



## Zur Physiologie des Pollens.

Von

W. Bobilioff-Preisser, Zürich.

Mit 18 Textfiguren.

Wenn Pollen von der Pflanze, auf der er erzeugt wurde, weggenommen und auf künstliches Substrat übertragen wird, so ist er auf demselben zu einer Weiterentwicklung befähigt, wie sie anderen einzelnen isolierten Zellen oder einer Vereinigung von wenigen solchen Zellen nicht zukommt. Es war deshalb zu vermuten, daß durch die Erforschung der Physiologie des Pollens Ergebnisse zu Tage gefördert würden, welche pflanzenphysiologisch von größtem Interesse sind.

Der Eiapparat, welcher als dem Pollen paralleles Organ aufgefaßt werden kann, ist in viel höherem Maße entwicklungsfähig, da in der Pflanze die entsprechenden Bedingungen dazu gegeben sind; da aber der Eiapparat nicht isoliert werden kann, ist er der physiologischen Forschung wenig zugänglich. Die Entwicklung des isolierten Pollens geht in der Weise vor sich, daß der Pollen, der auf das ihm zusagende künstliche Substrat übertragen wurde, auskeimt und Pollenschläuche bildet, welche verschieden lange Zeit zu weiterem Wachstum befähigt sein können. Alle bis jetzt vorliegenden Arbeiten über die Physiologie des Pollens haben nicht nur gesucht, die günstigsten Keimungsbedingungen ausfindig zu machen, sondern auch die Lebensdauer und das damit verbundene Wachstum zu erhöhen. Beim Wachsen des Pollenschlauches auf künstlichem Substrat erfolgt die Verarbeitung der im Pollen vorhandenen Reservestoffe und auch jener Stoffe, welche ihm künstlich zur Verfügung gestellt wurden. Diese Verarbeitung muß sehr intensiv vor sich gehen, denn auf künstlichen Substraten, welche ernährungsphysiologisch wichtige Stoffe enthalten, wird der wachsende Schlauch bedeutend größer als auf Substraten, welche solche Stoffe entbehren, z. B. dest. Wasser. Man ist zu dem Resultat gekommen, daß es in erster Linie Rohrzucker ist den der Schlauch zu seinem Wachstum benötigt. Jost<sup>1)</sup> hat dargetan, daß das Wachstum des Pol-

<sup>1)</sup> Jost, L., Über die Selbststerilität einiger Blüten. (Bot. Zeitg. Abt. I. 1907. Bd. 65. p. 77.)

lenschlauches bedeutend höhere Anforderungen an das Substrat stellt als das Auskeimen des Pollenkornes. Nach Jost<sup>1)</sup> genügt bei den meisten Pollenarten sogar das Vorhandensein einer genügenden Menge Wassers, um das Auskeimen zu ermöglichen. In zahlreichen anderen Fällen, wo Zucker zum Auskeimen unentbehrlich ist, liegt sein Wert darin, daß er die notwendigen osmotischen Verhältnisse herstellt. Infolgedessen ist es unerläßlich, die Konzentrationen der Zuckerlösungen zu bestimmen, die für die betreffende Pollenart notwendig sind. Genaue Angaben darüber findet man in den Arbeiten von Elfving<sup>2)</sup>, Rittinghaus<sup>3)</sup>, Molisch<sup>4)</sup>, Lidforß<sup>5)</sup> und Pfundt<sup>6)</sup>. Die Keimung wird in solchen Fällen meist durch eine Konzentration von 1%—40% Rohrzucker ermöglicht; es sind aber nach Molisch und Pfundt auch Fälle bekannt, wo die Konzentration bis 50% gehen kann, dies wurde in der letzten Zeit auch von Adams<sup>7)</sup> bestätigt. Die Bedeutung der Angaben der zur Keimung notwendigen Konzentrationen ist jedoch nur relativ; denn jeder, der sich mit der Keimung des Pollens beschäftigt, wird bemerken, daß die Konzentrationsangaben der Literatur mit seinen persönlichen Erfahrungen nicht ganz übereinstimmen. Außerdem konstatiert man, daß die jeweils erforderlichen Konzentrationen für eine und dieselbe Pflanze auch von der Zeit, in welcher der Pollen reif geworden ist, sowie auch von dem Standort der Pflanze abhängig sein können. Trotzdem haben die Angaben der früheren Autoren einen großen Wert, daß sie die ungefähren Konzentrationen angeben und dadurch ein zeitraubendes Herumprobieren teilweise ersparen.

Nachdem Kny<sup>8)</sup> Gelatine als Substrat eingeführt hat, ist man von dem Arbeiten im hängenden Tröpfchen vollständig abgegangen. Aber auch diese Methode wurde durch die Anwendung von Agar mit der entsprechenden Zuckerlösung verdrängt<sup>9)</sup>. Durch die Verwendung von Agar gelang es in der Tat, die Vitalität der Schläuche zu erhöhen. Außer den verschiedenen Konzentrationen des Zuckers müssen auch je nach der Art der Pflanze noch verschiedene andere Bedingungen für das Auskeimen mancher Pollenart gegeben

<sup>1)</sup> Jost, L., Zur Physiologie des Pollens. (Ber. d. deutsch. bot. Ges. Bd. 23. 1905. p. 504.)

<sup>2)</sup> Elfving, F., Studien über die Pollenkörner der Angiospermen. (Jenaische Zeitschr. f. Naturwiss. Bd. 13. 1879. p. 1.)

<sup>3)</sup> Rittinghaus, P., Über die Widerstandsfähigkeit des Pollens gegen äußere Einflüsse. (Verh. d. natw. Ver. d. Rheinl. Bd. 43. 1886. p. 123.)

<sup>4)</sup> Molisch, H., Zur Physiologie des Pollens m. besonderer Rücksicht auf die chemotaktische Bewegung der Pollenschläuche. (Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. Wien. Abt. I. Bd. 102. 1893. p. 423.)

