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

sind für eine selbständige Art *Evernia furfuracea* (L.) Mann zu halten."

Münster, Botanisches Institut der Universität.

Erklärung der Abbildungen.

Zwei, die extremsten Wuchsformen veranschaulichende Exemplare von *Pseudevernia olivetorina* Zopf, in natürlicher Grösse.

Das obere Exemplar stammt von einer Kiefer im Val Piora (Gotthardgebiet) aus etwa 1950 *m* Höhe. Es ist relativ breitlappig, glatt (mit kaum hervortretenden Isidien) und fruktifiziert.

Das untere Exemplar ist schmalblätterig, stark scobicinös und steril. Ich habe es einer Kiefer der Halbinsel Kullen an der Westküste Schwedens entnommen.

---

73. L. Jost: Zur Physiologie des Pollens.

Eingegangen am 19. Dezember 1905.

Die Beobachtung, dass die Keimung der Pollenkörner nicht notwendig an die Narbe gebunden ist, scheint bald nach der Entdeckung des Pollenschlauches gemacht worden zu sein. Es findet sich wenigstens schon in MOHL's (1834) Buch über die Pollenkörner eine Angabe, wonach dieser Forscher die Bildung von Pollenschläuchen in Wasser z. B. bei *Morina* konstatiert hat; er fügt (l. c. S. 27) hinzu, dass die in Wasser gebildeten Röhren nicht so lang zu sein pflegten, wie die auf der Narbe entstandenen. Um die Mitte des vorigen Jahrhunderts war es jedenfalls allgemein bekannt, dass die Pollenkörner in zuckerhaltigen Säften leicht Schläuche bilden (man vergl. SCHLEIDEN, 1849, S. 360); es ist also zweifellos unrichtig, wenn man VAN TIEGHEM (1869) diese Entdeckung zuschreibt. Der genannte Forscher gab, wohl angeregt durch die Erfahrungen PASTEUR's über die Ernährung der Schimmelpilze, den Pollenkörnern vollständige Nährlösungen, die neben Aschebestandteilen auch Zucker oder ähnliche Substanzen und weinsaures Ammoniak zur Deckung des C- und N-Bedarfes enthielten, doch bemerkt er ausdrücklich, dass manche Pollenkörner auch in Wasser keimen. Die guten Erfolge, die er mit seiner Nährlösung erzielt haben will, konnten späterhin nicht bestätigt werden. ELFVING (1879) zeigte vielmehr, dass VAN TIEGHEM's Angaben teils unrichtig, teils so ungenau sind, dass man sie nicht kontrolieren kann, und er kehrte wieder zur ausschliesslichen Verwendung von Rohrzucker zurück,

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

der in einer je nach Spezies wechselnden Konzentration die beste Wirkung tat. Mit Rohrzuckerlösungen sind dann zahllose Pollenkeimungen erzielt worden, und namentlich RITTINGHAUS (1887) und MOLISCH (1893) haben in vielen Fällen die optimale Konzentration derselben bestimmt. So galten die Rohrzuckerlösungen, die durch Zusatz von Gelatine (KNY 1881) oder von Agar-Agar (MANGIN 1886) fest gemacht werden konnten, ganz allgemein als das beste künstliche Substrat für die Pollenkeimung, bis MOLISCH (1893) zeigte, dass die Pollenkörner von *Rhododendron;* die in Zucker und auch in Wasser nicht keimen, durch Zusatz von etwas organischer Säure (am besten Äpfelsäure) zum Wasser sofort zur Keimung gezwungen werden können. Aller Wahrscheinlichkeit nach ist hier Äpfelsäure oder eine ähnliche Säure auch im Narbensekret enthalten, denn der Zusatz der Narbe zu einem Wassertropfen übt denselben Wachstumsreiz aus, wie die Säure. Im Anschluss an MOLISCH hat dann BURCK (1900) gezeigt, dass vielfach von der Narbe oder einem Bruchteil von ihr ein kräftiger chemischer Reiz auf die Pollenkörner ausgeht, der in gewissen Fällen durch Lävulose bewirkt wird. Zuvor aber hatte LIDFORS (1896 und 1899, I) darauf hingewiesen, dass es sich bei der künstlichen Pollenkultur nicht nur um die Darbietung von Keimung fördernden, sondern auch um die Fernhaltung von hemmenden Stoffen handle. Als hemmend aber hatte er gewisse Mineralsalze, vor allem Calciumverbindungen erkannt. Demnach fand er, dass zahllose Pollenkörner, die in kalkhaltigem Leitungswasser zugrunde gehen, in destilliertem Wasser leicht keimen. Wenn wir zum Schluss noch anführen, dass manche Pollenkörner schon in feuchter Luft auskeimen (LONGO 1903), so dürfte damit die Übersicht über die bisherigen Erfahrungen auf diesem Gebiete vollständig sein.

