totalregeneration fähig.

3) Vgl. Klebs, l. c. pag. 515; Pantanelli, l. c. pag. 360.

dien, die für unsere Zwecke in Betracht kommen — nicht so frappant, um besonders berücksichtigt zu werden. Die Zellen waren zwar um ein geringes Volumen eingeengt, aber eine völlige Verschrumpfung, wie man wohl erwarten könnte, war nicht eingetreten. Ihre Zellmembran war ganz straff geblieben und das Plasma nur stellenweise von den Längswandungen losgelöst. Die Einbuchtungen desselben hatte der nachgedrungene Zucker ausgefüllt. Also keine regelrechte Plasmolyse war eingetreten, sondern ein stückweises Abheben des Protoplasten von der longitudinalen Zellmembran.¹⁾ Nach der Befeuchtung rückte das Plasma binnen wenigen Minuten wieder vollständig an die Zellwand heran, so daß das ganze Mycel turgescent und lebendig erschien. Nach mehreren Stunden begann aber das Plasma in vielen Zellen wieder zurückzutreten von den Wandungen und zwar zuerst von den Querwänden, später auch von den Längswänden, um nach 1—2 Tagen unter körnigem Zerfall seinen Tod erkennen zu lassen. Die resistenten Zellen aber entwickelten sich in der oben angegebenen Weise.

Die Befeuchtung der eingetrockneten Zuckermasse geschah bei diesen Versuchen vergleichshalber ebenfalls teils direkt mit Wasser, teils mit 10—50prozentig. Zuckerlösung, teils durch bloßes Legen über eine feuchte Kammer (Papprahmen oder Glaskammer). Übrigens ging die Wasseranziehung des Zuckers über einer feuchten Kammer doch noch so schnell vor sich, daß von einer wirklich langsamen Verminderung der Konzentration nicht die Rede sein konnte und die Gefahr des Absterbens durch schnellen Konzentrationswechsel der Nährflüssigkeit²⁾ bestehen blieb. Es trat auch kein Unterschied in der Wirkung dieser verschiedenartigen Befeuchtung auf. Nach der Befeuchtung mit 30prozentig. Zuckerlösung erholten sich nicht mehr Mycelien wie nach der mit Wasser. Jedoch durfte die Verdünnung augenscheinlich nicht unter 10 % sinken, denn in den Tropfen, welche über einem sehr feuchten Papprahmen so viel Wasser angezogen hatten, daß sie das 2—3fache ihres ursprünglichen Volumens ausmachten, waren die Zellen fast durchweg zur Weiterentwicklung unfähig. Zur Wiederbenetzung durften also nur mäßig feuchte Papprahmen dienen, falls nicht Glaskammern mit Lösungen geeigneter Konzentration benutzt wurden.

Was nun die Austrocknungsfähigkeit selber betrifft, so ist sie bei unseren Pilzen nicht gleich, denn die *Aspergillus*-Fäden ließen

1) Eine ähnliche Loslösung des Plasmas wurde in gewissen Fällen auch von Pantanelli an Mycelzellen von *Aspergill. flavus* beobachtet (l. c. pag. 342).

2) Siehe Pfeffer, *Physiol.* II. Aufl. II, 138.

sich, ohne ihre Lebensfähigkeit zu verlieren, nur in 30—50proz. Zuckerlösung eintrocknen, während die von *Penicillium* und *Botrytis* dies bereits in 20proz. zuließen. Aber bei allen drei Arten war nach 25 Tagen noch keine Abnahme der Resistenz zu bemerken. Selbst nach $2\frac{1}{2}$ Monaten waren von *Botrytis* und *Penicillium* (auf 20proz. Lösung ausgekeimt) noch Zellen lebendig geblieben, und von *Aspergillus*-Mycelien, in 50proz. Lösung an der Luft eingetrocknet, waren nach drei Monaten fast alle noch lebensfähig und wuchsen nach der Befeuchtung (mit 20prozentig. Zuckerlösung) mit derselben Energie weiter wie die, welche bloß 24 Stunden eingetrocknet waren. Allerdings wurde der Zucker an der Luft nicht völlig trocken und behielt die Konsistenz einer harten, klebrigen Bonbonsmasse, also ca. 5 % Wasser. Aber über H_2SO_4 getrocknete Kulturen blieben ebenfalls resistent, und zwar bis zu einer Dauer von 25 Tagen ohne Nachteil gegenüber den lufttrockenen, obgleich hier die Wasserentziehung viel stärker war. Erst später trat ein deutlicher Unterschied zwischen den luft- und schwefelsäuregetrockenen Kulturen hervor. Nach drei und vier Monaten hatten nämlich unter allen auf 20—50proz. Zuckerlösung gekeimten Sporen nur noch wenige von den auf 50proz. Zucker gewachsenen *Aspergillus*hyphen ihre Lebensfähigkeit bewahrt. Von den übrigen wurde zwar ein Teil nach der Befeuchtung scheinbar turgescent, aber die meisten Zellen zeigten sofort durch ihr zerrissenes und körniges Plasma an, daß sie tot waren. Ganz harte, glasige, an der Oberfläche rissige Zuckermassen zeugten von der intensiveren Austrocknung im Exsiccator. Daß die Pilze hierdurch mehr in Mitleidenschaft gezogen wurden, wie durch Eintrocknung an der Luft, läßt sich denken, nachdem bereits aus den früheren Versuchen hervorgegangen ist, daß Schwefelsäuregetrockenheit schädlicher wirkt als Lufttrockenheit.