<sup>5)</sup> Lidforß, B., Untersuchungen über die Reizbewegungen der Pollenschläuche. (Zeitschr. f. Bot. Bd. 1. 1909. p. 443.)

<sup>6)</sup> Pfundt, M., Der Einfluß der Luftfeuchtigkeit auf die Lebensdauer des Blütenstaubes. (Jahrb. f. wiss. Bot. 1910. Bd. 47. p. 1.)

<sup>7)</sup> Adams, J., On the germination of the pollen grains of apple and other fruit trees. (Bot. Gaz. Vol. 61. 1916. p. 131.)

<sup>8)</sup> Kny, L., Versuche über den Einfluß äußerer Kräfte etc. (Verh. d. bot. (Ver. d. Provinz Brandenburg. Bd. 23. 1882 p. VII.)

<sup>9)</sup> Mangin, L., Recherches sur le pollen. (Bull. d. la Soc. Bot. d. France. T. 33. 1886. p. 512.)

werden. So weist z. B. Molisch<sup>1)</sup> nach, daß der Pollen von *Ericaceen* nur auf säurehaltigen Lösungen keimungsfähig ist, und daß verdünnte Apfelsäure und apfelsaure Kalksalze die beste Wirkung haben; diese Tatsache wurde auch durch Lidforß<sup>2)</sup> bestätigt, welcher statt Apfelsäure auch Zitronensäure mit demselben Erfolg verwendet hat. Durch solche verschiedene Methoden ist es schließlich gelungen, die Pollenkörner mancher Pflanzen auf künstlichem Substrat zur Schlauchbildung zu veranlassen, was früher für unmöglich gehalten wurde. So gelang es z. B. Pfundt<sup>3)</sup>, auch an Pollen mancher Kompositen und Gramineen Keimung zu beobachten, an Gramineenpollen hatte Jost<sup>4)</sup> schon früher Keimung erzielt.

In biologischer Hinsicht ist der Pollen in Bezug auf seine Widerstandsfähigkeit gegen die Einwirkung von Wasser am eingehendsten untersucht worden, und zwar von Lidforß<sup>5)</sup> und Hansgirg<sup>6)</sup>, sowie in einer neueren Arbeit von Pfundt<sup>3)</sup> über den Einfluß der Luftfeuchtigkeit auf die Lebensdauer des Pollens.

Sehr ausführlich wurde auch der Inhalt des Pollens untersucht; hauptsächlich findet man darüber Angaben in den Untersuchungen von Molisch<sup>1)</sup>, Lidforß<sup>5)</sup> und Tischler<sup>7)</sup>. Der letztere hat die tropischen Pflanzen daraufhin bearbeitet. Tischler hat auch die interessante Beobachtung mitgeteilt, daß bei *Cassia Fistula* zwischen dem Beköstigungs- und Befruchtungspollen ein Unterschied in der Keimung besteht: während nämlich der Befruchtungspollen auf künstlichem Substrat (10%—15% Rohrzuckerlösung) normal keimungsfähig ist, keimt der Beköstigungspollen nur dann, wenn dem Substrat außerdem Diastase zugesetzt worden ist. Tischler hat nachgewiesen, daß die für die normale Keimung unerläßliche Diastase bei dem Beköstigungspollen fehlt. Nach Strasburger<sup>8)</sup> ist Diastase im allgemeinen als ein Bestandteil des normalen Pollens zu betrachten.

Jost<sup>9)</sup> beschäftigt sich im zweiten Teil seiner Arbeit auch mit den Ernährungsbedingungen des Pollenschlauches während seines Wachstums. Aus den zahlreichen von ihm untersuchten Pollenarten führt er als extremes Beispiel den Pollen von *Hippeastrum aulicum* an. Durch Einführen von verschiedenen chemischen Stoffen in das Substrat bemühte sich Jost die Verhältnisse in der Natur nachzuahmen. In dieser Richtung sind seine Ver-

1) Molisch, H., l. c. 1893.

2) Lidforß, B., Zur Biologie d. Pollens. (Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. 29. 1896. p. 1.)

3) Pfundt, M., 1910, l. c.

4) Jost, L., 1905, l. c.

5) Lidforß, B., Weitere Beiträge zur Biologie des Pollens. (Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. 33. 1899. p. 232.)

6) Hansgirg, A., Beiträge zur Biologie und Morphologie des Pollens. (Sitzungsber. d. böhm. Ges. d. Wiss. Prag. mat-nat. Cl. 1897.)

7) Tischler, G., Untersuchungen über den Stärkegehalt des Pollens tropischer Gewächse. (Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. 47. 1910. p. 219.)

8) Strasburger, E., Über fremdartige Bestäubung. (Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. 17. 1886. p. 50.)

9) Jost, L., 1907, l. c.

suche jedoch vollständig negativ ausgefallen, denn es ist ihm nicht gelungen, dadurch die Länge des Schlauches zu erhöhen. Das hat ihn zu der Annahme veranlaßt, daß das Wachstum des Pollenschlauches in der Natur durch die stimulierende Wirkung von Individualstoffen erfolgt, welche von dem Griffelgewebe ausgeschieden werden. Unter anderem sagt er (Seite 113): „Überhaupt ist es bis jetzt noch nicht gelungen, Pollenschläuche außerhalb des Gynaeciums so wachsen zu sehen, daß sie die Länge erreichen, die sie zur Ausübung ihrer Funktion nötig hätten.“ Im vorliegenden Falle bei *Hippeastrum* war die Länge des Griffels 8—10 cm, die auf dem künstlichen Substrat (1% Agar mit 1% Zucker) erreichte größte Länge des Schlauches war 22 mm. Es war also das Verhältnis der Schlauchlänge auf der Narbe bei der Befruchtung zu der auf dem künstlichen Substrat erreichten Länge ungefähr 5:1.