Nun gibt es aber eine nicht ganz geringe Zahl von Pollenkörnern, deren künstliche Keimung bis zum heutigen Tage nicht erzielt werden konnte, wir nennen u. a. den Pollen der Gramineen, Umbelliferen, Malvaceen und Kompositen. MOLISCH (1893, S. 430) schreibt über diese: „Es ist zu hoffen, dass es gelingen dürfte, diese Pollenkörner zur Keimung zu bringen, sicherlich dann, wenn man zu den Versuchen zufällig jene Substanzen heranziehen sollte, welche von den Narben ausgeschieden werden und die Keimung anregen. Denn dass in allen diesen Fällen bestimmte, im Narbensekret vorkommende Stoffe die Keimung ermöglichen, kann wohl keinem Zweifel unterliegen.“ — Bei Gelegenheit von Studien, die ich später publizieren zu können hoffe, stiess ich auf die Frage nach der Keimung des Gramineenpollens, und nach mehrfachen vergeblichen Versuchen gelang es mir, ihn auf künstlichen Substraten zur Keimung zu bringen. Im folgenden berichte ich über meine Resultate und über den Weg, auf dem ich zu ihnen gelangt bin.

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

Über Versuche, den Gramineenpollen ohne Narbe zur Keimung zu bringen, liegen Mitteilungen von ELFVING (1879, S. 16), LIDFORS (1899 I. S. 271) und HANSGIRG (1897) vor. ELFVING hat mit durchaus negativem Erfolg „reines Wasser, Zuckerlösungen von einprozentiger Konzentration bis zu Sirupsdicke, Lösungen von saurem weinsaurem Ammoniak, Gummi arabicum, salpetersaurem Kali, kohlensaurem Natron, teils allein, teils gemischt“ versucht. LIDFORS beschreibt völlige Misserfolge mit verschiedenen Zuckerarten (Rohrzucker, Milchzucker, Traubenzucker, Fruchtzucker, Inulin, Galaktose), die teils allein, teils nach Zusatz von Säuren (Äpfelsäure, Weinsäure, Citronensäure) benutzt wurden. Über den ersten positiven Erfolg hat HANSGIRG berichtet, der Pollen von *Phalaris brachystachya* „in reinem Wasser ausgiebig und gut keimen“ sah. Obwohl er bei *Dactylis glomerata* und *Sesleria varia* so wenig Erfolge zu verzeichnen hat, wie die anderen Autoren, so hätte ich durch seine Erfahrungen mit *Phalaris* doch rascher auf den richtigen Weg kommen können, als es mir in Wirklichkeit gelang; leider lernte ich aber HANSGIRG's Abhandlung zu spät kennen.

Beim Beginn meiner Untersuchungen war ich von der Richtigkeit der oben zitierten Ansicht MOLISCH's überzeugt und suchte nach den chemischen Substanzen, die den Gramineenpollen zur Keimung reizen sollten. Es boten sich dazu zwei Wege: willkürliches Durchprobieren verschiedener Chemikalien in wechselnder Konzentration oder Zusatz der Narbe zum Kulturtropfen. Neben den schon von LIDFORS erfolglos probierten Kohlenhydraten richtete ich mein Augenmerk auf stickstoffhaltige Körper, zumal auf Eiweisskörper, von denen LIDFORS (1899, II) nachgewiesen hat, dass sie gewisse Pollenschläuche stark chemotropisch beeinflussen. Es wurden also die Pollenkörner auf dem Objektträger in kleinen Flüssigkeitstropfen ausgesät, die neben Wasser ein Stückchen der entsprechenden lebenden Narbe oder einen Zusatz von Asparagin, Pepton, Hühnereiweiss, Blattdekokt (Gräser), Narbendekokt oder Narbenpresssaft enthielten. Die Mitteilung dieser mit *Arrhenatherum elatius*, *Dactylis glomerata*, *Bromus mollis*, *Glyceria aquatica* und *Secale Cereale* ausgeführten Versuche wäre zwecklos, da sie vollkommen ergebnislos blieben. Eine Keimung trat nirgends auf den gegebenen Substraten ein; der Pollen ging zugrunde, manchmal, indem er rasch platzte, manchmal, nachdem er ohne zu platzen mächtig aufgeschwollen war und grosse Vakuolen gebildet hatte, in wieder anderen Fällen starb er ohne vorhergehende sichtbare Veränderung. Gleichzeitig im Freien gesammelte und frisch verwendete Pollenkörner konnten event. auf einem Objektträger diese drei verschiedenen Formen des Absterbens aufweisen. Somit waren keine sicheren Schlüsse zu ziehen, worin die ungünstige Wirkung der verwendeten Substrate lag. Man