2. Können Pilze verdünnter Nährlösung durch Akkommodation an konzentrierte austrocknungsfähig werden?

Die auffallende Tatsache, daß nur die auf konzentrierteren Zuckerlösungen gekeimten Pilze austrocknungsfähig waren, führte zu der neuen Frage, ob sich Pilzkeimlinge, die auf verdünnter Zuckerlösung gewachsen sind, derartig an konzentriertere anpassen, daß sie sich ohne abzusterben eintrocknen lassen, wie wenn sie direkt auf konzentrierter Lösung gewachsen wären. Wir wissen, daß sich namentlich die Zellen niederer Organismen einer allmählichen Verdünnung oder Konzentrierung der Nährflüssigkeit ohne Nachteil akkomodieren und daß speziell die Schimmelpilze sogar eine plötzliche

Konzentrationsänderung um den osmotischen Wert einer 4proz. NaCl-Lösung, allerdings unter vorübergehender Wachstumsstörung, vertragen.¹⁾ Es handelte sich nun bei unseren Versuchen zunächst darum, die allmähliche Steigerung der Konzentration so zu leiten, daß die einzelnen Tropfen nicht zu schnell eintrockneten, andererseits aber auch nicht zu langsam, damit die relativ sehr schnell wachsenden Mycelfäden nicht zu groß wurden, um sie bei späteren Beobachtungen mit Hilfe von Skizzen unterscheiden zu können. Nach einigen misslungenen Versuchen wurde diese Aufgabe auf folgende Weise zu lösen gesucht. Nachdem die Auskeimung auf gewöhnliche Weise eingeleitet war, wurden morgens die Deckgläschen mit dem Nährtropfen nach unten auf einen trockenen Papprahmen gelegt und mehrere Stunden bis ca. $\frac{1}{2}$ Tag unter einer Glocke bei Zimmertrockenheit stehen gelassen, bis die Konzentration der Tropfen ungefähr 40—50proz. zu sein schien.²⁾ Dann wurden die Präparate ca. 2 Stunden in einen wasserdampfgesättigten Raum gebracht, innerhalb welcher Zeit sie sich vermutlich der höheren Konzentration angepaßt hatten, während die Konzentration selber in dieser Zeit nicht steigen, höchstens ein wenig fallen konnte. Darauf wurden sie wieder einige Stunden in einen nichtdampfgesättigten Raum gestellt (bis zirka abends), wo die Tropfen die Konzentration von ungefähr 80% annahmen und das Wachstum der Pilze bestimmt sistierte, so daß die Kulturen jetzt vor dem Weiterwachstum gesichert, aber, ohne einzutrocknen, die Nacht über wieder in einem feuchten Raum aufbewahrt werden konnten. Am anderen Morgen wurden dann die Deckgläschen zur völligen Eintrocknung des Zuckers auf die übliche Manier in Petrischalen aufbewahrt. Auf diese Weise blieben tatsächlich Pilze, welche ursprünglich auf 10- und 5proz. Zuckerlösung ausgekeimt waren, gegen Austrocknung resistent. Ihr Aussehen vor und nach der Wiederbefeuchtung war natürlich das gleiche wie bei den direkt in hoher

1) Siehe Pfeffer, *Physiol.* II. Aufl. Bd. II pag. 330. Nach Eschenhagen (l. c. pag. 35) starben Pilze, welche aus 1proz. in 40proz. Zuckerlösung übertragen wurden, ab, aus 10proz. in 40proz. nicht. — Pantanelli (l. c. pag. 329) führte in Nährlösungen von ca. 3,6 isosmot. Einheiten Konzentrationssteigerungen bis zu 10 „is.“ aus. (Unter 1 is. versteht P. in Anlehnung an Pfeffer den osm. Wert einer $\frac{n}{10}$ KNO₃-Lösung.) Verdünnung der Aufsenlösung durfte ohne starke Schädigung der Pilze gewöhnlich nicht um mehr als 5 is. stattfinden.

2) Wenn man die Konsistenz einer 60proz. Zuckerlösung und des 80proz. sog. Zuckersirups kennt, so kann man die Konzentration der Nährtropfen annähernd nach deren Beweglichkeit auf schief gehaltenem Deckgläschen abschätzen.

Konzentration eingetrockneten Pilzen. Mit *Aspergillus* gelang dieses Experiment nicht, wohl aber mit *Penicillium* und *Botrytis*. Von beiden waren Keimfäden, welche ursprünglich auf 10proz. Zuckerlösung gewachsen waren, nach 2 $\frac{1}{2}$ monatiger Austrocknung an der Luft noch lebendig geblieben, von *Botrytis* auch solche von 5proz. Lösung. Dafs diesbezügliche Versuche mit Lösungen noch niedrigerer Konzentration scheiterten, ebenso die Versuche mit *Aspergillus*, lag sicher nur an der Methodik und Schwierigkeit, die Zuckertropfen nicht zu schnell, aber auch nicht zu langsam konzentrierter zu machen. Denn es sind auch von den Versuchen an *Botrytis* und *Penicillium* mit 10proz. Zuckerlösung viele Mislungen. Es hängt also bei dieser Methode davon ab, es gerade so zu treffen, dafs die erste Konzentrationssteigerung des Tropfens bis zu 30—50 % richtig, d. h. ohne Nachteil der Pilze realisiert wird. Ohne Zweifel aber steht es fest, dafs die Pilze aus verdünnten Lösungen durch Akkomodation an höher konzentrierte Zuckerlösungen ebenso austrocknungsfähig werden, wie die direkt auf konzentrierter Lösung gewachsenen.

3. Austrocknung von *Mucor stolonifer*.

Da bisher nur Pilze mit septiertem Mycel berücksichtigt worden sind, war es wünschenswert, das Verhalten von Pilzen mit unseptiertem Mycel gegen Austrocknung kennen zu lernen und zwar wurde als Vertreter dieser Gattung *Mucor stolonifer* gewählt. In konzentrierter Zuckerlösung gewachsen zeigte *Mucor* zahlreiche, sehr grofse Vakuolen und verhältnismäfsig wenig Cytoplasma in den Hyphen. Nach dem Eintrocknen waren seine Hyphen bandartig breitgedrückt, wellig zusammengezogen und an den Seiten umgeknickt. Das Plasma war stellenweise gar nicht abgehoben, zum grofsen Teil aber vollständig geschrumpft und in Teilstücke zerfallen. Sofort nach dem Befeuchten nahmen die Hyphen unter Streckung ihr ursprüngliches Volumen wieder an, aber der Zerfall des Plasmas zeigte, dafs sie tot waren. Auf 30-, 40- und 50proz. Rohrzuckerlösung ausgekeimter *Mucor stolonifer* ging schon nach 24stündiger Austrocknung zugrunde, obwohl die Wiederbefeuchtung möglichst günstig geleitet wurde. Hiernach könnte man annehmen, dafs einzellige Pilzmycelien nicht austrocknungsfähig seien. Da sich aber nach den früheren Versuchen z. B. angekeimte Sporen von *Aspergillus* sehr wohl austrocknen lassen, wenn sie noch ungegliedert sind, so kann bei *Mucor* der Mangel an Resistenzfähigkeit nicht in der Einzelligkeit zu suchen sein. Vielmehr wird es eine spezifische Eigenschaft gewisser Pilze sein, sich mit

