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

Mittheilungen.

32. Bengt Lidforss: Ueber den Chemotropismus der Pollenschläuche.

(Vorläufige Mittheilung).

Eingegangen am 3. Juli 1899.

Den ersten sicheren Nachweis, dass die Pollenschläuche chemotropisch reizbar sind, verdanken wir MOLISCH[1]). Eine nähere Präcisirung der Reizstoffe erfolgte aber erst durch die schönen Untersuchungen MIYOSHI's[2]), aus denen hervorging, dass bestimmte Kohlenhydrate im Stande sind, eine chemotropische Ablenkung der Pollenschläuche herbeizuführen. Unter den von MIYOSHI geprüften Stoffen erwiesen sich aber nur gewisse Kohlenhydrate (Rohrzucker, Lävulose, Dextrose, Dextrin, Lactose) chemotropisch wirksam; Fleischextract, Asparagin, Glycerin, Gummi arabicum etc. entwickelten keine Anziehung, während Alkohol, Ammonphosphat, Kalisalpeter, äpfelsaures Natron mehr oder weniger repulsiv wirkten.

Im Folgenden werde ich mir erlauben, einen vorläufigen Bericht über einige zur Zeit noch nicht abgeschlossene Untersuchungen zu geben, welche geeignet sind, unsere Kenntnisse über den Chemotropismus der Pollenschläuche nicht unerheblich zu erweitern. Die ausführliche Arbeit, welche auch eine Anzahl hier gar nicht gestreifte Fragen behandeln wird, dürfte erst nach anderthalb Jahren zur Publication gelangen.

Ein sehr schönes Object zur Demonstration der hier zu referirenden Verhältnisse liefert der schon von MOLISCH studirte *Narcissus Tazetta*. Cultivirt man den Pollen dieser Pflanze in einer 5- bis 15procentigen Zuckergelatinelösung, in welche ein Narbenstück hineingelegt worden, so beobachtet man, wie zuerst MOLISCH constatirte, schon nach einigen Stunden eine äusserst intensive Ablenkung der

1) H. MOLISCH, Ueber die Ursachen der Wachsthumsrichtungen bei Pollenschläuchen Sitzungsber. der Kais. Akad. der Wiss. in Wien, 17. Januar 1889. — Ferner: Zur Physiologie des Pollens. Sitzungsber. der Kais. Akad. der Wiss. in Wien, mathem.-naturw. Classe, Bd. CII, Abth. I, Juli 1893.

2) MANABU MIYOSHI, Ueber Chemotropismus der Pilze. Bot. Zeitung 1894, S. 24—26. — Ferner: Ueber Reizbewegungen der Pollenschläuche. Flora, 78. Band (1894), S. 76—93.

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

Pollenschläuche gegen die Narbe hin. Da nach den Erfahrungen MIYOSHI's für die chemische Reizung der Pollenschläuche das WEBER'sche Gesetz wenigstens annähernde Gültigkeit besitzt[1]), so würde, vorausgesetzt, dass Rohrzucker die anlockende Substanz wäre, eine sehr concentrirte Rohrzuckerlösung in resp. auf der Narbe vorhanden sein, was thatsächlich nicht der Fall ist. Die Anlockung der Pollenschläuche kann also, in diesem Falle wenigstens, nicht ausschliesslich durch Rohrzucker bewirkt werden. Ebenso wenig gelang es, durch andere Kohlenhydrate (Dextrose, Lävulose, Maltose, Galactose, Raffinose, Arabinose) die von der Narbe ausgehende Reizwirkung zu eliminiren. Es erschien demgemäss sehr wahrscheinlich, dass in diesem Falle die chemotropische Wirkung nicht von einem Kohlenhydrat, sondern von irgend welchem anderen Stoffe ausging.

