



# LUND UNIVERSITY

## Weitere Beiträge zur Biologie des Pollens

Lidforss, Bengt

*Published in:*  
Jahrbücher für wissenschaftliche Botanik

1899

[Link to publication](#)

*Citation for published version (APA):*  
Lidforss, B. (1899). Weitere Beiträge zur Biologie des Pollens. *Jahrbücher für wissenschaftliche Botanik*, 33, 232-312.

*Total number of authors:*  
1

### General rights

Unless other specific re-use rights are stated the following general rights apply:  
Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

Read more about Creative commons licenses: <https://creativecommons.org/licenses/>

### Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

LUND UNIVERSITY

PO Box 117  
221 00 Lund  
+46 46-222 00 00

# Weitere Beiträge zur Biologie des Pollens.

Von

**Bengt Lidforss.**

---

## Einleitung.

In einer früheren Arbeit<sup>1)</sup> habe ich zu zeigen gesucht, dass die von Jussieu und Needham begründete und in jüngster Zeit besonders scharf von Kerner vertretene Ansicht von der unbedingt schädlichen Einwirkung des Wassers auf den Pollen mit den Thatsachen nicht gut vereinbar ist. Das Absterben der in Leitungswasser gebrachten Pollenkörner beruht nach meinen Beobachtungen in vielen Fällen nicht auf der Einwirkung des Wassers an sich, sondern wird verursacht durch die im Wasser vorhandenen Mineralsalze; es konnte gezeigt werden, dass in bestimmten Fällen schon 0,01 proc. Concentrationen eines Calcium- oder Kaliumsalzes genügen, um das momentane Absterben des Pollens zu veranlassen. In chemisch reinem Wasser keimen dagegen eine sehr beträchtliche Anzahl Pollenkörner ebenso gut wie in Zuckerlösungen, treiben lange Schläuche, die in diesem Medium nicht selten 20 Stunden oder noch länger lebendig bleiben. Diese Thatsache ist besonders deshalb von Interesse, weil in der freien Natur der Blütenstaub nur den Einwirkungen von chemisch reinem Wasser — Regenwasser — ausgesetzt ist, und es wurde auch darauf hingewiesen, dass solche gegen Benetzung resistente Pollenkörner vorwiegend bei denjenigen Pflanzen zu finden sind, deren Sexualorgane den atmosphärischen Niederschlägen exponirt sind. Ferner wurde gezeigt, dass Pflanzen mit ungeschützten Sexualorganen keineswegs, wie von Kerner angegeben wird, nur in solchen Gegenden auftreten, in denen Regenzeiten mit regenlosen Perioden abwechseln; im Gegentheil betheiligen sich solche Arten recht zahlreich an der Zusammensetzung der mitteleuropäischen Flora.

---

1) Zur Biologie des Pollens. Jahrb. f. wiss. Botanik, Bd. XXIX, p. 1—38.

Wenn nun auch im Allgemeinen ein unverkennbarer Parallelismus zwischen Nichtgeschütztsein und Widerstandsfähigkeit des Pollens constatirt wurde, so fanden sich doch auch Thatsachen, die darauf hindeuteten, dass die geschützte resp. exponirte Lage der Sexualorgane allein in dieser Hinsicht nicht immer ausschlaggebend wäre, sondern dass auch andere Factoren auf die Widerstandsfähigkeit des Pollens gegen Nässe einen Einfluss ausüben könnten. Als ein solcher Factor wurde ausdrücklich der Feuchtigkeitsgehalt der Luft in Anspruch genommen<sup>1)</sup>. Ein Einfluss der wechselnden Luftfeuchtigkeit wurde speciell darin gefunden, dass ein unter normalen Umständen ganz widerstandsfähiger Pollen nach einer sehr heissen Trockenperiode diese Resistenzfähigkeit einbüsste. Dieser Einfluss war so augenfällig, dass seine Existenz kaum in Abrede gestellt werden konnte, obgleich nähere Untersuchungen über diesen Punkt damals nicht vorlagen.

Als bemerkenswerthe Ausnahmen von der allgemeinen Regel, dass Pflanzen mit exponirten Sexualorganen meistens einen gegen Nässe widerstandsfähigen Blütenstaub besitzen, wurden besonders die Umbelliferen, die Valerianaceen und die Dipsaceen namhaft gemacht. Die meisten von den diesen Familien angehörigen Pflanzen führen einen gegen Benetzung sehr empfindlichen Pollen, obwohl die Sexualorgane fast ganz ungeschützt sind. Auf die Frage, ob und in welcher Weise dieser Nachtheil von den betreffenden Pflanzen compensirt wird, wurde bei jener Gelegenheit nicht näher eingegangen<sup>2)</sup>.

Die vorliegende Arbeit, welche als eine directe Fortsetzung der vorigen Abhandlung zu betrachten ist, beschäftigt sich in erster Linie mit den eben erwähnten Verhältnissen. Obgleich, wie schon hervorgehoben, der Einfluss der Luftfeuchtigkeit auf die Widerstandsfähigkeit des Pollens auf Grund in der Natur gemachter Beobachtungen als äusserst wahrscheinlich hingestellt werden musste, war es doch erwünscht, die Richtigkeit dieser Ansicht durch experimentelle Belege zu erweisen. Dieser Nachweis ist auch gelungen; die betreffenden Belege finden sich im zweiten Capitel dieser Arbeit. In Bezug auf den zweiten Punkt — ob bei Pflanzen mit exponirten Sexualorganen und regenempfindlichen Pollen besondere Verhältnisse existiren, durch welche die Nachtheile der

1) Zur Biologie des Pollens, p. 6.

2) l. c., p. 13.

mangelnden Widerstandsfähigkeit compensirt werden — haben meine Beobachtungen ebenfalls zu positiven Ergebnissen geführt. Die in dieser Hinsicht ermittelten Thatsachen werden mitgetheilt im Capitel IV.

Eine dritte Frage, welche in dieser Arbeit behandelt werden soll, betrifft den Stärkegehalt der Pollenkörner. In meiner schon citirten Abhandlung wurde beiläufig die Thatsache mitgetheilt, dass die Pollenkörner der Anemophilen fast ausnahmslos stärkehaltig sind<sup>1)</sup>. Fortgesetzte Beobachtungen haben die Richtigkeit dieser Angabe nur bestätigt; die biologische Bedeutung dieser Thatsache wird im Capitel VI behandelt, wo auch die betreffenden Belege zu finden sind.

Die in der ersten Mittheilung (1895) besprochenen Pflanzen vertheilen sich auf die verschiedensten Familien, allein ihre Anzahl ist nicht gerade erheblich, wenn auch gross genug, um das zu zeigen, was ich damals zeigen wollte. Die Frage nach dem Einfluss der wechselnden Luftfeuchtigkeit auf die Ausbildung des Pollens sowie einige neu auftauchende Gesichtspunkte machten es wünschenswerth, ein grösseres Pflanzenmaterial heranzuziehen, und so habe ich in den letzten 3 Jahren eine Reihe Beobachtungen gemacht, die hier als Belege (im Capitel V) mitgetheilt werden. Von besonderem Interesse war es, die einschlägigen Verhältnisse in der regio alpina zu studiren, und ich unternahm deshalb, mit Unterstützung von der Akademie der Wissenschaften zu Stockholm, im Sommer 1897 eine Reise nach den Hochgebirgen in Jemtland (63° 30' nördlicher Breite), wo besonders die alpine Flora am Åreskutan (1500 m) und um Storlien untersucht wurde. Im Uebrigen wurden hauptsächlich die in Schonen wildwachsende Flora sowie die im botanischen Garten zu Lund kultivirten Pflanzen untersucht.

Die bei den fortgesetzten Untersuchungen benutzte Methodik ist im Wesentlichen dieselbe, die in der ersten Abhandlung geschildert wurde. Das Erscheinen einer Arbeit von Prof. Dr. Hansgirg<sup>2)</sup>, in welcher der Verfasser behauptet, zu den meinigen fast diametral entgegengesetzten Resultaten gekommen zu sein,

1) l. c., p. 31.

2) Anton Hansgirg, Beiträge zur Biologie und Morphologie des Pollens. Sitzungsber. d. kgl. böhm. Gesellsch. d. Wissensch., math.-naturw. Klasse. Prag 1897. Eine vorläufige Mittheilung „Zur Biologie des Pollens“ in Oesterreich. Botan. Zeitschr., Bd. XLVII (1897), p. 48—52.

macht es indessen nothwendig, auf einige Punkte der Methodik etwas näher einzugehen, um zu zeigen, wie Prof. Hansgirg zu seinen abweichenden Resultaten gekommen ist.

---

## Erster Abschnitt.

---

### Capitel I.

#### Zur Methodik pollenbiologischer Untersuchungen.

Eine Untersuchung über die Widerstandsfähigkeit des Pollens gegen Nässe erscheint in methodischer Hinsicht überaus einfach. Es handelt sich, könnte man wohl meinen, nur darum, den Pollen in Wasser zu bringen, um dann zu constatiren, ob er beschädigt wird oder nicht. Dies ist ja bis zu einem gewissen Grade ganz richtig, ebenso sicher ist aber auch, dass gerade auf diesem Gebiete eine beträchtliche Anzahl Fehlerquellen vorhanden sind, deren Nichtbeachtung jedenfalls zu falschen Anschauungen führt.

Eine Vorsichtsmassregel, die unbedingt eingehalten werden muss, wenn man auf unserem Gebiete sichere Resultate erhalten will, besteht darin, dass man nur völlig reifen, spontan ausgestäubten Pollen verwendet<sup>1)</sup>. Um in dieser Weise qualificirten Pollen zu erhalten, erscheint es ja sehr bequem, die zu verwendenden Blüthenzweige Abends abzuschneiden und in Gläser an ein Fenster im Zimmer zu stellen<sup>2)</sup>, um den Pollen am nächsten Morgen in den eben geöffneten Antheren zu ernten. Allein schon bei einer derartigen Verfahrungsweise macht sich meistens eine Fehlerquelle geltend. Die Atmosphäre im Laboratorium ist nämlich gewöhnlich bedeutend trockener als die Luft im Freien, und diese Differenz der Luftfeuchtigkeit genügt in manchen Fällen, um eine Herabsetzung der Widerstandsfähigkeit des Pollens gegen Nässe zu be-

---

1) Der den ungeöffneten Antheren entnommene Pollen besitzt, auch wenn die morphologische Differenzirung völlig abgeschlossen ist, meistens ganz andere vitale Eigenschaften als der spontan ausgestäubte. Vergl.: Zur Biologie des Pollens, p. 5.

2) In dieser Weise hat z. B. Lopriore verfahren, um den für seine Versuche benutzten Pollen zu erhalten, was in diesem Falle, wo es sich um die Einwirkung der Kohlensäure auf in Zuckerkulturen entwickelte Pollenschläuche handelte, durchaus zulässig war. Lopriore, Ueber die Einwirkung von Kohlensäure auf das Protoplasma der lebenden Pflanzenzelle. Jahrb. f. wiss. Botanik, Bd. XXVIII, p. 590.

wirken. Bringt man z. B. Abends noch nicht aufgegangene Blüten von *Gagea lutea* in's Laboratorium und belässt man sie hier, selbstverständlich mit den Stielen im Wasser steckend, bis die Antheren sich geöffnet haben, so constatirt man meistens, dass ein beträchtlicher Procentsatz der Pollenkörner in dest. H<sub>2</sub>O schnell abstirbt, und dass öfters von sämtlichen Körnern kein einziges einen Schlauch treibt. Ganz anders verhält sich aber der Morgens direct im Freien eingesammelte Blütenstaub der *Gagea*: dieser ist gegen Nässe völlig widerstandsfähig, die Körner platzen in dest. H<sub>2</sub>O gar nicht, sondern treiben zahlreiche, gut ausgebildete Schläuche. Die an sich ziemlich unwahrscheinliche Annahme, es könne bei den im Laboratorium aufgegangenen Blüten die verminderte Widerstandsfähigkeit des Pollens durch Lädigung der Blütenstiele (und vielleicht durch damit verknüpfte Verlangsamung der Wasserleitung) hervorgerufen sein, wird widerlegt durch die Erfahrung, dass abgeschnittene Blütenknospen, die in Gläser auf den Rasen im Freien placirt waren, einen ganz widerstandsfähigen Pollen lieferten. Da nun andere Factoren, wie Temperaturdifferenzen u. dgl., ausgeschlossen waren<sup>1)</sup>, bleibt es nur übrig, die Verschiedenheit der Luftfeuchtigkeit für die ungleiche Widerstandsfähigkeit verantwortlich zu machen.

Weitere Beispiele dieser Art werden im Folgenden angeführt, hier sei nur hervorgehoben, dass der Blütenstaub wohl nicht immer, aber doch bei recht vielen Arten in dieser Weise von der Luftfeuchtigkeit afficirt wird. Will man diese Fehlerquelle vermeiden, empfiehlt es sich, den Pollen im Freien einzusammeln, und zwar am besten in den frühen Morgenstunden, ehe derselbe von Bienen und Schmetterlingen weggeschleppt worden.

Besonderes Gewicht ist darauf zu legen, dass die zur Verwendung gelangenden Individuen ein normales Gedeihen führen. Von allen Organen der Pflanze scheinen bezüglich der Functionstüchtigkeit die Geschlechtsorgane am meisten gegen äussere Einflüsse empfindlich zu sein; schlechter Boden, schwache Beleuchtung, niedrige Temperatur sind Umstände, die nicht nur auf die Blütenbildung, sondern vielleicht in noch höherem Grade auf die Ausbildung des Pollens influiren.

Als eine Folge unzureichender Wärmezufuhr ist es ohne Zweifel

---

1) Selbstverständlich wurde bei derartigen Versuchen dafür gesorgt, dass im Laboratorium keine schädlichen Dämpfe irgend welcher Art vorhanden waren.

zu bezeichnen, dass Pflanzen aus südlicheren Florengebieten, welche z. B. im botanischen Garten zu Jena noch einen kräftigen, in dest.  $H_2O$  ausgiebig keimenden Pollen ausbilden, im botanischen Garten zu Lund<sup>1)</sup> einen anscheinend schwächeren und gegen Nässe merkbar empfindlicheren Pollen hervorbringen. Insbesondere gilt dies von verschiedenen *Nicotiana*- und *Lobelia*-Arten, welche in mässig warmen Sommern bei uns in Schonen ein ziemlich kümmerliches Dasein führen, während sie in Jena sehr üppig gedeihen. Auf analoge Ursachen ist es wohl zurückzuführen, dass der Pollen von *Impatiens parviflora*, der während der Sommermonate sehr schön in Rohrzuckerlösungen keimt, im October dagegen nur spärlich in künstlichen Nährlösungen zum Keimen gebracht werden kann, obgleich zu dieser Zeit die Pflanze z. B. bei Jena noch sehr reichlich blüht. — Noch deutlicher lässt sich vielleicht der Einfluss unzureichender Wärmezufuhr in der regio alpina constatiren. Als bei Åre (Jemtland) am 24. Juni die Temperatur auf  $+3^{\circ}C$ . herunterging, konnte am nächsten Tage eine allgemeine Herabsetzung der Widerstandsfähigkeit des Pollens constatirt werden, und zwar besonders bei Arten mit ungeschützten Sexualorganen. Der Pollen der alpinen Salices (*S. reticulata*, *S. lanata*, *S. herbacea* u. s. w.), der *Diapensia lapponica*, *Tofieldia borealis* u. s. w., welcher sonst durch hohe Resistenzfähigkeit gegen Nässe ausgezeichnet ist, wurde nach Einbringen in dest.  $H_2O$  fast momentan dunkel gefärbt und trieb meistens nur sporadische Schläuche.

Ueber die Einwirkung verschiedener Lichtintensitäten auf die Blütenbildung liegen, ausser den grundlegenden Untersuchungen von Sachs<sup>2)</sup>, interessante Beobachtungen von Vöchting<sup>3)</sup> vor. Als Resultat der Vöchting'schen Untersuchungen hat sich u. A. herausgestellt, dass die Beleuchtung nicht unter ein gewisses Maass sinken darf, wenn die Blütenbildung sich in normaler Weise vollziehen soll, und dass dem völligen Aufhören der Blütenbildung noch ein Stadium vorangeht, wo zwar noch Knospen angelegt werden, aber in frühem Jugendalter zu Grunde gehen. In gewissen Fällen reagirt die Pflanze auf die veränderte Beleuchtungsintensität

1) Lund, im südlichen Schonen, 8 km vom Meere entfernt, liegt auf  $55^{\circ}43'$  nördlicher Breite, und besitzt ein verhältnissmässig mildes Klima (etwa wie Kopenhagen).

2) Gesammelte Abhandlungen, Bd. 1, p. 207.

3) Ueber den Einfluss des Lichtes auf die Gestaltung und Anlage der Blüten. Jahrb. f. wiss. Botanik, Bd. XXV, p. 149.

durch Hervorbringen kleistogamer Blüten, und im Allgemeinen erhielt Vöchting den Eindruck, dass die Sexualorgane weniger vom Licht abhängig seien als die Krone<sup>1)</sup>. Dass es aber auch Pflanzen giebt, deren Blüthentheile in anderer Weise auf Lichtschwäche bezw. Dunkelheit reagiren, zeigen die Untersuchungen Amelung's über Etiollement<sup>2)</sup>. Amelung experimentirte mit Sprossen von *Cucurbita maxima*, die in einen Dunkelkasten eingeführt wurden und von den aussen befindlichen normal vegetirenden Blättern ernährt wurden. Die ersten sich in der Dunkelkammer entwickelnden Blüten waren fast normal, jedoch proportional mit der Länge des Weges vom Licht bis zu den etiolirten Blättern traten Abweichungen ein, und zwar liessen sich die ersten Störungen in der Grösse der Pollenkörner nachweisen. Während in den ersten Blüten nur die Pollenkörner selbst angegriffen waren, so erstreckte sich der Schwund bei weiterem Fortschreiten auch auf die Antheren, welche immer kleiner wurden, bis sie schliesslich schwanden. Interessant ist es dabei, dass nach Amelung die Corolle stets schön gelb gefärbt und gross blieb und dass sich die Abweichungen speciell auf die eigentlichen Fortpflanzungsorgane, Pollen und Ovula, bezogen. Der im Finstern entstandene Pollen erwies sich durchweg befruchtungsunfähig, auch wenn er auf eine im Freien entwickelte normale Blüte übertragen wurde. — Sicherlich bedarf es in manchen Fällen keineswegs der völligen Dunkelheit, um analoge Abnormitäten bezüglich der Pollenbildung hervorzurufen. Die Thatsache, dass manche sonst gut fruchtende Brombeerarten (*R. polycarpus* G. Braun, und *R. polyanthemos* Lindeb. u. A.) an schattigen Orten schöne Laubblätter und anscheinend normale Blüten hervorbringen, dabei aber annähernd steril bleiben, beruht, wie die mikroskopische Untersuchung lehrt, hauptsächlich auf der schlechten Ausbildung des Pollens.

Unter Umständen übt auch die Bodenqualität einen nicht zu verkennenden Einfluss auf die Pollenbildung. Bekanntlich werden auf schlechtem Boden manche Pflanzen steril, obwohl der Blütenansatz in solchen Fällen oft reichlicher ist als sonst. Auf dürrer, magerem Boden entwickeln sich manche Brombeerarten als reichblühende Zwergformen, die oft fast gänzlich steril sind, was wohl nur durch die schlechte Ausbildung der Sexualzellen verursacht

1) l. c., p. 186.

2) Amelung, Ueber Etiollement. Flora, Bd. 78 (1894), p. 204—210.

ist<sup>1)</sup>. Auf analoge Ursachen ist es vielleicht zurückzuführen, wenn verpflanzte Fichten und Thujen trotz reichlicher Blütenbildung keine Früchte hervorbringen<sup>2)</sup>.

---

Der Einfluss ungünstiger Lebensbedingungen macht sich oft in der morphologischen Ausbildung des Pollens bemerkbar, und zwar so, dass ein beträchtlicher Procentsatz der Pollenkörner aus verkümmerten, fast inhaltsleeren Körnern besteht. In anderen Fällen kann die morphologische Ausbildung des Pollens anscheinend normal sein, allein die vitalen Eigenschaften sind mehr oder weniger modificirt worden, und diese krankhafte Veränderung äussert sich unter Anderem auch darin, dass die Widerstandsfähigkeit gegen Benetzung herabgesetzt wird. Es empfiehlt sich deshalb, für pollenbiologische Untersuchungen vorwiegend wildwachsende Pflanzen und von den kultivirten Arten nur solche zu verwenden, die in der Kultur völlig normal gedeihen. In manchen Gewächshäusern, die, um einen drastischen Ausdruck von Goebel zu verwenden, vielfach nur als Pflanzen-Spitäler zu bezeichnen sind, ist ja dies nur bei den wenigsten Pflanzen der Fall; die in kleine Töpfe gebannten, schlecht bewurzelten Pflanzen, die vielleicht noch die tropischen Lebensbedingungen gewohnt waren, müssen natürlich oft ein recht elendes Dasein führen, dessen Armseligkeit sich auch bei der Pollenbildung geltend macht.

In Erwägung dieser Verhältnisse habe ich für meine Untersuchungen vorwiegend wildwachsende Pflanzen gewählt und von den kultivirten nur solche herangezogen, die in völlig normaler Weise vegetirten. Eine ganze Reihe von Gewächshauspflanzen und auch manche Freilandpflanzen kamen deshalb nicht mit in Betracht, da es in vielen Fällen recht deutlich, in anderen gar nicht ausgeschlossen war, dass die Sexualorgane mehr oder weniger geschwächt waren.

---

Handelt es sich nun darum, zu entscheiden, ob der Pollen von Wasser beschädigt wird oder nicht, so ist es klar, dass eine im

---

1) Ein hübsches Beispiel derartiger Zwergformen ist der von Lange als eigene Art beschriebene, fast gänzlich sterile *Rubus exilis*, der nur eine durch äussere Umstände hervorgerufene Zwergform des *Rubus Radula* Weihe darstellt. Bei manchen Zwergformen ist die Samenbildung nur stark reducirt.

2) Goebel, Organographie der Pflanzen, I. Theil, p. 182 ff.

Wasser allgemein stattfindende Keimung das unmittelbarste Kriterium der Widerstandsfähigkeit ausmacht. Dagegen lässt sich eine partielle Keimung keineswegs in diesem Sinne verwerthen. Sehr oft kommt es nämlich vor, dass die gegen Nässe empfindlichen Pollenkörner nicht alle zu gleicher Zeit zerplatzen, wenn sie in einen Tropfen reinen Wassers gebracht werden. Enthalten nun die Pollenkörner osmotisch wirkende Stoffe, was besonders bei manchen Entomophilen der Fall ist, so werden, vorausgesetzt dass sich zahlreiche Körner im Kulturtropfen befinden, diejenigen Körner, welche nicht momentan platzen, nicht mehr von reinem Wasser, sondern von einer osmotisch wirkenden Lösung umspült. Wenn aus den geplatzten Körnern lösliche Kohlehydrate in die Kulturflüssigkeit hineingetreten sind, befinden sich also die einstweilen nicht geplatzten Körner in einer Zuckerlösung von einer gewissen Concentration; eine in dieser Lösung stattfindende Keimung besagt natürlich nichts über die Widerstandsfähigkeit gegen reines Wasser. Will man in derartigen Fällen sichere Aufschlüsse bekommen, muss man also einen relativ grossen Kulturtropfen mit wenigen Körnern verwenden.

Andererseits wäre es aber ganz verfehlt, aus dem Ausbleiben der Keimung auf eine Beschädigung des Pollens schliessen zu wollen. Manche Pollenkörner werden nämlich nur durch besondere Reizmittel zum Keimen veranlasst<sup>1)</sup>, und wenn derartige Stoffe in der Kulturflüssigkeit nicht vorhanden sind, können die Körner stundenlang lebendig bleiben, ohne auch einen einzigen Schlauch zu bilden. Durch Zusatz geeigneter Stoffe können aber derartige Körner, die schon eine geraume Zeit in dest. H<sub>2</sub>O verweilt haben, zur ausgiebigsten Schlauchbildung gelockt werden.

Als in dieser Beziehung instructive Beispiele mögen von vielen hier nur *Sambucus racemosa* und *Convallaria verticillata* angeführt werden. Der Pollen von *Sambucus racemosa* bleibt in dest. H<sub>2</sub>O Stunden lang liegen, ohne dass ein einziges Korn keimt, dagegen treibt der Pollen von *C. verticillata* in 2 Stunden 20% Schläuche. Fasst man die Keimfähigkeit als ein ausschlaggebendes Kriterium bezüglich der Widerstandsfähigkeit auf, bekommt man also das Resultat, dass der Pollen von *C. verticillata*, deren Sexualorgane

---

1) Als einen solchen Reizstoff hat bekanntlich Molisch für den Pollen der Ericaceen die Aepfelsäure erkannt. (Zur Physiologie des Pollens. Sitzungsber. d. Akad. d. Wissensch. in Wien, Bd. CII, Abth. I, p. 423.)

gegen die atmosphärischen Niederschläge gut geschützt sind, bedeutend widerstandsfähiger ist als der Pollen von *Sambucus racemosa*, deren Staubfäden und Narben gänzlich ungeschützt sind. Die Verhältnisse liegen aber gerade umgekehrt; denn durch nachträglichen Zusatz von 1 proc. Rohrzuckerlösung lässt sich zeigen, dass die *Sambucus*-Körner noch alle lebendig sind, während die überwiegende Mehrzahl der *Convallaria*-Körner tot sind und die gekeimte Minderzahl sich nicht in reinem Wasser, sondern in einer Zuckerlösung befindet.