Zuckerlösung austrocknen zu lassen, welche Eigenschaft speziell dem *Mucor stolonifer* abgeht. Schon die Art und Weise der Schrumpfung weicht von derjenigen der vorigen Pilze ganz ab, woraus sich schliessen läßt, daß *Mucor* nicht so wie *Penicillium*, *Aspergillus* und *Botrytis*, befähigt ist, der eintrocknenden Zuckermasse genügenden Widerstand entgegenzusetzen. Übrigens sind die Versuche mit diesem einzigen Vertreter von Pilzen, welche ein unseptiertes Mycel haben, nicht beweisend genug, um in dieser Frage ein abschließendes Urteil zuzulassen. Entwickelte sich doch nach Wehmer (l. c. pag. 478) eine Mycelflocke von *Mucor hiemalis*, welche während $2\frac{1}{2}$ Jahre in einer Zuckerlösung von $\frac{1}{2}$ Liter eingetrocknet war, in neuer Nährlösung weiter. Hier lagen die äußeren Bedingungen allerdings etwas anders. Das submerse Mycel wird in der reichlichen Nährlösung nur sehr langsam, vielleicht gar nicht einmal perfekt eingetrocknet gewesen sein, so daß sie bei einer gewissen Konzentration zwar zum Wachstum unfähig geworden, wohl aber zur Bildung gemmenartiger Dauerzellen angeregt worden ist, wie sie bei *Mucorineen* auf konzentrierten Lösungen leicht entstehen¹⁾ und die gegen Austrocknung die gleiche Resistenz haben mögen, wie die Sporen und Conidien.

4. Verhalten in isotonischen Lösungen von

a) Glyzerin.

Fragen wir uns nun, wodurch die Austrocknungsfähigkeit der ersteren Pilze auf konzentrierter Zuckerlösung zu erklären ist, so liegt der Gedanke nahe, der Anhäufung osmotisch wirksamer Stoffe, wie sie nach Eschenhagens Untersuchungen²⁾ in den Zellen der auf hochkonzentrierten Nährlösungen gewachsenen Pilze statt hat, eine Rolle zuzuweisen. Welcher Art diese osmotisch wirkenden Stoffe sind, ist zwar noch nicht bekannt. Jedenfalls findet ihre Produktion statt als notwendige Folge der mit dem Wachstum Hand in Hand gehenden Turgorregulation; und nach vergleichenden Versuchen mit isosmotischen Glyzerin- und Salznährlösungen sind diese Stoffe wahrscheinlich immer gleicher oder ähnlicher chemischer Zusammensetzung und zwar sind sie durch Mayenburg³⁾ als „intermediäre Oxydationsprodukte von Kohlehydraten, sog. Penton- und Hexon-

1) Vgl. Klebs, l. c. pag. 513.

2) Vgl. ferner Stange, „Beziehungen zwischen Substratkonzentration, Turgor und Wachstum bei einigen phanerogamen Pflanzen.“ Bot. Ztg. 1892 p. 375, und Pantanelli, l. c.

3) „Lösungskonzentration und Turgorregulation bei den Schimmelpilzen.“ Jahrb. f. w. Bot. 1901, Bd. 36 pag. 381.

säuren“ wahrscheinlich gemacht worden. Sollten also diese osmotisch stark wirkenden Stoffe bei der Austrocknung eine wichtige Rolle spielen, so müßten sich solche Pilze, die auf isotonischen Glycerin- und Salznährlösungen ausgekeimt sind, gegen Wasserentziehung voraussichtlich ebenfalls resistent erweisen. Um diese Frage zu entscheiden, wurden daher Aspergillussporen zunächst auf Nährlösungen obiger Zusammensetzung zur Keimung gebracht, welche statt 30—50 % Zucker, 10, 20, 30 und 40 % Glycerin¹⁾ enthielten, Konzentrationen, die ungefähr gleichen resp. noch höheren osmotischen Wert besitzen als die benützten Rohrzuckerlösungen²⁾. Nach 24stündiger Eintrocknung war von Plasmolyse in den Keimfäden nichts zu bemerken. Die Zellen erschienen vollständig turgescens, wuchsen aber nach langsamer sowohl wie schneller Wasserzufuhr nicht weiter. Sie behielten ziemlich lange ein normales Aussehen, ließen sich aber mit konzentrierter KNO_3 -Lösung nicht plasmolysieren, waren also tot. Erst nach mehreren Tagen begann das Plasma körnig zu zerfallen und von den Zellmembranen mehr oder weniger zurückzutreten. Sämtliche Versuchsreihen mit Glycerin ergaben das gleiche negative Resultat. Das mußte unsomehr in Erstaunen versetzen, als das Glycerin, als sonst guter Pilznährboden, vor dem Zucker den Vorzug hat, beim Eintrocknen nicht fest zu werden. Die Vermutung, daß etwa verunreinigtes Glycerin vorgelegen haben könnte³⁾, welches den Pilzen geschadet hätte, bestätigte sich nicht. Das Glycerin erwies sich nach einer Prüfung als sehr rein. Zudem ergaben Versuche mit Glycerin „Merck“ und solchem, welchem noch 1 ‰ Rohrzucker zugesetzt worden war, die nämlichen Resultate. Daraus folgt, daß Glycerin offenbar eine gewisse Schädigung bewirkt hat.

b) KNO_3 .