Bei einer Pflanze, *Vinca minor*, ist es mir nun gelungen, auch auf dem künstlichen Substrat (1,5% Agar mit 5—10% Rohrzucker) Schläuche zu erzielen, die der Länge des Griffels nicht nur gleich sind, sondern dieselbe noch übersteigen. Die Länge des Griffels dieser Pflanze beträgt 0,6—0,8 cm; die Schläuche, welche auf künstlichem Substrat erhalten wurden, waren oft 1 cm lang; es war also das Verhältnis der Schlauchlänge auf der Narbe zu derjenigen auf dem künstlichen Substrat im Mittel 0,7:1. Bei allen anderen von mir untersuchten Pflanzen dagegen konnte ich nur die Angaben von Jost bestätigen, daß nämlich die künstlich erzeugten Schläuche stets bedeutend kürzer bleiben als die unter natürlichen Bedingungen gewachsenen. Das sei im Nächstfolgenden an einigen Beispielen gezeigt, unter Angabe des obenerwähnten Verhältnisses: *Weigelia rosea* 30:1, *Linaria cymbalaria* 20:1, *Vicia villosa* 7:1.

In den Arbeiten von Strasburger<sup>1)</sup>, Molisch<sup>2)</sup>, Miyoshi<sup>3)</sup> <sup>4)</sup> und einigen Publikationen von Lidforß<sup>5)</sup> <sup>6)</sup> werden auch die chemotaktischen Fähigkeiten der Pollenschläuche eingehend behandelt<sup>7)</sup>.

Im Allgemeinen wird angenommen, daß das Wachstum des Pollenschlauches von der Narbe zum Eiapparat ausschließlich durch chemotaktische Anziehung zu Stande kommt; inwiefern diese Annahme den Tatsachen entspricht, bedarf jedoch erst noch einer kritischen Untersuchung.

Bei den vorliegenden Untersuchungen beabsichtigte ich vor allem, die Plasmabewegung der Pollenschläuche zu studieren, was

<sup>1)</sup> Strasburger, E., 1886, l. c.

<sup>2)</sup> Molisch, H., 1893, l. c.

<sup>3)</sup> Miyoshi, M., Über Reizbewegungen der Pollenschläuche. (Flora. Bd. 78. 1894. p. 76.)

<sup>4)</sup> Miyoshi, M., Über Chemotropismus der Pilze. (Bot. Zeitg. Abt. I. Bd. 52. 1894. p. 1.)

<sup>5)</sup> Lidforß, B., Über den Chemotropismus der Pollenschläuche. (Ber. der deutsch. bot. Gesellsch. Bd. 17. 1899. p. 236.)

<sup>6)</sup> Lidforß, B., 1909, l. c.

<sup>7)</sup> Tokugawa hat eine Arbeit über Physiologie des Pollens veröffentlicht, die, wie es scheint, wertvolle Beobachtungen auch über den Chemotropismus der Pollenschläuche enthält. Die Arbeit selbst war mir nicht zugänglich. Tokugawa, Y., Zur Physiologie des Pollens. (Journ. Coll. Sc. imp. Univ. Tokyo. V. 35. 1914. p. 8. (Ref. Bot. Centralb. Bd. 131. 1916. p. 101.)

aus einigen Gründen angebracht erscheint. Erstens liegt über die Art der Plasmabewegung in den Pollenschläuchen keine eingehende zusammenfassende Untersuchung vor, abgesehen von kleineren Erwähnungen, welche konstatieren, daß in den Pollenschläuchen Plasmabewegung vorkommt. Zweitens bieten die Pollenschläuche ein Objekt dar, an welchem man die Bedeutung der Plasmabewegung mit einiger Sicherheit beurteilen kann. Denn in den Pollenschläuchen hat die Plasmabewegung zweifelsohne einen beträchtlichen Anteil an der Beförderung der Kerne zu der Spitze des Schlauches und ist infolgedessen bei der Befruchtung behilflich. Bei anderen Objekten, wo die Plasmabewegung bereits nach den verschiedensten Richtungen hin untersucht worden ist, ist man über ihre Bedeutung vollständig im Unklaren, und die Behauptung von de Vries<sup>1)</sup>, daß die Plasmabewegung dem Transport der Stoffe dient, ist vielfach bestritten worden. Jetzt ist man mehr geneigt, die Plasmabewegung als eine Begleiterscheinung der Lebensvorgänge anzusehen, die oft erst durch auszulösende Reize, hauptsächlich Verwundung, zu Stande kommen kann.

Worauf ich bei der Plasmabewegung der Pollenschläuche besonderen Wert legte, ist die theoretische Erwägung; daß die Plasmabewegung hier infolge intramolekularer Atmung, also ohne Sauerstoff, vor sich gehen kann, falls genügend Nährstoffe vorhanden sind. Die Behauptung, daß das Leben der Pflanze überhaupt nur bei Anwesenheit von Sauerstoff möglich sei, wird seit längerer Zeit verworfen, und zwar seit man zahlreiche anaerob lebende niedere Organismen aufgefunden hat. Man ist dann dazu übergegangen, die einzelnen Lebensäußerungen in Bezug zum Sauerstoff zu studieren. Vor allem wurde dem Einfluß der Entziehung von Sauerstoff auf die Plasmabewegung Beachtung geschenkt. Es hat sich ergeben, daß die Protoplasmabewegung durch den Entzug von Sauerstoff in den meisten Fällen zum Stillstand kommt; bei einigen Objekten dagegen ist die Plasmabewegung auch bei beschränkter Sauerstoffzufuhr, oder sogar beim vollständigen Entzug von Sauerstoff konstatiert worden. Das haben die Arbeiten von Clark<sup>2)</sup>, Kühne<sup>3)</sup>, Ritter<sup>4)</sup> und anderen gezeigt, welche nachweisen, daß die Plasmabewegung nach dem Entzug von Sauerstoff weiter vor sich gehen kann, doch ist sie dann in allen Fällen etwas eingeschränkt. Die Fortdauer der Bewegung ist auch von der Art der Pflanze, welche zu dem Versuch benützt wurde, stark abhängig, so z. B. zeigte Kühne, daß die Plasmabewegung bei verschiedenen Nitellaarten ganz verschieden lang, ohne Sauerstoff vor sich gehen kann. Vermutlich hängt die Plasmabewegung nicht nur von der Art der angewandten