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

konnte zunächst daran denken, dass Luftmangel die Keimung hindere, dass der Pollen also im Wasser gewissermassen ersäuft werde. Deshalb kamen dieselben Kulturmedien nochmals zur Verwendung, nachdem sie durch Gelatine oder Agar-Agar in einen festen Zustand übergeführt waren. Dadurch wurde ein Untersinken der Pollenkörner verhindert, in den Ergebnissen aber änderte sich nichts. Das Platzen vieler Pollenkörner brachte mich nun auf die Vermutung, es könne eine zu rasche Wasseraufnahme erfolgen, die sich vielleicht durch Zusatz von Zuckerlösungen verlangsamen liesse. Dass auch so kein Erfolg zu erzielen war, nahm freilich wenig Wunder, denn schon VAN TIEGHEM hatte beobachtet, dass das Platzen der Körner durch verschiedene Schädigungen herbeigeführt werden kann und durchaus nicht immer auf einer zu starken Wasseraufnahme beruht; Körner von *Ricinus* z. B. platzten im Wasser nicht, wohl aber in einer konzentrierten Gummilösung.

So stand ich im Begriff, LIDFORS Erfahrungen über chemotropische Erfolge bei Pollenschläuchen zu folgen und Eiweisskörper zu versuchen, die aschenfrei waren. Allein die häufig gemachte Beobachtung, dass einzelne, in der Nähe des Kulturtropfens einfach auf dem Objektträger im feuchten Raum liegende Körner (*Dactylis, Arrhenatherum, Secale, Glyceria*) keimten, brachte mich auf eine andere Fährte. Diese Beobachtung machte es doch sehr wahrscheinlich, dass die Hauptkeimungsbedingung eine mässige Wasserzufuhr sei. Eine mikroskopische Untersuchung der Grasnarben konnte diese Vermutung nur unterstützen. Bringt man die Narbe (*Secale*) ohne Wasserzusatz unter das Deckglas, so findet man keine grösseren Flüssigkeitstropfen auf ihr; dass ihre Oberfläche aber mit einer dünnen Flüssigkeitsschicht überzogen ist, sieht man an den Stellen, wo die einzelnen Zellen an das Deckglas anstossen, denn hier sammelt sich bald etwas Wasser an. Auch kann man aus dem Umstand, dass Pollenkörner und Staubpartikelchen fest an der Narbe haften, auf diese Flüssigkeitsschicht schliessen, und zudem kann man beobachten, wie trockener eingefalteter Graspollen in kurzer Zeit durch Schwellen sich abrundet und alsbald zu keimen beginnt. Die Keimung ist aber nicht an die arteigene Narbe geknüpft (vgl. auch STRASBURGER, 1886); der Pollen von *Secale* keimt auf der Narbe von *Avena planiuscula*, der von *Dactylis* war sogar auf Narben ganz ferne stehender Pflanzen zur Keimung zu bringen, so auf *Scirpus lacustris*, *Plantago lanceolata*, *Centaurea* sp., nicht aber auf *Rumex acetosa*. Das spricht doch sehr dafür, dass hier nicht eine ganz spezifische chemische Verbindung den Keimungsreiz auslöst, sondern dass es sich wesentlich um die Herstellung bestimmter physikalischer Bedingungen, langsame oder wenig ausgiebige Wasserzufuhr handelt. Immerhin war die Ausscheidung von anderen

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

Stoffen als von Wasser bei diesen Narben nicht ausgeschlossen, und ich sah mich deshalb nach anderen lebenden Objekten um, die man in Beziehung auf ihre Wasserabgabe der Grasnarbe an die Seite stellen konnte. Die Zellen der Gramineennarbe sind, wie schon STRASBURGER (1884) fand, mit einer äusserst zarten Kutikula bedeckt; diese besteht aus Korksubstanz, denn sie färbt sich mit Sudan III rot. In ihrer geringen Dicke erinnert diese Kutikula an die mancher Wasserpflanzen, und solche wurden dann auch als Substrat für den Gramineenpollen verwendet. Gleich der erste Versuch brachte einen vollen Erfolg: *Dactylis*-Pollen keimte auf der Unterseite der Blätter von *Limnanthemum nymphaeoides* in einer Reichlichkeit, wie sie noch nie auch nur annähernd erzielt worden war. Das Blatt war mit Filtrierpapier abgetrocknet worden und schwamm mit der Oberseite auf Wasser. Manche Stellen der an die Luft ragenden Unterseite wurden stark nass, andere sahen trocken aus, und an letzteren allein keimte der Pollen. Später zeigte sich, dass das abgetrocknete Blatt einfach auf den Tisch oder auf eine Glasplatte gelegt werden kann, und dass, während es daselbst langsam eintrocknet, die Keimung des Pollens vortrefflich vonstatten geht. Die Pollenschläuche sind sehr zart und schmiegen sich, wie das schon STRASBURGER manchmal auf der Narbe beobachtet hat (1884, S. 39), dem Pollenkorn ganz dicht an; schliesslich wachsen sie auch noch, ohne einzudringen, eine Strecke auf der Oberfläche des Blattes hin. Das Blatt aber ist undurchsichtig, und in auffallendem Licht sind die Keimschläuche schwer zu sehen. Deshalb wurden einige Stunden nach dem Aufbringen des Pollens Flächenschnitte von dem Blatt hergestellt und diese nach Behandlung mit Alkohol und Glyzerin zur Beobachtung unter das Mikroskop gebracht.