Wie ist nun des weiteren die Wirkung isosmotischer Kaliumnitratlösungen? KNO_3 hat ziemlich genau einen fünfmal so großen osmotischen Wert wie Rohrzucker⁴⁾. Deshalb wurden zu den nächsten Versuchen Nährlösungen — wieder nach obigem Rezept — hergestellt, welche außer MgSO_4 , KH_2PO_4 und H_2O 5 resp. 7 und 10 %

1) Nach Eschenhagen liegt die Wachstumsgrenze für Aspergillus in Glycerin bei 43 ‰.

2) Siehe Pfeffer, *Physiol.* II. Aufl. Bd. I pag. 128.

3) Benützt wurde ein fast wasserfreies Präparat von höchstens 2 ‰ H_2O -Gehalt.

4) Siehe Pfeffer, *Physiol.* II. Aufl. Bd. I, 128.

KNO_3 enthielten und nur eine Spur (1‰) Rohrzucker, um durch die Gegenwart dieser günstigsten Kohlenstoffquelle ein schnelleres Wachstum zu erzielen. Aspergilluskeimfäden, welche auf solchen Nährtropfen gewachsen waren, waren nach 24stündiger Austrocknung von einer Kristallmasse umgeben, in welcher die Zellen ohne Plasmolyse zwar um ca. $\frac{1}{3}$ ihres Querdurchmessers eingeengt, aber nicht verzerrt oder verschrumpft lagen. Sobald die eingetrockneten Mycelien wieder über eine feuchte Kammer gelegt wurden, zogen sie binnen wenigen Minuten so viel Wasser an, daß sie ganz normales Aussehen annahmen, wuchsen aber nicht weiter, selbst nicht, wenn sie mit reiner 10—30proz. Rohrzuckerlösung befeuchtet wurden über einer Glaskammer, welche teils die ursprünglich benützte Salzkonzentration, teils 10—30proz. Zuckerlösung enthielt. Das Plasma begann bereits nach einem Tag körnig zu zerfallen. In sämtlichen Fällen waren bei dieser Art der Behandlung die Mycele zugrunde gegangen. Da das Plasma durch längere Einwirkung von KNO_3 bekanntlich stets affiziert wird, so liegt hier ohne Zweifel eine Abtötung der Zellen durch die hohe Konzentration des KNO_3 vor und zwar sind die Zellen sicher schon vor dem Wiederbefeuchten abgestorben gewesen.

Um die schädigende Wirkung des Kaliumnitrat abzuschwächen, wurden Versuche mit einer Nährlösung angestellt, welche gleiche Gewichtsmengen KNO_3 und Zucker enthielt, z. B. 5‰ $\text{KNO}_3 + 5\text{‰}$ Rohrzucker (= dem osmotischen Wert von 30‰ Rohrzucker). Aber der Erfolg war derselbe negative. Auch hier starben sämtliche Mycele ab. Die hohe Konzentration des KNO_3 führte somit selbst bei Präsenz des günstigsten Nährstoffes entschieden zum Tode.

5. Einfluß größerer Mengen anorganischer Salze neben Zucker.

Vielleicht könnte allein schon die Gegenwart größerer Mengen anorganischer Salze bei der Eintrocknung schädlich influieren? Um dies zu entscheiden, wurden wieder 30proz. Rohrzuckerlösungen von ursprünglicher Zusammensetzung hergestellt, in denen die beiden anorganischen Salze MgSO_4 und KH_2PO_4 in ihrem Verhältnis $0,25:0,5$ bis zu 1 resp. 5 und 10‰ angehäuft waren und dann die Versuche in der bisherigen Weise angestellt. Nach 24 Stunden waren sämtliche Mycele von Aspergillus, die in den 5 und 10‰ Salze enthaltenden Zuckerlösungen an der Luft eingetrocknet waren, tot, und von denjenigen der 1‰ Salze enthaltenden Lösung nur noch ganz wenige, einzelne Zellen lebendig und zum Weiterwachstum fähig ge-

blieben. Mithin ist erwiesen, daß schon allein die reichliche Anhäufung notwendiger anorganischer Salze bei dem Konzentrierterwerden des Nährmediums den gekeimten Sporen schadet. — Eintrocknet hatten die Zellen das gleiche Aussehen wie die in der normalen Zuckerlösung eingetrockneten und obgleich die meisten nach dem Befeuchten sehr schnell schwellten und normal aussahen, waren alle, mit Ausnahme der wenigen, die in 1 % Salze enthaltenden Tropfen eingetrocknet waren, tot, wie der baldige Zerfall des Plasmas zeigte.

Es ist bekannt, daß Kalisalpeter und gewisse andere Salze das Plasma direkt schädigen.¹⁾ Anscheinend trifft dies auch für Glycerin, falls es stark eingedickt wird, zu, obwohl es doch in ziemlich hohen Konzentrationen (ca. 50 %) den Pilzen nicht schadet, wenn hier nicht noch andere Momente mitsprechen, die mit dem Flüssigbleiben oder Eindringen des Glycerins zusammenhängen.²⁾ Ob aber die osmotisch wirkenden Stoffe beim Eintrocknen der Pilze eine bedeutende Rolle spielen, mußte infolge der schädlichen Einwirkung obiger Stoffe un-
aufgeklärt bleiben.