<sup>1)</sup> de Vries, H., Über die Bedeutung der Zirkulation und der Rotation des Protoplasma für den Stofftransport in der Pflanze. (Bot. Zeitg. Bd. 43. 1885. p. 1.)

<sup>2)</sup> Clark, J., Über den Einfluß niederer Sauerstoffpressungen auf die Bewegungen des Protoplasmas. (Ber. d. deutsch. bot. Ges. Bd. 6. 1888. p. 273.)

<sup>3)</sup> Kühne, W., Über die Bedeutung des Sauerstoffs für die vitale Bewegung. (Zeitschr. f. Biologie. Bd. 36. 1898. p. 425.)

<sup>4)</sup> Ritter, G., Die Abhängigkeit der Protoplasmaströmung und der Geißelbewegung vom freien Sauerstoff. (Flora. Bd. 86. 1899. p. 329.)

Pflanze ab, sondern auch von dem Zustand, in welchem die Pflanze im Moment des Versuches sich befindet. Bei den Pollenschläuchen ist die Möglichkeit der Plasmabewegung ohne Sauerstoff auch noch deshalb wahrscheinlich, da sie eine starke Fähigkeit zur Spaltung der Kohlenhydrate besitzen. Außerdem ist bei den Pollenschläuchen noch eine weitere Erscheinung konstatiert worden, die auch für diese Möglichkeit spricht: Molisch<sup>1)</sup> hat nämlich gezeigt, daß die Pollenschläuche negativ aerotropisch sind, d. h. von der Sauerstoffquelle hinwegwachsen, und dadurch die ihnen zusagende schwache Sauerstoffspannung aufsuchen. Zur Keimung der Pollenkörner jedoch war nach Molisch stets eine gewisse Menge von Sauerstoff notwendig. Von den Pollenkörnern, welche unter dem Deckgläschen sich in Zuckerlösung befanden, keimten nur solche, die sich in einer Entfernung von 2 bis 4 mm vom Rande des Gläschens befanden; die gebildeten Schläuche werden aber nicht, wie man erwarten sollte, dem Rande des Deckgläschens zu getrieben, sondern vom Deckgläschenrand weg, ins Innere der Flüssigkeit hinein, wo natürlich die Sauerstoffspannung viel geringer ist als am Rande. Der negative Aerotropismus scheint in einem gewissen Einklang mit den Verhältnissen in der Natur zu stehen, da, wie Jost<sup>2)</sup> erwähnt, dem Griffelkanal und dem Griffelgewebe nur wenig Sauerstoff zur Verfügung steht. Die Versuche von Jost in Bezug auf das Wachstum der Schläuche in verminderten Sauerstoffmengen sind aber negativ ausgefallen.

Meine Untersuchungen berücksichtigen folgendes:

1. Die Art der Plasmabewegung in den Pollenschläuchen und die sie begleitenden Erscheinungen.

2. Die Protoplasmabewegung der Pollenschläuche in sauerstoffreicher Atmosphäre. (Da es sich ergeben hat, daß in dieser Hinsicht eine Unempfindlichkeit mancher Pollenschläuche vorliegt, habe ich auch untersucht, welchen Einfluß verschiedene Narkotica und Gase auf dieselbe und auf das Auskeimen der Pollenschläuche haben.)

3. Außerdem sind manche Erscheinungen an den Pollenschläuchen berücksichtigt worden, die es gestatten, gewisse Schlüsse in Bezug auf die Rolle des Kernes bei der Membranbildung zu ziehen.

4. Die Wachstumserscheinungen der aus dem Pollenschlauch abgegebenen Plasmartien.

Es scheint mir zwecklos, alle Versuche aufzuzählen, die ich mit zahlreichen Pflanzen ausgeführt habe; deshalb beschränke ich mich im Folgenden auf die Beschreibung einiger besonders charakteristischer Fälle.

## Vinca minor.

### Allgemeines.

Der Pollen dieser Pflanze lieferte mir eines der besten Objekte zum Studium der Pollenkeimung und der sich daran an-

<sup>1)</sup> Molisch, H., 1893, l. c.

<sup>2)</sup> Jost, L., 1907, l. c.

schließenden Vorgänge. Allerdings bietet er auch manche Ausnahmen in seinem Verhalten gegenüber dem Pollen anderer Pflanzen. Ein Ausnahmeverhalten zeigt er schon darin, daß die auf künstlichem Substrat gebildeten Schläuche eine Länge erreichen, die die Länge des Griffels übersteigt. Unter dem Mikroskop erscheinen die Pollenkörner entweder ellipsenförmig, oder, und dies in den meisten Fällen, annähernd rund mit einer schwachen Neigung zur Dreieckform; an den beiden Enden der Ellipse oder an den drei Ecken des Dreieckes erfolgt die Keimung, so daß in dem ersten Falle ein bis zwei, in dem letzten ein bis drei Schläuche gebildet werden, wovon jedoch nur je einer wachstumsfähig ist. Der Inhalt des Pollenkornes ist körnelig; am Rande des Kornes und auch an den Ecken ist die Körnelung besonders gut zu sehen, das gestattet, die Plasmabewegung von Anfang an zu verfolgen. Bei dem Pollen anderer Pflanzen ist es mit wenigen Ausnahmen nicht möglich, den Inhalt von Anfang an zu sehen, da die Exine entweder zu dick oder gefärbt ist.