Ich habe diese Verhältnisse etwas ausführlicher besprochen, weil ich aus der Abhandlung von Prof. Hansgirg den Eindruck gewonnen habe, dass der Autor die jetzt besprochenen Fehlerquellen nicht genügend beachtet hat. Soviel ist jedenfalls sicher, dass er eine von den wichtigsten Fehlerquellen nicht berücksichtigt hat, obwohl dieselbe ihm zur Zeit der Ausführung seiner Arbeit nicht unbekannt war. Diese Fehlerquelle besteht darin, dass er für seine Versuche nicht destillirtes Wasser oder Regenwasser, sondern gewöhnliches Leitungswasser verwendet hat. Allerdings spricht Hansgirg in seiner Arbeit mehrfach von „chemisch reinem Wasser“ als Kulturflüssigkeit, was er aber darunter versteht, geht deutlich genug aus folgender Auseinandersetzung hervor<sup>1)</sup>:

„Da ich bei meinen Untersuchungen über die Widerstandsfähigkeit des Pollens gegen Wasser bloss die Resistenzfähigkeit der Pollenkörner gegen Regenwasser prüfte, so versuchte ich, den von mir untersuchten Pollen nie in künstlichen Nährlösungen, sondern in chemisch reinem Wasser zum Keimen zu bringen, und benutzte bei meinen Pollenkulturen, insbesondere bei Pflanzenarten aus Gewächshäusern und bei solchen in botanischen Gärten kultivirten Pflanzen, deren Blüten mit Leitungswasser bespritzt werden, gewöhnliches Leitungswasser der Grossstädte (speciell das Prager, Wiener, Berliner und Münchener städtische Leitungswasser) statt destillirtem Wasser, ohne jedoch auf eine Prüfung der Empfindlichkeit des Pollens gegenüber den in dem betreffenden Leitungswasser meist nur in ganz geringen Quantitäten enthaltenen Mineralsalzen etc. einzugehen, indem ich mich mit der Constatirung der im Laufe von 2—20 Stunden erfolgten Auskeimung, oder wenn keine Keimung erzielt

1) l. c., p. 4—5.

wurde, mit Feststellung der mehr oder weniger schädlichen Einwirkung des Wassers auf die Pollenkörner begnügte.“

Es folgt dann noch an derselben Seite (5) folgende Note:

„Wie bereits bei den von Lidforss durchgeführten Pollenkulturen mit Jenenser Leitungswasser, so hat sich auch bei meinen mit Wiener und Münchener Leitungswasser gemachten Kulturen herausgestellt, dass der schädliche Einfluss des Wiener und Münchener Leitungswasser hauptsächlich von den in diesem Wasser enthaltenen Kalk und ähnlichen Mineralsalzen herrührt.“

Wenn man bedenkt, dass in bestimmten Fällen 0,01 proc. Concentrationen eines Kalium- oder Calciumsalzes ausreichen, um nicht nur das Ausbleiben der Keimung, sondern das rasche Absterben eines in reinem (destillirtem Wasser) ausgezeichnet keimenden Pollens herbeizuführen, leuchtet sofort ein, dass die Resultate Hansgirg's, die an mit Leitungswasser ausgeführten Pollenkulturen gewonnen wurden, nicht zu vergleichen sind mit Ergebnissen, denen ausschliesslich Kulturen in destillirtem Wasser zu Grunde liegen. Merkwürdiger Weise heisst es auch auf der schon erwähnten Seite 5 in der Hansgirg'schen Arbeit:

„Durch weitere Untersuchungen wird noch festzustellen sein, ob der Pollen solcher Arten, von welchen der Verf. bei seinen Kulturen in Wiener, Münchener etc. Leitungswasser keine Keimung der Pollenkörner constatirte, in destillirtem Wasser keimt oder nicht keimt.“

Das ist ja aber gerade, was constatirt werden sollte; denn nur das Verhalten des Pollens gegen reines Wasser (Regenwasser) hat in diesem Zusammenhange biologisches Interesse, da es bekanntlich dafür gesorgt ist, dass vom Himmel kein Leitungswasser herabfällt. Es mag ausdrücklich bemerkt werden, dass im speciellen Theile der Arbeit, wo über zahlreiche Kulturversuche berichtet wird, nur von „Wasser“ gesprochen wird, ohne dass mit einem Worte angedeutet wird, ob damit Leitungswasser oder destillirtes Wasser gemeint ist.

Ebenso unzuverlässig erweisen sich bei näherer Prüfung die Angaben von Hansgirg über die geschützte resp. exponirte Lage der Sexualorgane. So wird in der ersten Mittheilung *Sparmannia africana* auf Seite 4 als eine Pflanze mit geschützten, auf Seite 5 als eine Pflanze mit exponirten Sexualorganen aufgeführt; wenn an einer anderen Stelle von Pflanzen wie *Primula Auricula*, *Chelidonium majus*, *Agapanthus umbellatus*, *Lobelia fulgens* und *syphe-*

*litica*, *Nicotiana rustica*, *Scrophularia vernalis*, *Aquilegia chrysantha* und *Skinneri*, *Paeonia lobata* und *tridentata* u. s. w. u. s. w. angegeben wird, dass sie gegen die atmosphärischen Niederschläge „gut geschützte“ Sexualorgane besitzen, so geht daraus hervor, dass der Verfasser die betreffenden Pflanzen im Freien bei Regenwetter nicht beobachtet haben kann. Eine auf Einzelheiten eingehende Widerlegung der betreffenden Angaben kann aus den angegebenen Gründen hier nicht in Betracht kommen.

Auch bezüglich der Literatur, die doch auf diesem Gebiete nicht besonders reich ist, sind die Angaben Hansgirg's fehlerhaft. Die ersten Zeilen seiner vorläufigen Mittheilung lauten: „Die Widerstandsfähigkeit des Pollens gegen Nässe ist in neuerer Zeit besonders von Molisch und Bengt Lidforss studirt worden.“ — In der Arbeit von Molisch, deren grossen Werth ich bereitwilligst anerkenne, ist aber diese Frage gar nicht berührt worden; sogar das Wort Widerstandsfähigkeit bezw. Resistenzfähigkeit fehlt gänzlich in dieser Arbeit.

## Capitel II.

### Die Einwirkung der Luftfeuchtigkeit auf die Ausbildung des Pollens.

Es wurde im Vorigen schon wiederholt darauf hingewiesen, dass der Feuchtigkeitsgehalt der Luft in manchen Fällen einen bestimmten Einfluss auf die vitalen Eigenschaften des Pollens ausübt. Die Beobachtung, dass ein gegen Nässe normal widerstandsfähiger Pollen bei sehr trockenem Wetter seine Resistenzfähigkeit mehr oder weniger einbüsste, legte eine solche Vermuthung sehr nahe, wenn es auch in derartigen Fällen nicht ausgeschlossen erschien, dass die Erscheinung auf übermässiger Wärmezufuhr beruhen könnte. Für die Annahme einer Beeinflussung des Pollens durch den Feuchtigkeitsgehalt der Luft sprach nun auch die öfters beobachtete Thatsache, dass Pflanzen an feuchten oder schattigen Stellen meistens einen gegen Nässe resistenten Pollen besitzen, während umgekehrt bei xerophilen Pflanzen sich der Pollen gegen Nässe ziemlich empfindlich erwies.

Um in diesem Punkte auf's Reine zu kommen, wurde die Frage experimentell in Angriff genommen und Versuche angestellt, von denen einige hier mitgetheilt werden sollen.

## Experimentelle Belege.

Die Versuche wurden meistens im Laboratorium ausgeführt und zwar in folgender Weise: Abgeschnittene Zweige, deren Blüten noch nicht aufgegangen waren, wurden in schmale Gläser mit flachem Boden<sup>1)</sup> gestellt und das Ganze in ein grosses cylinderförmiges Gefäss von der Art, wie sie für Wasserkulturen verwendet werden, placirt. Es wurde dann Wasser eingegossen, bis die Wasseroberfläche gerade bis zu den Blüten hinaufreichte, ohne jedoch diese zu berühren. Auf dem oberen Rande des grossen Gefässes ruhte eine Glasscheibe, durch deren Verschiebung eine grössere oder kleinere Oeffnung erzielt werden konnte. Durch diese einfache Vorrichtung war es möglich, die Feuchtigkeit der die Blütenknospen umgebenden Luft innerhalb gewisser Grenzen zu reguliren.

Gleichzeitig wurden abgeschnittene Blüthenzweige, die sich in etwa demselben Entwicklungsstadium befanden, in mit Wasser gefüllte Gläschen placirt, und diese neben den grossen Gefässen, aber frei im Laboratorium aufgestellt. Das Ganze stand an einem Ostfenster in einem lichten, geräumigen Zimmer, wo die Luft während des Ganges der Experimente ziemlich trocken und selbstverständlich frei von schädlichen Beimengungen gehalten wurde.

Die Blüten der frei im Laboratorium aufgestellten Sprosse gingen meistens früh Morgens auf, die Antheren öffneten sich rasch, worauf der Pollen geerntet und in dest. H<sub>2</sub>O-Kulturen gebracht wurde. Die in dem grossen Gefässe befindlichen Blüten gingen ebenfalls auf, allein wenn die Oeffnung des Gefässes durch die Glasscheibe vollständig verschlossen war, blieben die Antheren meistens geschlossen, und der Pollen ging allmählich zu Grunde. Bedeckte die Glasscheibe nur die Hälfte der Mündung des grossen Gefässes, so erfolgte regelmässig Oeffnung der Antheren, und es konnte in dieser Weise nach einigem Herumprobiren die Grösse der Oeffnung so gewählt werden, dass die Antheren bei einem submaximalen Feuchtigkeitsgehalt der Luft aufgingen. Der Pollen wurde dann in dest. H<sub>2</sub>O gebracht, und die Kulturen mit den schon erwähnten verglichen.

In anderen Fällen wurden die Versuche in der Weise ausgeführt, dass in den auf der Wasseroberfläche eines Teiches schwimmenden *Nymphaea*-Blättern kleine Löcher gemacht wurden, durch

---

1) Etwa von der Form eines gewöhnlichen Messcylinders.

welche die abgeschnittenen Blüthenzweige derartig geschoben wurden, dass die aufgehenden Blüthen sich unmittelbar oberhalb der Wasseroberfläche befanden. Der Pollen dieser Blüthen wurde dann verglichen mit dem Pollen der „Mutterpflanzen“, welche meistens an relativ trockenen Orten des botanischen Gartens wuchsen.

*Plantago maxima* (nach 3 Stunden).

In trockener Luft:

30 % der Körner geplatzt, keine einzige Keimung.

In feuchter Luft:

Sporadische Platzungen, 70 bis 80 % der Körner haben schöne Schläuche getrieben.

*Plantago media* (nach 3 Stunden).

Die meisten Körner gestorben, zahlreiche Platzungen, keine Keimung.

Von den Körnern haben 90 % sehr schöne Schläuche getrieben, welche noch lebend sind.

*Plantago lanceolata* (nach 3 Stunden).

Fast alle Körner gestorben, keine einzige Keimung.

4—5 % Keimungen, viele Körner noch lebend.

*Sorbus nigra* (nach 2 Stunden).

30 % gekeimte Körner, die Mehrzahl gestorben.

50 % schöne Keimungen, die Mehrzahl der Körner (gekeimte und ungekeimte) noch lebend.

*Carex binervis*.

Sämtliche Körner nach 2 Stunden gestorben, keine einzige Keimung.

Die meisten Körner nach 4 Stunden noch lebend, vereinzelte Keimungen.

*Thalictrum aquilegiaefolium* (nach 3 Stunden).

Keine Keimung.

Spärliche Keimung.

*Gagea lutea* (nach 3 Stunden).

Viele geplatzte Körner, keine einzige Keimung.

40—50 % gekeimte Körner, keine geplatzt.

*Rosa pimpinellaefolia* (nach 2 Stunden).

|                          |                        |
|--------------------------|------------------------|
| Strauch auf der Rabatte: | Am Teiche:             |
| 1 % gekeimte Körner.     | 6—7 % gekeimte Körner. |

*Aquilegia pulchella* (geschützt).

|  |                                      |
|--|--------------------------------------|
| Nach 2 Stunden alle Körner gestorben, keine einzige Keimung. | Körner durchgängig, viele Keimungen. |
|--|--------------------------------------|

*Lilium croceum*.

|  |   |
|--|---|
| Körner resistent, die meisten Körner trieben Schläuche, deren Wachstum aber nach einigen Stunden aufhörte. | Körner resistent, die meisten trieben Schläuche, deren Wachstum noch nach 12 Stunden anhält, so dass sie die 4—5-fache Länge der Vergleichsschläuche erreichen. |
|--|---|

Versuche mit analogen Resultaten wurden auch mit anderen Arten gemacht, beispielsweise mit *Corylus Avellana*, *Salix alba*, *Crataegus Monogyna* u. s. w. In vereinzelt Fällen (*Poterium Sanguisorba*) konnte allerdings keine durch die Luftfeuchtigkeit hervorgerufene Veränderung des Pollens constatirt werden, ja in einem Falle, bei einer nicht näher bestimmten xerophilen *Allium*-Art schien die grössere Luftfeuchtigkeit sogar einen schädlichen Einfluss auf den Pollen auszuüben. Im Allgemeinen ergaben aber die Befunde unzweideutig eine erheblich grössere Resistenzfähigkeit bei dem in der feuchteren Atmosphäre ausgereiften Pollen.

In vollem Einklange mit den jetzt referirten experimentellen Befunden stehen auch einige

## Beobachtungen im Freien.

*Primula officinalis*. Bei feuchter Witterung ist der Pollen sehr resistent und keimt ausgiebig in dest. H<sub>2</sub>O; bei trockenem Wetter platzen viele Körner, Schläuche werden überhaupt nicht gebildet.

*Menyanthes trifoliata*. Der nach einigen sehr trockenen Maityagen gesammelte Pollen ging in dest. H<sub>2</sub>O ohne Keimung zu Grunde; nach einigen Regentagen erwies sich aber der Pollen völlig resistent und trieb in dest. H<sub>2</sub>O zahlreiche Schläuche (60 %).

*Ajuga reptans*. Bei feuchtem Wetter (im Mai) zeigte sich der Pollen ziemlich resistent und keimte ausgiebig in dest.  $H_2O$ ; nach einigen trockenen Junitagen keimte kein einziges Korn.

*Potentilla Tormentilla*. Feuchter Standort bei Åre (Jemtland): Sehr schöne Keimung in dest.  $H_2O$ , keine einzige Platzung. Gleichzeitig an einem sehr trockenen Standorte (bei Åre) gesammelte Exemplare führten einen Pollen, der im dest.  $H_2O$  grösstentheils platzte und keine einzige Keimung aufwies.

An *Tofieldia borealis*, *Cornus suecica*, *Primula elatior* u. a. wurden ganz analoge Beobachtungen gemacht.

Die mitgetheilten Beobachtungen mögen genügen, um den Einfluss der Luftfeuchtigkeit auf die Ausbildung des Pollens darzuthun. Sie zeigen unzweideutig, dass die Widerstandsfähigkeit des Pollens gegen Nässe in vielen Fällen eine Eigenschaft ist, welche allerdings durch erbliche Anlagen innerhalb gewisser Grenzen fixirt ist, die aber doch in sehr erheblichem Grade von äusseren Factoren beeinflusst wird. Feuchte Luft erhöht die Widerstandsfähigkeit des Pollens, trockene Luft setzt sie herab, — das ist die Schlussfolgerung, die aus unseren Befunden gezogen werden kann.

Die Bedeutung dieser Thatsache wird natürlich nicht durch den Umstand vermindert, dass es Pflanzen giebt, deren Pollen nicht in merkbarer Weise von dem Wechsel der Luftfeuchtigkeit afficirt wird. Im Gegentheil wäre es ja schon von vornherein zu erwarten, dass neben Arten mit plastischem auch solche mit nichtplastischem Pollen existiren. Bekanntlich erfahren die Laubblätter vieler Pflanzen je nach den verschiedenen Lichtintensitäten bzw. Feuchtigkeitsgraden eine verschiedene innere Ausbildung, deren ökologische Bedeutung leicht verständlich ist; aber neben solchen Arten, die in dieser Beziehung einer weitgehenden Anpassung fähig sind, finden wir auch nichtplastische Arten, denen diese Fähigkeit völlig abgeht<sup>1)</sup>. Ohne Zweifel wäre es von Interesse zu untersuchen, ob die Plasticität der Laubblätter auch von einer Plasticität der Pollenkörner begleitet wird.

1) Stahl, Ueber den Einfluss des sonnigen oder schattigen Standortes auf die Ausbildung der Laubblätter. Jenaische Zeitschr. f. Naturw., Bd. 16, p. 162—201.

Die ökologische Bedeutung dieser Plasticität des Pollens liegt ja auf der Hand, insofern es sich um eine Erhöhung der Widerstandsfähigkeit handelt. Dass bei feuchtem Wetter, wo auf einen heiteren Sonnenblick bald ein plötzlicher Regenguss erfolgt, ein gegen Nässe möglichst widerstandsfähiger Pollen erzeugt wird, ist natürlich für Pflanzen mit ungeschützten Sexualorganen von grösster Wichtigkeit. Wir stehen hier wiederum vor einer Aeusserung jener wunderbaren Selbstregulation, welche den pflanzlichen Organismen eigen ist und sich besonders schön in der verschiedenen Ausbildung der Laubblätter manifestirt.

Auch die bei trockener Witterung eintretende Verminderung der Widerstandsfähigkeit entpuppt sich bei näherer Betrachtung als eine physiologische Correlationserscheinung zu gewissen, in dem betreffenden Momente vortheilhaften Eigenschaften. Bringt man Pollenkörner, die sich in trockener Luft ausgebildet haben, in reines Wasser, so sieht man, wie sie viel schneller aufquellen, d. h. das Wasser mit grösserer Energie aufnehmen als in feuchter Atmosphäre entwickelte Pollenkörner. Diese Fähigkeit der energischen Wasseraufnahme ist natürlich von besonderem Werth, wenn die Körner bei trockenem Wetter auf eine in die Luft hinausragende Narbe gelangen; denn in diesem Falle ist nicht nur die Luft ärmer an Wassergas, sondern auch ein eventuell vorhandenes Narbensecret durch die Verdunstung concentrirter wie bei feuchtem Wetter. Die keimenden Pollenkörner haben also, um die für das Wachstum nöthigen Wassermengen zu erreichen, mit erheblich grösseren Schwierigkeiten zu kämpfen, als die bei feuchtem Wetter keimenden Körner. Unter solchen Umständen ist die Fähigkeit der energischen Wasseraufnahme besonders vortheilhaft; auch in diesem Falle kann man also mit einem treffenden Ausdruck von Areschoug<sup>1)</sup> behaupten, dass die Trockenheit „ihr eigenes Correctiv hervorbringt“.

Ueber die causal-physiologischen Factoren, welche die Differenzen der Widerstandsfähigkeit des Pollens bedingen, lässt sich zur Zeit nichts Bestimmtes sagen<sup>2)</sup>. Aller Wahrscheinlichkeit nach handelt es sich in diesem Falle um Veränderungen in den

1) Der Einfluss des Klimas auf die innere Organisation der Pflanzen. Engler's Jahrb. 1881.

2) Vergl.: Zur Biologie des Pollens, p. 30 ff.

vitalen Eigenschaften des Pollens, die sich zur Zeit nicht näher kennzeichnen lassen.

Indessen mag in diesem Zusammenhange auf eine Erscheinung hingewiesen werden, welche mit den jetzt geschilderten Verhältnissen eine gewisse Analogie aufzeigt. Die auf der Narbe keimenden Pollenkörner können ja gewissermassen als wasserabsorbirende Organe aufgefasst werden, und es ist nun interessant zu sehen, dass die Wurzelhaare, welche ja wasserabsorbirende Organe par préférence darstellen, in analoger Weise von der Luftfeuchtigkeit beeinflusst werden. In einer interessanten Arbeit von Zacharias „Ueber das Wachsthum der Zellhaut bei Wurzelhaaren“<sup>1)</sup> berichtet dieser Forscher folgendermassen:

„Samen von *Lepidium* wurden angeklebt an die mit feuchtem Fliesspapier bekleideten Seitenwände einer sodann oben mit einer Glasplatte verschlossenen Krystallisirschale, deren Boden mit Wasser bedeckt war. — Es wurden dann die Keimlinge zu den im Folgenden mitzutheilenden Versuchen meist in sehr junglichem Stadium verwendet. An derartigen Keimlingen pflegen sämtliche vorhandene Wurzelhaare ein vollkommen gesundes, kräftiges Aussehen zu zeigen.

Gelangen Keimlinge, welche sich in der Nähe des oberen Randes der Krystallisirschale entwickelt haben, in Leitungswasser, so platzen alsbald alle Wurzelhaare oder doch die meisten, während nur wenige oder gar keine Haare zu platzen pflegen, wenn solche Keimlinge in Wasser eingelegt werden, die sich im unteren Theile der Schale dicht über der den Boden bedeckenden Wasserschicht entwickelt haben, ohne jedoch diese zu berühren.“

Die Ursache des verschiedenen Verhaltens der Wurzelhaare kann in diesem Falle nur darin gesucht werden, dass diejenigen Wurzelhaare, die sich dicht über der Wasseroberfläche entwickelt, sich in einer feuchteren Atmosphäre befinden haben wie die anderen. Die Analogie zwischen Wurzelhaaren und Pollenkörnern bzw. Pollenschläuchen springt ja sofort in die Augen. Vielleicht wären gerade die Wurzelhaare ein günstiges Object, um die betreffenden Erscheinungen einigermaßen causal-mechanisch aufzuklären.

1) Flora 1891, p. 466.

## Capitel III.

**Welche Pflanzen besitzen einen gegen Nässe widerstandsfähigen Pollen?**

In der schon erwähnten Arbeit über die Biologie des Pollens suchte ich zu zeigen, dass eine den atmosphärischen Niederschlägen exponirte Lage der Sexualorgane meistens einen gegen Nässe widerstandsfähigen Pollen bedingt<sup>1)</sup>. Allerdings fanden sich von dieser allgemeinen Regel bemerkenswerthe Ausnahmen, aber im Grossen und Ganzen konnte doch ein unverkennbarer Parallelismus zwischen Nichtgeschütztsein und Widerstandsfähigkeit constatirt werden. Pflanzen mit ungeschützten Sexualorganen und widerstandsfähigem Pollen fanden sich besonders unter den Papaveraceen, Nymphaeaceen, Aesculineen, Crassulaceen, Lobeliaceen, Liliaceen u. s. w., während bei den geschützten Arten der Scrophulariaceen, Solanaceen, Fumariaceen u. s. w. ein gegen Nässe sehr empfindlicher Pollen vorgefunden wurde.

Von der Annahme ausgehend, dass die ersten pollenbildenden Pflanzen gegen Regen ungeschützte Sexualorgane gehabt haben, sprach ich dann die Vermuthung aus, dass die Empfindlichkeit des Pollens gegen Nässe eine phylogenetisch spätere Erscheinung sei, die sich erst dort entwickelt habe, wo der Pollen durch die Form- und Stellungsverhältnisse der Blüthen den atmosphärischen Niederschlägen entzogen wurde. Das Bestreben der Pollenkörner, für die Keimung beträchtliche Wasserquantitäten aus der Atmosphäre (oder aus dem Narbensecrete) aufzunehmen, sowie die Dünnhheit der wachsenden Pollenschlauchmembran sind Umstände, welche geeignet sind, ein Zerplatzen der Pollenkörner bei Befeuchtung hervorzurufen. Während nun der Wettkampf der einzelnen Pollenschläuche um die Eizelle darauf gerichtet ist, schnell wachsende und chemotropisch empfindliche Pollenkörner heranzuzüchten, werden bei den ungeschützten Formen die atmosphärischen Niederschläge bewirken, dass die leicht platzenden Körner eliminirt werden, und die Zukunft gehört denjenigen Pollenzellen, die, ohne von Wasser beschädigt zu werden, die grösste Wachstumsenergie, die grösste chemotropische Empfindlichkeit u. s. w. besitzen. Bei den geschützten Formen dagegen werden die gegen die Eizelle am

---

1) l. c., p. 11 f.

schnellsten wachsenden Schläuche den Sieg davontragen, gleichgültig, ob sie ihre grössere Wachstumsenergie durch gesteigerte Empfindlichkeit gegen Wasser erkaufen müssen oder nicht, und demgemäss finden wir bei diesen Pflanzen im Allgemeinen gegen Nässe empfindliche Pollenkörner.

Nach dieser Auffassung ist also bei den ungeschützten Formen die Widerstandsfähigkeit gegen atmosphärische Niederschläge eine durch Selection gesteigerte Eigenschaft des Pollens. Das Platzen im Wasser bzw. das Beschädigtwerden bei Befeuchtung ist bei den geschützten Arten (und auch bei den ungeschützten Formen mit empfindlichem Pollen) eine Begleiterscheinung der Fähigkeit der energischen Wasseraufnahme, welche letztere durch den Wettkampf der Pollenschläuche unter sich, also gewissermassen durch eine Art Intraselection<sup>1)</sup> (im Weismann'schen Sinne) herangezüchtet ist.

Neben diesen durch Selection gesteigerten und innerhalb gewisser Grenzen fixirten Eigenschaften der Pollenkörner existirt nun auch eine directe Beeinflussung des Pollens durch äussere Factoren. In dem Feuchtigkeitsgehalte der Luft haben wir einen solchen Factor kennen gelernt, der auf die Ausbildung des Pollens einen directen Einfluss ausübt. Dieser Einfluss bringt sicherlich nicht nur individuelle Variationen hervor, sondern bedingt zweifelsohne bis zu einem gewissen Grade den Charakter des Pollens bei den klimatischen bzw. edaphischen Formationen<sup>2)</sup>. Selbstverständlich ist es in diesen wie in analogen Fällen sehr schwer, wenn nicht unmöglich, zu entscheiden, was durch Zuchtwahl und was durch directe Einwirkung der Luftfeuchtigkeit entstanden ist; auch auf diesem Gebiete dürfte dasselbe gelten, was Schimper bezüglich der Wasserpflanzen hervorhebt<sup>3)</sup>, dass nämlich beide Gruppen von Einflüssen, die directen und die indirecten, nebeneinander wirksam gewesen sind.

Die atmosphärischen Niederschläge, welche bei den ungeschützten Formen die nicht resistenten Pollenkörner eliminiren, und eine an Wasserdampf reiche Luft üben also eine analoge Wirkung aus, indem beide Factoren einen widerstandsfähigen Pollen

1) Vergl. Weismann, Aeusserer Einflüsse als Entwicklungsreize (1894), p. 6 f.

2) Ueber edaphische Formationen siehe Schimper, Pflanzengeographie auf physiologischer Grundlage (1898), p. 5.

3) l. c., p. 27.

hervorbringen. Nur spielt sich der eine Process phylogenetisch, der andere sozusagen ontogenetisch ab. Mit einem gewissen Grade von Berechtigung könnte man auch hier behaupten, dass es die chemische Identität des Wassers im flüssigen und gasförmigen Zustande ist, die sich in dieser Analogie der Wirkungen geltend macht<sup>1)</sup>.

Die directe Beeinflussung des Pollens von Seiten der Luftfeuchtigkeit bewirkt nun, dass die Beziehungen zwischen Pollenschutz und Widerstandsfähigkeit etwas complicirter werden, als sie beim ersten Blicke erscheinen könnten. Bei Pflanzen, die in sehr feuchter Atmosphäre wachsen, sind nämlich die Pollenkörner meistens gegen Nässe resistent, und zwar gleichgültig, ob die Sexualorgane dem Regen exponirt sind oder nicht. Bei Gewächsen, die in trockener Luft resp. an trockenen Standorten gedeihen, findet dagegen das Umgekehrte statt. Bei solchen Pflanzen haben die Pollenkörner öfters ihre in diesem Falle nothwendige Fähigkeit der energischen Wasseraufnahme durch herabgesetzte Widerstandsfähigkeit gegen Nässe erkaufte, d. h. bei den xerophilen Pflanzen findet man oft auch bei ungeschützten Formen einen gegen Nässe empfindlichen Pollen<sup>2)</sup>. Am reinsten kommt der Parallelismus zwischen Nichtgeschütztsein und Widerstandsfähigkeit (und vice versa) bei denjenigen Pflanzen zum Ausdruck, welche Standorte mittlerer Feuchtigkeit bewohnen.

In welcher Weise die jetzt abgehandelten Factoren sich durchkreuzen bezw. zusammenwirken, geht aus der folgenden Darstellung hervor. Im Allgemeinen haben die im Folgenden gemachten Angaben nur Giltigkeit für die kalt-temperirten Zonen; doch werden auch aus südlicheren Gegenden einige Pflanzen berücksichtigt, die, wie es z. B. öfters bei den Gesneraceen der Fall ist, in unseren Gewächshäusern ein annähernd normales Gedeihen haben.

Unter den Sympetalen besitzen die Gesneraceen fast durchgängig einen widerstandsfähigen Pollen, und zwar auch diejenigen Arten, deren Sexualorgane gegen Regen geschützt sind (*Columnea*,

1) Vergl. Schimper, l. c., p. 26.

2) Diese Verhältnisse werden im Folgenden eingehend besprochen.

*Isoloma*, *Streptocarpus*, *Gesnera* u. s. w.). Thatsächlich haben wir also in den Gesneraceen eine Ausnahme von dem Parallelismus zwischen Regenschutz der Sexualorgane und Empfindlichkeit des Pollens, allein diese Ausnahme erklärt sich leicht, wenn man bedenkt, dass die Gesneraceen vorwiegend die feuchten Tropenwälder bewohnen, wo bekanntlich der Dampfgehalt der Luft ein überaus grosser ist.