6. Austrocknung in verdünnten und konzentrierten Lösungen von Traubenzucker.

Es wurde nun zu konstatieren gesucht, ob etwa außer dem Rohrzucker noch andere Nährmedien, beispielsweise andere Zuckerarten, die Austrocknungsfähigkeit von Pilzen begünstigten. Gewählt wurde zu den weiteren Versuchen Traubenzucker und dieser nach unserer bekannten Formel in Lösungen zu 10, 20, 30 und 50 % verwendet. Wie zu erwarten stand, war der Erfolg derselbe wie beim Rohrzucker. In 10 und 20proz. Lösung ließen sich *Aspergillus*-mycelien ohne Absterben nicht eintrocknen, während sie in 30- und 50proz. resistent blieben. Hieraus ergibt sich übrigens, daß allein das Vorhandensein genügender osmotischer Stoffe nicht allein entscheidend für die Resistenzfähigkeit der Pilze ist. Denn da Traubenzucker ziemlich den doppelten osmotischen Wert hat wie Rohrzucker,

1) Vgl. Pfeffer, *Physiol.* II. Aufl. Bd. II pag. 336. — Pantanelli bringt die Schädigung des Plasmas (in chlorophyllhaltigen Zellen) durch anorgan. Salze, z. B. die einwertigen Salze der Alkalien (KNO_3 , NaNO_3 , KCl , NaCl etc.) — selbst in hypotonischer Lösung angewandt — in Zusammenhang mit der elektrolyt. Dissociation dieser Salze, indem ein Salz um so weniger schädlich einwirkt, je weniger es dissociiert ist. (*Jahrb. f. wiss. Bot.* 1903, Bd. 39 pag. 225, „Die Abhängigkeit der Sauerstoffabscheidung belichteter Pflanzen von äußeren Bedingungen.“)

2) Über das Eindringen des Glycerins in das Pilzplasma siehe Mayenburg, l. c. pag. 417.

so müßten sich z. B. Aspergilluskeimfäden bereits in 15 proz. Traubenzuckerlösung austrocknen lassen. Die Zahl der resistent gebliebenen Zellen war geringer als bei den Versuchen mit Rohrzucker und nach 14 Tagen war bereits keines der getrockneten Mycelien mehr ins Leben zurückzurufen. Schwefelsäuretrokkenheit vertrugen diese Keimfäden überhaupt nicht, woraus man schliessen könnte, daß Traubenzucker für die Eintrocknung von Pilzen ungeeigneter sei als Rohrzucker, um so auffallender, als in einem Gemisch von ca. $\frac{2}{3}$ Rohr- und $\frac{1}{3}$ Traubenzucker ganz besonders günstige Resultate erzielt wurden. Doch wäre es möglich, daß eine Spur von Verunreinigung, welche mit chemischen Mitteln nicht nachzuweisen ist, die nachteilige Wirkung auf den physiologisch überaus empfindlichen Protoplasten ausgeübt hat.¹⁾ — Im übrigen war die Art der Eintrocknung und Plasmaabhebung so wie im Rohrzucker.

Daß die Pilze nur mit Rohr- und Traubenzuckerlösungen austrocknungsfähig waren, bleibt eine Tatsache, die wir nach den bisherigen Resultaten nicht endgiltig zu erklären vermögen. Ohne Nährmedium und selbst mit verdünnten Nährmedien eingetrocknet, sterben die Pilzfäden bereits innerhalb 24 Stunden ab. Das ist sicher. Aber wie kommt es, daß sie sich bloß in konzentrierter Zuckerlösung eintrocknen lassen und hierin trotz eines weitgehenden Wasserverlustes fast ebenso lange lebendig bleiben, wie trockene Moos- und Samenkeimlinge an der Luft? Die schnelle Verdünnung des Mediums beim Wiederbefeuchten kann, obschon ungünstig, den Tod der in verdünnter Zuckerlösung eingetrockneten Individuen nicht ausschliesslich herbeigeführt haben, denn die auf hochkonzentrierter Lösung eingetrockneten haben mindestens die gleiche schnelle Wasserzufuhr und osmotische Druckänderung durchmachen müssen. Zwar schwellten die Pilzfäden der verdünnteren Lösungen dabei anfangs ebenso, wie die der konzentrierteren, doch ist die baldige Wiedereinnahme des ursprünglichen Volumens noch kein Symptom des Lebens, wie wir das von toten Mooszellen z. B. kennen. Der Tod der Pilzfäden, die mit verdünnter Zuckerlösung eingetrocknet waren, muß demnach schon während des Eintrocknens erfolgt sein. Mithin ist es wahrscheinlich, daß nur ein langsames Eintrocknen, also ein successiver Wasserverlust bei allmählicher Konzentrationssteigerung bewirkt hat, daß die auf hohen Konzentrationen gewachsenen Pilze die Eintrock-

1) Z. B. konnte v. Mayenburg (l. c. pag. 388) von zwei Dextrosesorten nur eine für seine Versuche an Pilzen gebrauchen.

nung vertragen haben. Denn die Pilze niedrigerer Konzentration haben ohne Zweifel bei fast derselben Eintrocknungszeit einen größeren Konzentrationsprung durchgemacht, also einen größeren und schnelleren Wasserverlust erlitten als die Pilze höherer Konzentration. Ein Argument für diese Annahme bieten die Erfolge an den sich akkomodierenden Pilzen, zu deren Anpassung an höher konzentrierte Lösungen ein allmähliches Eintrocknen notwendig ist, um ihnen Zeit zur Regulation des Turgors und anderer Funktionen zu lassen. In dem Wirkungsunterschied verdünnter und konzentrierter Zuckerlösungen scheint also doch die Produktion genügender osmotischer Stoffe eine Rolle zu spielen. Ob aber nicht noch andere selbstregulatorische Veränderungen mitsprechen, muß dahingestellt bleiben. Jedenfalls ist langsames Eintrocknen von günstigem Einfluß.¹⁾