### Keimung und Protoplasmabewegung.

Der Pollen von *Vinca* ist sehr leicht zur Keimung zu bringen; in 1½% Agar mit 5% Rohrzucker keimt er am besten, außerdem keimt er gut in dest. Wasser; der Prozentsatz der so gekeimten Pollenkörner ist aber bedeutend niedriger, und auch die Vitalität der im Wasser wachsenden Pollenschläuche wird etwas beeinträchtigt, auch bleiben diese bedeutend kürzer als die auf Agarzucker. Betrachtet man den Pollen von *Vinca* sofort nach dem Übertragen auf Agar, so sieht man, daß die am Rande und besonders die an den Ecken sichtbaren Körnchen sich in einer tanzenden Bewegung befinden, die der Brown'schen Molekularbewegung äußerlich ganz ähnlich ist. Hie und da gelingt es, in einem ungekeimten Pollenkorn eine regelmäßige Bewegung der Körnchen zu beobachten. Diese verläuft ringsherum am Rande des Pollenkornes; dabei beobachtet man einige in entgegengesetzter Richtung verlaufende Ströme. Die einzelnen Körnchen gehen entweder einige Male im Pollenkorn herum, bevor sie an einer bestimmten Stelle liegen bleiben, oder sie bewegen sich eine kurze Strecke weit und bleiben dann liegen, wobei sie eine tanzende Bewegung ausführen. Das Aufhören der oben erwähnten regelmäßigen Bewegung der Körnchen erfolgt mit Vorliebe an jenen Stellen des Pollenkornes, wo nachher die Pollenschläuche auskeimen.

Nach dem Übertragen des Pollens auf das künstliche Substrat beginnt die Keimung meist schon nach 5—10 Minuten. Meist werden 2 bis 3 Schläuche angelegt, von denen gewöhnlich nur einer die definitive Größe erreicht, die anderen dagegen in den Anfangsstadien stehen bleiben. Nicht selten erreichen aber auch sie eine Länge von einigen hundert  $\mu$ . Zu Beginn der Keimung sieht man, daß die tanzende Bewegung der Körnchen an Intensität zunimmt; dabei scheinen die Körnchen eine ganz bestimmte Richtung einzuhalten, nämlich nach der Stelle zu, wo der Schlauch entsteht. Die tanzende Bewegung ist am intensivsten unmittelbar

an den Auskeimungsstellen. In der ersten Zeit, wenn der Schlauch noch kurz ist, breitet sich die tanzende Bewegung auch in den gebildeten Schlauch hinein aus, ohne jedoch die Spitze des Schlauches zu erreichen, da diese auch in späteren Stadien, wenn der Schlauch schon beträchtlich gewachsen ist, mit homogenem Plasma dicht erfüllt ist. Infolgedessen ist natürlich die Betrachtung der Plasmabewegung an der äußersten Spitze des Schlauches unmöglich. Diese Tatsache trifft man nicht nur bei *Vinca minor* an, sondern sie kommt bei den Pollenschläuchen aller Pflanzen vor. Solange der Pollenschlauch wachstumsfähig ist, und solange keine Anschwellung der Spitze mit gleichzeitiger starker Vakuolisierung des Inhaltes erfolgt, ist die Spitze stets mit homogenem, stark lichtbrechendem Plasma erfüllt.

Nach erfolgter Keimung wächst der Pollenschlauch rasch weiter und schon im ganz jungen Schlauch sieht man eine Plasmabewegung, welche der Rotation vollständig gleich ist. Eine tanzende Bewegung ist unmittelbar an der Austrittsstelle des Schlauches vorhanden; sie geht dann im weiteren Verlaufe des Schlauches in einen aufsteigenden Strom über, dieser steigt hinauf,

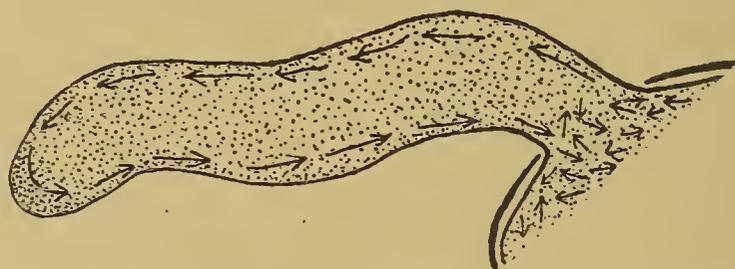


Fig. 1. Junger Schlauch von *Vinca* mit Rotation<sup>1)</sup>.

und man sieht ganz deutlich, wie der Strom an der Spitze (an der Stelle des hyolinen Plasmas) umkehrt, um sich in einen absteigenden Strom zu verwandeln, welcher schließlich die Austrittsstelle des Schlauches erreicht; dort geht die Bewegung wieder in die tanzende Körnchenbewegung über (Fig. 1). In einem 1 1/2 Stunden alten Schlauch war die Geschwindigkeit der Rotation  $0,5 \mu$  pro Sekunde. Zu dieser Zeit war der Schlauch vollständig mit Plasma erfüllt, es waren noch keine Vakuolen vorhanden. Beim weiteren Wachstum des Schlauches stellt sich eine Differenzierung im Plasma ein, indem es längsfaserig wird, und dementsprechend teilt sich die ursprünglich einheitliche Rotation in mehrere parallelverlaufende Ströme. Die Rotation kann manchmal unterbleiben, und es treten dann von Anfang an einige parallel verlaufende Ströme auf, die einen gehen hinauf, die anderen entgegengesetzt herunter. Die Entstehung der Längsfaserigkeit des Protoplasmas tritt gleichzeitig mit der Vakuolisierung des Plasmas im Schlauch auf. Die zuerst kleinen Vakuolen vergrößern sich, und es entstehen zwischen den Längsfasern schiefverlaufende Querverbindungen, in welchen die

<sup>1)</sup> Alle Abbildungen sind mit Mikroskop Zulauf, Objektiv 7, mit Zeichn-  
okular Leitz hergestellt worden. Vergrößerung: 400. Die Pfeile zeigen die  
Richtung der Protoplaswabewegung an.