Eine Analogie zu den Gesneraceen bilden die alpinen Ericineen. In der regio alpina müssen, wie Kerner hervorhebt<sup>1)</sup>, „die Gewächse, während sie blühen, täglich auf einen Regen gefasst sein. Zudem triefen dort alle Pflanzen am frischen Morgen von Thau, und auch im Laufe des Tages hängen sich bei dem Vorüberziehen der Nebel Wassertröpfchen an Laub und Blüten an.“ Die alpinen Ericineen besitzen — wenigstens in Skandinavien —, gleichgültig, ob ihre Sexualorgane exponirt (*Azalea procumbens*) oder geschützt sind (*Myrtillus nigra*, *Phyllodoce caerulea*, *Andromeda hypnoides*, *A. polifolia* u. s. w.) einen gegen Nässe völlig resistenten Pollen. Offenbar übt ein hoher Feuchtigkeitsgrad der Atmosphäre in der regio alpina dieselbe Wirkung aus wie in den Tropen.

Bei den Labiäten, welche meistens offene, trockene Standorte der warm- und kalttemperirten Zonen bevorzugen, ist der Pollen bei den geschützten Formen immer gegen Nässe sehr empfindlich. Die ungeschützten Formen verhalten sich dagegen je nach dem Standorte etwas verschieden. Als Beispiel der einen Extreme kann *Ajuga reptans* gelten. Diese Pflanze ist bekanntlich von niedrigem Wuchs und kommt meistens an feuchten, mit Gras bewachsenen Standorten vor. Die Blüten, deren Sexualorgane ungeschützt sind, befinden sich normal in einer dampfreichen Atmosphäre, und der Pollen ist demgemäss gegen Nässe ziemlich resistent. Das andere Extrem wird z. B. repräsentirt von *Origanum vulgare*, welches ebenfalls ungeschützte Sexualorgane besitzt, aber an trockenen Standorten gedeiht. Der Pollen dieser Pflanze geht in Wasser schnell zu Grunde. Zwischen diesen beiden Extremen finden sich allerlei Uebergänge, doch kann als allgemeine Regel festgestellt werden, dass die Labiäten eine bestimmte Neigung zur Ausbildung eines empfindlichen Pollens besitzen.

Recht deutlich ausgesprochen ist der Parallelismus zwischen

1) Pflanzenleben, II. Aufl., Bd. 2, p. 96.

Schutz und Empfindlichkeit bei den Scrophulariaceen. Die geschützten Arten von *Scrophularia*, *Schizanthus*, *Pentstemon*, *Mimulus*, *Linaria* u. s. w. besitzen durchgängig einen in dest. H<sub>2</sub>O platzenden Pollen; bei der ungeschützten *Scrophularia vernalis* ist dagegen der Pollen ziemlich resistent, was auch bei den ungeschützten *Veronica*-Arten meistens der Fall ist. Eine nicht unbedeutende Resistenzfähigkeit finden wir auch bei den *Pedicularis*-Arten, bei welchen die Antheren gut geschützt sind, die Narbe aber exponirt.

Bei den Solanaceen, welche im Allgemeinen weder besonders feuchte noch besonders trockene Standorte bevorzugen, ist der erwähnte Parallelismus ebenfalls vorhanden. So ist z. B. der Pollen von *Anisodus luridus* sehr empfindlich, weil die Sexualorgane bei dieser Art völlig geschützt sind, sehr resistent dagegen bei verschiedenen *Nicotiana*-Arten mit exponirten Sexualorganen. Zwischenstufen werden von verschiedenen *Solanum*-Arten dargestellt. Bemerkenswerth ist einerseits die kleine xerophile *Fabiana imbricata* mit ungeschützten Sexualorganen und empfindlichem Pollen, andererseits *Nicotiana affinis*, deren geschützte Sexualorgane sich in einer dampfreichen Atmosphäre befinden und die sehr widerstandsfähig sind.

Bei den Boraginaceen sind die Pollenkörner der geschützten Arten (*Cerithe*, *Anchusa*, *Omphalodes*) sehr empfindlich gegen Nässe, bei den ungeschützten Formen (*Echium*, *Pulmonaria*) ziemlich resistent.

Die Gentiaceen umfassen vorwiegend Formen, die an feuchten Standorten gedeihen und deren Sexualorgane meistens exponirt oder doch schlecht geschützt sind. Der Pollen ist im Allgemeinen sehr widerstandsfähig (*Gentiana*- und *Erythrea*-Arten), die Resistenz wird aber in einigen Fällen (*Menyanthes trifoliata*) bei trockenem Wetter sehr herabgesetzt.

Unter den Primulaceen, die im Allgemeinen trockene Standorte meiden, finden sich vorwiegend Formen mit exponirten oder schlecht geschützten Sexualorganen und sehr widerstandsfähigem Pollen (*Primula Auricula* und anderen *Primula*-Arten, *Anagallis*, *Lysimachia Nummularia*, *Trientalis*). Geschützte Sexualorgane und ein relativ empfindlicher Pollen z. B. bei *Primula corthusoides* und *P. japonica*.

Vorwiegend geschützte Formen mit sehr empfindlichem Pollen finden sich unter den Lentibularieen (*Pinguicula alpina* und

*P. vulgaris*) sowie bei den Apocynaceen (*Amsonia*, *Lochnera*) und den Polemoniaceen (*Polemonium coeruleum*, *Phlox divaricata*).

Unter den Campanulaceen besitzen die ungeschützten *Campanula*- und *Phyteuma*-Arten einen sehr widerstandsfähigen, die geschützten *Campanula*- und *Codonopsis*-Arten einen ziemlich empfindlichen Pollen. — Die ungeschützten Lobeliaceen führen alle einen sehr widerstandsfähigen Pollen (*Lobelia*, *Siphocampylos*, *Tupa*).

Die Sambucineen, deren Sexualorgane fast durchgängig ungeschützt sind, führen meistens einen sehr widerstandsfähigen Pollen (*Sambucus*, *Viburnum*). Letzteres gilt auch von den Cinchonaceen, deren Sexualorgane exponirt oder schlecht geschützt sind, und welche vorwiegend die feuchten Tropenwälder bewohnen (*Penthas*, *Hamelia*, *Rondeletia*).

Bei den nahe verwandten Galiaceen, die in den kalttemperirten Zonen wenigstens theilweise an trockene Standorte gebunden sind (*Galium verum*, *G. Mollugo*, *G. boreale* u. s. w.), sind die Pollenkörner empfindlich gegen Nässe, obgleich die Sexualorgane dem Regen exponirt sind. Auch bei der in feuchten Buchenwäldern wachsenden *Asperula odorata* scheint der Pollen wenig resistenzfähig zu sein<sup>1)</sup>.

Wie die Galiaceen verhalten sich auch die Valerianaceen und ganz besonders die Plumbaginaceen, welch' letztere bekanntlich fast ausschliesslich an trockene Standorte gebunden sind. Obgleich die Sexualorgane der *Statice*-, *Armeria*- und *Plumbago*-arten fast immer ungeschützt sind, ist der Pollen doch sehr empfindlich gegen Nässe.

Von den Compositen, deren Sexualorgane meistens exponirt oder schlecht geschützt sind, besitzen die an feuchten, schattigen Orten wachsenden Arten (z. B. *Petasites alba*) einen relativ resistenzfähigen Pollen. Bei den meisten Compositen ist aber der Blütenstaub ziemlich empfindlich gegen Nässe.

Unter den Choripetalen besitzen auffallender Weise die Umbelliferen eine bestimmte Neigung zur Ausbildung eines empfindlichen Pollens, obgleich bei den meisten Arten dieser Familie die

1) Die untersuchten Exemplare stammen aus dem botanischen Garten zu Lund, wo die Pflanze nicht besonders gut gedeiht; möglich, dass aus feuchten Buchenwäldern stammende Exemplare ein anderes Verhalten zeigen.

Sexualorgane ungeschützt sind. Der Einfluss der Luftfeuchtigkeit macht sich indessen auch hier deutlich geltend, indem die an feuchten Orten resp. im Wasser wachsenden Arten einen relativ widerstandsfähigen Pollen führen (*Helosciadium inundatum* u. s. w.). Die meisten Umbelliferen von trockenen oder mässig feuchten Standorten besitzen aber einen in Wasser rasch zu Grunde gehenden Pollen. — Bei den ungeschützten Cornaceen (*Cornus mas*, *sanguinea*, *suecica*) ist der Pollen ziemlich widerstandsfähig, ebenso bei den ungeschützten Araliaceen.

Unter den Onagrariaceen ist der Parallelismus zwischen Schutz und Empfindlichkeit des Pollens deutlich ausgesprochen bei der Gattung *Fuchsia*. Die *Fuchsia*-Arten mit abwärts gerichteten Blüten (*F. coccinea*, *globosa* u. s. w.) besitzen geschützte Sexualorgane und sehr empfindliche Pollenkörner; ziemlich resistent ist dagegen der Pollen bei *Fuchsia procumbens*, deren Sexualorgane in den aufrechten, becherförmigen Blüten völlig ungeschützt sind. Sehr empfindlich sind die Pollenkörner der untersuchten *Epilobium*-Arten, deren Sexualorgane meistens geschützt sind (*E. origanifolium*, *alsinefolium*, *palustre* u. s. w.), aber auch gelegentlich (*E. angustifolium*) exponirt.

Von den übrigen Myrtifloren sind die den feuchten Tropenwäldern angehörigen Melastomaceen (*Centradenia*, *Medinilla*), so weit sie untersucht wurden, durch exponirte Sexualorgane und völlig widerstandsfähige Pollenkörner ausgezeichnet. Dasselbe gilt von den untersuchten Myrtaceen (*Myrtus communis*), die doch nur im kultivirten Zustande geprüft wurden. Von den Haloragidaceen besitzt die einzige untersuchte Art, das submers vegetirende *Myriophyllum spicatum* (mit ungeschützten Sexualorganen) einen sehr widerstandsfähigen Pollen.

Unter den Rosifloren sind die Drupaceen (*Prunus*, *Amygdalus*) alle durch einen resistenten Pollen ausgezeichnet; ihre Sexualorgane sind durchgängig ungeschützt. An die Drupaceen schliessen sich die Pomaceen, von denen sämtliche untersuchte *Pyrus*-, *Sorbus*- und *Crataegus*-Arten gänzlich ungeschützte Sexualorgane und sehr widerstandsfähige Pollenkörner besitzen. Empfindlich gegen Nässe ist der Pollen von *Cotoneaster vulgaris*, deren Sexualorgane geschützt sind.

Von den Rosaceen haben die *Spiraea*-, *Kerria*- und *Rhodotypus*-Arten alle ungeschützte Sexualorgane und widerstandsfähigen Pollen. Unter den Potentillen finden sich sowohl Arten mit

exponierten Sexualorganen und widerstandsfähigem Pollen (*P. maculata*, *P. Tormentilla*), wie auch Arten mit geschützten Geschlechtsorganen und empfindlichem Pollen (*P. atrosanguinea*). Von den *Rubus*-Arten besitzen die geschützten *R. idaeus* und *R. strigosus* einen sehr empfindlichen Pollen, bei den ungeschützten Arten (*R. plicatus*, *thyrsanthus*, *villicaulis*, *Koehleri* u. s. w.) ist der Pollen meistens sehr resistent<sup>1)</sup>, was auch bei den untersuchten (ungeschützten) *Rosa*-Arten der Fall ist. — Exponierte Sexualorgane und gegen Nässe empfindliche Pollenkörner finden sich bei *Agrimonia*, *Eupatoria*, *Poterium Sanguisorba* und *Sibbaldia procumbens* — Arten, die alle an trockenen Standorten vorkommen.

Die Saxifragineen besitzen fast alle ungeschützte Sexualorgane und sehr widerstandsfähige Pollenkörner (*Sedum*, *Sempevium*, *Rhodiola*, *Umbilicus*, *Rochea*, *Jamesia*, *Saxifraga*, *Ribes*, *Hydrangea*, *Philadelphus*).

Auch die Frangulineen (*Ilex*, *Evonymus*) führen meistens ungeschützte Sexualorgane und widerstandsfähigen Blütenstaub.

Bei den Gruinales sind die Sexualorgane meistens ziemlich gut geschützt und der Pollen gegen Nässe sehr empfindlich (*Geranium*, *Erodium*, *Oxalis*, *Linum*, *Impatiens*, *Polygala*).

In Bezug auf die zahlreichen Euphorbiaceen stehen mir zur Zeit nur eine geringe Anzahl Beobachtungen zu Gebote. Exponierte Sexualorgane und völlig resistente Pollenkörner finden sich bei *Mercurialis perennis* und *M. annua*, ferner bei *Homalanthus*, etwas weniger widerstandsfähig erwies sich der Pollen von den ebenfalls ungeschützten *Ricinus communis* und *Xylophyllum*.

Unter den Cistiflorae sind die Ternströmiaceen (*Camellia japonica*, *Clethra alnifolia*) sowie die Hypericaceen (*Hypericum*) durch ungeschützte Blüten mit sehr widerstandsfähigem Pollen ausgezeichnet. Die niedrigwüchsigen, an feuchten oder schattigen Orten wachsenden *Viola*-Arten (*V. biflora*, *V. odorata*, *V. silvatica*) besitzen einen ziemlich widerstandsfähigen Pollen, obwohl ihre Sexualorgane geschützt sind. Gegen Nässe empfindlich sind die Pollenkörner der an offenen, trockenen Localitäten vorkommenden *Helianthemum*-Arten, deren Sexualorgane ziemlich gut geschützt sind.

Unter den Rhoeadineen kommt der in Frage stehende Parallelismus deutlich zum Ausdruck bei den Papaveraceen, von denen

1) Ziemlich empfindlich ist der Pollen bei *Rubus caesius* und bei manchen *Corylifolii*, die im Folgenden näher besprochen werden.

z. B. die *Papaver*-, *Glaucium*- und *Chelidonium*-Arten ungeschützte Sexualorgane und widerstandsfähigen Pollen besitzen, während die geschützten *Eschscholtzia*-Arten einen empfindlichen Pollen führen. Auch die ungeschützten *Reseda*-Arten zeichnen sich durch bedeutende Widerstandsfähigkeit des Pollens aus, während die gut geschützten *Fumariaceen* einen in Wasser explosiv platzenden Pollen besitzen. Ueber die *Cruciferen* kann ich keine allgemeinen Angaben machen, da die Anzahl der untersuchten Arten noch zu gering ist. Die *Capparidaceen* mit ihren stark exponirten Sexualorganen führen, so weit meine Untersuchungen reichen, einen widerstandsfähigen Pollen.

Unter den *Polycarpicae* besitzen die *Berberidaceen* (*Berberis*-Arten) ziemlich geschützte oder (*Mahonia*) ungeschützte Sexualorgane, aber einen widerstandsfähigen Pollen, die *Nymphaeaceen* (*Nymphaea alba*, *Nuphar luteum*) ungeschützte Sexualorgane und widerstandsfähigen Pollen. Von den *Ranunculaceen* zeichnen sich die meisten ungeschützten *Ranunculus*-Arten durch resistente Pollenkörner aus, doch ist die Widerstandsfähigkeit am grössten bei den an feuchten Orten bzw. submers vegetirenden Formen (*R. sceleratus*, *reptans*, *Batrachium*). Sehr resistent sind ebenfalls die Pollenkörner von den ungeschützten *Paeonia*-, *Caltha*-, *Trollius*-, *Thalictrum*- und *Anemone*-Arten. Von den *Aquilegia*-Arten führen die mit geschützten Sexualorganen (*A. pulchella* u. s. w.) einen empfindlichen, die ungeschützten Arten einen völlig resistenten Pollen (*A. chrysantha*, *leptoceras*, *Skinneri*). Aehnliches gilt von den *Clematis*- und *Atragene*-Arten (*C. recta*, exponirt und widerstandsfähig, *C. cylindrica* und *Atragene alpina* geschützt und empfindlich).

Die *Chenopodiaceen* und die *Amarantaceen* haben, soweit meine Beobachtungen reichen, ungeschützte Sexualorgane und widerstandsfähige Pollenkörner. Auch die ungeschützten Arten der *Silenaceen* und *Alsineaceen* besitzen, und zwar besonders wenn sie an schattigen Stellen wachsen, einen ziemlich widerstandsfähigen Blütenstaub. Vermuthlich ist bei den xerophilen *Curvembryeen* der Pollen empfindlich, auch wenn die Sexualorgane ungeschützt sind, doch fehlt es mir hier an Beobachtungen.

Unter den *Polygoninae* sind die nackt-blüthigen *Peperomia*-Arten, die ausschliesslich den feuchten Tropenwäldern angehören, durch den Besitz eines widerstandsfähigen Pollens ausgezeichnet. Aehnliches gilt von den windblüthigen (ungeschützten) *Polygonen*

(*Rumex*, *Emex*, *Oxyria*), während bei den geschützten *Polygonum*-Arten der Pollen ziemlich empfindlich ist.

Sehr widerstandsfähig sind die Pollenkörner bei den meisten Urticineen (*Urtica*, *Cannabis*, *Humulus*, *Ulmus*), welche bekanntlich windblüthig sind und demnach völlig ungeschützte Sexualorgane führen.

Unter den Amentaceen zeichnen sich besonders die durchweg ungeschützten und meistens an feuchten Orten wachsenden *Salix*-Arten durch hohe Resistenzfähigkeit des Pollens aus. Auch die ungeschützten *Populus*-, *Betula*-, *Alnus*-, *Corylus*-, *Castanea*- und *Quercus*-Arten besitzen im Allgemeinen widerstandsfähige Pollenkörner, wenn auch die Resistenzfähigkeit nicht so gross ist wie bei den *Salix*-Arten.

Bei den entomophilen Monokotyledonen kommt der Parallelismus zwischen Nichtgeschütztsein und Widerstandsfähigkeit meistens sehr deutlich zum Ausdruck.

Von den Iridaceen besitzen die *Iris*-Arten mit gut geschützten Sexualorganen durchgängig einen gegen Nässe sehr empfindlichen Pollen. Aehnliches gilt von den *Crocus*-Arten, deren Sexualorgane durch die rasch eintretenden Schliessbewegungen der Perigonblätter ziemlich gut geschützt sind. Exponirt sind dagegen die Sexualorgane der *Sisyrinchium*-Arten, welche auch einen widerstandsfähigen Pollen führen.

Bei den Amaryllideen und Convallariaceen ist der öfters erwähnte Parallelismus ebenfalls sehr deutlich ausgesprochen. Unter den Amaryllideen besitzen die ungeschützten *Imanthophyllum*-, *Vallota*- und *Narcissus*-Arten, unter den Convallariaceen die ungeschützten *Smilacina*- und *Paris*-Arten einen völlig widerstandsfähigen Pollen. Ziemlich oder sogar sehr empfindlich ist der Pollen bei den geschützten *Convallaria*- und *Leucojum*-Arten.

Auch die Liliaceen bieten hübsche Beispiele des erwähnten Parallelismus dar. Die exponirten oder schlecht geschützten *Agapanthus*-, *Lilium*-, *Gagea*- und *Tulipa*-Arten besitzen alle einen sehr widerstandsfähigen Pollen, während die geschützten *Hyacinthus*-, *Ornithogalum*- und *Muscari*-Arten sehr empfindliche Pollenkörner ausbilden. Von den *Allium*-Arten zeichnet sich das an feuchten, schattigen Orten wachsende *Allium ursinum* durch hohe Resistenz des Pollens aus, dagegen ist die Widerstandsfähigkeit der xerophilen *Allium*-Arten bedeutend geringer. — Exponirte Sexual-

organe und gegen Nässe sehr empfindliche Pollenkörner besitzen schliesslich einige aus dem trockenen Mittelmeergebiete stammende Liliaceen (*Asphodelus albus*, *A. tauricus*; *Eremurus spectabilis*).

Von den Melanthaceen besitzen die meisten Arten ungeschützte Sexualorgane und sehr resistente Pollenkörner (*Merendera*, *Bulbocodium*, *Zygademus*, *Colchicum*, *Nartheccium*, *Tofieldia*).

Die Gramineen, welche als anemophile Pflanzen durchgängig ungeschützte Sexualorgane besitzen, führen einen gegen Nässe meistens ziemlich empfindlichen Pollen, der bei den xerophilen Arten fast augenblicklich, bei den hygrophilen bedeutend langsamer in Wasser zu Grunde geht.

An die Gramineen schliessen sich die Cyperaceen, obwohl der Pollen hier öfters bedeutend resistenzfähiger ist und besonders bei den hygrophilen Formen in Wasser Stunden lang unbeschädigt bleibt. Letzteres gilt auch von den untersuchten Juncaceen.

In Bezug auf die Helobieen stehen mir nur ganz vereinzelte Beobachtungen zu Gebote; bei den untersuchten Arten (*Aponogeton distachyum*, *Potamogeton crispus* und *praelongus*) erwies sich der Pollen völlig resistent. — Auch bezüglich der Orchideen fehlt es mir an Beobachtungen; *Listera ovata* (aus feuchten Buchenwäldern), deren Sexualorgane jedenfalls nicht gut geschützt sind, führt einen resistenten, in dest. H<sub>2</sub>O ausgiebig keimenden Pollen.

Ueberblicken wir die jetzt geschilderten Verhältnisse, so stellt es sich heraus, dass ein Parallelismus zwischen Nichtgeschütztsein und Widerstandsfähigkeit des Pollens in der überwiegenden Mehrzahl der untersuchten Fälle thatsächlich existirt. Am deutlichsten tritt vielleicht die Sachlage beim Durchblicken der untenstehenden Tabelle hervor, wo diejenigen Familien, deren sämtliche oder doch meisten Repräsentanten der betreffenden Kategorie angehören, durch gesperrten Druck hervorgehoben sind, während ein gewöhnlicher Druck besagt, dass die Repräsentanten der Familie sich mehr oder weniger gleichmässig auf mehrere Kategorien vertheilen.

#### Sexualorgane ungeschützt, Pollen widerstandsfähig.

|                |                   |                 |
|----------------|-------------------|-----------------|
| Sambucineae,   | Gentianaceae,     | Plantaginaceae, |
| Cinchonaceae,  | Scrophulariaceae, | Diapensiaceae,  |
| Campanulaceae, | Boraginaceae,     | Ericaceae,      |
| Lobeliaceae,   | Primulaceae,      | Araliaceae,     |

|                 |                   |                  |
|-----------------|-------------------|------------------|
| Cornaceae,      | Ampelidaceae,     | Cannabineae,     |
| Haloragidaceae, | Celastraceae,     | Urticaceae,      |
| Onagrariaceae,  | Sapindaceae,      | Ulmaceae,        |
| Myrtaceae,      | Ternströmiaceae,  | Cupuliferae,     |
| Melastomaceae,  | Zygophylleae,     | Corylaceae,      |
| Lythraceae,     | Rutaceae,         | Betulaceae,      |
| Loasaceae,      | Euphorbiaceae,    | Salicaceae,      |
| Pomaceae,       | Droseraceae (Par- | Amaryllidaceae,  |
| Drupaceae,      | nassia),          | Convallariaceae, |
| Rosaceae,       | Nymphaeaceae,     | Liliaceae,       |
| Datisceae,      | Ranunculaceae,    | Melanthaceae,    |
| Francoaceae,    | Caryophylleae,    | Cyperaceae,      |
| Hydrangeaceae,  | Polygonaceae,     | Juncaceae,       |
| Ribesiaceae,    | Piperaceae,       | Typhaceae,       |
| Saxifragaceae,  | Amaranthaceae,    | Helobieae.       |
| Aquifoliaceae,  | Chenopodiaceae,   |                  |

**Sexualorgane geschützt, Pollen empfindlich.**

|                   |                |                  |
|-------------------|----------------|------------------|
| Apocynaceae,      | Onagrariaceae, | Ranunculaceae,   |
| Lentibulariaceae, | Pomaceae,      | Papilionaceae,   |
| Scrophulariaceae, | Rosaceae,      | Polygonaceae,    |
| Labiatae,         | Polygalaceae,  | Iridaceae,       |
| Acanthaceae,      | Balsaminaceae, | Amaryllidaceae,  |
| Boraginaceae,     | Geraniaceae,   | Convallariaceae, |
| Polemoniaceae,    | Oxalidaceae,   | Liliaceae.       |
| Primulaceae,      | Tiliaceae,     |                  |

**Sexualorgane ungeschützt, Pollen empfindlich.**

|                |                 |                   |
|----------------|-----------------|-------------------|
| Compositae,    | Plumbaginaceae, | Liliaceae,        |
| Dipsacae,      | Solanaceae,     | Gramineae,        |
| Galiaceae,     | Umbelliferae,   | Cyperaceae,       |
| Valerianaceae, | Aceraceae,      | (Campanulaceae?). |
| Labiatae,      | Onagrariaceae,  |                   |
| Acanthaceae,   | Rosaceae,       |                   |

**Sexualorgane geschützt, Pollen widerstandsfähig.**

|                                 |            |                |
|---------------------------------|------------|----------------|
| Gesneraceae,                    | Ericaceae, | Berberideae,   |
| Solanaceae (Nicot.<br>affinis), | Violaceae, | Papilionaceae. |

Aus der Tabelle ist ersichtlich, dass die weitaus grösste Gruppe von solchen Pflanzen gebildet wird, welche ungeschützte Sexualorgane und widerstandsfähigen Pollen besitzen: diese vertheilen sich auf 55 von den etwa 80 untersuchten Familien und sind auch in Bezug auf die Anzahl der Arten durchaus dominirend. Die nächst grösste Gruppe umfasst Pflanzen mit geschützten Sexualorganen und empfindlichen Pollen; diese Gruppe beherbergt Repräsentanten aus 23 Familien und würde demgemäss ungefähr halb so gross sein wie die erste; in der Wirklichkeit dürfte sie aber noch kleiner sein. Die Arten der dritten Gruppe, welche ungeschützte Sexualorgane und empfindlichen Pollen besitzen, vertheilen sich auf 15 Familien, von denen einige sehr gross sind. Diese Gruppe wird im nächsten Abschnitte etwas ausführlicher besprochen werden.

Die vierte Gruppe — Pflanzen mit gegen Regen geschützten Sexualorganen und widerstandsfähigem Pollen — zählt in unserer kalttemperirten Zone verhältnissmässig wenige Repräsentanten. Es sind hauptsächlich Bewohner feuchter Standorte, wie die Viola-ceen und die alpinen Ericaceen. In den feuchten Tropenwäldern finden sich ohne Zweifel zahlreiche Repräsentanten dieser Abtheilung (cfr. die Gesneraceen, p. 252).

Im Allgemeinen besteht also in den kalttemperirten Zonen ein unverkennbarer Parallelismus zwischen Nichtgeschütztsein und Widerstandsfähigkeit des Pollens. Die Ausnahmen, welche nach verschiedenen Seiten hin thatsächlich vorhanden sind, können wenigstens zum grossen Theile auf Extreme der relativen Luftfeuchtigkeit zurückgeführt werden. Durch solche Extreme können die Verhältnisse mehr oder weniger verschoben werden, und es erscheint gar nicht ausgeschlossen, dass in Gegenden mit sehr feuchtem oder sehr trockenem Klima der hier abgehandelte Parallelismus in den Hintergrund gedrängt oder sogar völlig unterdrückt werden kann.