Für die Austrocknungsfähigkeit der Pilze an sich ist indes der Einfluß osmotisch wirkender Substanzen, wie wir gesehen haben, fraglich. Schon die Konzentration sonst indifferenten anorganischer Salze darf beim Eintrocknen nicht zu hoch steigen. Somit sind die äußeren Bedingungen zur Austrocknungsfähigkeit sehr begrenzt und man könnte vermuten, es wäre die physikalische Eigenschaft des Einschlußmediums, eine gewisse Viskosität, ausschlaggebend. Die uns für den ersten Moment zusagende Ansicht, daß sich die Pilze in jeder schleimigen oder gallertigen Masse eintrocknen ließen, wofür dieselbe nur ungiftig in hoher Konzentration ist und infolge ihrer Konsistenz das Wasser langsam verliert, bestätigte sich nicht. Denn diesbezügliche Versuche mit Nährgelatine (aus 1proz. Fleischextraktlösung mit 1% Pepton + 10% Gelatine) schlugen fehl. Die Art der Eintrocknung in Gelatine war aber anders wie in Zucker. Das Plasma war allseits abgehoben und die Gelatine, ohne nachgedrungen zu sein, für sich eingetrocknet. Folglich ist die Eigenart des Verhaltens der Pilze in Zuckerlösung vielleicht nicht ohne Belang. Selbstverständlich ist auch in dieser Frage die erste Bedingung zur Resistenz gegen Austrocknung eine spezifische Fähigkeit des Plasmas, einen reaktionslosen Zustand anzunehmen, in welchem es gegen Wasserverlust gewappnet ist. Denn daß nicht alle Pilze die gleiche Austrocknungsfähigkeit besitzen, dürfte aus unserer Abhandlung zur Genüge hervorgegangen sein.

1) Nach der Angabe von M. Ficker (l. c. pag. 24) gehen auf dem Deckgläschen schnell eingetrocknete Häufchen von Cholerabazillen eher zugrunde als langsam eingetrocknete.

Mit obigen Versuchen kann die Frage nach der Ursache der Austrocknungsfähigkeit vegetativer Pilzzellen in konzentrierter Zuckerlösung natürlich nicht als völlig entschieden gelten und muß leider offen gelassen werden. Sicherlich werden sich aber noch andere für die Eintrocknung von Pilzfäden günstige Nährsubstrate¹⁾ finden und somit manche interessante und für die Praxis vielleicht wichtige Tatsachen über diesen Gegenstand zutage fördern lassen. Ferner wird es auch noch andere Pilzgattungen geben, welche sich in keimendem Zustande in konzentrierter Zuckerlösung oder anderen passenden Medien austrocknen lassen, ohne zugrunde zu gehen. Gibt es doch bereits bei Zopf²⁾ eine Angabe, nach der sich die gallertartigen Mycelhyphen höherer Pilze, wie *Fumago salicina*, *Gladosporium herbarum* und *Hormodendron cladosporioides* gegen Austrocknung „ziemlich widerstandsfähig“ erweisen, und wie schon pag. 259 erwähnt, hat Gatin-Gruzewska konstatiert, daß ganze Gewebestücke von Pilzen verschiedener *Polyporus*-Arten wochenlang austrocknungsfähig sind, wenn auch als Kriterium für ihre Lebendigkeit nur die Atmungs-, nicht auch die Wachstumsfähigkeit benutzt worden ist. Von nicht minder großem praktischen Wert und Interesse erscheint es zu konstatieren, wie weit sich die Resistenz vegetativer (sporenloser) Bakterien in eintrocknenden, indifferenten Medien erhöhen läßt, worüber bisher nur unzureichende Angaben vorliegen. Ohne Zweifel wird die Lebensdauer solcher Bakterien, die ohne Nährsubstrat das Austrocknen eine Zeitlang aushalten, durch Eintrocknung mit einem Nährsubstrat bedeutend verlängert.³⁾

E. Ursachen und Nutzen der Resistenz.

Ziehen wir die Schlußfolgerungen aus allen bisherigen Versuchen bezüglich der Ursache der Resistenz, so ist es keine Frage, daß die Resistenz der Pflanzen gegen Austrocknung unabhängig sein kann von der Anhäufung plastischer Nährstoffe. Das häufige Zusammenfallen der Reservestoffspeicherung mit der Austrocknungsfähigkeit ist für die Pflanze zwar sehr vorteilhaft, aber nicht unbedingt notwendig;

1) Beispielsweise ist nach Wehmer (l. c. pag. 476) Würzelösung nicht ohne Vorteil für gewisse darin eintrocknende ungekeimte Sporen.

2) Schenk, Hndbch. d. Bot. Bd. 4 pag. 487.

3) Z. B. halten sich Tuberkelbazillen im Sputum eingetrocknet länger als 2—3 Monate lebendig, und vertrocknete diphterische Membranen geben noch nach 3—5monatiger Lufttrockenheit Kulturen: A. Fischer, l. c. pag. 110. Vgl. ferner M. Ficker, Über Lebensdauer und Absterben pathogen. Bakterien, l. c. pag. 13.

das beweisen unsere Resultate an unreifen Samen, reservestoffarmen Plumularzellen, besonders an Moosprotonema- und an Pilzfäden, welche letztere nur geringe Mengen plastischer Stoffe enthalten. Einige Momente, wie die Form der Zellen, die Dicke und Elastizität der Zellwände etc., mögen einen gewissen Einfluss haben, doch davon ist nichts näheres bekannt. Die Hauptbedingung zur Resistenz gegen Austrocknung hängt entschieden von einer spezifischen Eigenschaft des Plasmas ab, welche ihrerseits speziell den Keimlingen solcher Pflanzen in erhöhtem Masse zukommen dürfte, die infolge ihrer Lebensweise an trockenen Stationen oder Standorten mit zeitweiliger starker Trockenheit an einen grossen Wasserverlust im ungefestigten jugendlichen Stadium angepasst sind. Der Umstand aber, dass diese Eigenschaft, wenigstens bei den meisten Phanerogamen, mit fortschreitendem Übergang aus dem Dauer- in den Vegetativzustand abnimmt, sowie das Verhalten einiger unreifer Samen spricht dafür, dass der austrocknungsfähige Zustand des Plasmas variabel ist und je nach der Zweckmässigkeit durch Verschiebung der Konstellationen im Plasma, die zu erkennen wir natürlich noch nicht imstande sind, erreicht oder aufgehoben werden kann. Die eigentliche kausale Erforschung der Austrocknungsfähigkeit der Pflanzen bleibt uns daher nach wie vor verschlossen.