In erster Linie war ja dann an die organischen Säuren zu denken. Einerseits wissen wir ja durch die klassischen Untersuchungen PFEFFER's[2]), dass die Spermatozoiden der Laubmoose durch Rohrzucker, diejenigen der Farne aber durch Aepfelsäure (und Maleïnsäure) angelockt werden; andererseits ist es ja auch bekannt, dass das Narbensecret mancher Pflanzen stark sauer reagirt[3]) und dass das Wachsthum der Pollenschläuche überhaupt durch kleine Säuremengen gefördert wird. Allein in keinem einzigen Falle wollte es gelingen, eine durch organische Säuren bewirkte Ablenkung der Pollenschläuche sicherzustellen. Ich benutzte theils die von MIYOSHI verwendete Methodik[4]), theils verfuhr ich in der Weise, dass eine Capillare mit einer noch flüssigen Gelatinelösung des zu untersuchenden Stoffes injicirt und dann nach dem Erstarren der Gelatine in den mit Pollenkörnern beschickten Gelatinetropfen hineingebracht wurde Zur Verwendung gelangten eine beträchtliche Anzahl Säuren aus der Fettreihe (Ameisensäure, Essigsäure, Milchsäure, Bernsteinsäure, Aepfelsäure, Weinsäure, Citronensäure), und zwar sowohl als Salze, wie in freier Form und auch in den verschiedensten Concentrationen. Allein, obgleich die Versuchsanstellung in verschiedener Weise variirt wurde, konnte niemals eine sichere Ablenkung der Pollenschläuche bemerkt werden.

Ebenso erfolglos blieben Versuche, die mit anderen Stoffen (Amide, Gerbstoffe, Glycoside) angestellt wurden. Jedoch die Thatsache, dass nicht nur die Narbe des *Narcissus*, sondern auch vegetative Organtheile ganz anderer Pflanzen, z. B. die Schnittflächen einer *Allium*-Wurzel eine kräftige Anziehung auf die Pollenschläuche des

1) Flora, l. c. S. 80 u. f.

2) PFEFFER, Locomotorische Richtungsbewegungen durch chemische Reize Untersuchungen aus dem botanischen Institut zu Tübingen, Bd. 1, S. 363—482.

3) MOLISCH, l. c. S. 7.

4) Bot. Zeitg., l. c. S. 3—4.

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

Narcissus Tazetta ausübten, machten es sehr wahrscheinlich, dass es sich hier um einen weit verbreiteten Stoff handle. Ich dachte zunächst an die Fermente und brachte, allerdings durch die vielen negativen Versuche etwas entmuthigt, auf eine im Wachsen begriffene Pollencultur einige Körnchen Diastase. Der Erfolg war ein durchaus überraschender. Schon nach einer halben Stunde war eine äusserst intensive Ablenkung der Pollenschläuche gegen die Diastasekörnchen eingetreten; von sämmtlichen Schläuchen, die sich in einer gewissen Entfernung von einem Diastasekörnchen befanden, fand sich kein einziger, der nicht gegen das Körnchen hinstrebte.

Dieser Versuch wurde dann in verschiedener Weise variirt und zwar immer mit demselben Erfolg. Am schönsten gelang er, wenn in folgender Weise verfahren wurde: Das trockene Diastasepräparat wurde mit destillirtem Wasser in der Wärme digerirt, die einstweilen ungelöst gebliebenen Flocken auf Filtrirpapier einigermassen abgetrocknet, falls nöthig, mit einer Nadel zerkleinert und in eine soeben angesetzte (noch nicht erstarrte) Zuckergelatine-Cultur von *Narcissus*-Pollen gebracht. Die in der Nähe eines solchen Diastasekrümchens austreibenden Pollenschläuche wuchsen dann immer mit einer ganz wunderbaren Regelmässigkeit auf das Körnchen zu; war dasselbe nicht allzu klein, so konnten in vielen Fällen um ein Diastasekörnchen über hundert chemotropisch gereizte Pollenschläuche gezählt werden. Der Anblick dieser zahlreichen, radiär nach einem Punkte zusammenstrahlenden Pollenschläuche war ein überaus schöner.

Der jetzt referirte Befund war nun allerdings interessant, aber keineswegs eindeutig. Wie es jedem Chemiker bekannt ist, bestehen auch die wirksamsten Diastasepräparate keineswegs aus einer einheitlichen Substanz, sondern enthalten ein Gemisch der verschiedensten Stoffe, unter denen Kohlenhydrate und Eiweissstoffe das Hauptcontingent bilden. Nach den vor Kurzem publicirten Untersuchungen WROBLEWSKI's[1]) ist der wirksame Bestandtheil der Diastasepräparate ein Proteïnstoff; allein als treuer Begleiter dieses Proteïnstoffes findet sich auch in den reinsten käuflichen Diastasepräparaten ein Kohlenhydrat, das bei Invertirung eine Pentose (Arabinose) liefert und demgemäss ein Araban darstellt. Die von mir benutzten Präparate[2]) reducirten die FEHLING'sche Lösung sehr energisch und enthielten also jedenfalls auch grössere Mengen Maltose

1) WROBLEWSKI, Ueber die chemische Beschaffenheit der Diastase und über die Bestimmung ihrer Wirksamkeit etc. Zeitschr. für physiologische Chemie, Bd. 24 (1898), S. 173—223.