Ähnliche Erfolge wie mit *Limnanthemum* erzielte ich auch mit der Unterseite der Schwimmblätter von *Hydrocharis*. Die Oberseite der Blätter beider Pflanzen erwies sich als ganz ungeeignet. Positive Ergebnisse wurden ferner auf den Blütenblättern von *Gloxinia hybrida* und auf jugendlichen Laubblättern von *Adiantum Capillus Veneris* erzielt, negative auf den Schwimmblättern und den untergetauchten Blättern von *Nuphar*, auf *Elodea*, auf *Tropaeolum*-Blüten und auf den Laubblättern von *Impatiens parviflora*. Diese Organe liessen vermutlich zum Teil zu viel, zum Teil zu wenig Wasser durch. Dass eine so derbe Kutikula, wie sie das *Aloë*-Blatt aufweist, zu wenig permeabel sei, um Pollenkeimung zu ermöglichen, das war selbstverständlich; als aber der Pollen, nach Abtragung der Epidermis durch einen Flächenschnitt, auf das unterliegende Gewebe gebracht war, keimte er ganz gut.

Die geschilderten Versuche wurden am häufigsten mit *Dactylis glomerata* und *Arrhenatherum elatius* angestellt. Es ist allen Forschern,

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

die sich mit der Keimung von Pollenkörnern beschäftigt haben, aufgefallen, wie wenig bequem diese Objekte sind wegen ihrer anscheinenden „Launenhaftigkeit". Pollenkörner, der gleichen Anthere entnommen, weisen in ihren Keimungsansprüchen, in der Wachstumsgeschwindigkeit der Schläuche, ja selbst in der Resistenz gegen Schädigungen ganz beträchtliche Differenzen auf. So durfte ich mich nicht wundern, wenn von dem Graspollen stets nur ein nicht gerade grosser Prozentsatz keimte, und wenn manchmal ohne ersichtlichen Grund überhaupt keine Keimung eintrat. Ganz besonders schwierig erwies sich der Roggen, der nur selten auf *Limnanthemum* keimte. Dennoch glaube ich nicht, dass er wesentlich andere Ansprüche macht als *Dactylis*.

Die bisherigen Erfolge machten es gewiss wahrscheinlich, dass eine begrenzte Wasserzufuhr die gesuchte Keimungsbedingung für den Gramineenpollen sei, aber ganz überzeugend waren sie doch noch nicht. Die Unterlage konnte ja durch ihre Lebenstätigkeit von Einfluss gewesen sein, sie konnte Stoffe irgend welcher Art ausgeschieden haben. Zunächst war an Gase zu denken. Da die Keimung am Licht ebensogut eintrat wie im Dunkeln, so war eine Einwirkung des beim Assimilationsgaswechsels auftretenden Sauerstoffes ausgeschlossen. Dass die Atmungskohlensäure nicht beteiligt sei, schien am bequemsten zu erweisen, wenn es gelang, die Pollenkeimung auch auf dem toten Blatt zu erzielen. Ein etwaiger Misserfolg hätte freilich nichts Positives über die Einwirkung der CO_2 ausgesagt. Tatsächlich aber gelang die Keimung von *Dactylis*-Pollen auf abgekochten Blättern von *Limnanthemum* sehr gut, sogar auf der Oberseite, die sich im lebenden Zustand als ungeeignet erwiesen hatte. Auch die Unterseite gekochter *Menyanthes*-Blätter, die lebend nicht untersucht worden war, erlaubte die Keimung ganz befriedigend.

Neben Gasen war an die Abgabe von gelösten Stoffen von seiten der Blätter zu denken, die natürlich durch das Abkochen eventuell beschleunigt werden konnte. Bekannt ist ja vor allem, dass gerade die Wasserpflanzen Alkalien abgeben (man vgl. PFEFFER 1897, 114 und die dort zitierte Litt.); ebensogut konnten aber auch andere Stoffe in Betracht kommen. In Anbetracht der zahllosen Möglichkeiten hat es natürlich keine Bedeutung, wenn nachgewiesen werden konnte, dass der Zusatz von kohlensaurem Kalk oder von kohlensaurem Natron (1‰) zu Wasser oder Agar keine Keimung verursacht. Deshalb suchte ich unter Vermeidung komplizierter, lebender Substrate den Nachweis direkt zu führen, dass wirklich nur Wasser und zwar Wasser in sehr beschränkter Menge zur Keimung des Graspollens nötig ist. Mehrere Wege schienen gangbar. Man konnte dem Pollenkorn entweder die nötige Feuchtigkeit in der Luft oder im Substrat bieten. Im letzteren Fall wären die Verhält-

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

nisse der Narbe am besten imitiert worden, wenn Wasser oder Agar mit einer dünnen, der Kutikula entsprechenden, relativ schwer permeablen Haut überdeckt worden wäre — doch fand sich bis jetzt keine derartige Substanz; Kollodium, das versucht wurde, war offenbar zu wenig permeabel. Andrerseits musste es auch gelingen die Wasserabgabe an das Pollenkorn dadurch zu erschweren, dass man das Wasser in ein Substrat einlagerte, wo es durch Quellungskräfte oder ähnlich festgehalten wurde.