Klar zutage tritt uns dagegen der Nutzen, den die Keimpflanzen durch ihre Resistenz gegen Austrocknung gewinnen. Wenn speziell die grünen Pflanzen zu einer Zeit, wo sie eben erst anfangen sich zu entwickeln und zu festigen, eine stärkere und längere Austrocknung erfahren können als im ausgebildeten Vegetationszustand, so ist das von hoher ökologischer Bedeutung, und je mehr diese Resistenzfähigkeit bei ihnen ausgebildet ist, desto grösser ist der Vorteil für die betreffende Spezies im Kampf ums Dasein, namentlich an Stationen, wo Trockenperioden oft und lang eintreten. Vertragen doch eine ganze Anzahl von Spezies eine Austrocknung, die selbst dann nicht immer zum Tode führt, wenn sie künstlich viel weiter und langdauernder getrieben ist als sie in der Natur vorkommt, da die resistent gebliebenen Zellen kraft ihrer grossen Reproduktionsfähigkeit bis zu einem gewissen Grade abgestorbene Teile ersetzen können. — Die Resistenz der Pilze ist für sie selber natürlich auch von Vorteil zur Erhaltung des Lebens, unseren wirtschaftlichen Interessen jedoch meist schädlich, denn da, wo uns die Pilze als zu bekämpfende Feinde begegnen, gelingt ihre Vernichtung um so schwieriger, je resistenter sie sind. Die in der Praxis vielfach angewandte einfache Methode, die Unter-

drückung von Schimmelpilzbildung in feuchten Räumen etc. durch Luftzug zu realisieren, wodurch eine Austrocknung erreicht werden kann, ist also nicht immer unbedingt wirksam.

Trotz der großen Austrocknungsfähigkeit vieler Pflanzen darf man indes nicht vergessen, daß bei den Samen- und Mooskeimlingen sowohl wie bei den jungen Pilzfäden die Schädigung eines Teiles unausbleiblich ist, ja der Zahl nach die Resistenz derselben oft überragt; doch ist die verschwenderische Erzeugung von Keimen unter den pflanzlichen Organismen und die starke reproduktive Ersatzfähigkeit beschädigter Keimlinge dazu angetan, die Lücken, welche durch schädigende äußere Einflüsse, wie die Austrocknung, unter den sich eben entwickelnden Pflänzchen geschaffen werden, spielend wieder auszufüllen.

F. Schlufsbemerkungen.

Mit der Austrocknung ist eine Unterbrechung des Wachstums und fast völlige Sistierung des Lebens verknüpft. Je mehr Wasser den Zellen entzogen wird, desto geringer ist ihre physiologische Tätigkeit, die Energie, mit welcher ihr Atmungs- mithin Stoffwechselprozess verläuft. Führen wir aber den getrockneten, lebendig gebliebenen Zellen wieder Wasser zu, so erneuern sie mit verstärkter Energie ihren Lebensprozess, der sich sofort durch lebhaftere Atmung kennzeichnet, wie Detmer¹⁾ an getrockneten Phanerogamenkeimlingen und neuerdings Gatin-Gruzevska (l. c.) an Polyporeen nachgewiesen hat. Der Gedanke an eine künstliche Unterbrechung der Kontinuität der Lebensvorgänge überhaupt liegt dabei sehr nahe, und in der Tat ist mehrfach die künstliche Wasserentziehung aus Samen ausgeführt worden, um einen wahren Scheintod herbeizuführen, ebenso wie man sich auf zoologischem Gebiet bemüht hat, die Existenz desselben auch für Tiere nachzuweisen.²⁾ Z. B. hat Kochs (1890 l. c. pag. 685) die Wasserentziehung an Samen mit Hilfe von P_2O_5 im luftleeren Raum derartig weit getrieben, daß nach längerer Zeit selbst durch Spektralanalyse kein N und C mehr in den die Samen enthaltenden Röhren nachzuweisen war, also kein Atmungsprozess stattgehabt haben konnte, und doch sind die Samen keimfähig ge-

1) „Über die Einwirkung verschiedener Gase auf Pflanzenzellen.“ Landw. Jahrb. 1882 Bd. 11 pag. 230.

2) Vgl. Kochs, Biolog. Centralb. 1890 Bd. X pag. 673 und Biolog. Centralb. 1892 Bd. XII pag. 330 ff.

blieben. Ob aber dadurch ein wirklicher Scheintod, d. h. ein absoluter Ruhezustand im Leben des Samens, herbeigeführt worden ist, bleibt dennoch ungewiss. Denn da alle Samen allmählich ihre Keimfähigkeit verlieren, so muß man annehmen, daß sich in ihnen doch ein Stoffwechsel vollzieht, der nur so minimal ist, daß wir ihn mit den uns zur Verfügung stehenden Mitteln nicht nachzuweisen vermögen.¹⁾ Gelingen es, die Austrocknung des Protoplasten ohne Tötung so zu leiten, daß jede Spur von Stoffwechsel aufhört, so wäre das Problem der künstlichen unbegrenzten Verlängerung der Lebensfähigkeit gelöst. Natürlich sind wir von der Verwirklichung dieses Problems weit entfernt, denn ein absoluter Ruhezustand der Lebensvorgänge ohne Absterben ist bisher weder an Tieren noch an Pflanzen realisiert worden. Mit der Zeit sterben eben alle Zellen, embryonale sowohl wie somatische, ab, sobald die Störung ihres Vitalismus soweit geschritten ist, daß die Wiederherstellung seiner „funktionellen Harmonie“ unmöglich ist.²⁾ Immerhin ist es beachtenswert, daß wir an substanzarmen, zarten Protonemafäden der Moose und sogar an Zellen, welche aller plastischen Stoffe bar sind, wie die Mycelfäden der Pilze, durch bloße Wasserentziehung eine monatelange Sistierung des Wachstums und aller Lebensäußerungen erreichen können.

Sind durch unsere Untersuchungen auch gerade keine frappanten Resultate gezeitigt worden, so läßt sich doch daraus erkennen, daß man durch Verfolgung extremer Einwirkungen auf den pflanzlichen Organismus der Kausalität des vitalen Getriebes der Zelle successive näher kommen kann und daß, wie Pfeffer (l. c. II, 164) sagt, „das genaue und richtig geleitete Studium der Reaktionen auf äußere Einflüsse ein ungemein wichtiges und unentbehrliches Hilfsmittel für die Erforschung der inneren Faktoren der Zelle ist“.