#### Capitel IV.

#### **In welcher Weise werden die aus der Empfindlichkeit des Pollens gegen Nässe erwachsenden Nachtheile bei Pflanzen mit exponirten Sexualorganen compensirt?**

Ein bestimmtes Interesse knüpft sich an diejenigen Pflanzen, deren Sexualorgane den atmosphärischen Niederschlägen preisgegeben sind, und die trotzdem einen gegen Nässe mehr oder

weniger empfindlichen Pollen erzeugen. Es sind, wie schon mehrfach hervorgehoben, hauptsächlich Bewohner trockener, sonniger Standorte, doch gehören zu dieser Kategorie auch eine Anzahl Pflanzen, welche vorwiegend an feuchten oder sumpfigen Orten auftreten, wie z. B. manche Valerianaceen und Umbelliferen. Aber auch bei diesen Pflanzen dürften wenigstens in vielen Fällen die Blüten sich in einer relativ trockenen Luft befinden, weil die Laubblätter meistens grundständig sind und die Inflorescenzen sich an hohen, zerstreut beblätterten Stengeln weit über den Boden erheben<sup>1)</sup>. Allerdings findet man auch in dieser Kategorie echte Waldpflanzen, diese bilden aber seltene Ausnahmen.

Es fragt sich nun, wie wird bei diesen Pflanzen der durch die Empfindlichkeit des Pollens gegen Nässe entstehende Nachtheil compensirt? Ohne Zweifel kann dies auf verschiedenen Wegen geschehen, in den meisten Fällen scheint aber die betreffende Compensation in einer Weise zu Stande zu kommen, die am besten durch ein concretes Beispiel klargelegt wird.

Betrachten wir z. B. *Primula Auricula* und *Statice rariflora*. Beide Pflanzen haben ungeschützte Sexualorgane, allein der *Primula*-Pollen ist völlig widerstandsfähig, der *Statice*-Pollen sehr empfindlich gegen Nässe. Dieser Nachtheil wird nun bei der *Statice*-Art in der Weise compensirt, dass in jeder Einzelblüthe die Anzahl der Samenknospen reducirt wird, während gleichzeitig die Anzahl der Blüten sich erhöht. Jede Blüthe der *Statice* besitzt nur eine einzige Samenanlage, die *Primula*-Blüthe dagegen eine sehr grosse Anzahl Samenknospen; und da in beiden Blüten die Anzahl der Staubfäden gleich gross ist, leuchtet es ohne Weiteres ein, dass für jedes zu befruchtende *Statice*-Ei eine viel grössere Anzahl Pollenkörner disponibel wird, wie es bei der *Primula* der Fall ist. Angenommen, ein Fruchtknoten der *Primula* besitze 50 Samenanlagen (was bei den Primeln oft der Fall ist), so hat jede zu befruchtende Eizelle auf den Pollen des zehnten Theils einer Anthere zu rechnen; bei der *Statice* kommt dagegen auf jede Eizelle der Pollen von fünf Antheren, also ungefähr die 50fache Pollenmenge, vorausgesetzt, dass die Antheren eine annähernd

---

1) Einen Gegensatz hierzu bilden z. B. die Sambucineen (*Sambucus* und *Viburnum*), deren Blüten sich in der unmittelbaren Nähe des dichten, ausgiebig transpirirenden Laubes befinden; bei diesen ist der Pollen meistens sehr widerstandsfähig gegen Nässe.

gleiche Anzahl Pollenkörner enthalten<sup>1)</sup>. Es tritt auf diese Weise bei den ungeschützten Formen eine Vermehrung des Pollens ein, die um so wirksamer sein muss, als der Pollen auf viele, zu verschiedenen Zeiten aufgehende Blüten vertheilt wird. Es erscheint nicht ausgeschlossen, sondern sogar wahrscheinlich, dass die Vertheilung der Samenanlagen auf viele Einzelblüthen eine ebenso wichtige Rolle spielt wie die quantitative Zunahme des Pollens. Durch die vermehrte Anzahl der Blüten wird natürlich auch die Totalsumme der Samenanlagen — trotz der in jeder Einzelblüthe stattfindenden Reduction der Eieranzahl — auf der nöthigen Höhe gehalten.

Bei näherer Umschau stellt es sich heraus, dass analoge Verhältnisse bei fast allen dieser Kategorie angehörigen Pflanzen vorhanden sind. Unter den Sympetalen haben die Compositen und die Dipsaceen sehr reichblühende Inflorescenzen und eineiige Blüten mit 5—4 Staubfäden, welche reichlich Pollen produciren. Die Valerianaceen besitzen reich verzweigte Blütenstände und eineiige Blüten<sup>2)</sup>, in denen allerdings die Anzahl der Staubfäden meistens auf drei herabgesunken ist. Die Galiaceen besitzen zwei-eiige Blüten mit 4—5 Staubfäden; sie bilden einen bemerkenswerthen Contrast zu den tropischen Cinchonaceen (mit widerstandsfähigem Pollen), deren Blüten ebenfalls fünf Staubfäden, aber zahlreiche Eier besitzen; auch ist die Anzahl der Blüten bei den Cinchonaceen im Vergleich zu den Galiaceen ziemlich gering. Die Labiaten, welche zum grossen Theile auch dieser Kategorie angehören, erzeugen zahlreiche viereiige Blüten und vier Staubfäden; sie bilden ebenso wie die Acanthaceen (mit wenigen Samen) einen scharfen Gegensatz zu den Gesneraceen, deren nicht besonders zahlreiche Blüten äusserst zahlreiche Samenanlagen beherbergen.

Unter den Choripetalen zeichnen sich besonders die Umbelliferen durch ungeschützte Sexualorgane und empfindlichen Pollen aus; ihre in reichblühenden, stark verzweigten Inflorescenzen angeordneten Blüten besitzen fünf Staubfäden, aber nur zwei Samenanlagen. Unter den Rosaceen besitzen die *Rosa*-, *Rubus*- und

1) Nach einfacher Abschätzung enthalten allerdings die Antheren der *Staticae* eine geringere Anzahl Pollenkörner wie die der *Primula*, doch sind die Differenzen ange nicht so gross, dass der im Text besprochene Unterschied ausgeglichen würde.

2) Bekanntlich besitzt der dreifächerige Fruchtknoten der Valerianaceen nur ein fertiles Fach (mit einer Samenanlage).

*Spiraea*-Arten ungeschützte Sexualorgane und sehr widerstandsfähige Pollenkörner; ihre Blüten behausen zahlreiche (40—50) Samenanlagen. Bei den *Agrimonia*- und *Sanguisorba*-Arten, deren Sexualorgane ebenfalls exponirt, deren Pollenkörner aber empfindlich sind, ist die Anzahl der Samenanlagen in jeder Blüte auf zwei herabgesunken, während die Staubfäden zahlreich geblieben sind; die Zahl der Einzelblüthen ist auch hier sehr gross.

---

Ganz analoge Verhältnisse finden wir auch bei den Monokotylen, und zwar besonders deutlich unter den Liliaceen. Hier springt der Gegensatz sehr scharf in die Augen, wenn wir einerseits die *Lilium*-Arten, andererseits die *Asphodelus*- und *Eremurus*-Arten miteinander vergleichen. Diejenigen *Lilium*-Arten, deren Sexualorgane exponirt sind, besitzen einen sehr widerstandsfähigen Pollen; die Pflanze bringt nur eine sehr beschränkte Anzahl Blüten hervor, allein jede Blüte erzeugt Hunderte von Samen. Die *Asphodelus*-Arten (mit ungeschützten Sexualorganen und empfindlichem Pollen) produciren äusserst zahlreiche Blüten, die in langen, ährenförmigen Inflorescenzen angeordnet sind, aber in jeder Blüte finden sich nur sechs Samenanlagen. Die *Lilium*-Arten sind meistens Waldbewohner, die *Asphodelus*-Arten kommen hauptsächlich an sonnigen, trockenen Standorten vor; es ist genau derselbe Gegensatz, wie der eingangs erwähnte zwischen *Primula* und *Statice*.

Auch die Gramineen haben ungeschützte Sexualorgane und meistens einen empfindlichen Pollen. Ihre zahlreichen, gewöhnlich in stark zusammengesetzten Inflorescenzen angeordneten Blüten sind eineiig und besitzen drei Staubfäden, welche reichlich Pollen produciren. Aehnliches gilt auch von denjenigen Cyperaceen, welche einen empfindlichen Pollen erzeugen.

Die jetzt abgehandelten Familien bzw. Arten stellen gerade das Hauptcontingent derjenigen Pflanzen dar, welche durch ungeschützte Sexualorgane und empfindlichen Pollen ausgezeichnet sind. Nach meinem Dafürhalten kann es gar nicht bezweifelt werden, dass zwischen dem erwähnten Verhältnisse der Blütenarchitektonik und dem Verhalten des Pollens bei Befuchtung eine Beziehung besteht, so dass wir berechtigt sind zu der Auffassung, dass die Nachtheile, welche den ungeschützten Pflanzen aus der Empfindlichkeit des Pollens erwachsen, durch Reduction der Samenanlagen und Vermehrung der Einzelblüthen ausgeglichen werden.

Damit ist natürlich nicht gesagt, dass diese Strukturverhältnisse etwa als Anpassungen in Folge der bei Trockenheit sich einstellenden Empfindlichkeit des Pollens hervorgerufen seien; im Gegenteil wäre es ja ebenso gut denkbar, dass die erwähnten Veränderungen in der Blütenarchitektur solche Bedingungen geschaffen hätten, unter welchen sich ein gegen Nässe empfindlicher Pollen entwickeln könnte. Indessen halte ich es einstweilen für zwecklos, auf derartige Speculationen einzugehen.

Ein bestimmtes Interesse erhalten aber in diesem Zusammenhange einige Beobachtungen von Haacke, welche dieser Forscher, allerdings in ganz anderen Absichten, an *Campanula glomerata* angestellt hat<sup>1)</sup>. Haacke fand nämlich, dass die Fruchtblätter dieser Art, deren Anzahl typischer Weise drei beträgt, an trockenen Standorten eine bestimmte Tendenz zeigen, auf zwei herunter zu sinken. An einem von Kiefern beschatteten Waldweg zählte Haacke unter 356 untersuchten Blüten:

$$315 = 88,48 \% \text{ mit } 3 \text{ Narben}^2),$$

$$40 = 11,24 \text{ „ „ } 2 \text{ „}$$

$$1 = 0,28 \text{ „ „ } 4 \text{ „}$$

Auf einem trockeneren Standorte wurden 326 Blüten auf ihre Narbenanzahl untersucht und dabei gefunden:

$$237 = 72,7 \% \text{ mit } 3 \text{ Narben,}$$

$$89 = 27,3 \text{ „ „ } 2 \text{ „}$$

$$0 = 0 \text{ „ „ } 4 \text{ „}$$

Auf einem anderen, ebenfalls sehr trockenen Standorte, fanden sich unter 386 untersuchten Blüten:

$$274 = 70,98 \% \text{ mit } 3 \text{ Narben,}$$

$$110 = 28,5 \text{ „ „ } 2 \text{ „}$$

$$2 = 0,52 \text{ „ „ } 4 \text{ „}$$

Auf einem exquisit trockenen Local fanden sich unter 800 untersuchten Blüten:

$$490 = 61,25 \% \text{ mit } 3 \text{ Narben,}$$

$$310 = 38,75 \text{ „ „ } 2 \text{ „}$$

$$0 = 0 \text{ „ „ } 4 \text{ „}$$

1) Haacke, Entwicklungsmechanische Untersuchungen. I. Ueber numerische Variation typischer Organe und correlative Mosaikarbeit. Biologisches Centralbl., XVI. Bd., No. 13, p. 482—83.

2) Bei *Campanula glomerata* fällt die Anzahl der Narben mit der Anzahl der Fruchtblätter zusammen.

Ein aussergewöhnlich starkes Exemplar dieser Collection, mit dicht gedrängten Blütenständen und einem unterhalb der Blütenregion noch 5 mm dicken Stamm, hatte unter 54 Blüten:

|    |   |         |     |   |         |
|----|---|---------|-----|---|---------|
| 13 | = | 24,07 % | mit | 3 | Narben, |
| 41 | = | 75,93   | „   | „ | 2       |
| 0  | = | 0       | „   | „ | 4       |

Diese von Haacke aufgedeckten Thatsachen<sup>1)</sup> beweisen unzweideutig, dass trockene Umgebung bei *Campanula glomerata* eine numerische Reduction der Fruchtblätter hervorruft. Ueber die Anzahl der Samenanlagen in den verschiedenen Blüten macht Haacke keine Angaben, doch kann es kaum bezweifelt werden, dass in den zweinarbigen Blüten eine geringere Anzahl Samenanlagen vorhanden sind wie in den dreinarbigen. Wir hätten also hier das Anfangsstadium einer derartigen Reduction, die bei den Dipsaceen und Compositen völlig durchgeführt ist, und es scheint mir von ganz besonderem Interesse, dass diese Reduction gerade an einem aussergewöhnlich kräftigen Exemplar der *Campanula* am weitesten fortgeschritten ist. Fortgesetzte und eingehende Untersuchungen auf diesem Gebiete werden ohne Zweifel interessante Perspektiven öffnen.

Inwiefern eine Compensation im jetzt abgehandelten Sinne auch auf anderen Wegen zu Stande kommt, lässt sich einstweilen schwer überblicken. In erster Linie wäre ja an eine Compensation durch vegetative Fortpflanzung zu denken, allein es ist dabei nicht zu vergessen, dass gerade Trockenheit zu denjenigen Factoren gehört, welche im Allgemeinen die Blütenbildung begünstigen und die vegetative Fortpflanzung unterdrücken. Kerner giebt von *Epilobium angustifolium* an<sup>2)</sup>, dass während die an sonnigen Plätzen „reichlich blühenden Stöcke nur wenige kurze Ausläufer bilden, entstehen aus den in Schatten gestellten blüthenlosen Stöcken lange unterirdische Sprosse, die als Ausläufer weit und breit herumkriechen und dem Bereich des Schattens zu entgehen suchen.“

1) Mit den von Haacke gemachten Schlussfolgerungen kann ich nicht einverstanden sein.

2) Pflanzenleben, Bd. 2, p. 408. Vergl. auch besonders Goebel, Organographie der Pflanzen, I. Theil, p. 182 ff., wo mehrere interessante Correlationen zwischen geschlechtlicher und vegetativer Fortpflanzung angeführt werden.

Die genannte *Epilobium*-Art besitzt ungeschützte Sexualorgane und sehr empfindlichen Pollen; es erscheint keineswegs ausgeschlossen, dass in regenreichen Sommern, wo die Samenbildung nothwendiger Weise etwas geringer ausfallen muss wie in regenarmen Sommern, die vegetative Fortpflanzung ergänzend eingreift. Ebenso wäre in diesem Zusammenhange z. B. an *Hemerocallis fulva* zu denken. Diese Pflanze gedeiht im botanischen Garten zu Lund sehr üppig, blüht reichlich, erzeugt aber niemals oder doch nur ausnahmsweise Samen; da die Sexualorgane schlecht geschützt und die Pollenkörner von Feuchtigkeit stark beschädigt werden, ist es naheliegend, an eine durch die atmosphärischen Niederschläge bewirkte Vereitelung der Befruchtung zu denken, die aber vielleicht durch vegetative Vermehrung ausgeglichen wird.

Während die jetzt erwähnten Beispiele nur hypothetischer Art sind, scheint wirklich in einem bestimmten Falle eine Compensation durch vegetative Vermehrung stattzufinden. Dieser Fall betrifft die schwarzfrüchtigen Brombeerarten. Die Sexualorgane dieser Pflanzen sind durchgängig ungeschützt, allein der Pollen besitzt innerhalb der verschiedenen Gruppen eine ungleiche Widerstandsfähigkeit gegen Befeuchtung. Die hochwüchsigen Arten aus den Gruppen *Suberecti*, *Rhamnifolii*, *Candicantes* und *Villicaulis* (*R. plicatus*, *sulcatus*, *nitidus*, *thyrsanthus*, *villicaulis* u. s. w.) besitzen einen sehr widerstandsfähigen, in dest. H<sub>2</sub>O ausgezeichnet keimenden Pollen. Einige von diesen Arten vermehren sich (durch einwurzelnde Sprösslingsspitzen) bis zu einem gewissen Grade auf vegetativem Wege, da sie aber reichlich fruchten und die Samen immer grosse Keimfähigkeit besitzen, spielt die Verbreitung durch Samen bei diesen Arten jedenfalls eine hervorragende Rolle. Wesentlich anders verhalten sich *Rubus caesius* und die mit diesem nahe verwandten, von manchen Batologen als *Caesius*-Bastarde aufgefassten *Rubi corylifolii*. Die Fruchtbarkeit ist bei diesen Arten selten normal, was wenigstens bei *Rubus caesius* nicht auf hybride Abstammung zurückgeführt werden kann. Dagegen lässt sich leicht constatiren, dass der Pollen von *R. caesius* gegen Nässe empfindlich ist, so dass die meisten Körner bei Befeuchtung rasch zu Grunde gehen, und Aehnliches gilt auch von manchen *Corylifolii*, wie *R. nemoralis* F. Aresch., *R. Kielonensis* u. s. w.<sup>1)</sup> Unter solchen

1) Dies erklärt eine von mir öfters gemachte Beobachtung, dass nämlich manche *Corylifolii*, deren Fruchtbarkeit meistens ziemlich schlecht ausfällt, sehr gut

Umständen ist es leicht erklärlich, dass die Fruchtbildung in den völlig ungeschützten Blüten öfters schlecht ausfällt, allein gerade diese Rubi und ganz besonders *R. caesius* zeichnen sich durch eine enorme Vermehrung auf vegetativem Wege aus<sup>1)</sup>. Auch hier ist es natürlich sehr schwer anzugeben, was Ursache und was Wirkung ist; dass aber die durch die Empfindlichkeit des Pollens bewirkte Herabsetzung der Samenbildung und die Steigerung der vegetativen Vermehrung zu einander in Beziehung stehen, scheint mir sehr wahrscheinlich.

Schliesslich könnte man sich vielleicht vorstellen, dass empfindliche Pollenkörner durch sehr rasche Keimung sich den Gefahren eines plötzlichen Regengusses entziehen könnten. Inwiefern eine gesteigerte Keimungsgeschwindigkeit hier in Betracht kommen kann, lässt sich zur Zeit nicht entscheiden, da zielbewusste Beobachtungen über diesen Gegenstand nicht vorliegen. Von Interesse ist, dass nach den Angaben von Elfving die Pollenkörner der Gramineen aussergewöhnlich rasch keimen (schon in einer halben Stunde erfolgt auf der Narbe Schlauchbildung), was besonders vortheilhaft erscheint, da die Sexualorgane der Gräser völlig ungeschützt und die Pollenkörner gegen Nässe sehr empfindlich sind. In analoger Weise verhalten sich z. B. die Pollenkörner des ungeschützten *Epilobium angustifolium*; in 5 % Zuckerlösung trieben diese fast momentan Schläuche. Vielleicht werden ausgedehnte Untersuchungen über die Keimungsgeschwindigkeit auf der Narbe interessante Beziehungen an den Tag bringen; die in der Literatur zerstreut vorhandenen Angaben beziehen sich durchgängig auf die Keimungsgeschwindigkeit in künstlichen Nährlösungen und lassen sich deshalb für unsere Zwecke nicht verwerthen.

Ich kann diesen Abschnitt nicht beschliessen, ohne meinem Bedauern Ausdruck zu geben, dass äussere Gründe mich verhindert haben, diese Untersuchungen auf grössere Gebiete auszudehnen. Fortgesetzte und besonders in anderen Zonen ausgeführte Unter-

fruchten, wenn ihre Blüten durch überhängendes Laub von Hasel, Flieder oder anderen Sträuchern bzw. Bäumen gegen Regen geschützt sind. — Einige Corylifolii, wie z. B. der über einen grossen Theil Deutschlands verbreitete *R. polycarpus* G. Braun, besitzen einen gegen Nässe widerstandsfähigen Pollen und fruchten sehr gut.

1) Vergl. Focke, Synopsis Ruborum Germaniae, p. 408.

suchungen werden auf diesem Gebiete der Pollenbiologie ohne Zweifel viele interessante Thatsachen an's Licht bringen. Vor Allem die Tropen lassen in dieser Hinsicht Manches erwarten, dessen Erforschung ich aber den beneidenswerthen Tropenbesuchern überlassen muss.

## Capitel V.

### Specielle Belege.

#### Monokotyledones.

**Juncaceae.** Sämmtliche untersuchten Juncaceen sind anemophil und besitzen völlig exponirte Sexualorgane.

*Juncus articulatus* (feuchte Wiese bei Lund). Der Pollen keimt gut in dest.  $H_2O$ , doch treibt jede Tetrade gewöhnlich nur einen Schlauch. Kein Platzen.

*J. trifidus* (Jemtland: Storlien). Der Pollen ist schlecht ausgebildet, von den normalen Tetraden trieben 30—40 % je einen Schlauch.

*J. castaneus* (Norwegen: Rörås) und *J. biglumis* (Norwegen: Meraker). Der Pollen ist gegen Nässe resistent, keimt aber nicht in dest.  $H_2O$ .

*Luzula campestris* [H. B. L.]<sup>1)</sup>. Pollen resistent, keimt sporadisch in dest.  $H_2O$ .

**Cyperaceae.** Durchgängig anemophile Formen mit exponirten Sexualorganen.

*Carex acuta* (H. B. L., feuchter Standort). Der Pollen in dest.  $H_2O$  resistent, nach 3 Stunden 70—80 % gut entwickelte Schläuche.

*C. aquatilis* (H. B. L.), *C. foetida* (H. B. L.) und *C. vaginata* (Jemtl.: Åre), alle aus feuchten Standorten, führen einen gegen Nässe resistenten, in dest.  $H_2O$  aber nur sporadisch keimenden Pollen.

*C. glauca* (Lund, trockener Standort). Der Pollen ist gegen Nässe sehr empfindlich und keimt nicht in  $H_2O$ .

*Eriophorum angustifolium* (Jemtl.: Åre). Der Pollen ist meistens gegen Nässe ziemlich empfindlich, so dass nach 7 Stunden die Mehrzahl der Körner abgestorben sind. 5—10 % Keimungen.

1) H. B. L. = Hortus Botanicus Lundensis

*Scirpus caespitosus* (Jemtl.: Storlien). Pollen resistent, in dest. H<sub>2</sub>O viele Keimungen.

**Gramineae.** Anemophile Formen mit exponirten Sexualorganen.

Der Pollen der untersuchten Gramineen zeigt die Eigenthümlichkeit, dass er unter keinen Umständen in künstlichen Nährlösungen zum Keimen gebracht werden kann<sup>1)</sup>. Bezüglich der Resistenzfähigkeit des Pollens gegen Nässe gilt es als allgemeine Regel, dass die Gramineen einen in dieser Hinsicht ziemlich empfindlichen Blütenstaub besitzen, was wohl theils durch die reichliche Pollenbildung, theils möglicherweise durch schnelle Keimung compensirt wird. Eine Beeinflussung der Resistenzfähigkeit von Seiten der Luftfeuchtigkeit lässt sich insofern constatiren, als Formen von feuchten Standorten einen gegen Nässe weniger empfindlichen Pollen führen.

*Zea Mays* (H. B. L.). Die bei einer anemophilen Pflanze ungewöhnlich grossen Pollenkörner gehen in dest. H<sub>2</sub>O ziemlich schnell zu Grunde.

*Festuca rubra*, *F. ovina*, *Poa pratensis*, *Bromus erectus*, *Dactylis glomerata*, *Koeleria glauca*, *Avena elatior*, *Corynephorus canescens*, *Psamma arenaria*, *Elymus arenarius* (sämmtliche Arten aus relativ trockenen Standorten in Schonen) besitzen einen gegen Nässe empfindlichen Pollen, der ziemlich schnell in dest. H<sub>2</sub>O zu Grunde geht.

Etwas resistenter, aber doch ziemlich empfindlich zeigte sich der Pollen von *Milium effusum* (feuchter Buchenwald in Schonen), *Glyceria fluitans*, *G. distans* und *Hierochloa borealis* (an feuchten Ufern).

**Colchicaceae.** *Merendera sobolifera* (H. B. L.). Sexualorgane plötzlichen Regengüssen exponirt. — Die meisten Körner scheinen steril zu sein, die fertilen treiben in dest. H<sub>2</sub>O schöne Schläuche.

Mit *Merendera* stimmt *Bulbocodium vernum* (H. B. L.) völlig überein.

*Zygadenus glaberrimus*. Sexualorgane exponirt. Der Pollen in dest. H<sub>2</sub>O völlig resistent; ausgiebige Schlauchbildung.

1) Es wurden für die Versuche verschiedene Zuckerarten (Rohrzucker, Milchsucker, Traubenzucker, Fruchtzucker, Inulin, Galactose u. s. w.) mit und ohne Zusatz von Säuren (Apfelsäure, Weinsäure, Citronensäure) benutzt. Vergl. Elfving, l. c., p. 16.

*Narthecium ossifragum* (feuchte Haide bei Engelholm, Schonen). Sexualorgane exponirt. In den meisten Kulturen sehr schöne Keimung (100% Schläuche), in anderen dagegen keine Schlauchbildung.

*Tofieldia borealis* (Jemtl.: Storlien; Norw.: Meraker, Rörås). Sexualorgane exponirt. Der Pollen keimt in dest. H<sub>2</sub>O in der Regel sehr schön (50—90%); einige Exemplare, die auf sehr trockenem Boden bei Rörås gesammelt waren, besaßen indessen einen Pollen, der in dest. H<sub>2</sub>O keinen einzigen Schlauch trieb.

**Liliaceae.** *Tulipa Gesneriana* (Jenaer Bot. Gart.; H. B. L.). Sexualorgane exponirt. In dest. H<sub>2</sub>O bleibt der Pollen Tage lang lebend und treibt meistens sehr gut ausgebildete Schläuche.

*Gagea lutea* (H. B. L.). Sexualorgane exponirt. In dest. H<sub>2</sub>O schöne Keimung, keine Platzung. Ueber die verschiedene Widerstandsfähigkeit in Folge wechselnder Luftfeuchtigkeit vergl. p. 245.

*G. stenopetala* (H. B. L.), *G. minima* und *G. spathacea* (feuchte Buchenwälder aus der Umgebung Lund's) stimmen in Bezug auf Pollenschutz und Widerstandsfähigkeit völlig mit *G. lutea* überein.

*Fritillaria Meleagris* (H. B. L.). Sexualorgane gut geschützt innerhalb der nickenden glockenförmigen Blüten. In dest. H<sub>2</sub>O platzt eine beträchtliche Anzahl Körner während der ersten 5 Minuten; in der so entstandenen Zuckerlösung keimen ca. 20%.

Wie *Frit. Meleagris* verhalten sich auch *F. pyrenaica* (H. B. L.) und eine nicht näher bestimmte gelbblühende *Fritillaria*-Art (H. B. L.).

*Lilium Martagon* (H. B. L.). Die Blüten dieser Art sind bekanntlich nickend, allein durch die starke Aufrollung der Perigonblätter werden die Sexualorgane, besonders bei windigem Wetter, den Regengüssen exponirt. — Der Pollen ist durchweg resistent und treibt in dest. H<sub>2</sub>O rasch schön ausgebildete Schläuche, die in diesem Medium noch nach 20 Stunden lebendig sind.

*L. tauricum* (H. B. L.) und *L. maculatum*, beide mit aufrechten, glockenförmigen Blüten (exponirte Sexualorgane), besitzen ebenfalls einen sehr resistenten in dest. H<sub>2</sub>O schön keimenden Pollen.

*Ornithogalum nutans* (H. B. L.). Sexualorgane geschützt innerhalb der nickenden Blüten. Die Körner gehen in dest. H<sub>2</sub>O, ohne zu keimen, schnell zu Grunde.