Plasmabewegung äußerst rasch vor sich geht. Dadurch geht die Plasmabewegung in die charakteristische Zirkulation über. Nach 2 Stunden war die Geschwindigkeit der Bewegung 2 bis  $2\frac{1}{2}$   $\mu$  pro Sekunde. Zu dieser Zeit war in einiger Entfernung von der Spitze des Schlauches eine Längsfaserigkeit des Protoplasmas mit längsverlaufenden Strömen zu konstatieren.<sup>1)</sup> Weiter von der Spitze entstehen Querverbindungen zwischen Längsfasern, welche sich oft auch überkreuzen. In dieser Partie des Schlauches war infolgedessen Zirkulation nachweisbar (Fig. 2.).



Fig. 2. Die obere Partie eines Schlauches.  
Im oberen Teil parallelverlaufende Ströme; im unteren Teil Zirkulation.

Besonders in der unteren Partie des Schlauches geht die Vakuolisierung mit der gleichzeitigen Abgabe des Protoplasmas an die Spitze weiter vor sich, bis nur noch der Plasmawandbelag vorhanden ist, in dem man nur wenige Ströme mit abnehmender Bewegungsintensität konstatiert. Nach etwa 2 Tagen ist der Schlauch ausgewachsen, und wie schon gesagt, kann er in dieser Zeit eine Länge von bis 1 cm erreichen. Die Intensität der Bewegung erreicht in bestimmten Partien des Schlauches ihren Höhepunkt, und die Geschwindigkeit ist oft 12  $\mu$  pro Sekunde. Der ausgewachsene Schlauch bleibt dann bis 5 Tage am Leben. Die Intensität der Bewegung bleibt eine Zeitlang gleich; schließlich beginnt die Bewegung sich zu verlangsamen, ohne jedoch zum Stillstand zu kommen. Die Spitze des Schlauches erfährt bei *Vinca* eine verhältnismäßig schwache Anschwellung. Die Schläuche gehen entweder durch Platzen zu Grunde, oder, in seltenen Fällen, durch Plasmolyse; im letzteren Falle wird die Struktur der Protoplasmas in der Weise verändert, daß große ölige Tropfen auftreten, und dadurch geht die ursprünglich faserige Struktur verloren. Wenn die Spitze des Schlauches platzt, so stellt das Plasma in dem Moment des Platzens seine Bewegung ein, und das gesamte Plasma strömt der Spitze des Schlauches zu. Nachdem ein Teil des Plasmas entleert ist, kommt die Bewegung einen Augenblick zum Stillstand, um im nächsten Moment wieder ruckweise einzusetzen und dadurch auch das Plasma ruckweise abzustößen.

Trotzdem die Ansammlung des Plasmas an der Spitze des Schlauches ohne Zweifel durch Plasmabewegung stattfindet, ist es nicht möglich, einen Unterschied in der Geschwindigkeit der Ströme, welche hinauf zu der Spitze gehen, und jener, welche herunter zu

<sup>1)</sup> Straßburger, E., Neue Untersuchungen über den Befruchtungsvorgang bei den Phanerogamen. Jena 1884. Schon Strasburger macht darauf aufmerksam, daß infolge der Plasmabewegung das Plasma im Pollenschlauch längsfaserig wird.

dem Pollenkorn verlaufen, zu beobachten. Die Stelle des Schlauches, wo die Bewegung am intensivsten ist, ist jeweils verschieden und hängt von dem Alter des Schlauches ab. So ist in ganz jungen Schläuchen die intensivste Bewegung an der Stelle wahrnehmbar, wo die längsverlaufenden Fasern Querverbindungen erhalten; sie ist also ziemlich weit von der Spitze entfernt. Je größer der Schlauch wird, desto näher wird die Stelle der intensivsten Bewegung der Spitze zu verlegt. In einem beinahe ausgewachsenen Schlauch liegt sie schon ganz nahe der Spitze; durchschnittlich in einer Entfernung von 50 bis 100  $\mu$ ; dabei findet an der Spitze selbst keine Bewegung statt; etwas von der Spitze entfernt ist die Bewegung sehr schwach. Bei *Vinca* kommt es verhältnismäßig selten vor, daß die intensivste Bewegung vollständig an die Spitze verlegt wird, da beim Pollen dieser Pflanze auch die älteren Schläuche nur wenig anschwellen. Die intensive Bewegung wird nämlich vorwiegend bei solchen Pflanzen an die Spitze verlegt, deren Pollenschläuche eine starke Anschwellung an der Spitze haben.

Nur selten ist die Plasmabewegung, so wie bei *Vinca*, von Anfang an sichtbar; und zwar kommt es öfters bei Monokotylen als bei Dikotylen vor. In den meisten Fällen dagegen ist der auskeimende Schlauch in der ersten Zeit mit homogenem Plasma vollständig erfüllt, und es ist deshalb nicht möglich, die Plasmabewegung von Anfang an zu verfolgen. In diesen Fällen tritt die Körnelung des Plasmas später auf und ist dann gewöhnlich bedeutend schwächer. Am genauesten kann man die Plasmabewegung dann verfolgen, wenn die Vakuolisierung sich schon gänzlich vollzogen hat und das Plasma nur noch im plasmatischen Wandbelag vorhanden ist. In solchen Fällen ist die Plasmabewegung auch sehr gut in der Anschwellung der Spitze des Schlauches zu sehen. In der Anschwellung ist bei manchen Pflanzen auch der Kern wahrnehmbar. Diese Verhältnisse sind sehr schön in den angeschwollenen Spitzen der Pollenschläuche von *Narcissus*arten zu beobachten. (Fig. 3.)