Eine grosse Menge von Versuchen wurde ausgeführt. Zunächst wurden die Pollenkörner auf eine trockene Glasplatte ausgesät, die am einen Ende an ein Schälchen mit Chlorcalcium oder Schwefelsäure, am anderen an ein Gefäss mit Wasser grenzte. Das Ganze kam dann in eine niedrige, feuchte Kammer. So hoffte ich die Luftfeuchtigkeit von der vollen Dunstsättigung bis zu relativ grosser Trockenheit abzustufen In der Tat gelang es manchmal, einzelne *Dactylis*-Körner, die in der Nähe der Wasserschale lagen, keimen zu sehen. Da aber gelegentliche Keimungen in jedem feuchten Raum beobachtet wurden, war mit der neuen Methode wenig gewonnen. Deshalb ging ich zu Substraten über, die Wasser kapillar oder durch Quellung festhalten können. Angefeuchtete Platten aus Gips oder Ton, Gelatine von 40 bis 50 pCt. Wassergehalt wurden verwendet. Auf Gips ergaben sich geringe, auf den anderen Körpern gar keine Erfolge. Wahrscheinlich hätte konzentrierter Agar an Stelle von Gelatine bessere Dienste getan; ich wusste aber damals noch nicht, dass Gelatine manchen Pollenkörnern wenig zuträglich ist. Günstig erwies sich dann in der Folge Stärkekleister, der aus Kartoffelstärke mit wenig Wasser hergestellt wurde. Bestand der Kleister aus 5 bis 8 Teilen Wasser auf einen Teil Stärke, so habe ich nie *Dactylis*-Pollen auf ihm keimen sehen; wohl aber auf 1 bis 2 Teilen Wasser mit 1 Teil Amylum. So schien es möglich, mit diesem Material direkt den optimalen Wassergehalt des Substrates zu bestimmen, allein dem traten neue äussere Schwierigkeiten entgegen. Kocht man z. B. 1 Amylum mit 2 Wasser auf, so gelingt es selbst unter Druck nicht, einen homogenen Kleister zu erhalten, es bleiben vielmehr einige Stellen der Stärke unverkleistert, während andere relativ mehr Wasser aufnehmen. Auch wenn man von einem homogenen Kleister (1 Amylum und 6 Wasser) ausgeht und diesen durch Wasserverdampfung zu konzentrieren sucht, so bleibt der Wassergehalt nicht in der ganzen Masse gleichmässig. Deshalb kann ich nur sagen, dass eine Zusammensetzung aus ungefähr 25 Stärke und 75 Wasser eine gute Wirkung hat.

An die Versuche mit Stärkekleister, die wegen etwaigen Zucker- oder Dextringehaltes nicht ganz eindeutig waren, schlossen sich solche mit Pergamentpapier an, das den Vorzug hat, bei der

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

Quellung nur etwa die Hälfte seines Gewichtes an Wasser aufzunehmen. Das in reinem Wasser eingequellte Papier kam auf einen Objektträger, der in der feuchten Kammer stand. *Dactylis* keimte auf diesem Substrat sehr gut, selbst dann, wenn das Papier an der Luft austrocknete oder wenn es durch einseitiges Eintauchen in Wasser mässig feucht gehalten wurde. Da der Gramineenpollen, wenn er überhaupt keimt, sehr rasch mit der Keimung beginnt, so genügen so kleine Wassermengen völlig zur Erzielung von Keimschläuchen. Sehr lang werden diese ohnehin nicht, auch wenn sie lange Zeit unter gleichen äusseren Bedingungen gehalten werden, wie z. B. auf *Limnanthemum*.