2) Diese Präparate waren von Dr. GRÜBLER bezogen; das eine Präparat war als „Diastase aus Malz", das andere als „Diastase pur." bezeichnet. Beide verhielten sich in chemotropischer Beziehung fast gleich.

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

resp. Glucose. Dass aber der chemotropisch wirksame Bestandtheil in unserem Falle thatsächlich ein Proteïnstoff ist, geht mit Bestimmtheit schon aus folgenden Beobachtungen hervor.

Wie oben erwähnt wurde, üben die in Wasser ungelöst gebliebenen Flocken eine äusserst kräftige Anziehung auf die Pollenschläuche aus. Nun hat WROBLEWSKI constatirt, dass der lösliche Proteïnstoff (der fermentative Bestandtheil der Diastase) durch die Wirkung von Alkohol an seiner Löslichkeit stark einbüsst[1]): nach jeder Behandlung mit Alkohol bleibt ein Theil des Niederschlages unlöslich. Offenbar bestand der unlösliche Theil des von mir benutzten Diastasepräparates eben aus solchen durch Alkoholbehandlung modificirten Proteïnstoffen; jedenfalls kann es sich hier nicht um ein in Wasser unlösliches Kohlenhydrat handeln. Ausserdem habe ich das ursprüngliche Präparat in Wasser gelöst, mit Alkohol gefällt, den abfiltrirten Niederschlag in Wasser gelöst und die ungelöst gebliebenen Flocken auf ihre chemotropische Wirkung geprüft: diese war immer eine sehr starke

Um den wirksamen Proteïnstoff rein zu erhalten, hat WROBLEWSKI auch einen anderen Weg eingeschlagen[2]), indem er die Diastaselösung mit verdünnter Schwefelsäure kochte, wobei sich ein Proteïnstoff ausschied, der die gewöhnlichen Spaltungsproducte der Eiweissstoffe lieferte. Beim Kochen der klaren wässerigen Lösung meiner Diastasepräparate mit H_2SO_4 entstand auch ein flockiger Niederschlag, jedenfalls ein Proteïnstoff, der nach sorgfältigem Auswaschen mit destillirtem Wasser eine deutliche Ablenkung der Pollenschläuche bewirkte.

Nach diesen Befunden kann es nicht bezweifelt werden, dass die chemotropisch wirksame Substanz der Diastasepräparate aus einem Proteïnstoff besteht. Sehr bemerkenswerth ist aber, dass die chemotropische Wirkung des Proteïnstoffs durch Kochen der wässerigen Lösung nicht zerstört wird, während die fermentative (Stärke auflösende) Kraft der Diastase schon beim Erwärmen auf 80° C. erlischt. Instructiv ist in dieser Hinsicht folgender Versuch.

Die klare Lösung des Diastasepräparates wurde erst auf dem Wasserbade erwärmt, wobei sich ein flockiger Niederschlag, jedenfalls ein Proteïnstoff, ausschied[3]), und dann fünf Minuten gekocht. Der Niederschlag wurde abfiltrirt und die klare Lösung mit Alkohol gefällt; der so entstandene Niederschlag wurde mit Alkohol und

1) Etwas Aehnliches ist auch bei den gewöhnlichen Eiweissstoffen der Fall. Vergl. NEUMEISTER, Lehrbuch der physiologischen Chemie (1897), S. 28.

2) l. c. S. 207.

3) Wie schon LOEW gefunden und WROBLEWSKI bestätigt hat, coagulirt die Diastase beim Kochen der wässerigen Lösung nicht.

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

Aether gewaschen und dann getrocknet. Das in dieser Weise erhaltene Präparat wirkte kräftig chemotropisch auf die Pollenschläuche von *Narcissus Tazetta*.

Dadurch war also bewiesen, dass die chemotropische Wirksamkeit nicht etwa eine Correlationserscheinung der fermentativen Fähigkeit des Diastasepräparates darstellt. Aber es zeigte sich auch, dass der beim Kochen sich abscheidende Niederschlag — jedenfalls auch ein Proteïnstoff, aber nicht Diastase — einen chemotropischen Reiz auf die Pollenschläuche ausübte, und zwar auch dann, wenn er vorher sehr sorgfältig ausgewaschen wurde. Es schien demnach erwünscht, zu untersuchen, ob vielleicht auch andere Proteïnstoffe eine chemotropische Ablenkung der Pollenschläuche herbeiführen könnten.