Gleichzeitig mit der zunehmenden Plasmabewegung und dem fortschreitenden Wachstum des Pollenschlauches wird der Inhalt des Pollenkornes in den Schlauch entleert. Diese Entleerung geschieht mittels Plasmabewegung. Die zuerst in den Randpartien des Kornes sichtbare tanzende Bewegung breitet sich im Laufe des Wachstums des Schlauches auf das ganze Korn aus und geht nachher in Zirkulation über. Diese Zir-

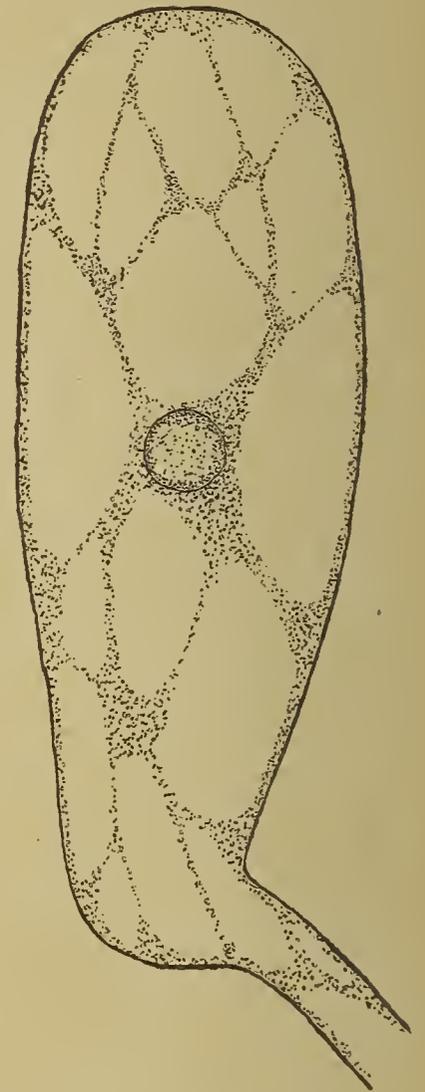


Fig. 3.  
Angeschwollene Spitze eines  
Pollenschlauches von *Nar-*  
*cissus angustifolius*.

kulation kommt dadurch zustande, daß im Pollenkorn Vakuolisierung eintritt. Die Vakuolen werden von Plasmasträngen durchsetzt. Die Plasmastränge sowohl als auch die Vakuolen wechseln beständig ihre Gestalt. Die Gestaltveränderung dieser Stränge vollzieht sich infolge der Plasmazirkulation. Am besten werden diese Verhältnisse an einem Beispiel gezeigt (Fig. 4).

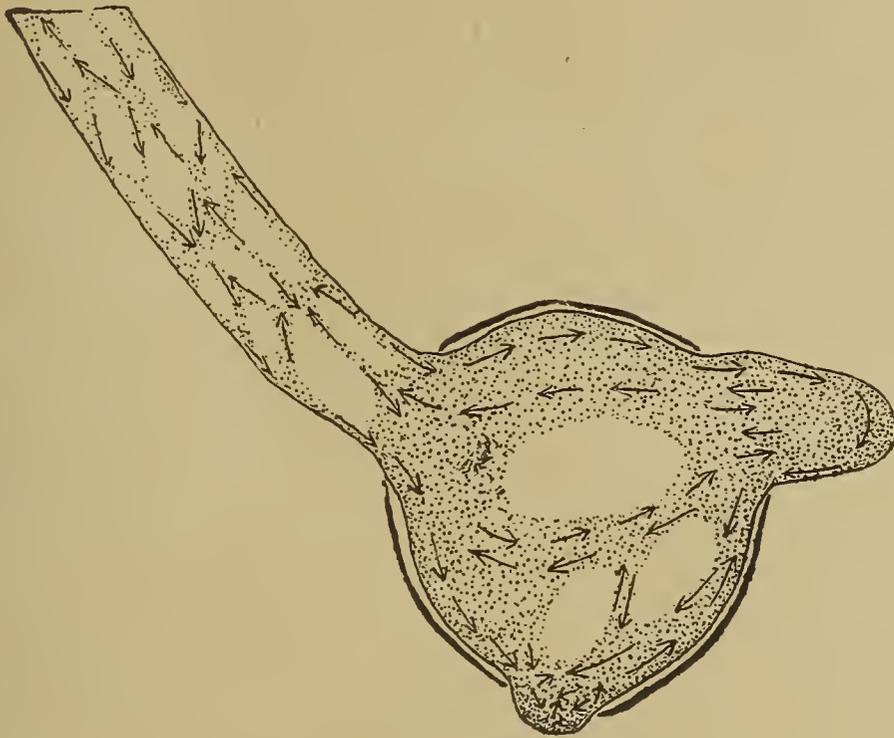


Fig. 4.  
Pollenkorn von *Vinca* mit 3 Schläuchen.