Hiermit halte ich die aufgeworfene Frage für erledigt und die Vermutung, dass bei den Gramineen eine gewisse geringe Wasserzufuhr Keimungsbedingung sei, wenigstens für gewisse Formen für erwiesen. Der weiteren Frage, ob sich andere Spezies anders verhalten, konnte ich im Laufe des Sommers und Herbstes nur wenig Zeit widmen, und Zeit braucht man zu solchen Untersuchungen mehr als billig, weil eben negative Ergebnisse in Anbetracht der individuellen Differenzen so wenig bedeuten. Am eingehendsten studierte ich noch *Zea Mays*. Der Pollen erwies sich sichtlich weniger empfindlich gegen grössere Wassermengen wie der von *Dactylis*. Er keimte nicht nur auf Pergamentpapier, das mit Wasser oder 10 pCt. Zucker durchtränkt war, sondern auch auf Agar von 8 pCt. und sogar von 2 pCt. — ja selbst auf feuchtem Filtrierpapier traten einzelne Schläuche auf. So dürfte der Mais einen Übergang zu der von HANSGIRG beobachteten *Phalaris* bilden, die in reinem Wasser keimt. Übrigens platzten viele Maiskörner noch nachträglich, nachdem sie Schläuche entwickelt hatten. Weiter konnte Keimung beim Mais beobachtet werden, wenn frische Pollenkörner aufgehäuft wurden; dann geben offenbar einzelne Körner Wasser ab, andere nehmen es auf und keimen. Auf 25 pCt. Gelatine konnte ich keine Keimung erhalten, was mit der soeben erwähnten ungünstigen chemischen Wirkung dieses Stoffes zusammenhängen dürfte.

Zum Schluss noch einige ganz gelegentliche Beobachtungen! Bei *Sorghum vulgare* fand ich die in den Antheren zurückgebliebenen Pollenkörner in Keimung. *Tripsacum dactyloides* scheint sich nach seinem Verhalten auf Pergamentpapier und Agar ganz wie *Zea* zu verhalten. Der Pollen von *Zizania aquatica*, der auf der Narbe prompt keimt, konnte auf *Limnanthemum*, auf Pergamentpapier mit Wasser oder Zucker, auf Agar usw. nicht zur Keimung gebracht werden. Eine frühzeitig im September eintretende Kälte verhinderte mich, diesen Pollen noch weiter zu untersuchen. Im Spätherbst sah ich noch Pollen von *Poa annua* auf Agar 8 pCt., auf Stärke (1 zu etwa 4 Wasser) mässig keimen, und auf einem Objektträger, der mit

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

dem Pollen dieser Pflanze bestäubt, in die feuchte Kammer gestellt wurde, beobachtete ich so zahlreiche und lange Keimschläuche wie bei keinem Gras zuvor.

Ehe wir die Gramineen verlassen, sei noch darauf hingewiesen, dass die Keimungsdauer ihres Pollens eine auffallend geringe ist. Zwei Tage lang trocken aufbewahrter Maispollen keimte nur noch mässig, drei oder vier Tage alter gar nicht mehr. Für *Dactylis* habe ich nur gelegentliche Beobachtungen, nach denen acht Tage alter Pollen sicher keimungsunfähig ist. Roggenpollen, der früh morgens gesammelt war, schien (bei Versuchen mit der Narbe) oft schon am Nachmittag in seiner Keimfähigkeit beschränkt. Nach den Beobachtungen MANGIN's (1886) findet sich eine ähnlich kurze Dauer der Keimfähigkeit auch bei anderen Pflanzen.

Meine nächste Aufgabe sah ich darin, zu untersuchen, ob auch die Pollenkörner anderer Pflanzen ähnliche Ansprüche machen, wie die der Gramineen. Ich dachte zunächst an Windblütler, musste mich aber durch eigene Versuche an *Typha*, *Cannabis*, *Urtica* und dann durch die Angaben von ELFVING, RITTINGHAUS, MOLISCH, LIDFORS, HANSGIRG, überzeugen, dass jedenfalls die grosse Mehrzahl derselben teils in reinem Wasser, teils in Zuckerlösungen keimt. Nur einige Carices dürften eine Ausnahme machen. Für solche, die trockene Standorte bewohnen, fand LIDFORS Wasser schädlich, und bei Versuchen mit *Carex verna* Vill. fand ich in Zuckerlösung oder in angesäuerter Zuckerlösung gar keine Keimung; in Wasser keimten die Körner schlecht, dagegen in feuchter Luft vortrefflich. Natürlich beweist ein einzelner Versuch sehr wenig. Weiter habe ich aber die Sache nicht verfolgt, weil meine Zeit mit Untersuchungen über das Verhalten der Kompositen und Umbelliferen in Anspruch genommen war. Wie schon früher bemerkt, ist bei diesen grossen Pflanzenfamilien bisher eine Pollenkeimung auf künstlichem Substrat nicht gelungen. Es musste also versucht werden, ob sie etwa ähnliche Ansprüche machen, wie die Gräser.