Zur Verwendung gelangte zuerst ein Präparat, das von Dr. GRÜBLER als „Albumin aus Eiweiss“ bezogen war. Die Methodik war die schon geschilderte, es wurden einfach kleine Körnchen von dem Präparate in die Gelatinecultur gebracht. Das betreffende Präparat hatte aber eine auffallend schädliche Wirkung auf den Pollen des *Narcissus Tazetta*, indem sämmtliche in der Nähe eines Körnchens befindlichen Pollenkörner ohne Keimung zu Grunde gingen. Da es vermuthet werden konnte, dass diese schädliche Einwirkung von in dem Präparate enthaltenen Mineralsalzen herrührte, wurde das Präparat 48 Stunden dialysirt, dann mit Alkohol gefällt, der Niederschlag mit Aether gewaschen und getrocknet. Als kleine Stücke der in dieser Weise erhaltenen hornartigen Substanz in eine Zuckergelatine-Cultur von *Narcissus*-Pollen gebracht wurden, trat eine sehr deutliche Ablenkung der Pollenschläuche gegen den Eiweissstoff ein

Durch Darstellung von aschefreiem Albumin (nach der HARNACK'schen Methode[1]) erhielt ich auch ein für meine Zwecke brauchbares Präparat. Die wässerige Lösung des schon erwähnten Eiweisspräparates wurde mit Kupfersulfat gefällt, der Kupferalbuminat-Niederschlag auf einem Filter gesammelt und in starker Kalilauge gelöst. Diese Flüssigkeit wurde nach 24 Stunden mit Salzsäure neutralisirt, der hierdurch entstandene Niederschlag sorgfältig ausgewaschen, getrocknet und dann in der schon geschilderten Weise für die Versuche benutzt. Das von mir zuerst erhaltene Präparat war nicht ganz kupferfrei, allein das Kupfer befand sich offenbar in so intimer Weise mit dem Albumin verbunden, dass es keine schädliche Wirkung auf die heranwachsenden Pollenschläuche ausübte. Auch bei Verwendung dieses Präparates konnte eine sehr deutliche Ablenkung der Pollenschläuche wahrgenommen werden.

---

1) E. HARNACK, Ber. der Deutschen chem. Gesellsch., Bd. 22 (1889), S. 3046, und Bd. 23 (1890), S. 40 und 3745.

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

Sehr stark abgelenkt wurden die Pollenschläuche von *Narcissus Tazetta* durch ein Präparat, das von Dr. GRÜBLER als „Albumin aus Eigelb" (also wahrscheinlich ein Nucleoalbumin resp. Vitellin) bezogen war. Weniger intensiv, aber immerhin sehr deutlich wurden die *Narcissus*-Schläuche von einem Caseïnpräparat abgelenkt. Dagegen erwies sich ein von MERCK (Darmstadt) bezogenes Invertin, ebenso wie eine aus derselben Quelle stammende Takadiastase, als gänzlich wirkungslos Immerhin ist es aber sehr wahrscheinlich, dass in diesem Falle die chemotropische Wirkung durch beigemischte Mineralsalze aufgehoben wurde.

Bemerkenswerth ist, dass die Spaltungsproducte der Eiweissstoffe keine merkbare Anziehung auf die Pollenschläuche des *Narcissus* ausüben. Ein völlig aschefreies Tyrosinpräparat erwies sich in dieser Hinsicht durchaus wirkungslos.

Die im Vorigen gemachten Angaben beziehen sich hauptsächlich auf den Pollen von *Narcissus Tazetta*; im Wesentlichen gleich verhalten sich aber in Bezug auf den Chemotropismus auch die übrigen untersuchten Narcissineen (*N. Pseudo-Narcissus, N. poëticus, Haemanthus globosus, Imantophyllum miniatum*).

Von den übrigen Monocotylen mögen hier nur die Liliaceen erwähnt werden. Der Pollen der meisten Liliaceen ist gegen Mineralsalze viel empfindlicher als der *Narcissus*-Pollen, so dass z. B. dasselbe Diastasepräparat, welches die Pollenschläuche des *Narcissus* in äusserst intensiver Weise ablenkte, die Pollenkörner der *Fritillaria imperialis* ziemlich rasch tödtete. Wurden aber die Eiweissstoffe dialysirt, so bewirkten sie eine kräftige Anlockung der *Fritillaria*-Schläuche. Dasselbe wurde auch für andere Liliaceen, z. B. *Allium ursinum*, constatirt.