*Ornith. sulphureum*. Blüten auch bei regnerischem Wetter aufrecht; Sexualorgane exponirt. Der Pollen keimt nicht in dest. H<sub>2</sub>O, bleibt aber im Wasser während der ersten Stunde anscheinend völlig unbeschädigt.

*Eucomis punctata* (Gew.-Haus zu Lund). Sexualorgane völlig exponirt. Der Pollen bleibt in dest. H<sub>2</sub>O Stunden lang völlig unbeschädigt, aber meistens treibt [nur eine Minderzahl gut ausgebildete Schläuche.

*Hyacinthus candidus* (H. B. L.). Sexualorgane in den nickenden glockenförmigen Blüten gut geschützt. Der Pollen geht, ohne zu keimen, in dest. Wasser rasch zu Grunde.

*Muscari ramosum* (H. B. L.). Sexualorgane sehr gut geschützt. Pollen sehr empfindlich, in dest. H<sub>2</sub>O rasch zu Grunde gehend.

*M. botryoides* (H. B. L.). Wie die vorige Art.

*Allium*. Die Sexualorgane der *Allium*-Arten sind meistens exponirt und der Pollen im Allgemeinen gegen Nässe ziemlich resistent. Die grösste Widerstandsfähigkeit findet man bei dem Pollen der an feuchten schattigen Orten wachsenden Arten, wie z. B. *A. ursinum* (30% keimende Körner), während die an trockenen Localitäten auftretenden Arten (*A. arenarium*, *A. montanum* u. s. w.) einen bedeutend empfindlicheren Pollen besitzen.

*Asphodelus albus* (H. B. L.). Sexualorgane gänzlich ungeschützt. Der Pollen ist gegen Nässe sehr empfindlich und geht, ohne zu keimen, in dest. H<sub>2</sub>O rasch zu Grunde.

Ganz wie *Asphod. albus* verhalten sich auch *A. tauricus* und *Eremurus spectabilis* (H. B. L.).

Ueber andere Liliaceen vergl.: Zur Biol. des Poll. p. 15.

**Convallariaceae.** *Convallaria majalis* (H. B. L.). Sexualorgane geschützt. Von den Pollenkörnern platzen in dest. H<sub>2</sub>O eine beträchtliche Anzahl sofort; nach 3 Stunden meistens 20% gekeimte Körner, die übrigen sind abgestorben.

In ganz derselben Weise wie *C. majalis* verhalten sich *C. verticillata* und *C. Polygonatum* (H. B. L.).

*Majanthemum bifolium* (Norw.: Meraker, trockener Waldboden). Sexualorgane exponirt. Von den Pollenkörnern keimen gewöhnlich 50—70%, eine Minderzahl platzt in dest. H<sub>2</sub>O.

*Paris quadrifolia* (H. B. L., Alnarp's Park) Sexualorgane ungeschützt. Pollen resistent, keimt aber nur spärlich in dest. H<sub>2</sub>O (5—10%).

*Smilacina racemosa* (H. B. L.). Sexualorgane exponirt. Der Pollen ist sehr resistent und keimt ausgezeichnet in dest. H<sub>2</sub>O.

**Amaryllideae.** *Leucojum aestivum* (H. B. L.). Die Sexualorgane sind in den nickenden glockenförmigen Blüten gegen Nässe absolut geschützt. In dest. H<sub>2</sub>O platzen die meisten Körner, nicht eine einzige Keimung wurde wahrgenommen.

*Vallota purpurea* (H. B. L.). Sexualorgane exponirt. Pollen gegen Nässe sehr resistent, in dest. H<sub>2</sub>O 80—90% schön ausgebildete Schläuche.

*Imanthophyllum miniatum*, *Haemanthus globosus* und *Haemanthus puniceus* (H. B. L.) alle mit exponirten Sexualorganen, besitzen einen gegen Nässe durchaus resistenten, in dest. H<sub>2</sub>O ausgiebig (80—90%) keimenden Pollen.

*Narcissus poeticus* und *N. Pseudonarcissus* (H. B. L.), deren Sexualorgane bei windigem, regnerischem Wetter leicht benetzt werden, besitzen einen gewöhnlich sehr widerstandsfähigen Pollen, der in dest. H<sub>2</sub>O rasch Schläuche treibt (40—50%). Bei sehr trockenem Wetter wird, wenigstens bei *N. poeticus*, die Resistenzfähigkeit merkbar herabgesetzt.

**Iridaceae.** *Iris*. Sämmtliche untersuchte *Iris*-Arten, deren Pollen durch die blattähnlichen Narben sehr gut geschützt ist, besitzen einen gegen Nässe sehr empfindlichen, in dest. H<sub>2</sub>O momentan platzenden Pollen (*I. Pseudacorus*, *I. germanica*, *I. spuria*, *I. pumila*, alle aus dem botanischen Garten zu Lund).

*Sisyrinchium Bermudianum* (H. B. L.). Sexualorgane ungeschützt. Der Pollen platzt nicht in dest. H<sub>2</sub>O, und bleibt, jedoch ohne zu keimen, in diesem Medium stundenlang lebend.

*Crocus vernus* und *C. speciosus* (H. B. L.). Die Sexualorgane sind bei den *Crocus*-Arten ziemlich gut geschützt durch die Schliessbewegungen der Perigonblätter, welche hier bedeutend schneller eintreten als z. B. bei *Colchicum*. In dest. H<sub>2</sub>O geht der Pollen, ohne zu keimen, ziemlich rasch zu Grunde.

**Orchidaceae.** *Listera ovata* (feuchter Wald bei Alnarp). Die Sexualorgane sind bei dieser Art ziemlich exponirt. Der Pollen ist sehr resistent und keimt vorzüglich in dest. H<sub>2</sub>O.

## Dikotyledones.

**Salicaceae.** Die Sexualorgane der Weiden und der Pappeln sind den atmosphärischen Niederschlägen stark exponirt, besonders da die meisten Arten feuchte Localitäten bevorzugen.

*Salix alba*, *S. fragilis*, *S. viminalis*, *S. aurita*, *S. caprea*, *S. cinerea*, *S. repens* (alle aus der Umgebung von Lund) besitzen einen gegen Nässe sehr resistenten, in dest. H<sub>2</sub>O äusserst schnell und ausgiebig keimenden Pollen.

*S. Lapponum* (Jemtland: Åre). Der Pollen schien schon vor dem Einlegen in die Kulturflüssigkeit (wahrscheinlich in Folge des herrschenden rauhen Wetters: bei Åre am 23. Juni, 6 Uhr Nachm. + 3° C.) etwas beschädigt zu sein, indem viele Körner, die sonst normal entwickelt waren, eine tief braune Farbe angenommen hatten. Im Ganzen keimten doch ca. 25%; Platzungen fanden nicht statt.

*S. reticulata*<sup>1)</sup> (Jemtl.: Åreskutan 600—800 m). Sehr schöne Keimung (70—80%), keine Platzungen.

*S. herbacea*<sup>1)</sup> (Jemtl.: Åreskutan, 600—800 m). In 2 Stunden sehr schöne Keimung (90%).

*S. lanata* (Åre), *S. Arbuscula* (Jemtl.: Storlien), *S. hastata* (Storlien), *S. Myrsinites* (Storlien) besitzen ebenfalls einen sehr resistenten, in dest. H<sub>2</sub>O schnell und ausgiebig keimenden Pollen.

*Populus sp.* In dest. H<sub>2</sub>O ziemlich zahlreiche Keimungen, vereinzelte Platzungen.

**Betulacae.** Durchgängig anemophile Formen mit exponirten Sexualorganen.

*Alnus viridis* (H. B. L.). Ziemlich widerstandsfähig. In dest. H<sub>2</sub>O zahlreiche Keimungen.

*Betula fruticosa* (Jenaer botanischer Garten). Der aus den Antheren herausgenommene Pollen keimt nur sporadisch, der frei ausgestäubte dagegen sehr ausgiebig (90%); vereinzelte Platzungen.

*Betula nana* (Jemtl.: Åreskutan, 600 m). In dest. H<sub>2</sub>O 30% gekeimte Körner, keine oder höchstens sporadische Platzungen.

1) Auch von diesen Arten wurden nach einigen Tagen mit sehr rauhem Wetter an exponirten Stellen Sträucher gefunden, deren Pollen beschädigt waren, so dass nur ca. 10% Körner Schläuche trieben.

**Corylaceae.** Anemophile Formen mit exponirten Sexualorganen.

*Corylus Avellana* (Jenaer botanischer Garten). In dest.  $H_2O$  nach 2 Stunden deutliche Schlauchbildung, dabei aber auch vereinzelte Platzungen. Der in Lund (H. B. L.) eingesammelte Pollen keimt im Allgemeinen nicht so gut wie der Jenenser Pollen.

*Carpinus Betulus* keimt schlecht, ziemlich viele Körner platzen.

**Cupuliferae.** Anemophile Formen mit exponirten Sexualorganen.

*Castanea vesca* (H. B. A.). Der Pollen ist gegen Nässe sehr resistent, platzt nicht und treibt in dest.  $H_2O$  zahlreiche Schläuche (50%), die noch nach 20 Stunden lebendig sind.

*Quercus Robur* (H. B. L.). Der Pollen ist ziemlich resistent, treibt aber in dest.  $H_2O$  nur sporadische Schläuche.

**Ulmaceae.** *Ulmus campestris* (H. B. L.). Ungeschützt. Der Pollen bleibt in dest.  $H_2O$  während der ersten Stunde meistens unbeschädigt; sporadische Schlauchbildung.

**Urticaceae.** Sämmtliche untersuchten *Urtica*-Arten (*U. urens*, *U. dioica*, *U. pilulifera*, H. B. L.) besitzen exponirte Sexualorgane und führen einen gegen Nässe völlig resistenten Pollen, der in dest.  $H_2O$  ziemlich zahlreiche Schläuche treibt.

**Cannabineae.** *Cannabis sativa* (H. B. L.) und *Humulus Lupulus* (H. B. L.), beide anemophil mit exponirten Sexualorganen, stimmen bezüglich der Widerstandsfähigkeit des Pollens gegen Nässe im Wesentlichen mit den Urticaceen überein.

**Polygonaceae.** Die untersuchten *Rumex*-Arten (*R. crispus*, *R. obtusifolius*, *R. domesticus*, *R. maritimus*, *R. Acetosa*, *R. Acetosella*, sämmtlich aus der Umgebung Lund's) sind alle windblüthig und besitzen völlig ungeschützte Sexualorgane. Der Pollen bleibt im Wasser stundenlang unbeschädigt, keimt aber nur sporadisch.

*Oxyria digyna* (Jemtl.: Åre, Storlien, an feuchten Bachufern, Felsschluchten u. s. w.). Der Pollen bleibt in dest.  $H_2O$  stundenlang lebend und keimt ziemlich ausgiebig.

Ueber die *Polygonum*-Arten vergl.: Zur Biol. d. Poll., p. 16.

**Caryophyllaceae.** *Cerastium trigynum* (Jemtl.: Storlien, feuchte Stellen). Ungeschützt. Der Pollen bleibt in dest.  $H_2O$  Stunden lang lebend, keimt aber nicht.

*Silene acaulis* (Jemtl.: Åre, Storlien). Sexualorgane exponirt, Der Pollen bleibt grösstentheils während der ersten Stunde unbeschädigt, keimt aber nicht und platzt sporadisch.

*Melandrium silvestre* (Jemtl.: Åre, feuchte, schattige Felsenschluchten). Sexualorgane exponirt. Der Pollen gegen Nässe ziemlich resistent, in dest. H<sub>2</sub>O 20—25% Keimungen, sporadische Platzungen.

An trockenen Localitäten wachsende Caryophylleen besitzen oft einen gegen Nässe ziemlich empfindlichen Pollen, obwohl die Sexualorgane nicht oder schlecht geschützt sind (Arten von *Dianthus*, *Arenaria* u. s. w.).

Ueber andere Caryophylleen sowie über *Amarantaceae* und *Chenopodiaceae* vergl.: Zur Biol. d. Poll., p. 16—17.

**Ranunculaceae.** *Paeonia tridentata*, *P. mollis*, *P. splendens*, *P. paradoxa*, *P. officinalis* (alle aus H. B. L.), deren Sexualorgane wenigstens gegen plötzliche Regengüsse ungeschützt sind, haben einen äusserst widerstandsfähigen Pollen, der in dest. H<sub>2</sub>O sehr schnell Schläuche treibt (90—100%).

*Trollius europaeus* (Norw.: Rörås, 600—700 m). Nach Kerner<sup>1)</sup> wird der Pollen der Trollblume „niemals durch die atmosphärischen Niederschläge genetzt“, weil „die mit Pollen beladenen Antheren von den am Blütenboden entlang einer Schraubelinie angeordneten Blumenblättern förmlich eingekapselt sind“. — Bei Rörås (in Norwegen), wo diese Pflanze in grösster Ueppigkeit auftritt, findet eine solche Einkapselung der reifen Antheren nicht statt, vielmehr ist zwischen den oberen Blumenblättern immer eine Oeffnung vorhanden, durch welche einfallende Regentropfen in's Innere der Blüthen gelangen. Der Pollen ist gegen Nässe sehr resistent und treibt in dest. H<sub>2</sub>O. schön ausgebildete Schläuche (50%)<sup>2)</sup>.

*Caltha palustris* (H. B. L.; Jemtl.: Åre). Sexualorgane gänzlich ungeschützt. Der Pollen ist nicht selten reich an verkümmerten

1) Pflanzenleben, 2. Aufl., Bd. II, p. 99.

2) Natürlich ist es nicht ausgeschlossen, dass die in den Alpen wachsende Pflanze sich so verhält, wie es Kerner angiebt, d. h. dass also von dieser Pflanze zwei verschiedene Rassen vorkommen. Sollte eine derartige Verschiedenheit wirklich existiren, dürfte aber diese eher mit der Thierwelt als mit den atmosphärischen Niederschlägen in Verbindung stehen.

Körnern, die keimfähigen Körner sind aber sehr widerstandsfähig und treiben in dest. H<sub>2</sub>O lange Schläuche.

*Aquilegia*. Die meisten Arten dieser Gattung haben steil nach unten gerichtete Blumen, deren Sexualorgane von den übergewölbten Kronenblättern gut geschützt sind und deren Pollen gegen Benetzung sehr empfindlich ist (*A. pulchella*, *A. atropurpurea*, *A. glandulosa*, alle aus H. B. L.; in dest. H<sub>2</sub>O keine Keimung, nach 2 Stunden alle Körner gestorben). Andere Arten dagegen, wie *A. leptoceras*, *A. chrysantha*, *A. Skinneri* (gelbblühende Formen) richten ihre Blüten schräg oder gerade aufwärts, so dass die Sexualorgane den atmosphärischen Niederschlägen exponiert werden; der Pollen dieser Arten ist gegen Nässe sehr widerstandsfähig und treibt in dest. H<sub>2</sub>O gut ausgebildete Schläuche.

*Ranunculus*. Die Blüten der meisten *Ranunculus*-Arten sind auch bei andauernden Regen aufrecht und weit geöffnet, so dass die Sexualorgane völlig durchnässt werden. Der Pollen ist gewöhnlich sehr widerstandsfähig<sup>1)</sup>, keimt aber meistens nur schlecht in dest. H<sub>2</sub>O (*R. repens*, *R. acris*, *R. gramineus*, *R. lanuginosus*, alle aus H. B. L.; *R. aconitifolius*, Jemtl.: Åre). Der Pollen von *R. scleratus*, *R. reptans* und *R. Flammula*, die alle an sehr feuchten Localitäten in Schonen gesammelt wurden, zeigte eine beträchtliche Anzahl gekeimte Körner (dest. H<sub>2</sub>O), so auch *R. acris* von einem sehr feuchten Standorte bei Åre.

*Batrachium heterophyllum* (Teich bei Lund). Sexualorgane ungeschützt gegen plötzliche Regengüsse. Pollen sehr resistent, in dest. H<sub>2</sub>O reichliche Schlauchbildung.

*Ficaria ranunculoides* (schattige Stellen in H. B. L.). Pollenschutz wie bei *Batrachium*. Der Pollen schlecht ausgebildet, die normalen Körner keimen aber fast alle in dest. H<sub>2</sub>O.

*Anemone nemorosa* (H. B. L.). Die Blüthenschäfte der *Anemone*-Arten führen bekanntlich ombrophobe Bewegungen aus, durch welche die Sexualorgane gegen die schädlichen Wirkungen eines „Landregens“ einigermaßen geschützt sind; bei plötzlichen Regengüssen wird aber das Innere der Blumen nicht selten benetzt. Der

1) Dass der im Wasser untergetauchte, aber nicht keimende Pollen tatsächlich seine vitalen Eigenschaften noch besass, wurde bezüglich *R. acris* und *R. repens* bewiesen durch nachträglichen Zusatz von 2% Rohrzuckerlösung; die Körner trieben dann normale Schläuche.

Pollen platzt nicht in dest.  $H_2O$ ; durch Einlegen von Narbenstücken in die Kulturflüssigkeit wurde wiederholt Keimung erreicht.

*A. narcissiflora*. Wie *A. nemorosa*.

*Thalictrum*. Die im botanischen Garten zu Lund kultivirten *Thalictrum*-Arten (*Th. glaucum*, *minus*, *kemense* u. s. w., anemophile Formen mit exponirten Sexualorganen) besitzen einen sehr resistenten, aber in dest.  $H_2O$  nur sporadisch keimenden Pollen. Sehr ausgiebig (40—50%) keimt dagegen der Pollen des ebenfalls anemophilen *Th. alpinum*, das an feuchten Wiesen in den schwedischen Hochgebirgen (Åreskutan, Storlien) gesammelt wurde.

*Clematis erecta* (H. B. L.). Die Sexualorgane der aufrechten, offenen Blüten gänzlich ungeschützt. Der Pollen sehr resistent; in dest.  $H_2O$  liegende Körner trieben bei Zusatz von Rohrzucker normale Schläuche.

*Clematis cylindrica* (H. B. L.) und *Atragene alpina* (H. B. L.), beide mit geschützten Sexualorganen, besitzen einen in dest.  $H_2O$  reichlich platzenden und schnell zu Grunde gehenden Pollen.

**Berberideae.** Die untersuchten Berberideen (*Berberis vulgaris*, *B. Thunbergi*, *Epimedium alpinum*, *Mahonia aquifolia*, H. B. L.) besitzen alle (auch die geschützten Formen) einen gegen Nässe resistenten, in dest.  $H_2O$  reichlich keimenden Pollen.

Ueber *Papaveraceae* und *Fumariaceae* vergl.: Zur Biol. d. Poll., p. 18, 19.

**Cruciferae.** Ueber das Verhalten der Cruciferen sind zufällig nur wenige Beobachtungen gemacht worden. Einige an offenen, steinigen Standorten wachsenden *Draba*- und *Arabis*-Arten, deren Sexualorgane jedenfalls nicht gut geschützt sind, führen einen gegen Nässe ziemlich empfindlichen Pollen. Ziemlich resistent ist dagegen der Pollen bei der ebenfalls ungeschützten *Lunaria rediviva*, die bekanntlich vorwiegend in feuchten Wäldern vorkommt (20% Keimungen, sporadische Platzungen).

Ueber *Capparidaceae* vergl.: Zur Biol. d. Poll., p. 19.

**Droseraceae.** *Parnassia palustris* (feuchte Wiesen bei Wollsjö, Schonen). Sexualorgane exponirt. Pollen sehr resistent, in dest.  $H_2O$  gewöhnlich sehr schöne und ausgiebige Schlauchbildung.

**Violaceae.** *Viola biflora* (feuchte Wiesen bei Åre, Jemtl.). Die Sexualorgane geschützt. Von den Pollenkörnern platzen eine

erhebliche Anzahl in dest.  $H_2O$ , allein ca. 20% treiben normale Schläuche.

*Viola odorata*, *V. Riviniana*, *V. canina* (aus feuchten Localitäten in Schonen) stimmen im Wesentlichen mit *V. biflora* überein.

**Ternströmiaceae.** *Camellia japonica* (H. B. L.). Sexualorgane exponirt. Pollen sehr widerstandsfähig, in dest.  $H_2O$  rasche und ausgiebige Schlauchbildung.

Ueber andere Ternströmiaceen vergl.: Zur Biol. d. Poll., p. 20.

**Euphorbiaceae.** *Mercurialis perennis* (Buchenwald in Schonen). Anemophil, Sexualorgane exponirt. Pollen resistent, in dest.  $H_2O$  50% Keimungen.

*Homalanthus* sp. (H. B. L.). Wie *Mercurialis*.

*Xylophyllum montanum* (H. B. L.). Sexualorgane exponirt. Pollen resistent, in dest.  $H_2O$  aber keine Keimung.

Ueber andere Euphorbiaceen vergl.: Zur Biol. d. Poll., p. 21.

**Oxalidaceae.** *Oxalis Acetosella* (H. B. L.). Die Sexualorgane sind durch die bei Regenwetter schnell eintretende nickende Lage der Blüten ziemlich gut geschützt. In dest.  $H_2O$  platzen von den Pollenkörnern 10—15% sofort, die übrigen werden stark beschädigt; keine Keimung.

Wie *Oxalis* verhalten sich auch die untersuchten *Linum*-Arten (*Linum usitatissimum*, *L. flavum*).

**Geraniaceae.** *Geranium silvaticum* (Åre, Jemtl.). Die Blüten nehmen auch hier bei Regenwetter schnell eine nickende Stellung ein, so dass die Sexualorgane nur ausnahmsweise benetzt werden. Der Pollen geht in dest. Wasser unter Explosionserscheinungen zu Grunde.

Wie *G. silvaticum* verhalten sich auch die übrigen untersuchten *Geranium*-Arten (*G. phaeum*, *G. pratense*, H. B. L.).

**Balsaminaceae.** Die untersuchten *Impatiens*-Arten (*I. parviflora*, *I. cristata* und *I. glanduligera*, alle aus H. B. L.), deren Sexualorgane gut geschützt sind, besitzen einen in dest.  $H_2O$  zum grossen Theile platzenden Pollen.

**Aceraceae.** *Acer platanoides* (H. B. L.) mit ungeschützten Sexualorganen, besitzt einen gegen Nässe ziemlich empfindlichen, in dest.  $H_2O$  nur sporadisch keimenden Pollen.

**Polygalaceae.** *Polygala vulgaris* (Umgebung von Lund) und *P. latifolia* (H. B. L.), deren Sexualorgane gut geschützt sind,

besitzen einen gegen Nässe sehr empfindlichen, in dest.  $H_2O$  bald zu Grunde gehenden Pollen.

**Celastraceae.** *Evonymus verrucosus* (H. B. L.). Sexualorgane exponirt. Der Pollen bleibt in dest.  $H_2O$  mehrere Stunden unbeschädigt, keimt indessen in diesem Medium nicht; durch nachträglichen Zusatz von Rohrzucker wurde sehr ausgiebige Schlauchbildung hervorgerufen.

*E. europaeus* (H. B. L.) und *E. latifolius* (H. B. L.) stimmen völlig mit *E. verrucosus* überein.

**Aquifoliaceae.** *Ilex Aquifolium* (H. B. L.). Sexualorgane exponirt. Pollen gegen Nässe sehr resistent. Auch bei dieser Art trieben die in dest.  $H_2O$  meistens nicht keimenden Pollenkörner bei Zusatz von Rohrzucker normale Schläuche.

Ueber Crassulaceae vergl.: Zur Biol. d. Poll., p. 22.

**Saxifragaceae.** *Jamesia americana* (H. B. L.). Sexualorgane exponirt in den becherförmigen, mehr oder weniger aufwärts gerichteten Blüten. Pollen resistent, in dest.  $H_2O$  viele Keimungen.

*Saxifraga stellaris* (Jemtl.: Storlien). Sexualorgane gänzlich ungeschützt. Der Pollen ist in dest.  $H_2O$  gewöhnlich ziemlich resistent, allein die Anzahl der gekeimten Körner sehr wechselnd, ohne dass ein Einfluss äusserer Factoren mit Sicherheit constatirt werden konnte. In manchen Kulturen wurde nur sporadische Keimung constatirt, in anderen trieben 50 % der Körner schöne Schläuche. Wie *S. stellaris* verhielten sich auch *S. oppositifolia* (Åre), *S. aizoides* (Åre) und *S. rivularis* (Norw.: Rörås), die auch bezüglich der Schlauchbildung grosse individuelle Schwankungen aufwiesen. Bei einigen in H. B. L. kultivirten *Saxifraga*-Arten (*S. decipiens*, *S. palmellata*, auch mit ungeschützten Sexualorganen) wurde überhaupt keine Keimung wahrgenommen.

**Ribesiaceae.** *R. Schlechtendahlü* (H. B. L.). Die Blüten wie bei *R. rubrum*, aber die Rispen bogenförmig nach oben gerichtet, so dass die Sexualorgane mancher Blüten exponirt werden. Nach 5 Stunden 30—40 % gekeimte Körner, die übrigen unbeschädigt.

*R. divaricatum* (H. B. L.). Blüten abwärts gerichtet, aber die Staubfäden so weit aus der Blüthe hinausragend, dass sie von einfallenden Regentropfen thatsächlich benässt werden. Keimung und Resistenzfähigkeit wie bei der vorigen Art.

*R. aureum* (H. B. L.) mit exponirten, und *R. sanguineum* (H. B. L.) mit jedenfalls nicht gut geschützten Sexualorganen besitzen ebenfalls einen gegen Nässe resistenten, in dest. H<sub>2</sub>O ausgiebig keimenden Pollen.

**Hydrangeaceae.** *Hydrangea Hortensia* (H. B. L.) und *H. arborescens* (H. B. L.). Sexualorgane exponirt. Der Pollen bleibt in dest. Wasser Stunden lang lebend, jedoch meistens ohne Schläuche zu treiben; nach einem 4stündigen Aufenthalt in dest. H<sub>2</sub>O konnten die Körner durch Zusatz von Rohrzucker zu ausgiebiger Keimung (90 %) veranlasst werden.

*Philadelphus coronarius* (H. B. L.). Bei windigem, regnerischem Wetter wird das Innere der Blüten durchnässt. Der Pollen ist oft ziemlich schlecht, die normalen Körner treiben aber rasch Schläuche, die längere Zeit (20 Stunden und mehr) lebendig bleiben.

**Francoaceae.** *Francoa* sp. (H. B. L.). Sexualorgane exponirt. Pollen resistent; Körner in dest. H<sub>2</sub>O trieben bei Zusatz von Rohrzucker lange Schläuche.

**Rosaceae.** *Spiraea sorbifolia* (H. B. L.). Sexualorgane exponirt. Pollen reich an verkümmerten Körnern; von den normalen Körnern keimen 90 % und bleiben mehrere Stunden lebendig in dest. H<sub>2</sub>O.

Im Wesentlichen wie *S. sorbifolia* verhalten sich auch *S. media*, *S. ceanothifolia*, *S. ulmifolia* (alle aus H. B. L.).

*Rhodotypus Kerrioides* (H. B. L.). Sexualorgane exponirt. In 2 Stunden ausgiebige und intensive Keimung, keine Platzung.

*Kerria japonica* (H. B. L.). Wie *Rhodotypus*.

*Potentilla Tormentilla*. Die Blüten bleiben bei Regenwetter aufrecht und geöffnet. Feuchter Standort bei Åre (Jemtland): sehr schöne Keimung, keine einzige Platzung. Gleichzeitig an einem sehr trockenen Standorte eingesammelte Exemplare führten einen Pollen, der im Wasser grösstentheils platzte und keine einzige Keimung aufwies.

*P. maculata* (H. B. L.). Sexualorgane exponirt. Pollen resistent, im dest. H<sub>2</sub>O sporadische Keimung, keine Platzung. Exemplare von einem feuchten Standort bei Åre: 50 % gekeimte Körner (in dest. H<sub>2</sub>O).