Für die Kompositen bemerkt LIDFORS, dass er die verschiedensten Kulturflüssigkeiten ohne Erfolg geprüft habe. Meine ersten Versuche ergaben bei Aussaat von Kompositenpollen auf *Limnanthemum* oder wasserdurchtränktem Pergamentpapier gänzlich negative Resultate. Gleichfalls resultatlos blieben Aussaaten auf Agar (etwa 1 pCt.), dem nachfolgende Substanzen zugesetzt waren: Rohrzucker (10 pCt), Maltose (10 pCt.), Lävulose (1 pCt.), Mannit (10 pCt.), Asparagin (1 pCt.), Pepsin (1 pCt.), Trypsin (1 pCt.), Trypsin (1 pCt.) + Fibrin. Dagegen traten kurze, aber ganz sicher zu beobachtende Keimschläuche auf, als *Centaurea* (*Chartolepis*) *Biebersteinii* und *Onopordon illyricum* auf Pergamentpapier, das mit

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

Zuckerlösungen durchtränkt war, ausgesäet wurden. Es war kein wesentlicher Unterschied zu bemerken, ob dabei Rohrzucker, Maltose, Dextrose oder Lävulose Verwendung fand. Diese wurden gewöhnlich in 10 prozentiger Lösung benutzt, doch wurde auch in 2 prozentigem, 20 prozentigem und 40 prozentigem Rohrzucker eine Keimung beobachtet. Da stets nur einzelne Körner Keimschläuche entwickelten, war es mir nicht möglich festzustellen, ob ein bestimmter Zucker oder eine bestimmte Konzentration eine optimale Wirkung hatten.

Neben den genannten Cynareen konnte unter den gleichen Bedingungen Keimung beobachtet werden bei einigen Heliantheen (*Silphium* sp., *Rudbeckia laciniata*, *Helianthus annuus*), Anthemideen (*Matricaria Chamomilla*) und Arctotideen (*Venidium calendulaceum* und *Cryptostemma calendulaceum*). Einige Spezies aus diesen Gruppen, die bisher ohne Erfolg in Untersuchung genommen wurden, zähle ich nicht auf. Dagegen muss ich erwähnen, dass alle bisher untersuchten Cichoriaceen (z. B. *Barkhausia rubra*, *Mulgedium albanum* und *Tolpis barbata*) niemals keimten. Ich zweifle nicht daran, dass bei ihnen, die ja offenbar den anderen Kompositen ferner stehen, auch andere, noch unbekannte Keimungsbedingungen herrschen. Ausser den bisher verwendeten, in Pergamentpapier eingelagerten Stoffen wurde hier auch noch Inulin versucht — gleichfalls ohne Erfolg.

Erwähnt sei noch, dass der Pollen von *Onopordon illyricum* gut auf der Narbe von *Anthoxanthum* keimt. Diese Beobachtung, die ich bis jetzt nicht weiter verwerten konnte, dürfte in mehrfacher Hinsicht wichtig sein. Erstens wird man aus ihr schliessen müssen, dass die Narbe dieses Grases Zucker ausscheidet; man wird fragen, ob der Pollen von *Anthoxanthum* Zucker zur Keimung nötig hat und ob Zucker auch bei anderen Gräsern ausgeschieden wird, die ihn nicht zur Pollenkeimung brauchen. Eventuell könnte ja der Zucker auch für das Festkleben des Pollens von Bedeutung sein. Man wird aber weiter aus dieser Beobachtung entnehmen, dass ein Studium der Pollenkörner von unbekannten Keimungsbedingungen auf artfremden Narben mancherlei Fingerzeige geben dürfte für die Ansprüche, die sie machen.

Mit den gleichen Methoden wie die Kompositen habe ich auch einige Umbelliferen (*Heracleum*, *Pastinaca* und *Anethum*) untersucht; bis jetzt ohne jeden Erfolg. Dass aber auch sie noch zu bezwingen sein werden, kann man aus der Beobachtung HANSGIRG's schliessen, wonach *Hacquetia Epipactis* in Wasser keimt. — Meine Beobachtungen über Cucurbitaceen und Malvaceen sind noch sehr fragmentarisch und können deshalb nicht mitgeteilt werden.

Der Umstand, dass unter den oben näher präzisierten Bedingungen

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

die Keimschläuche der Gräser nur eine geringe Länge erreichen und die der Kompositen noch viel kürzer bleiben, muss man schliessen, dass die Keimungsbedingungen und die Bedingungen für das weitere Wachstum keineswegs die gleichen sind, was ja auch schon anderwärts (Pilze) konstatiert worden ist. Auf die Wachstumsbedingungen der Pollenschläuche komme ich in einer weiteren Mitteilung zurück.

Wenn wir nun zum Schlusse den Versuch machen, eine kurze zusammenfassende Darstellung der in der bisherigen Literatur und in dieser Mitteilung beschriebenen Keimungsbedingungen der Pollenkörner zu geben, so können wir drei Typen unterscheiden:

I. Die Pollenkörner brauchen zur Keimung nichts als Wasser. (Man vergleiche besonders LIDFORS 1896 und 1899 I.). Manche Zusätze, vor allem Mineralsalze, wirken nur hemmend. Eine besondere Stellung innerhalb dieses Typus nehmen die Gräser ein, die nach den oben mitgeteilten Beobachtungen nur dann keimen, wenn sie eine sehr beschränkte Wassermenge aufnehmen können.