Unter den Choripetalen habe ich bis jetzt keine einzige Art gefunden, deren Pollenschläuche durch Proteïnstoffe angelockt werden. Da indessen die benutzten Präparate nicht völlig salzfrei waren, so ist es wohl möglich, dass eine thatsächlich vorhandene chemotropische Reizbarkeit in bestimmten Fällen durch die Anwesenheit von Mineralien verdeckt wurde[1]). Eine deutliche, durch Eiweissstoffe bewirkte Anlockung der Pollenschläuche findet sich aber bei mehreren Gamopetalen, z. B. *Viburnum nitidum* und *Viburnum Lantana*, deren Pollenschläuche durch Vitellin sehr stark abgelenkt werden. Indessen scheint die chemotropische Empfindlichkeit bei diesen Arten etwas geringer zu sein wie z. B. bei *Narcissus Tazetta*.

---

1) So wird z. B. nach PFEFFER die anlockende Wirkung der Aepfelsäure auf die Spermatozoiden der Farne fast gänzlich aufgehoben, wenn die Lösung gleichzeitig 0,1 pCt. Natriumcarbonat enthält Vergl. PFEFFER, l. c. S. 384 u. f., sowie PFEFFER, Ueber chemotaktische Bewegungen von Bacterien, Flagellaten und Volvocineen. Unters. aus dem bot. Inst. zu Tübingen, Bd. II, S. 621 u. f.

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

Aller Wahrscheinlichkeit nach spielt der von Proteïnstoffen bewirkte Chemotropismus eine wichtige Rolle bei der Leitung der Pollenschläuche durch den Griffel. Nach Behandlung mit alkoholischer Guajaklösung und Wasserstoffsuperoxyd nehmen Griffel und Narbe von *Narcissus Tazetta* und anderen Monocotyledonen eine äusserst intensive Blaufärbung an, die wohl wenigstens theilweise durch Diastase hervorgerufen wird[1]). Die Thatsache, dass der von der Narbe ausgeübte Reiz sich ziemlich schnell bis auf eine Entfernung von 1 *mm* oder mehr geltend macht, beweist, dass es sich hier um einen ziemlich schnell diffundirenden Stoff handelt. Bekanntlich diffundiren die Eiweissstoffe sehr langsam, die Diastase dagegen nach neueren Untersuchungen verhältnissmässig rasch, und demgemäss hätten wir in diesem Falle die Reizwirkung in erster Linie auf die Rechnung der Diastase zu schreiben Indessen scheint es mir sehr wahrscheinlich, dass bei der Leitung der Pollenschläuche verschiedene Stoffwirkungen in einander greifen[2]). Bekanntlich hat Myioshi den Nachweis geliefert, dass die Pollenschläuche der *Digitalis*-Arten durch verschiedene Kohlenhydrate (Rohrzucker, Traubenzucker, Dextrin) angelockt werden, und dass bei den erwähnten Pflanzen Griffel und Narbe einen sofort reducirenden Zucker enthalten, während die Ovula ein erst nach erfolgter Inversion reducirendes Kohlenhydrat führen.

Gegenwärtig kennen wir also zwei Gruppen von Stoffen, die Kohlenhydrate und die Eiweissstoffe, welche im Stande sind, die Pollenschläuche chemotropisch zu reizen. Es ist bemerkenswerth, dass diese zwei Stoffgruppen gerade die besten Nährstoffe des Pflanzenorganismus darstellen, was offenbar damit zusammenhängt, dass der Pollenschlauch auf seinem Wege durch den Griffel gleichzeitig ernährt werden muss. Es wird also das kühne Hervordringen des Pollenschlauchs bis zur Mikropyle lediglich durch Hunger veranlasst, und erst die Verschmelzung der beiden Sexualkerne wäre als eine Vereinigung aus Liebe zu bezeichnen.

Lund, im Mai 1899.

---

1) Ueber die Wirkungssphäre der Guajak-Wasserstoffsuperoxydreaction. Vergl. Pawlewski, Ber. der Deutsch. chem. Gesellsch. 1897, II, S. 1303.

2) Nach Huie (On some Proteïn Crystalloids etc., La Cellule, T. II, p. 83) finden sich im Griffel von *Scilla* Proteïnkrystalloide, die beim Eindringen des Pollenschlauches aufgelöst werden.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft

Jahr/Year: 1899

Band/Volume: 17

Autor(en)/Author(s): Lidforss Bengt

Artikel/Article: Ueber den Chemotropismus der Pollenschläuche. 236-242