*P. atrosanguinea* (H. B. L.). Die Sexualorgane sind gegen Nässe gut geschützt durch Krümmungen der Blüthenschäfte und

Schliessbewegungen der Blumenblätter. Der Pollen geht in dest.  $H_2O$  grösstentheils unter Explosionserscheinungen zu Grunde.

*Geum rivale* (H. B. L.; Jemtl.: Åre). Sexualorgane gut geschützt innerhalb der nickenden, glockenförmigen Blüten. Der Pollen platzt explosiv in dest.  $H_2O$ , keine einzige Keimung.

*Rubus idaeus* (Norw.: Meraker). Sexualorgane gut geschützt. Von den Pollenkörnern gehen ca. 90 % in dest.  $H_2O$  schnell zu Grunde, höchstens 1 % treiben normale Schläuche.

*R. strigosus* (H. B. L.). Sexualorgane geschützt. Nach einer Stunde sämtliche Körner abgestorben, äusserst spärliche Keimungen.

*R. plicatus* Wh. (sächs. Voigtland: Nosswitz, Greiz). Sexualorgane exponirt wie bei allen schwarzfrüchtigen *Rubus*-Formen. 50—70 % der Pollenkörner sind verkümmert, die normal ausgebildeten sind gegen Nässe völlig resistent und treiben fast alle lange Schläuche in dest.  $H_2O$ .

*R. thyrsanthus* Focke (sächs. Voigtland: Steinicht). Von den Pollenkörnern nur ca. 1 % normal ausgebildet, diese keimen alle in dest.  $H_2O$ .

*R. villicaulis* Koehler (sächs. Voigtland: Elsterberg). 33 % normal ausgebildete Körner; diese resistent, keimen ziemlich ausgiebig in dest.  $H_2O$  (50 %).

*R. Koehleri* Whe (sächs. Voigtland: Kuhberg). 50 % normal ausgebildete Körner, von denen die meisten in dest.  $H_2O$  Schläuche treiben.

*R. polycarpus* G. Braun (sächs. Voigtland: Elsterberg). 80 bis 90 % normal ausgebildete Körner, von denen fast alle in dest.  $H_2O$  Schläuche treiben.

*R. nemoralis* F. Aresch. var. *acuminatus* Lindbl. (sächs. Voigtland: Steinringel, Hohendorf). 50 % normale Körner, von diesen keimen nur ca. 10 % in dest.  $H_2O$ , die übrigen werden mehr oder weniger beschädigt.

*R. Kielonensis* (Thüringen: Weida). 50—60 % normale Körner; von diesen keimen höchstens 5 % in dest.  $H_2C$ , die anderen gehen in diesem Medium schnell zu Grunde.

*R. oreogeton* Focke (sächs. Voigtland: Görschnitz). 40 bis 45 % normale Körner; von diesen keimen ca. 20 % in dest.  $H_2O$ .

*R. caesius* L. (sächs. Voigtland: Elsterberg, Nosswitz). Der Gehalt an normal ausgebildeten Körnern schwankt zwischen 50 bis

90 %; von diesen keimen in dest.  $H_2O$  gewöhnlich nur 10—15 %, die übrigen sterben ziemlich rasch ab.

*R. saxatilis* (Jemtl.: Åre). Sexualorgane exponirt. Der Pollen ist gegen Nässe sehr resistent, 50 % der Körner keimen in dest.  $H_2O$ .

*Rosa multiflora* (H. B. L.). Sexualorgane gänzlich ungeschützt; die becher- oder glockenförmigen Blüthen sind auch bei andauerndem Regen aufrecht und geöffnet. Der Pollen sehr resistent, in dest.  $H_2O$  treiben 50 % der Körner gut ausgebildete Schläuche.

*R. andegavensis* (H. B. L.) und *R. canina* (f. *sclerophylla*, H. B. L.). Sexualorgane exponirt. Pollen resistent, in dest.  $H_2O$  aber meistens nur sporadische Keimung.

*Agrimonia Eupatoria* (H. B. L.). Sexualorgane exponirt. Pollen gegen Nässe empfindlich, geht in dest.  $H_2O$  grösstentheils ohne Keimung zu Grunde.

*Poterium Sanguisorba* (H. B. L.). Windblüthig; Sexualorgane exponirt. Pollen wie bei *Agrimonia*.

*Sibbaldia procumbens* (Jemtl.: Trockener Felsabhang bei Storlien). Pollen schlecht ausgebildet; keimt in dest.  $H_2O$  nur sporadisch und geht ziemlich rasch zu Grunde.

**Drupaceae.** Die Blüthen der untersuchten Drupaceen sind auch bei regnerischem Wetter aufrecht und weit geöffnet.

*Prunus Padus* (Jemtl.: Åre). Sehr gute Keimung in dest.  $H_2O$ , keine Platzung.

Mit *P. Padus* stimmen auch *P. cerasifolia* (Jena), *P. avium* (H. B. L.), *P. Pissardi* (H. B. L.) und *Amygdalus nana* (H. B. L.) überein.

**Pomaceae.** *Pirus*. Sämmtliche untersuchte *Pirus*-Arten (*P. prunifolia*, *P. sinaica*, *P. elaeagnifolia*, *P. salicifolia*, *P. Malus*, alle aus H. B. L.) besitzen ungeschützte Sexualorgane; der Pollen ist gegen Nässe absolut widerstandsfähig und treibt in dest.  $H_2O$  sehr schöne Schläuche (80—90 %).

*Cydonia vulgaris*. Sexualorgane ziemlich exponirt. Pollen grösstentheils widerstandsfähig, jedoch sporadische Platzungen.

*Sorbus Aucuparia* (Jemtl.: Åre). Sexualorgane völlig ungeschützt. Pollen sehr widerstandsfähig, fast alle Körner trieben gut entwickelte Schläuche.

*Crataegus Oxyacantha*. Ungeschützt. Von den Körnern treiben in dest.  $H_2O$  ca. 90 % sehr gut ausgebildete Schläuche.

*Cotoneaster vulgaris* (H. B. L.). Sexualorgane geschützt innerhalb der nickenden, trichterförmigen Blüten. Pollen gegen Nässe empfindlich, in Wasser nur sporadische Keimung.

**Loasaceae.** *Bartonia* sp. Sexualorgane exponirt. Pollen grösstentheils schlecht ausgebildet, die tauglichen Körner treiben in dest. H<sub>2</sub>O schöne Schläuche.

*Loasa bryoniaefolia*. Sexualorgane geschützt, Pollen empfindlich.

**Lythraceae.** *Cuphea strigosa* (H. B. L.). Aus den horizontal gerichteten Blüten ragen die sich auf der oberen Seite öffnenden Antheren weit hervor. — Pollen zum grössten Theile widerstandsfähig, in dest. H<sub>2</sub>O ausgiebige Schlauchbildung.

**Melastomaceae.** *Centradenia floribunda* (H. B. L.). Sexualorgane exponirt. Der Pollen durchaus resistent, in dest. H<sub>2</sub>O ausgiebige Schlauchbildung.

*Medinilla magnifica* (H. B. L.). Ungeschützt. Pollen schlecht ausgebildet, die normalen Körner keimen gut in dest. H<sub>2</sub>O.

*Clidemia vittata*. Wie *Medinilla*.

**Onagrariaceae.** *Fuchsia procumbens* (H. B. L.). Blüten aufrecht, becherförmig; Sexualorgane gänzlich ungeschützt. Nach 6 Stunden sporadische Platzungen in dest. H<sub>2</sub>O, jedoch die überwiegende Mehrzahl lebend; 20—30 % gut ausgebildete Schläuche.

*F. globosa* und *F. coccinea*. Mit ziemlich gut geschützten Sexualorganen, besitzen einen in H<sub>2</sub>O rasch zu Grunde gehenden Pollen.

*Epilobium origanifolium* (Jemtl.: Åre). Die becherförmigen Blüten sind bei regnerischem Wetter meistens horizontal gerichtet, so dass die Sexualorgane gegen Nässe geschützt sind. Der Pollen geht in dest. H<sub>2</sub>O ziemlich rasch zu Grunde.

*E. angustifolium* (H. B. L.). Sexualorgane exponirt. Der Pollen platzt explosiv in dest. H<sub>2</sub>O. In Zuckerlösungen fast momentane Keimung.

**Haloragidaceae.** *Myriophyllum spicatum* (Kungsmarken bei Lund). Anemophil. Sexualorgane exponirt. Pollen gegen Nässe sehr resistent, in dest. H<sub>2</sub>O ausgiebige Keimung (50 %).

**Cornaceae.** *Cornus sanguinea* (H. B. L.). Sexualorgane ungeschützt wie bei den übrigen *Cornus*-Arten. Die Pollenkörner bleiben in dest. H<sub>2</sub>O Stunden lang lebend, keimen aber nur sporadisch.

*C. Mas* (Lund, Jena). Der Pollen ist völlig resistent und treibt zahlreiche Schläuche in dest.  $H_2O$ .

*C. suecica* (ziemlich trockener Standort bei Åre, Jemtl.). Der Pollen keimt ausgiebig in dest.  $H_2O$  (30—40 %), aber eine nicht geringe Anzahl der Körner gehen in diesem Medium platzend zu Grunde.

**Umbelliferae.** Die Sexualorgane der Umbelliferen sind durchgängig ungeschützt, allein der Pollen meistens gegen Nässe sehr empfindlich, so dass die Mehrzahl der Körner in dest.  $H_2O$  ziemlich rasch zu Grunde gehen<sup>1)</sup>. Die Beeinflussung der Widerstandsfähigkeit durch den Feuchtigkeitsgehalt der Luft tritt innerhalb dieser Familie recht klar hervor. Das eine Extrem wird repräsentiert z. B. von dem submers vegetirenden *Helosciadum inundatum* (Schonen: Teiche bei Kullaberg), dessen unmittelbar oberhalb der Wasserfläche befindlichen Blüten einen widerstandsfähigen, in dest.  $H_2O$  Stunden lang lebendig bleibenden (aber nicht keimenden) Pollen besitzen. Das andere Extrem bilden z. B. die auf trockenen Sandfeldern wachsenden *Eryngium*-Arten (*E. maritimum*, *E. amethystinum* u. s. w.), deren Pollen in dest.  $H_2O$  unter Explosionserscheinungen zu Grunde geht. Zwischen diesen beiden Extremen finden sich, je nach dem Standorte, allerlei Uebergänge.

**Ericaceae.** Der Pollen der untersuchten Ericaceen ist im Allgemeinen sehr widerstandsfähig gegen Nässe und zwar auch dann, wenn die Sexualorgane geschützt sind.

*Azalea procumbens* (Jemtl.: Åreskutan; Storlien). Die trichterförmigen Blüten sind bei dieser Art immer aufrecht, so dass bei Regen eine Benetzung der Sexualorgane unvermeidlich ist. Der Pollen sehr resistent, in dest.  $H_2O$  schöne Keimungen.

Einen sehr resistenten, in dest.  $H_2O$  gut keimenden Pollen besitzen auch *Myrtillus nigra* (H. B. L.), *Andromeda polifolia* (Jemtl.: Storlien, 100% gekeimte Körner), *A. hypnoides* (Norw.: Fangfjellet) *Phyllodoce caerulea* (Jemtl.: Åreskutan, 90% gekeimte Körner).

**Diapensiaceae.** *Diapensia lapponica* (Jemtl.: Åreskutan; Norw.: Meraker). Sexualorgane ziemlich ungeschützt. Der Pollen sehr widerstandsfähig, in dest.  $H_2O$  ausgiebige Keimung.

1) Auch in Zuckerlösungen ist der Pollen der Umbelliferen nicht zum Keimen zu bringen. Vergl. Molisch, Zur Phys. d. Pollens, p. 428.

**Primulaceae.** *Primula Auricula* (H. B. L.). Sexualorgane gänzlich ungeschützt. Der Pollen keimt sehr ausgiebig und bleibt stundenlang lebend in dest.  $H_2O$ .

*P. officinalis* (Jena, H. B. L.). Von plötzlichen Regengüssen werden die Sexualorgane öfters benetzt, wenn auch bei andauerndem Regen sich die Blüten abwärts richten. Bei feuchter Witterung ist der Pollen gegen Nässe sehr widerstandsfähig und keimt ausgiebig in dest.  $H_2O$ ; bei trockenem Wetter platzen viele Körner und Schläuche werden überhaupt nicht gebildet in dest.  $H_2O$ . — Von *P. elatior* gilt dasselbe wie von *P. officinalis*. — Ein Unterschied zwischen den longistylen und brevistylen Formen konnte von vornherein kaum erwartet werden und wurde auch nicht constatirt.

*Primula farinosa* (Lund), *P. sibirica* (H. B. L.) und *P. stricta* (Norw.: Röros), deren Sexualorgane entgegen den Angaben von Kerner<sup>1)</sup> bei Regenwetter thatsächlich benetzt werden, führen einen völlig widerstandsfähigen, aber in dest.  $H_2O$  nur sporadisch keimenden Pollen.

*Primula japonica* (H. B. L.). Die Sexualorgane der meisten Blüten sind gut geschützt innerhalb der horizontal gerichteten röhrenförmigen Blüten. Der Pollen gegen Nässe empfindlich, die meisten Körner nach 2 Stunden abgestorben. Wie *P. japonica* verhält sich auch *P. corthusoides*.

*Trientalis europaea* (Fichtenwald bei Åre, Jemtl.). Sexualorgane exponirt<sup>2)</sup>. Der Pollen nach achtstündigem Aufenthalt in dest.  $H_2O$  noch unbeschädigt; 10% gekeimte Körner.

Ueber andere Primulaceen vergl.: Zur Biol. d. Poll., p. 24.

**Plumbaginaceae.** Die Mehrzahl der untersuchten Plumbaginaceen besitzen ungeschützte Sexualorgane, aber einen gegen Nässe sehr empfindlichen Pollen, der in dest.  $H_2O$  meistens unter Explosionserscheinungen zu Grunde geht. Untersucht wurden *Armeria elongata*, *A. splendens*, *A. canescens*, *A. dianthoides*, *Statice coccinea*, *S. latifolia*, *S. grandiflora*, *S. tatarica*, *S. tomentella*, *Plumbago zeylanica*, *P. mexicana*, alle aus dem botanischen Garten zu Lund.

1) Pflanzenleben, Bd. II, p. 100.

2) Wenn *Trientalis* an schattigen Orten wächst, so nehmen die Blüten bei Regenwetter eine nickende Stellung ein, wodurch die Sexualorgane einigermaßen geschützt werden; wächst aber die Pflanze an offenen, trockenen Standorten, unterbleiben die ombrophoben Krümmungen, weil sich im Blüthenschaft ein verholzter Sklerenchymring ausgebildet hat, und trotzdem fruchtet die Pflanze an solchen Localen sehr gut.

**Polemoniaceae.** *Polemonium coeruleum* (Jemtl.: Åre). Die Blüten nehmen bei regnerischem Wetter ziemlich schnell eine nickende Stellung ein. Der Pollen geht im Wasser rasch zu Grunde.

*Phlox divaricata*. Sexualorgane gut geschützt. Der Pollen gegen Nässe sehr empfindlich.

**Convolvulaceae.** *Convolvulus arvensis* (Lund). Die Sexualorgane werden wenigstens bei plötzlichem Regen benetzt. Der Pollen ist gegen Nässe empfindlich und geht in dest. H<sub>2</sub>O ohne Keimung zu Grunde.

**Boraginaceae.** *Cerinthe aspera* (H. B. L.). Sexualorgane geschützt im Schlunde der horizontal gerichteten Blüten. Der Pollen geht in dest. H<sub>2</sub>O schnell zu Grunde.

*Omphalodes verna* (H. B. L.). Sexualorgane geschützt. Pollen sehr empfindlich gegen Nässe, in dest. H<sub>2</sub>O keine Keimung.

*Pulmonaria officinalis* (feuchter Buchenwald in Schonen). Sexualorgane exponirt. In dest. H<sub>2</sub>O sporadische Platzungen, allein die Mehrzahl der Körner resistent; 10—20% Keimungen. — Die longi- und brevistylen Formen zeigen bezüglich der Widerstandsfähigkeit des Pollens keine Differenzen.

Ueber andere Boraginaceen vergl.: Zur Biol. d. Poll., p. 26.

**Scrophulariaceae.** *Scrophularia vernalis* (H. B. L.). Die Sexualorgane ragen ziemlich weit aus den eiförmigen Blüten heraus. Der Pollen ist ziemlich resistent und zeigt in dest. H<sub>2</sub>O beträchtliche Keimung (20%).

*Scroph. nodosa* (H. B. L.). Sexualorgane geschützt innerhalb der lippenförmigen Blüten. Der Pollen platzt explosiv in dest. H<sub>2</sub>O.

*Pedicularis palustris* (Umgebung von Lund). Staubfäden gut geschützt, Narbe exponirt. Der Pollen bleibt wenigstens eine halbe Stunde unbeschädigt in dest. H<sub>2</sub>O, stirbt aber grösstentheils ab ohne wirkliche Schläuche getrieben zu haben.

Wie *Ped. palustris* verhalten sich auch *P. lapponica* (Jemtl.: Åre) und *P. Oederi* (Jemtl.: Storlien).

Ueber andere Scrophulariaceen sowie über die Solanaceen vergl.: Zur Biol. d. Poll., p. 26.

**Gesneraceae.** Alle untersuchten Gesneraceen, von denen die meisten geschützte Sexualorgane besitzen, führen einen gegen Nässe resistenten, in dest. H<sub>2</sub>O ausgiebig keimenden Pollen (Arten von

*Gesnera*, *Streptocarpus*, *Isoloma*, *Columnnea*, *Achimenes*, *Tydaea* u. s. w.)

**Acanthaceae.** Die Acanthaceen besitzen vorwiegend einen empfindlichen Pollen und zwar gleichgültig, ob ihre Sexualorgane exponiert (*Eranthemum nervosum*, *Goldfussia isophylla*, *Schaueria calycotricha*) oder geschützt sind (*Justicia formosa*, *Acanthus mollis*, *Fittonia sp.* u. s. w.).

**Plantaginaceae.** Der Pollen der untersuchten *Plantago*-arten (*P. media*, *major*, *lanceolata*, *maxima*, *acanthophylla*) ist unter normalen Vegetationsbedingungen ziemlich resistent und platzt nur sporadisch in dest. H<sub>2</sub>O. Vergl. übrigens p. 245.

**Lentibulariaceae.** *Pinguicula vulgaris* (Umgebung von Lund). Sexualorgane gut geschützt; Pollen explosiv platzend in dest. H<sub>2</sub>O. — *P. alpina* (Norw.: Rörås) wie vorige Art.

**Labiatae.** *Ajuga reptans* (H. B. L.). Staubfäden aus dem Kronenschlund hinausragend. Der Pollen platzt nicht und keimt meistens ziemlich gut in dest. H<sub>2</sub>O. Nach einigen sehr trockenen Junitagen keimte kein einziges Korn.

*Galeobdolon luteum* (Buchenwald in Schonen). Sexualorgane geschützt. Der Pollen stirbt rasch in dest. H<sub>2</sub>O, keine Keimung.

*Stachys grandiflora* (H. B. L.). Wie vorige Art.

*Salvia Regeliana* und *S. coccinea* (H. B. L.). Der Griffel ragt ziemlich weit aus der horizontal gerichteten lippenförmigen Blüte hervor. Der Pollen gegen Nässe sehr empfindlich, sämtliche Körner nach einer Stunde ohne Keimung gestorben.

*Origanum vulgare* (H. B. L.), *Plectranthus glaucocalyx* (H. B. L.) *Monarda fistulosa*, sämtliche mit exponierten Sexualorganen, besitzen einen in dest. H<sub>2</sub>O ohne Keimung rasch zu Grunde gehenden Pollen.

*Teucrium pyrenaicum* (feuchter Standort bei Lund). Sexualorgane ungeschützt. Pollen ziemlich resistent, viele Keimungen, allein sämtliche Körner nach 4 Stunden abgestorben.

*Coleus barbatulus* (feuchtes Warmhaus), Ungeschützt. Pollen ziemlich resistent, aber in dest. H<sub>2</sub>O. nicht keimend.

**Gentianaceae.** *Erythraea litoralis* (Meeresufer in Schonen). Ungeschützt. Körner resistent, aber nur sporadische Keimung.

*Swertia perennis* (H. B. L.). Wie *Erythraea*.

*Gentiana nivalis* (Rörås, Norwegen). Sexualorgane exponirt. Der Pollen immer gegen Nässe resistent, allein die Keimfähigkeit in dest.  $H_2O$  wechselnd zwischen 100—10%.

*G. Pneumonanthe* (Kungsmarken bei Lund). Ungeschützt. Pollen meistens sehr schlecht ausgebildet, die normalen Körner keimen gut in dest.  $H_2O$ .

Ueber andere *Gentiana*-Arten vergl.: Zur Biol. d. Poll., p. 27.

*Menyanthes trifoliata*. Sexualorgane exponirt. Die Ausbildung des Pollens wird bei dieser Art auffallend stark von der Luftfeuchtigkeit beeinflusst. Der am 21. Mai 1897 im botanischen Garten in Lund eingesammelte Pollen erwies sich völlig resistent und trieb in dest.  $H_2O$  zahlreiche lange Schläuche (60—70%), während der kurz vorher — am 19. Mai — nach einigen sehr trockenen Tagen gesammelte Pollen in dest.  $H_2O$  ohne Keimung zu Grunde ging. Ganz analoge Beobachtungen wurden bei Åre und Meraker gemacht.

**Apocynaceae.** *Lochnera rosea* (H. B. L.) und *Amsonia salicifolia* (H. B. L.), beide mit gut geschützten Sexualorganen, besitzen einen in dest.  $H_2O$  explosiv platzenden Pollen.

**Campanulaceae.** *Campanula macrantha* (H. B. L.). Die Mehrzahl der glockenförmigen Blüten sind aufrecht, so dass die Sexualorgane exponirt werden. Der Pollen bleibt in dest.  $H_2O$  Stunden lang lebend, doch ohne zu keimen; durch nachträglichen Zusatz von Rohrzucker wurde ausgiebige Schlauchbildung hervorgerufen.

*C. gorgonica* (H. B. L.). Sexualorgane gänzlich ungeschützt. Pollen in dest.  $H_2O$  mehrere Stunden unbeschädigt.

*Codonopsis* sp. (H. B. L.). Der in den nickenden glockenförmigen Blüten gut geschützte Pollen platzt massenhaft in dest.  $H_2O$ ; keine Keimung.

*Phyteuma Scheuchzeri* (H. B. L.). Sexualorgane exponirt. Pollen resistent, in dest.  $H_2O$  sporadische Keimung. Ueber andere Campanulaceen sowie über Lobeliaceen vergl.: Zur Biol. d. Poll., p. 28.

**Galiaceae.** *Galium aristatum* (H. B. L.). Sexualorgane ungeschützt. Der Pollen geht im Wasser schnell zu Grunde; keine Keimung. — Der Pollen der anderen untersuchten Galiaceen (*Galium Aparine*, *G. verum*, *G. boreale*, *Asperula odorata*, *Rubia lucida*, alle aus H. B. L.) ist auch gegen Nässe recht empfindlich, obwohl die Sexualorgane durchgängig ungeschützt sind.

**Cinchonaceae.** *Pentas carnea* (H. B. L.). Sexualorgane exponirt. Der Pollen bleibt in dest. H<sub>2</sub>O Stunden lang lebend und treibt zahlreiche Schläuche.

*Rondeletia speciosa* (H. B. L.) und *Hamelia patens*, mit ziemlich schlecht geschützten Sexualorganen, besitzen einen sehr resistenten Pollen, der in dest. H<sub>2</sub>O zahlreiche Schläuche treibt.

**Caprifoliaceae.** *Sambucus nigra* (H. B. L.) und *S. racemosa* (H. B. L.). Sexualorgane ungeschützt. Pollen gegen Nässe völlig resistent; keimt in dest. H<sub>2</sub>O nur sporadisch, dagegen sehr ausgiebig, wenn die im Wasser befindlichen Körner mit Rohrzuckerlösung behandelt werden.

Die untersuchten *Viburnum*-Arten (*V. Opulus*, *V. nitidum*, *V. cassinoides*, aus H. B. L.), deren Sexualorgane exponirt sind, besitzen alle einen gegen Nässe resistenten Pollen, der in dest. H<sub>2</sub>O entweder sofort oder bei nachträglichem Zusatz von Rohrzucker Schläuche treibt.

Ueber **Dipsaceae** und **Valerianaceae** vergl.: Zur Biol. d. Poll., p. 27, 28.

**Compositae.** Die an trockenen Standorten wachsenden Compositen besitzen, gleichgültig ob ihre Sexualorgane geschützt sind oder nicht, meistens einen gegen Nässe empfindlichen Pollen, der in dest. H<sub>2</sub>O ohne Keimung zu Grunde geht. Merkbar resistenter zeigte sich der Pollen einiger an feuchten, schattigen Stellen wachsenden Arten von *Petasites* (*P. alba*, Schonen, *P. frigida*, Åre, Jemtland) und *Tussilago* (*T. Farfara*, Schonen); der Pollen dieser Arten blieb in dest. H<sub>2</sub>O Stunden lang unbeschädigt, brachte es aber nie zur Schlauchbildung<sup>1)</sup>.

1) Auch für die Compositen ist es mir ebensowenig wie Molisch gelungen, eine Keimung in künstlichen Nährlösungen hervorzurufen, obwohl die verschiedensten Kulturflüssigkeiten geprüft wurden.

## Zweiter Abschnitt.

### Capitel VI.

#### Die Reservestoffe des anemophilen Pollens.

##### Das Vorkommen von Stärke.

Ueber das Vorkommen von Stärke in den Pollenkörnern finden sich schon in der älteren botanischen Literatur streitige Angaben. Während Schleiden<sup>1)</sup> angiebt, dass alle unter Wasser blühende Pflanzen einen stärkereichen Pollen besitzen, sollen nach Fritzsche<sup>2)</sup> alle Pollenkörner Oel und nur wenige Stärke enthalten, und nach Meyen<sup>3)</sup> ist Stärke im Pollen eine grosse Seltenheit, so dass „unter Millionen Körnern sich ein einzelnes findet, welches Amylum enthält“.

Diese Angaben von Meyen und Fritzsche sind dann von Nägeli<sup>4)</sup> dahin berichtet worden, dass das Amylum allerdings bei der Mehrzahl der Phanerogamen im reifen sowie im unreifen Pollen gänzlich fehlt, dass es aber auch Pollen giebt, welche bei der Reife normal Stärke enthalten. Aus der letzteren Kategorie werden dann 21 Pflanzen namhaft gemacht. Nägeli hebt indessen selbst hervor, dass aus seinen wenigen Beobachtungen noch kein Schluss auf das Vorkommen und den Mangel der Stärke bei den verschiedenen natürlichen Ordnungen gezogen werden könne, doch scheint es ihm, als ob es sich damit wie bei den Samen verhalte, und als ob die Gymnospermen und Monokotylen mehr zu Amylum-bildung geneigt seien als die Dikotylen.

Beiläufige Angaben über Vorkommen von Stärke in Pollenkörnern werden dann gemacht von Elfving<sup>5)</sup> (*Acorus gramineus*, *Typha angustifolia*, *Sparganium ramosum*, *Andropogon campanus*, *Bromus erectus*, *Lolium temulentum*, *Avena elatior*, *Gaudinia*

1) Beiträge zur Kenntniss der Ceratophylleen. *Linnaea*, Bd. 11 (1837), p. 520.