II. Die Pollenkörner bedürfen zur Keimung ausser Wasser einer sehr geringen Menge einer ganz bestimmten chemischen Substanz, die in der Narbe enthalten ist. In einigen Fällen wirkt die Lävulose (BURCK 1900), in anderen organische Säuren (MOLISCH 1893), in weiteren noch unbekannte Stoffe als auslösender Reiz.

III. Die Pollenkörner keimen nur in einer Zuckerlösung von ganz bestimmter Konzentration (vergl. besonders MOLISCH 1893). Ob hier der Zucker ernährend oder durch seine osmotischen Eigenschaften wirkt, also eine zu lebhafte Wasseraufnahme verhindert, ist noch unbekannt. Möglich wäre ja, dass er wie die unter II. genannten Stoffe chemisch reizt, dass er die Schädigung von Giften (Mineralsalzen) paralysiert (LIDFORS 1896) oder dass er mehrere dieser Wirkungen gleichzeitig ausübt. Zu dieser Gruppe gehören auch die Pollenkörner der Kompositen, von denen gezeigt werden konnte, dass sie nur bei Gegenwart von sehr geringen Zuckermengen zu keimen vermögen.

Es ist nicht unwahrscheinlich, dass auch bei der Keimung anderer Sporen, insbesondere bei den Pilzen, sich die gleichen Typen auffinden lassen dürften.

Literatur.

BURCK (1900), Preservatives on the stigma against the germination of foreign pollen. (K. Ak. v. Wet Amsterdam. Proceedings.)

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

ELFVING (1879), Studien über die Pollenkörner der Angiospermen. (Jen. Zeitschr. für Naturw. **13,** N. F. 6)
HANSGIRG (1897), Beiträge zur Biologie und Morphologie des Pollens. (Sitzungsber. der Kgl. Gesellsch. der Wiss. zu Prag, Math.-naturw. Cl.)
KNY (1881), Sitzungsberichte des botanischen Vereins der Provinz Brandenburg. **23.**
LIDFORS (1896), Zur Biologie des Pollens. (Jahrb. für wiss. Botan. **29,** 1.)
— (1899, I). Weitere Beiträge zur Biologie des Pollens. (Ibid, **33,** 232.)
— (1899, II). Über den Chemotropismus der Pollenschläuche. (Ber. der Deutschen Bot. Gesellsch. **17,** 236.)
LONGO, B. (1903), Ricerche sulle Cucurbitacee. (Reale Accad. dei Lincei, Anno 300.)
MANGIN (1886), Recherches sur le pollen. (Bull. soc. bot. de France **33,** 337.)
MOHL (1834), Beiträge zur Anatomie und Physiologie, I. Bern.
MOLISCH (1893), Zur Physiologie des Pollens. (Sitzungsber. der Wiener Akad., Math.-nat. Cl. **102,** I, 423.)
PFEFFER (1897), Pflanzenphysiologie, I. Leipzig.
RITTINGHAUS (1887), Über die Widerstandsfähigkeit des Pollens gegen äussere Einflüsse. Dissertation. Bonn.
SCHLEIDEN (1849), Grundzüge der wissenschaftlichen Botanik. 3. Aufl., Leipzig.
STRASBURGER (1884), Neuere Untersuchungen über den Befruchtungsvorgang. Jena.
— (1886), Über fremdartige Bestäubung. (Jahrb. für wiss. Bot. **17.**)
VAN TIEGHEM (1869), Recherches physiologiques sur la végétation libre du pollen etc (Annales sc. nat. Bot., sér. 5, t. **12.**)

---

74. Ewert: Ein Beitrag zur Entwicklungsgeschichte von Gloeosporium Ribis (Lib.) Mont. et Desm.

Vorläufige Mitteilung.

Eingegangen am 28. Dezember 1905.

Eine Reihe den ganzen Sommer 1904 systematisch durchgeführter Keimversuche mit den Sporen von *Gloeosporium Ribis* blieb ergebnislos. Der erste Erfolg wurde erzielt, als im Herbst bereits einige Fröste eingetreten waren. Es gelang jetzt auch, die Entwicklung des Pilzes von der sichelförmigen Spore bis zur sichelförmigen Spore zu verfolgen. Bemerkenswert ist, dass vor der Keimung häufig eine einfache, manchmal auch eine doppelte Septierung der Spore eintritt.

Eine Aussaat von Sporen, welche ich am 27. Dezember 1904 vornahm, zeigte bereits nach 24 Stunden die ersten Anfänge der Keimung. Das Sporenmaterial wurde von Blättern entnommen, die

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft

Jahr/Year: 1905

Band/Volume: 23

Autor(en)/Author(s): Jost Ludwig

Artikel/Article: Zur Physiologie des Pollens 504-515