G. Zusammenfassung.

Die wichtigsten Ergebnisse unserer Untersuchungen lassen sich kurz folgendermaßen zusammenfassen:

1. Mit zunehmendem Keimstadium und fortschreitender Entleerung der Reservestoffbehälter nimmt die Resistenz der Samen gegen Austrocknung ab.

1) Siehe Detmer, Landw. Jahrb. Bd. 11 pag. 229, und Pfeffer, Physiol. II. Aufl. Bd. II pag. 282.

2) Confer. Pfeffer, Physiol. II. Aufl. II, 286.

2. Die Dauer und der Grad der Austrocknung sind auf die Resistenz der Pflanzen entschieden von Einfluss, denn die Lebensfähigkeit der Keimlinge nimmt nach Monaten ab und die Steigerung der Wasserentziehung durch Schwefelsäuretrokkenheit beschleunigt das Absterben.

3. Die Wurzeln resp. Wurzeln + Hypokotyl der Keimlinge sterben durch völlige Trockenheit stets ab, soweit sie hervorgewachsen sind. Die Reservestoffbehälter sind resistenter als die Plumulae und an letzteren die Vegetationspunkte und Achselknospen resistenter als die Knospenblätter.

4. Die nach der Austrocknung noch lebendigen Teile sind zu derselben Reproduktionstätigkeit fähig wie frische, abgetrennte Teile von Keimlingen.

5. Trotz mangelhafter Reservestoffspeicherung und starker Schrumpfung sind unreife Samen ebenso austrocknungsfähig wie gekeimte.

6. Die Keimlinge der Xerophyten sind meist resistenter als die der Hydrophyten.

7. Die Gegenwart der Samen- resp. Fruchtschale bietet den getrocknet gewesenen Keimlingen unter erneuten Vegetationsbedingungen nicht nur keinen Schutz mehr gegen äussere Einflüsse, sondern wird ihnen geradezu nachteilig.

8. Schnelle Wasserzufuhr zu getrockneten Keimlingen ist vorteilhafter als langsame.

9. Zwischen der Resistenz grosser und kleiner Keimlinge gleicher Spezies besteht kein Unterschied.

10. Wasserfreie chemische Agentien, wie Alkohol, Benzin etc. wirken auf gekeimte, exsiccatorrockene Samen schädlicher als auf ungekeimte exsiccatorrockene.

11. Durch Glyzerin werden gekeimte, trockene sowohl wie eben gequollene und ungekeimte Samen um so mehr geschädigt, je verdünnter und je länger es einwirkt. Schwefelsäuretrockene Keimlinge werden durch konzentriertes Glyzerin weniger affiziert als luftrockene; frische werden darin schnell getötet.

12. Die gekeimten Sporen von Laubmoosen sind sowohl gegen Luft-, als auch gegen Schwefelsäuretrokkenheit ganz ausserordentlich resistent und ihre einzelnen lebendig gebliebenen Zellen reproduktionsfähig; gekeimte Sporen von Lebermoosen und Farnen sind dagegen ebenso wenig austrocknungsfähig wie ihre entwickelten Pflanzen.

13 a. Während die gekeimten Sporen gewisser Schimmelpilze das Austrocknen normalerweise nicht vertragen — obwohl die unge-

keimten sehr resistent sind — lassen sie sich mit konzentrierter Rohr- und Traubenzuckerlösung monatelang austrocknen, mit verdünnter Zuckerlösung nur nach allmählicher Akkomodation an höher konzentrierte.

13 b. Mit Nährgelatine, Glyzerin, Kaliumnitrat- und Zuckerlösung, die relativ viel anorganische Salze enthält, sind sie dagegen nicht austrocknungsfähig.

14. Die Ursache der Austrocknungsfähigkeit der Pflanzen hängt in erster Linie von einer spezifischen Eigenschaft des Plasmas ab.

Zum Schlufs dieser Abhandlung gestatte ich mir, Herrn Geh. Hofrat Prof. Dr. Pfeffer für seine schätzenswerte Anleitung und liebenswürdige Unterstützung auch an dieser Stelle meinen aufrichtigen Dank auszusprechen.

Stickstoffentziehung und Blütenbildung.

Von **Oscar Loew.**

Hierzu 1 Textfigur.

Die in einem früheren Artikel¹⁾ angeführten Tatsachen und Beobachtungen, welche den Einfluß der Zuckerkonzentration auf die Blütenbildung sehr wahrscheinlich machen, wurden kürzlich von Hugo Fischer²⁾ in dankenswerter Weise noch erheblich vermehrt. In folgenden Zeilen will ich einen kürzlich beobachteten Fall beschreiben, in welchem Stickstoffentziehung die Blütenbildung anregte.³⁾

Erbsen- und Buchweizenkeimlinge wurden anfangs in voller Nährlösung gelassen und dann in stickstofffreie Lösungen versetzt, während die Kontrollpflanzen in die gleichen Mineralsalzlösungen mit einem Zusatz von Ammoniumsulfat kamen. Da Nitrate aus leicht ersichtlichem Grunde fortgelassen werden mußten und Kalk in der Form von Gips jedenfalls schwerer aufnehmbar ist als in der Form von Nitrat, so war vorauszusehen, daß eine Nährlösung, in welcher die drei Basen Kalk, Magnesia und Kali als Sulfate vorhanden waren, sich als sehr ungünstig erweisen würde, was auch ein Versuch be-

1) Flora 1905 pag. 124.

2) Ibid. pag. 478.

3) Siehe Flora 1905 pag. 128.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

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

Jahr/Year: 1905

Band/Volume: [95](#)

Autor(en)/Author(s): Rabe Franz

Artikel/Article: [Über die Austrocknungsfähigkeit gekeimter Samen und Sporen
254-324](#)