2) Ueber den Pollen. *Mém. present. à l'academie impériale d. science de St. Pétersbourg*, p. 670 ff.

3) *Neues System der Pflanzenphysiologie*, Bd. III, p. 190.

4) *Pflanzenphysiologische Untersuchungen. Die Stärkekörner*, p. 388—389.

5) *Studien über die Pollenkörner der Angiospermen. Jenaische Zeitschr. f. Naturw.*, 1879, Bd. 1.

*fragilis*, *Koeleria valesiaca*, *Heleocharis palustris*, *Carex vulpina*, *Cyperus badius*) und von Mangin<sup>1)</sup> (*Betula*, *Iris Pseudacorus*, *Carpinus*, *Corylus*, *Papaver*, *Platanus*). Auch von Goebel<sup>2)</sup> wird hervorgehoben, dass die Pollenkörner öfters Amylumkörner enthalten.

Nach alledem ist es wohl nicht ganz richtig, wenn Molisch in seiner interessanten und anregenden Arbeit über die Physiologie des Pollens den Ausspruch macht, es werde auf Grund der Untersuchungen Nägeli's allgemein angenommen, dass in Pollenkörnern Stärke nur sehr selten vorkommt. Von Interesse ist dagegen die von Molisch durch Anwendung verbesserter Untersuchungsmethoden constatirte Thatsache, dass Vorkommen von Stärke im Pollen nicht als ein seltenes, sondern geradezu als ein häufiges zu bezeichnen ist. Unter 101 Pflanzen, die von Molisch ohne Auswahl geprüft wurden, erwiesen sich etwa die Hälfte bezüglich des Pollens stärkehaltig.

Untersucht man näher die von Molisch gegebene Tabelle, so fällt es auf, dass — abgesehen von einer Palme — sich unter den Pflanzen mit stärkefreiem Pollen keine einzige Anemophile findet, während von den Arten mit stärkehaltigem Pollen etwa die Hälfte aus anemophilen Pflanzen gebildet wird. Auch die Thatsache, dass die meisten von Elfving und Mangin angeführten Pflanzen mit stärkehaltigem Pollen Windblüthler sind, legt den Verdacht nahe, dass es sich hier wirklich um eine Gesetzmässigkeit handelt. Schon ehe ich mit den erwähnten Arbeiten näher bekannt wurde, war es mir aufgefallen, dass die Pollenkörner der Anemophilen mit wenigen Ausnahmen stärkehaltig sind, und zwar erwies sich der Stärkegehalt so reichlich, dass, wie es in der ersten Mittheilung angegeben wurde<sup>3)</sup>, die Pollenkörner meistens von Stärkekörnern ganz erfüllt sind. Fortgesetzte Beobachtungen haben die Richtigkeit dieser Angabe, insofern sie sich auf die nordeuropäische Flora bezieht, nur bestätigt. Ehe ich auf die Frage eingehe, ob und in welcher Weise diesem Verhältnisse eine biologische Bedeutung zukommt, dürfte es angemessen sein, die betreffenden Belege mitzutheilen. Die in dem folgenden Verzeichniss aufgenommenen

---

1) Recherches sur le Pollen. Bull. de la Société botan. de France, Tome 33, (1886), p. 517.

2) Grundzüge der Systematik und speciellen Pflanzenmorphologie, p. 414.

3) l. c., p. 31.

Windblüthler stammen theils aus den botanischen Gärten in Berlin und Jena, grösstentheils aber aus verschiedenen Gegenden in Schweden; auch sind einige Angaben, die gelegentlich von anderen Autoren über den Stärkegehalt des Pollens gemacht worden, hier gleichfalls aufgenommen, die Literaturquelle ist dann immer angegeben. — Im Folgenden bedeutet v. St.: dass die Pollenkörner der betreffenden Art reichliche Stärkemengen enthalten; Arten mit stärkefreien Pollenkörnern sind durch gesperrten Druck hervorgehoben.

## Cycadeae.

Nach den übereinstimmenden Angaben von Treub<sup>1)</sup> und Jurányi<sup>2)</sup> enthalten die Pollenkörner der Cycadeen (*Zamia muricata*, *Z. furfuracea* und *Ceratozamia longifolia*) in unreifem Zustande viel Stärke, die aber später verschwindet, so dass die reifen Pollenkörner stärkefrei sind. — Selbst habe ich keine Gelegenheit gehabt, Cycadeenpollen zu untersuchen.

## Coniferae.

|                         |        |                           |        |
|-------------------------|--------|---------------------------|--------|
| <i>Pinus silvestris</i> | v. St. | <i>Taxus baccata</i>      | v. St. |
| „ <i>Laricio</i>        | „      | <i>Juniperus communis</i> | „      |
| <i>Larix europaea</i>   | „      |                           |        |

## Juncagineae.

|                            |        |
|----------------------------|--------|
| <i>Triglochin palustre</i> | v. St. |
|----------------------------|--------|

## Potamogetoneae.

|                                |        |                               |        |
|--------------------------------|--------|-------------------------------|--------|
| <i>Potamogeton perfoliatus</i> | v. St. | <i>Potamogeton praelongus</i> | v. St. |
| „ <i>natans</i>                | „      | „ <i>rufescens</i>            | „      |
| „ <i>crispus</i>               | „      | „ <i>lucens</i>               | „      |

## Juncaceae.

|                           |        |                          |        |
|---------------------------|--------|--------------------------|--------|
| <i>Juncus articulatus</i> | v. St. | <i>Juncus castaneus</i>  | v. St. |
| „ <i>balticus</i>         | „      | „ <i>biglumis</i>        | „      |
| „ <i>glaucus</i>          | „      | <i>Luzula campestris</i> | „      |
|                           |        | „ <i>multiflora</i>      | „      |

1) Recherches sur les Cycadées. Annales du jardin bot. de Buitenzorg, Vol. II, p. 38.

2) Beiträge zur Kenntniss der Pollenentwicklung der Cycadeen und Coniferen. Botan. Zeitung 1882, Sp. 840.

Cyperaceae.

|                              |        |                                 |        |
|------------------------------|--------|---------------------------------|--------|
| <i>Scirpus silvaticus</i>    | v. St. | <i>Carex Goodenoughii</i>       | v. St. |
| „ <i>radicans</i>            | „      | „ <i>acuta</i>                  | „      |
| „ <i>maritimus</i>           | „      | „ <i>glauca</i>                 | „      |
| „ <i>caespitosus</i>         | „      | „ <i>panicea</i>                | „      |
| <i>Eriophorum vaginatum</i>  | „      | „ <i>vaginata</i>               | „      |
| „ <i>latifolium</i>          | „      | „ <i>montana</i>                | „      |
| „ <i>alpinum</i>             | „      | „ <i>ericetorum</i>             | „      |
| „ <i>angustifolium</i>       | „      | „ <i>flava</i>                  | „      |
| <i>Heleocharis palustris</i> | „      | „ <i>hirta</i>                  | „      |
| <i>Carex disticha</i>        | „      | „ <i>vesicaria</i>              | „      |
| „ <i>arenaria</i>            | „      | „ <i>ampullacea</i>             | „      |
| „ <i>vulpina</i>             | „      | „ <i>binervis</i>               | „      |
| „ <i>caespitosa</i>          | „      | „ <i>tomentosa</i>              | „      |
| „ <i>stricta</i>             | „      | <i>Cyperus badius</i> (Elfving) | „      |

Gramineae.

|                            |        |                                  |        |
|----------------------------|--------|----------------------------------|--------|
| <i>Zea Mays</i>            | v. St. | <i>Avena pratensis</i>           | v. St. |
| <i>Festuca ovina</i>       | „      | <i>Aira flexuosa</i>             | „      |
| „ <i>elatior</i>           | „      | <i>Corynephorus canescens</i>    | „      |
| „ <i>rubra</i>             | „      | <i>Holcus mollis</i>             | „      |
| „ <i>arundinacea</i>       | „      | <i>Milium palmaefolium</i>       | „      |
| <i>Bromus mollis</i>       | „      | <i>Agrostis stolonifera</i>      | „      |
| „ <i>arvensis</i>          | „      | „ <i>alba</i>                    | „      |
| „ <i>sterilis</i>          | „      | <i>Calamagrostis arundinacea</i> | „      |
| <i>Poa trivialis</i>       | „      | <i>Phleum pratense</i>           | „      |
| „ <i>annua</i>             | „      | „ <i>arenarium</i>               | „      |
| „ <i>serotina</i>          | „      | „ <i>alpestre</i>                | „      |
| „ <i>alpina</i>            | „      | <i>Psamma arenaria</i>           | „      |
| <i>Briza media</i>         | „      | <i>Anthoxanthum odoratum</i>     | „      |
| <i>Glyceria fluitans</i>   | „      | <i>Triticum repens</i>           | „      |
| „ <i>spectabilis</i>       | „      | „ <i>caninum</i>                 | „      |
| <i>Dactylis glomerata</i>  | „      | <i>Secale cereale</i>            | „      |
| <i>Molinia caerulea</i>    | „      | <i>Lolium temulentum</i>         | „      |
| <i>Koeleria glauca</i>     | „      | <i>Nardus stricta</i>            | „      |
| <i>Cynosurus cristatus</i> | „      | <i>Hordeum distichum</i>         | „      |
| <i>Avena sativa</i>        | „      | „ <i>murinum</i>                 | „      |
| „ <i>elatior</i>           | „      | <i>Elymus arenarius</i>          | „      |

## Palmae.

*Phoenix leonensis* (Molisch): stärkefrei.

## Typhaceae.

|                           |        |                           |        |
|---------------------------|--------|---------------------------|--------|
| <i>Sparganium ramosum</i> | v. St. | <i>Typha angustifolia</i> | v. St. |
| " <i>simplex</i>          | "      | " <i>latifolia</i>        | "      |

## Salicineae.

|                        |        |                          |        |
|------------------------|--------|--------------------------|--------|
| <i>Populus tremula</i> | v. St. | <i>Populus candicans</i> | v. St. |
|------------------------|--------|--------------------------|--------|

## Betulaceae.

|                      |        |                         |        |
|----------------------|--------|-------------------------|--------|
| <i>Alnus barbata</i> | v. St. | <i>Betula fruticosa</i> | v. St. |
| " <i>incana</i>      | "      | " <i>verrucosa</i>      | "      |
| " <i>glutinosa</i>   | "      | " <i>odorata</i>        | "      |
| " <i>viridis</i>     | "      | " <i>nana</i>           | "      |
| <i>Betula lenta</i>  | "      |                         |        |

## Corylaceae.

|                         |        |                         |        |
|-------------------------|--------|-------------------------|--------|
| <i>Corylus Avellana</i> | v. St. | <i>Carpinus Betulus</i> | v. St. |
| " <i>tubulosa</i>       | "      |                         |        |

## Cupuliferae.

*Quercus Robur*: Körner stärkehaltig, aber in manchen Körnern nur geringe Quantitäten.

## Juglandaceae.

*Juglans regia*: viele Körner stärkefrei.

## Ulmaceae.

*Ulmus campestris*: v. St.

## Urticaceae.

|                     |        |                          |        |
|---------------------|--------|--------------------------|--------|
| <i>Urtica urens</i> | v. St. | <i>Urtica pilulifera</i> | v. St. |
| " <i>dioica</i>     | "      |                          |        |

## Cannabineae.

|                        |        |  |
|------------------------|--------|--|
| <i>Humulus Lupulus</i> | v. St. | <i>Cannabis sativa</i> : manche Körner stärkehaltig, aber die Mehrzahl stärkefrei. |
|------------------------|--------|--|

Polygoneae.

|                        |        |                        |        |
|------------------------|--------|------------------------|--------|
| <i>Rumex crispus</i>   | v. St. | <i>Rumex maritimus</i> | v. St. |
| „ <i>obtusifolius</i>  | „      | „ <i>Acetosa</i>       | „      |
| „ <i>domesticus</i>    | „      | „ <i>Acetosella</i>    | „      |
| „ <i>conglomeratus</i> | „      | „ <i>scutatus</i>      | „      |
| „ <i>sanguineus</i>    | „      | <i>Oxyria digyna</i>   | „      |

Chenopodiaceae.

Die Chenopodiaceen werden von Kirschner, Warming u. a. für windblüthig, von Volkens<sup>1)</sup> dagegen für insectenblüthig gehalten. Der Pollen der untersuchten *Chenopodium*- und *Atriplex*-Arten (*Ch. Bonus Henricus*, *Vulvaria*, *Quinoa*; *A. patula*) ist reich an Stärke.

Ranunculaceae.

|                         |        |                           |        |
|-------------------------|--------|---------------------------|--------|
| <i>Thalictrum minus</i> | v. St. | <i>Thalictrum glaucum</i> | v. St. |
| „ <i>flavum</i>         | „      | „ <i>alpinum</i>          | „      |
| „ <i>kemense</i>        | „      | „ <i>simplex</i>          | „      |

Euphorbiaceae.

|                             |        |  |
|-----------------------------|--------|--|
| <i>Mercurialis perennis</i> | v. St. | <i>Ricinus communis</i> : die meisten Körner stärkefrei. |
| „ <i>annua</i>              | „      |  |

Buxaceae.

|                           |        |                          |        |
|---------------------------|--------|--------------------------|--------|
| <i>Buxus sempervirens</i> | v. St. | <i>Buxus arborescens</i> | v. St. |
|---------------------------|--------|--------------------------|--------|

Aceraceae.

|                |        |
|----------------|--------|
| <i>Negundo</i> | v. St. |
|----------------|--------|

Platanaceae.

|                              |        |
|------------------------------|--------|
| <i>Platanus sp.</i> (Mangin) | v. St. |
|------------------------------|--------|

Rosaceae.

|                             |        |
|-----------------------------|--------|
| <i>Poterium Sanguisorba</i> | v. St. |
|-----------------------------|--------|

Haloragidaceae.

|                              |        |                                   |        |
|------------------------------|--------|-----------------------------------|--------|
| <i>Myriophyllum spicatum</i> | v. St. | <i>Myriophyllum verticillatum</i> | v. St. |
| „ <i>alterniflorum</i>       | „      |                                   |        |

1) Volkens in Engler u. Prantl: Die natürl. Pflanzenfamilien, III. Theil, 1. Abth. a, p. 47 (Chenopodiaceae).

## Ericaceae.

*Erica vulgaris* v. St.

## Plantagineae.

|                            |        |                               |        |
|----------------------------|--------|-------------------------------|--------|
| <i>Plantago lanceolata</i> | v. St. | <i>Plantago acanthophylla</i> | v. St. |
| „ <i>media</i>             | „      | „ <i>maxima</i>               | „      |
| „ <i>major</i>             | „      |                               |        |

## Oleaceae.

*Fraxinus excelsior* v. St.

In der vorstehenden Tabelle sind etwas mehr als 150 Windblüthler aufgenommen, die sich auf 72 Gattungen und 29 Familien vertheilen. Die meisten sind in Skandinavien, einheimische oder wenigstens gut naturalisirte Arten und diese führen alle einen sehr stärkereichen Pollen; die wenigen Windblüthler, welche einen stärkerfreien oder stärkerarmen Pollen ausbilden, sind tropische oder subtropische Formen (*Cycadeae*, *Palmae*, *Ricinus*, *Cannabis*, *Juglans*).

Wenn wir einstweilen von den letzterwähnten wenigen Ausnahmen absehen, so erhebt sich die Frage, welche Bedeutung wir dem constanten Vorkommen von Stärke im anemophilen Pollen zuschreiben können. Vom biologischen Gesichtspunkte erscheint beim ersten Blicke dieser Stärkegehalt des Windblüthlerpollens etwas befremdend, besonders wenn wir sehen, dass in dem entomophilen Pollen die stickstofffreien Reservestoffe meistens als Oel aufgespeichert sind. Bekanntlich enthält ein bestimmtes Volumen Stärke ungefähr ebenso viel Kohlenstoff als das gleiche Volumen Fett, allein das erstere ist dabei ca. 1,7mal so schwer als letzteres; das Fett ist also bei gleichem Volum und Nährwerth ein viel leichter Baustoff als Stärke. Demgemäss findet man, wie Haberlandt<sup>1)</sup> hervorgehoben hat, dass die mit Flugorganen versehenen Samen und Früchte mit wenigen Ausnahmen ölhaltig sind, wodurch eine Verringerung des specifischen Gewichtes und demgemäss eine gesteigerte Verbreitungsfähigkeit erzielt wird. Stärkehaltige Samen findet man dagegen nach Haberlandt entweder bei den Wassergewächsen, deren Samen nach erfolgter Verbreitung und nachdem sich der Schwimmapparat mit Wasser vollgesogen hat, um so sicherer den Grund des Gewässers erreichen, je grösser ihr specifisches

1) Physiologische Pflanzenanatomie, 2. Aufl., p. 365.

Gewicht ist, oder aber bei solchen Pflanzen, deren Samen sehr gross sind und wo also die sauerstoffarmen Fette den für ihre Oxydation nöthigen Sauerstoff nicht schnell genug erreichen würden.

Bei den Pollenkörnern finden sich nun gerade die entgegengesetzten Verhältnisse. Die Pollenkörner der Windblüthler, welche von dem leisesten Hauch fortgeführt werden, strotzen von Stärke, während der entomophile Pollen, der von den energischen Bienen und Schmetterlingen weggeschleppt wird, den stickstofffreien Reservestoff als Oel enthält. Es erscheint demnach aussichtslos, den Stärkegehalt des anemophilen Pollens mit der Verbreitungsweise unmittelbar in Verbindung zu bringen.

Immerhin wäre es ja möglich, dass das Vorkommen von Stärke indirect in irgend welcher Beziehung zur Verbreitungsweise des anemophilen Pollens stände. In allen Fällen, wo der anemophile Pollen auf reducirende Zuckerarten geprüft wurde, erwies sich der Gehalt an Zucker entweder äusserst gering oder gleich Null. Dagegen ist durch die Untersuchungen von Green<sup>1)</sup> und Mangin<sup>2)</sup> bekannt, dass der Pollen der Entomophilen unter Umständen erhebliche Zuckerquantitäten führt. Man könnte nun vielleicht geneigt sein, die Bedeutung der Anemophilenstärke in der osmotischen Wirkungslosigkeit zu erblicken und zwar in der Weise, dass die totale Ueberführung des osmotisch wirkenden Zuckers in unlösliche Stärke ein Mittel wäre, um die Wasserabgabe des reifenden Pollens zu erleichtern. Die grössere Schwere der Stärke würde vielleicht in dieser Weise durch ein Minus im Wassergehalt compensirt werden. Directe Bestimmungen des Wassergehalts im ausstäubenden Pollen haben indess die Unzulänglichkeit einer solchen Annahme völlig erwiesen, indem sich das etwas überraschende Resultat herausstellte, dass sowohl entomo- wie anemophile Körner ungefähr denselben Wassergehalt haben<sup>3)</sup>.

Es verlieren beispielsweise bei 100° C.:

|                                     |         |         |
|-------------------------------------|---------|---------|
| <i>Alnus viridis</i> . . . . .      | 10,01 % | Wasser, |
| <i>Buxus sempervirens</i> . . . . . | 9,00    | „ „     |
| <i>Carex vesicaria</i> . . . . .    | 11,45   | „ „     |

1) Philosoph. Transact. 1894, Bd. 185, p. 385.

2) l. c., p. 514.

3) Die in den Text aufgenommenen Zahlen beziehen sich auf bei sonnigem Wetter ausgestäubten und sofort untersuchten Pollen. Beim Liegen an der Luft verlieren die Pollenkörner durch Transpiration nicht unerhebliche Wasserquantitäten.

|                                     |         |         |
|-------------------------------------|---------|---------|
| <i>Salix alba</i> . . . . .         | 11,22 % | Wasser, |
| <i>Narcissus poeticus</i> . . . . . | 11,70 „ | „       |
| <i>Betula lenta</i> . . . . .       | 11,34 „ | „       |

Es spricht also Alles dafür, dass der anemophile Pollen wirklich schwerer ist als der entomophile. Allerdings habe ich keine Bestimmungen der specifischen Gewichte machen können, weil mir ein Volumenometer nicht zur Verfügung stand und die gewöhnlichen, auf Verdrängung von Flüssigkeiten gegründeten Methoden aus leicht ersichtlichen Gründen hier nicht verwendet werden konnten. Da indessen, abgesehen von Stärke und Oel, die sonstigen Bestandtheile der Pollenkörner dieselben sind (Cellulose, Eiweiss) und der Wassergehalt ebenfalls der gleiche ist, kann es nicht bezweifelt werden, dass die anemophilen Körner wirklich schwerer sind wie die meisten entomophilen, was auch von der Schnelligkeit, womit erstere in Wasser heruntersinken, bestätigt wird. Eine directe Beziehung zwischen der Verbreitungsweise des anemophilen Pollens und seinem reichlichen Gehalt an Stärke kann demnach nicht angenommen werden. Ebensowenig kann die osmotische Wirkungslosigkeit der Stärke mit der Widerstandsfähigkeit des anemophilen Pollens gegen Nässe in Verbindung gebracht werden; ich verweise in Bezug auf diesen Punkt auf das, was in der ersten Mittheilung geäußert wurde<sup>1)</sup>.

Uebrigens liegt der stoffliche Gegensatz zwischen dem anemophilen und dem entomophilen Pollen weniger darin, dass die einen Stärke und die anderen Zucker führen, sondern darin, dass die einen Stärke und die anderen vorzugsweise Oel als stickstofffreien Reservestoff enthalten. Als ich seiner Zeit in Jena meine diesbezüglichen Befunde dem Herrn Prof. Stahl auseinandersetzte, skizzirte mir Prof. Stahl folgende Erklärung, die er natürlich nur als eine näher zu prüfende Möglichkeit hinstellte: die Bedeutung der Stärke liege vielleicht darin, dass dieselbe sehr schnell in Zucker verwandelt werden könne und somit eine rasche Schlauchbildung ermögliche, was für die auf den exponirten Narben der Anemophilen keimenden Pollenkörner von grösster Bedeutung sein müsse; das Oel, das bei der Umwandlung in Kohlehydrate jedenfalls tiefgreifende Spaltungen untergehen muss, wäre für die in geschützter Lage keimenden Entomophilenkörner reservirt. So bestechend diese

1) Zur Biologie des Pollens, p. 31 - 33.

Erklärung auch erscheint, so glaube ich kaum, dass sie ausreichend ist; denn ebenso wie die Widerstandsfähigkeit gegen Nässe, scheint auch die Schnelligkeit der Keimung von dem Auftreten der Stärke völlig unabhängig zu sein. Die am schnellsten keimenden Pollenkörner, die ich überhaupt gesehen habe — die Körner von *Impatiens parviflora* und *I. noli tangere* — treiben in 2—3 Minuten lange Schläuche und führen dabei grosse Mengen von Oel und nur winzige Stärkequantitäten, andere gleichartige Fälle zu verschweigen.

Die biologische Bedeutung der Stärke im anemophilen Pollen liegt wahrscheinlich auf einem ganz anderen Gebiete — auf dem ökonomischen. Untersucht man den reifenden Pollen der Entomophilen, so findet man in den meisten Fällen, dass die jungen Körner grosse Stärkequantitäten enthalten<sup>1)</sup>. Wie nun sich das Korn zur Reife anschickt, wird die Stärke zum grössten Theile in Oel überführt. Es ist dies bekanntlich ein Vorgang, der sich in analoger Weise auch in den fetthaltigen Samen abspielt, die vor der Reife noch kein Fett, sondern ausschliesslich Stärke und Zucker enthalten. Diese Umwandlung von Stärke in Fett, welche auch dann von Statten geht, wenn die unreifen Samen von der Mutterpflanze abgelöst werden<sup>2)</sup>, ist bekanntlich ein Reductionsprocess, wobei ein gewisses Quantum Energie verbraucht wird. Diese Energie kann in unserem Falle nur durch die Verbrennung von Kohlehydraten gewonnen werden, was auch so ausgedrückt werden kann, dass die in den Samen stattfindende Oelbildung mit einem Verlust von organischer Substanz verbunden ist.

Nicht anders liegen die Verhältnisse bezüglich der entomophilen Pollenkörner. In diese wandern die Kohlehydrate als lösliche Zuckerarten hinein und werden zuerst als Stärke abgelagert; in den reifenden Körnern wird dann diese Stärke gelöst und in Oel verwandelt. Da in den Pollenkörnern keine Chloroplasten vor-

1) Von Nägeli (Die Stärkekörner, p. 388—389) und Molisch (Zur Phys. des Pollens, p. 443—445) ist hervorgehoben worden, dass in den jungen, noch nicht reifen Pollenkörnern öfters Stärke vorhanden ist, die bei der Reife verschwindet. Eigene, an zahlreichen Pflanzen aus den verschiedensten Familien angestellte Beobachtungen haben ergeben, dass das Vorkommen von Stärke in unreifen Pollenkörnern eine äusserst verbreitete, fast normale Erscheinung darstellt. Doch giebt es, wie schon Nägeli hervorgehoben, auch Pflanzen, in deren Pollenkörnern das fragliche Stärkestadium übersprungen wird.

2) Vergl. Sachs, Vorlesungen über Pflanzenphysiologie, 2. Aufl., p. 318.

handen sind und folglich eine Neubildung organischer Materie ausgeschlossen ist, muss also die Oelbildung nothwendig mit einem Verlust von plastischem Material verbunden sein. In welcher Weise dieser Materialverlust von etwaigen mit dem Oelgehalt verbundenen Vortheilen compensirt wird, mag an dieser Stelle unerörtert bleiben; ebenso wie die Samen werden natürlich auch die entomophilen Pollenkörner durch die Oelbildung specifisch leichter, ob aber dieser Vortheil der einzige ist, erscheint mir doch etwas zweifelhaft<sup>1)</sup>.

In die anemophilen Pollenkörner wandern nun auch die Kohlehydrate als lösliche Saccharosen oder Glukosen hinein und werden als Stärke abgelagert. Diese Stärke wird aber vorläufig nicht weiter verarbeitet, eine Oelbildung findet in diesen Körnern nicht statt. Offenbar wird durch dies Ausfallen der Oelbildung ein gewisses Quantum von plastischem Material erspart. Der Nutzen einer solchen Materialersparung ist leicht verständlich bei den Anemophilen, die bekanntlich im Verhältniss zu ihren assimilirenden Blattflächen eine übermässig grosse Anzahl Pollenkörner produciren. Das Auftreten von Stärke d. h. das Ausfallen der Oelbildung bei den anemophilen Pflanzen ist nach dieser Auffassung eine Anpassung, wodurch die betreffenden Pollenkörner mit einem Plus von plastischem Material ausgerüstet werden.

Die Richtigkeit dieser Deutung springt vielleicht noch klarer in die Augen, wenn wir die Ausnahmen berücksichtigen, welche wir bezüglich des Vorkommens von Stärke im anemophilen Pollen zu verzeichnen haben. Als eine derartige Ausnahme wurde *Ricinus communis* angeführt, dessen Pollen (im südlichen Schweden) meistens stärkefrei, dagegen reich an Oel ist. Vergleicht man nun die Assimilationsflächen und die Pollenquantitäten, die einerseits vom *Ricinus*, andererseits von einer nordischen *Carex*-Art producirt werden, so ist es ohne weiteres einleuchtend, dass den Pollenkörnern vom *Ricinus* weit grössere Quantitäten Kohlehydrate zur Verfügung stehen als dem *Carex*-Pollen. Jene können sich ohne

---

1) Von manchen Seiten wird, und wohl mit Recht, die Ansicht geltend gemacht, dass die Samen und Sporen durch den Oelgehalt dieser Zellen eine gesteigerte Fähigkeit, längere Zeit der Austrocknung zu widerstehen, erlangen. Aehnliches gilt vielleicht auch von dem Oelgehalt der Pollenkörner, bei denen die Austrocknung oft ziemlich weit getrieben wird. Vergl. Wojnowich, Beiträge zur Morphologie, Anatomie und Biologie von *Selaginella lepidophylla*. Dissertation. Breslau 1890.

Schaden die immerhin etwas kostspielige Oelbildung leisten, diese müssen mit dem Rohproduct auskommen.

Nach der jetzt vorgetragenen Auffassung ist also das Vorkommen von Stärke in den anemophilen Pollenkörnern keineswegs eine Einrichtung, die unmittelbar mit der Verbreitungsweise des Pollens durch den Wind in Verbindung steht. Die anemophile Verbreitungsweise macht es aber der Pflanze nothwendig, sehr grosse Pollenquantitäten zu produciren, und da in den temperirten Zonen ein begrenzter Vorrath von Kohlehydraten vorhanden ist, wird eben das billigste Material gewählt. Manche Umstände deuten aber darauf hin, dass in südlicheren Gegenden, wo die Vegetationsperioden bedeutend länger sind wie im Norden und wo die Assimilation viel intensiver von Statten geht, der anemophile Pollen keineswegs durch Stärkegehalt ausgezeichnet ist. Die Gattung *Phoenix* gilt bekanntlich als windblüthig, allein der Pollen von *Phoenix leonensis* ist nach Molisch stärkefrei<sup>1)</sup>. Die windblüthigen \*Cycadeen besitzen nach den übereinstimmenden Angaben von Treub<sup>2)</sup> und Juryáni<sup>3)</sup> einen Pollen, der im reifen Zustande völlig stärkefrei ist. Dasselbe ist der Fall mit einer tropischen, in den Gewächshäusern zu Lund kultivirten, aber nicht näher bestimmten Urticacee. Einen Uebergang zu den typisch stärkehaltigen Anemophilen bildet z. B. *Cannabis sativa*.

Einige Angaben von Nägeli, welche mit meinen Befunden in Widerspruch stehen, können von dem jetzt vorgetragenen Gesichtspunkte vielleicht ihre Erklärung finden. Nach Nägeli enthält der Pollen von *Alnus glutinosa*<sup>4)</sup> in den meisten Körnern keine Stärke und der Pollen von *Plantago lanceolata*<sup>5)</sup> soll völlig stärkefrei sein. Nach meinen in Schonen wiederholt gemachten Beobachtungen sind die Pollenkörner dieser Arten immer mit Stärkekörnern gefüllt. Da indessen Nägeli seine Beobachtungen wahrscheinlich in der Schweiz, jedenfalls aber in einer weit südlicheren Gegend wie ich gemacht hat, erscheint es gar nicht unwahrscheinlich, dass die betreffenden Pflanzen unter günstigeren Assimilationsbedingungen einen ölhaltigen Pollen besitzen. Ebenso giebt Molisch an, dass

1) l. c., p. 444.

2) Vergl. p. 294.

3) Vergl. p. 294.

4) Die Stärkekörner, p. 389.

5) l. c., p. 388.

der Pollen von *Juniperus communis* Stärke nur in wenigen Körnern führt; in den schwedischen Hochgebirgen ist aber der Wachholderpollen sehr stärkereich, was wohl in analogem Sinne zu deuten ist, da ich vermüthe, dass Molisch seine Beobachtungen in Wien oder jedenfalls in Oesterreich gemacht hat.

Ein analoger Wechsel im Stärkegehalt lässt sich in gewissen Fällen auch zu verschiedenen Jahreszeiten constatiren. Der Pollen von *Anthriscum tortuosum* ist im Sommer völlig stärkefrei, allein im Spätherbst (November), wo die Pflanze bisweilen noch bei uns blüht, findet man ausser ganz normalen und stärkefreien Körnern theils kleine völlig taube Körner, theils gut ausgebildete, aber stärkehaltige und schliesslich verkümmerte, stärkehaltige Körner. In diesem Falle documentirt sich also der Stärkegehalt recht deutlich als eine Begleiterscheinung allgemeiner Schwäche, welche letztere natürlich auf die im Spätherbst eingetretene Herabsetzung der Assimilation und Stoffwanderung zurückzuführen ist.

Schliesslich mag in diesem Zusammenhang erwähnt werden, dass in der schwedischen regio alpina, wo nach mitteleuropäischen Begriffen der Sommer nur als ein kurzer Frühling zu bezeichnen wäre, auch der Pollen der entomophilen Arten sich durch Stärkereichthum auszeichnet. Leider reichen meine Beobachtungen nicht aus, um ein statistisches Material herbeizubringen, und so muss ich bei dieser Gelegenheit auf eine nähere Behandlung dieses Themas verzichten.

### Der Eiweissgehalt des anemophilen Pollens.

Wenn das constante Vorkommen von Stärke im anemophilen Pollen das Zeichen einer gewissen Armuth an plastischer Substanz darstellt, so erhebt sich die Frage, ob diese Armuth ausschliesslich auf die stickstofffreien Verbindungen beschränkt ist, oder ob auch die stickstoffhaltigen Bestandtheile davon betroffen werden. Es bleibt also zu untersuchen, ob der Eiweissgehalt im anemophilen Pollen geringer ist als im entomophilen.

Bei Anwendung der gewöhnlichen Eiweissreagentien (Millon's Reagens, Zucker- und Schwefelsäure, Jodjodkalium u. s. w.) erhält man in der That den bestimmten Eindruck, dass die entomophilen Körner mehr Eiweiss enthalten als die anemophilen. Immerhin ist es ja etwas misslich, auf Grund mikrochemischer Reactionen Aussagen über quantitative Verhältnisse zu machen, und es wurde

deshalb der Eiweissgehalt im Pollen verschiedener sowohl entomophilen wie anemophilen Pflanzen durch quantitative Analysen bestimmt. Da in den Pollenkörnern von stickstoffhaltigen Verbindungen ausser Eiweissstoffen nur kleine Mengen von Amidn und Lecithinen vorhanden sind, lässt sich der nach der Kjeldahl'schen Methode ermittelte Stickstoffgehalt sehr gut als Maass der stickstoffhaltigen Verbindungen benutzen. Ausserdem erschien es aber erwünscht, den Phosphorgehalt zu bestimmen. Das einzuschlagende Verfahren gestaltete sich demgemäss folgendermassen:

Von dem bei 100° C. getrockneten Pollen wurden gewöhnlich 0,4—1,2 g unter Zusatz von einigen cg Kupferoxyd mit 15—25 ccm conc. Schwefelsäure behandelt. Nach beendeter Zersetzung wurde die klare Flüssigkeit mit Wasser verdünnt, in einen 200 ccm-Kolben gebracht und mit Wasser bis zur Marke eingefüllt. Von dieser Lösung wurden 100 ccm für die Stickstoffbestimmung benutzt. Der Ammoniak wurde in gewöhnlicher Weise abdestillirt, in  $\frac{1}{10}$  Normal-Schwefelsäure aufgefangen und dann mit Cochenillelösung und  $\frac{1}{10}$  Normalalkali titirt.

Die andere Hälfte der ammoniakhaltigen Flüssigkeit wurde für Bestimmung der Phosphorsäure verwendet. Wie Weibull gezeigt hat<sup>1)</sup>, lässt sich nämlich, entgegen den bisherigen Angaben in der Literatur, die Phosphorsäure mit völlig ausreichender Genauigkeit in der nach der Kjeldahl'schen Methode erhaltenen schwefelsauren Flüssigkeit bestimmen. Die Lösung wurde deshalb nach der Weibull'schen Vorschrift mit Ammoniak neutralisirt, die Phosphorsäure dann nach Zusatz von Ammoniumnitrat mit Molybdänmischung gefällt, der Niederschlag in üblicher Weise gelöst, die Phosphorsäure wieder mit Magnesiummischung ausgeschieden und schliesslich als Magnesiumpyrophosphat gewogen<sup>2)</sup>. Die in dieser Weise erhaltenen Zahlen geben wenigstens eine annähernd richtige Vorstellung von den im Pollen enthaltenen Nuclein- und Lecithinmengen<sup>3)</sup>.

1) Chemikerzeitung 1892, 16, No. 90.

2) Die Phosphorsäurebestimmung geschah nach den Vorschriften Friedheim's in dessen Leitfaden für die quantitative Analyse (1896), p. 249—252. — Sämmtliche Analysen wurden ausgeführt in dem medicin.-chemischen Universitätslaboratorium zu Lund; ich erlaube mir an dieser Stelle dem Chef des Instituts, Herrn Prof. Dr. J. Lang, sowie ganz besonders Herrn Laborator Dr. S. G. Hedin für freundliches Entgegenkommen meinen herzlichsten Dank abzustatten.

3) Nach neueren Untersuchungen enthalten die Pollenkörner relativ grosse Lecithinmengen. Vergl. Stoklasa, Ueber die Verbreitung und physiologische Bedeutung

Quantitative Analysen von Pollen sind meines Wissens bis jetzt nur ausgeführt von Planta<sup>1)</sup>, welcher den Hasel- und Kieferpollen einer eingehenden Analyse unterworfen hat. In der folgenden Tabelle, wo die Arten nach zunehmendem Eiweissgehalt aufgeführt sind, finden sich auch die von Planta erhaltenen Zahlen, insofern sie sich auf den Stickstoff beziehen; die Phosphorsäure scheint dieser Forscher nicht bestimmt zu haben.

|                                  | Stickstoff (N) | Phosphorsäure (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) |                             |
|----------------------------------|----------------|--|-----------------------------|
| <i>Pinus silvestris</i> (Planta) | 2,65           | —  | Mittlerer<br>Werth:<br>1,76 |
| <i>Carex acuta</i>               | 3,50           | 1,16   |                             |
| <i>Plantago lanceolata</i>       | 3,63           | 1,64   |                             |
| <i>Zea Mays</i>                  | 4,24           | 1,86   |                             |
| <i>Betula lenta</i>              | 4,53           | 1,29   |                             |
| <i>Alnus viridis</i>             | 4,70           | 1,67   |                             |
| <i>Buxus sempervirens</i>        | 4,72           | —  |                             |
| <i>Corylus Avellana</i> (Planta) | 4,83           | —  |                             |
| <i>Quercus Robur</i>             | 5,60           | 2,20   |                             |
| <i>Cannabis sativa</i>           | 5,70           | 2,51   |                             |
| <i>Ricinus communis</i>          | 6,80           | —  |                             |
| <i>Impatiens glandulifera</i>    | —              | 2,58   |                             |
| <i>Salix alba</i>                | 6,88           | 3,33   |                             |
| <i>Narcissus poeticus</i>        | 7,10           | 3,20   |                             |
| <i>Isoloma hirsuta</i>           | 7,18           | —  |                             |
| <i>Lobelia fulgens</i>           | 8,80           | —  |                             |

Die Zahlen der vorstehenden Tabelle sind in mehr als einer Beziehung von Interesse. Vor Allem zeigen sie, dass auch in Bezug auf den Eiweissgehalt ein bestimmter Gegensatz zwischen entomophilem und anemophilem Pollen vorhanden ist, indem der mittlere Werth von 11 an anemophilen Pollen ausgeführten Stickstoffbestimmungen 4,63 beträgt, während der mittlere Werth von vier Stickstoffbestimmungen bei den entomophilen Pollen 7,49% ausmacht. Eine hübsche Bestätigung erhalten diese Befunde durch die an demselben Materiale ausgeführten Phosphorsäurebestimmungen: der mittlere Werth der Phosphorsäure beträgt bei dem

des Lecithins in der Pflanze. Sitzungsber d. Akad. d. Wiss. zu Wien, Bd. CV, Abth. 1, p. 604—632.

1) Ueber die Zusammensetzung des Blütenstaubes der gemeinen Kiefer (*Pinus silvestris*). Landwirthsch. Versuchsstat. 1885, Bd. 32, p. 215—230.

anemophilen Pollen 1,76, bei dem entomophilen 3,03, also fast das Doppelte.

Ebenso wenig wie das constante Vorkommen von Stärke darf wohl der niedrige Eiweissgehalt des anemophilen Pollens als eine Anpassung an die Ueberführung durch den Wind aufgefasst werden. Aller Wahrscheinlichkeit nach ist der geringe Gehalt an Eiweiss eine Erscheinung, die einerseits durch die Massenproduction von Pollen, andererseits durch den begrenzten Vorrath von plastischen Baustoffen verursacht ist. Für diese Auffassung spricht insbesondere die Thatsache, dass bei solchen Anemophilen, deren Pollen stärkefrei oder stärkearm ist, der Eiweissgehalt im Pollen demjenigen der Entomophilen fast gleichkommt. So besitzt z. B. *Ricinus communis* einen fast stärkefreien Pollen, dessen Gehalt an Stickstoff 6,80% beträgt. An *Ricinus* schliesst sich dann mit einem Stickstoffgehalt von 5,70% *Cannabis sativa*, deren Pollen sich ebenfalls durch Stärkearmuth auszeichnet. Sehr nahe an *Cannabis* kommt *Quercus*, dessen Stärkegehalt ebenfalls erheblich geringer ist als der bei *Alnus*, *Betula*, *Corylus*, *Plantago*, *Carex* u. s. w. Interessant ist auch, dass der niedrigste Stickstoffgehalt sich bei *Pinus silvestris* findet, dessen Transpiration und Assimilation wie bei den Coniferen überhaupt nicht besonders ausgiebig ist<sup>1)</sup>.

Wenn es aber feststeht, dass die anemophilen Pollenkörner mit so geringen Eiweissquantitäten auskommen, kann man sich fragen, warum die entomophilen Körner so reichlich mit Eiweiss versehen sind. Man könnte vielleicht darauf antworten wollen, dass die Schläuche der entomophilen Körner gewöhnlich einen längeren Weg zurücklegen müssen als die anemophilen Schläuche. Allein abgesehen davon, dass dies keineswegs immer der Fall ist, macht sich hier auch der Umstand geltend, dass die Pollenschläuche meistens von dem Gewebe des Griffels ernährt werden.

Der höhere Eiweissgehalt des entomophilen Pollens ist nach meiner Meinung keine Anpassung im strengeren Sinne des Wortes, sondern beruht einfach darauf, dass den entomophilen Pollenkörnern grössere Quantitäten von plastischen Stoffen zur Verfügung stehen. Dass diese reichlichen Mengen plastischer Nahrung wirklich in Anspruch genommen werden, erklärt sich aus dem

---

1) Der niedrige Stickstoffgehalt beruht in diesem Falle theilweise auf dem hohen Gehalt an Cuticularsubstanz, der nach Planta 21,97% beträgt.

Wettkämpfe, den die nach der Eizelle hinstrebenden Pollenschläuche unter sich zu bestehen haben. In diesem Kampfe haben natürlich die Schläuche der kräftiger ernährten Pollenkörner einen Vorzug gegenüber ihren schwächeren Mitbewerbern. Es besteht also bei jeder Pflanzenart ein gewisses Bestreben, möglichst kräftige d. h. wohlernährte Körner auszubilden, und dies Bestreben wird einerseits durch die Menge der disponiblen Bau- und Betriebsstoffe, andererseits durch Factoren morphologisch-biologischer Art (Grössenverhältnisse u. s. w.) in Schranken gehalten.

In Bezug auf den Wettkampf der Pollenschläuche um die Eizelle sprechen gewisse Umstände dafür, dass derselbe heisser ist bei den entomophilen als bei den anemophilen Körnern. Es ist dies besonders die Thatsache, dass die auseinander stäubenden, frei herumfliegenden Pollenkörner der Anemophilen meistens nur in beschränkter Anzahl die Narbe erreichen, während die von Insecten übertragenen Pollenkörner gewöhnlich in cohaerenten Massen, also haufenweise, auf die Narbe gelangen. Dass unter solchen Umständen zwischen letzteren ein heisserer Wettkampf bestehen muss als zwischen den anemophilen, ist leicht verständlich; es ist ja dies nur ein Analogon zu der hinreichend bekannten Thatsache, dass in einer Grossstadt der sociale Wettkampf viel intensiver ist als etwa in einer abgelegenen, wenig bevölkerten Gebirgsgegend.

## Capitel VII.

### **Welche Eigenschaften können bei den anemophilen Pollenkörnern als Anpassungen für die Uebertragung durch den Wind aufgefasst werden?**

Es mag in diesem Zusammenhange die Frage berührt werden, inwiefern bei den anemophilen Pollenkörnern Eigenschaften vorhanden sind, die zu der Verbreitungsweise in directer Beziehung stehen. Als eine solche Eigenschaft ist bekanntlich besonders auffallend die vollkommene Glattheit der Exine, wodurch das Auseinanderstäuben der Pollenkörner wesentlich erleichtert wird. Eine Ausnahme von dieser Regel d. h. ein Pollen mit Sculpturen oder Oelüberzügen an der Exine ist mir bei den zahlreichen Anemophilen, die ich untersucht habe, niemals begegnet. Das Fehlen aller Befestigungsmittel an den Pollenkörnern wird offenbar durch

entsprechende Einrichtungen an der Narbe compensirt (Papillen, Secrete u. s. w.).

Eine zweite Eigenschaft, die für den anemophilen Pollen fast ebenso charakteristisch ist wie die glatte Oberfläche, die aber meines Wissens noch nicht hervorgehoben worden, ist die kugelförmige (isodiametrische) Gestalt der Pollenzellen. Bekanntlich ist die Form der Pollenkörner vorwiegend ellipsoidisch<sup>1)</sup>, während die Kugelform weit seltener vorkommt. Um so auffallender ist die Thatsache, dass unter den untersuchten Anemophilen oblonge Pollenkörner nur bei einigen Cyperaceen<sup>2)</sup> vorkommen, während die Pollenzellen bei den anemophilen Arten der Potamogetoneae, Gramineae, Typhaceae, Salicineae, Querciflorae, Juglandiflorae, Urticiflorae, Polygoneae, Chenopodiaceae, Ranunculaceae, Euphorbiaceae, Haloragidaceae, Aceraceae, Plantagineae, Oleaceae völlig isodiametrisch sind<sup>3)</sup>. Auch bei denjenigen Anemophilen, deren Pollenkörner zu Tetraden vereinigt sind, besitzt jede Tetrade eine wenigstens annähernd isodiametrische Gestalt (Juncaceen, Ericaceen).

Bedenkt man nun, dass die bei Weitem überwiegende Mehrzahl der entomophilen Pollenkörner eine ellipsoidische Form besitzen, so darf man sich wohl fragen, ob der isodiametrischen Form des anemophilen Pollens irgend welche biologische Bedeutung zukommt. Es ist klar, dass, wenn überhaupt die isodiametrische Form einen Vortheil mit sich bringt, dieser darin bestehen muss, dass die Uebertragung des Pollens durch den Wind erleichtert wird. Inwiefern aber bei schwebenden Körpern von so geringen Dimensionen die runde Form vortheilhafter sei als die ellipsoidische, ist wohl nicht leicht, nach allen Seiten hin zu entscheiden. So viel ist jedenfalls sicher, dass von zwei gleich schweren und gleich dichten Körpern, von denen der eine eiförmig, der andere kugelförmig ist, letzterer sich viel gleichmässiger bewegen wird als der erstere. Ausserdem kommt es hier zweifelsohne auch in Betracht, dass bei

1) Kerner, Pflanzenleben, Bd. II, p. 86.

2) Z. B. bei einigen *Carex*-Arten (*C. acuta* u. a.); hier sind doch die meisten Körner isodiametrisch, und die oblongen machen den Eindruck, nicht ganz normal zu sein.

3) Der Pollen der Anemophilen ist nicht selten reich an schlecht ausgebildeten, offenbar tauben Körnern, und diese besitzen dann gewöhnlich unregelmässige Formen, sind abgeflacht, stark eingeschrumpft u. s. w. Die gesunden sind aber immer wenigstens annähernd isodiametrisch.

den kugelrunden Körnern der Luftwiderstand nach allen Richtungen hin gleich gross ist, wodurch das Herumfliegen des Pollens nach jeder beliebigen Richtung begünstigt wird.

Da die sphärische Form bei einem gegebenen Volumen die kleinste Oberfläche repräsentirt, könnte es den Anschein haben, als wäre diese Form überhaupt wenig vortheilhaft, besonders da die anemophilen Körner ein relativ hohes specifisches Gewicht besitzen und, von den *Pinus*-Arten abgesehen, besonderer Flugvorrichtungen entbehren. Das Fehlen der Flugvorrichtungen wird indessen in sehr einfacher Weise compensirt, und zwar durch eine bis zu einem gewissen Grade getriebene Verkleinerung der Masse der Pollenzellen.

Von diesem Princip scheint die Natur fast ausschliesslich Gebrauch zu machen, wenn es sich darum handelt, die Pollenkörner flugfähig zu machen. Während bei den Samen nicht nur die mannigfachsten Flugvorrichtungen vorhanden sind, sondern auch die möglichst leichten Reservestoffe ausgewählt werden, findet man bei den anemophilen Pollenkörnern von alledem nichts: Hier kommt allein das Princip zur Geltung, dass, je mehr man einen Körper verkleinert, desto langsamer wird er in der Luft fallen, weil bei der Verkleinerung seine Masse, also auch die beschleunigende Kraft, welche ihn fallen lässt, in weit rascherem Verhältniss abnimmt als sein Querschnitt<sup>1)</sup>. Denken wir uns eine fallende Kugel mit dem Radius  $r$ , so ist der Luftwiderstand proportional zu dem Querschnitte der Kugel (also zu  $r^2$ ), während das Gewicht der Kugel proportional ist zu dem Volumen, also zu  $r^3$ . Wird die Kugel kleiner, so nimmt das Gewicht rascher ab als der Widerstand der Luft, was natürlich auch in der Weise ausgedrückt werden kann, dass bei steigender Verkleinerung der Kugel der Luftwiderstand beim Fallen vermehrt wird. Offenbar kann in dieser Weise die Verkleinerung dahin getrieben werden, dass die Geschwindigkeit, womit die Kugel fällt, fast gleich Null wird, d. h. die Kugel bleibt in der Luft schweben, wie es ja bei feinen Stäubchen, Nebelbläschen und dergl. thatsächlich der Fall ist.

Bis zu diesem Grade wird nun die Verkleinerung bei den anemophilen Pollenkörnern nie getrieben, offenbar weil ein Fortführen des Pollens in die höheren Luftregionen durchaus zwecklos wäre, und es ist von diesem Gesichtspunkte aus interessant, dass

1) Müller-Pouillet, Lehrb. d. Physik u. Metereologie, 9. Aufl., Bd. I, p. 582.

die Grösse der anemophilen Körner selten unter 0,02 mm herunter-sinkt, während bei den entomophilen Pflanzen Körner von so winzigen Dimensionen wie 0,0025 mm vorhanden sind. Dass aber die anemophilen Pollenzellen durchschnittlich kleiner sind als die entomophilen, ist eine Thatsache, die schon vor Jahren von Amelung angegeben und von ihm ganz richtig mit der Ver-breitungsweise in Verbindung gesetzt wurde<sup>1)</sup>. Diese Angabe Amelung's hat aber von Seiten der Blütenbiologen wenig Be-achtung gefunden, ob aus dem Grunde, dass die von Amelung gemessenen Pollenkörner sich nur auf acht Arten vertheilen oder aus anderen Gründen, mag dahingestellt bleiben. Zahlreiche Messungen, die ich vielleicht in einem anderen Zusammenhange publiciren werde, haben indessen ergeben, dass die anemophilen Körner durchschnittlich kleiner sind als die entomophilen, was aber nicht so zu verstehen ist, als fänden sich eben die kleinsten Körner unter den anemophilen. Die Verhältnisse liegen vielmehr so, dass sich bei den entomophilen Körnern die verschiedensten Dimensionen befinden — von 0,25 mm bei *Mirabilis Jalappa* bis zu 0,0025 mm bei *Myosotis alpestris*<sup>2)</sup> —; dagegen schwankt die Grösse der anemophilen Pollenzellen meistens innerhalb ziemlich enger Grenzen um einen bestimmten Mittelwerth, der, soweit meine bisherigen Beobachtungen ergeben, anscheinend bei 0,03 mm liegt. Einige Beispiele mögen genügen:

|                                      | Durchmesser<br>des Pollenkorns in mm <sup>3)</sup> |
|--------------------------------------|--|
| <i>Plantago lanceolata</i> . . . . . | 0,0345,  |
| <i>Thalictrum kemense</i> . . . . .  | 0,0310,  |
| <i>Ricinus communis</i> . . . . .    | 0,0345,  |
| <i>Cannabis sativa</i> . . . . .     | 0,0310,  |
| <i>Buxus sempervirens</i> . . . . .  | 0,0345,  |
| <i>Alnus viridis</i> . . . . .       | 0,0276,  |
| <i>Betula lenta</i> . . . . .        | 0,0345,  |
| <i>Quercus Robur</i> . . . . .       | 0,0345,  |

1) Ueber mittlere Zellengrößen. Flora, Bd. 77 (1893), p. 205—207.

2) Kerner, l. c., p. 86.

3) Meine Messungen sind angestellt worden an Körnern, die in dest. Wasser lagen, und geben deshalb etwas zu hohe Werthe, was indessen hier, wo es sich nur um relative Werthe handelt, nicht in Betracht kommt. Soviel ich sehen kann, hat Amelung seine Messungen an trockenen oder in Oel liegenden Körnern gemacht.

|                                      | Durchmesser<br>des Pollenkorns in mm |
|--------------------------------------|--------------------------------------|
| <i>Sparganium ramosum</i> . . . . .  | 0,0276,                              |
| <i>Lolium perenne</i> . . . . .      | 0,0210,                              |
| <i>Milium palmaefolium</i> . . . . . | 0,0310.                              |

Diese Zahlen machen es wahrscheinlich, dass bei dem vorhandenen specifischen Gewichte ein Durchmesser von ungefähr 0,03 mm die für die Uebertragung durch den Wind vortheilhafteste Grösse der Pollenzellen darstellt. Interessant ist, dass bei Pflanzen, die an offenen, den Seewinden exponirten Standorten wachsen (*Elymus arenarius* u. s. w.), die Pollenkörner verhältnissmässig sehr gross sind, offenbar weil die vom Meere wehenden Seewinde kräftig genug sind, um den Transport grösserer Körner zu bewerkstelligen. Umgekehrt scheinen die in schattigen, windstillen Wäldern gedeihenden Anemophilen einen relativ kleinzelligen Pollen zu führen (*Mercurialis*).

Zwei Ausnahmen von der allgemeinen Regel, dass die Grösse des anemophilen Pollens einen Werth zwischen 0,02 und 0,04 mm (im Durchmesser) beträgt, mögen in diesem Zusammenhange erwähnt werden, nicht nur weil sie die einzigen sind, die ich bis jetzt gefunden habe, sondern auch, weil sie ein besonderes Interesse beanspruchen können. Die eine Ausnahme findet sich bei den *Pinus*-Arten, deren Pollen 0,08—0,10 mm im Durchmesser misst; hier wird die Grösse der Pollenzellen durch die bekannten blasenförmigen Flugvorrichtungen compensirt. Die andere Ausnahme findet sich bei *Zea Mays*, deren Pollenkörner eine ziemlich variable, zwischen 0,07 und 0,12 mm schwankende Grösse besitzen. Hier sind keine Flugvorrichtungen vorhanden, und da die Pollenkörner auf Grund ihres reichlichen Stärkegehalts ziemlich schwer sind, müssen sie verhältnissmässig schnell zu Boden fallen. Die aus den gipfelständigen ♂-Rispen schräg abwärts herabfallenden Pollenkörner treffen aber in dieser Weise am sichersten die tief unter ihnen befindlichen Narben der weiblichen Blüten.

Lund, December 1898.