Es sind hier drei Schläuche bei der Keimung des Pollenkornes gebildet worden. Der eine ist ganz klein geblieben und neben ihm und in ihm selbst sieht man Körnchen, welche sich in tanzender Bewegung befinden. Der zweite war lang und erreichte später seine definitive Größe, der dritte dagegen stellte nach kurzer Zeit sein Wachstum ein und blieb dadurch verhältnismäßig kurz. 4 Stunden nach Beginn der Keimung fängt die Vakuolisierung im Pollenkorn an, und dabei beobachtet man in ihm eine tanzende Bewegung des Protoplasmas. Zu dieser Zeit war in der oberen Partie des kurzen Schlauches noch Rotation vorhanden, das Plasma begann aber bereits die längsfaserige Struktur auszubilden, so daß in der unteren Partie der Strom in mehrere parallelverlaufende Ströme aufgelöst war. Im langen Schlauch war aber, besonders in seiner unteren Partie eine zirkulationsartige Bewegung wahrnehmbar. Beim Übergang des Plasmas von dem langen Schlauch in das Pollenkorn sieht man eine Teilung in zwei Ströme; der eine Strom fließt in das Pollenkorn nach unten und breitet sich schließlich aus zu dem Strom, welcher durch den mittleren Plasmastrang geht, der die Vakuole durchsetzt. Der andere fließt an der Wand des Pollenkornes nach oben und zwar direkt in den kurzen Schlauch. In dem Plasmastrang, welcher die Kornvakuole durchsetzt, sind außerdem einige nebeneinander verlaufende Ströme vorhanden, welche in verschiedenen Richtungen fließen. Von dem kleinen Schlauch aus ging der eine größere Strom in den langen

Schlauch: es waren also in diesem Teil des Plasmas im Pollenkorn zwei Ströme vorhanden, einer, welcher vom langen Schlauch nach oben in den kurzen Schlauch ging, ein anderer, welcher diesem entgegengesetzt verlief und zwar vom kurzen in den langen Schlauch. Im übrigen Plasma des Pollenkornes war eine nach verschiedenen Richtungen hin verlaufende Zirkulation wahrnehmbar. An diesem Beispiel waren also gleichzeitig alle drei Typen der Plasmabewegung mit den charakteristischen Übergängen leicht zu sehen: die tanzende Bewegung in dem unteren ganz kurzen Schlauch; die Rotation im oberen kurzen Schlauch; die Zirkulation im langen Schlauch und im Pollenkorn. Diese Art der Plasmabewegung beobachtete man im vorliegenden Beispiel verhältnismäßig lange Zeit, bis schließlich das Pollenkorn entleert wurde und fast das ganze Plasma in den Schlauch auswanderte; ein kleiner Teil des Plasmas blieb jedoch im Pollenkorn zurück und verteilte sich an der Wandung, an der man, solange der Schlauch nicht geplatzt oder abgestorben ist, eine Bewegung wahrnehmen kann.

Im allgemeinen kann man sagen, daß die Plasmabewegung in manchen Pollenschläuchen in Bezug auf Übersichtlichkeit und Intensität der Bewegung den bekannten Beispielen von Plasma-

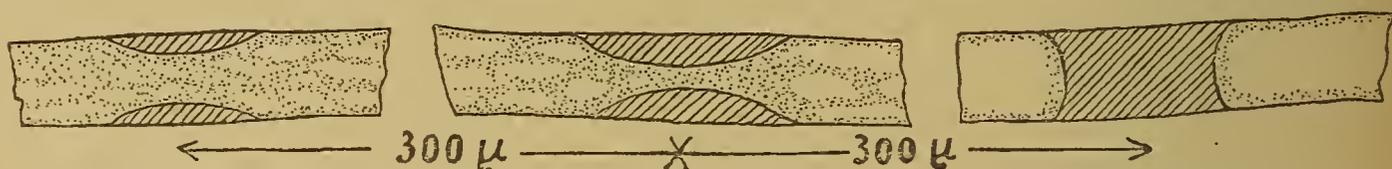


Fig. 5. Drei aufeinanderfolgende Stadien von Kallosebildung in einem und demselben Schlauch von *Vinca*.

bewegung in den Staubfadenhaaren von *Tradescantia*, den Haaren junger Kukurbitaceensprosse etc. nicht nachsteht. Sie bietet aber den Vorteil, daß man gleichzeitig oder kurz nach einander an einem und demselben Objekt Rotation und Zirkulation beobachten kann. Allerdings sind die Übergänge zwischen der Rotation und Zirkulation oft sehr schwer wahrnehmbar, und man ist selten in der Lage, mit Sicherheit zu behaupten, wo die Grenze der einen Art der Bewegung liegt und wo die zweite Art beginnt. Wenn dagegen die eine oder andere Form der Bewegung sich ausgebildet hat, dann kann bei der Beobachtung kein Zweifel vorliegen.

### Bildung von Kallosepfropfen

erfolgt bei *Vinca* manchmal schon sehr bald, wenn der Schlauch noch kurz ist und erst eine Länge von etwa 1 mm hat, in den meisten Fällen dauert es aber länger, bis die Pfropfen auftreten, und zwar treten sie meist erst dann auf, wenn der Hauptteil von dem Inhalt des Pollenkornes zu der Spitze gelangt ist. Die Anlage eines Kallosepfropfens geschieht bei *Vinca* durch eine gleichmäßig breite Ablagerung von Kallose an zwei entgegengesetzten Stellen der Wand des Schlauches; diese Ablagerung geht so lange vor sich, bis die entgegengesetzten Partien von Kallose sich treffen, und auf diese Weise schließlich ein länglicher Pfropfen ausgebildet wird. Die Anlage der einzelnen Pfropfen erfolgt in ganz

gesetzmäßiger Weise, nämlich nach den meisten Beobachtungen in einer Entfernung von  $300 \mu$  von einander. Außerdem erfolgt sie in aufsteigender Anordnung, d. h. die ältesten Pfropfen sind zu unterst, die jüngeren folgen nach oben (Fig. 5). Während der Entstehung solcher Kallosepfropfen wird das Plasma an der Stelle, wo der Pfropfen gebildet wird, zusammengedrückt; bemerkenswert ist, daß in diesen verjüngten Stellen die Geschwindigkeit der Protoplasmabewegung deutlich zunimmt. Der Pollenschlauch wird durch die Kallosepfropfen in einige Partien geteilt, von denen die oberste am meisten Plasma enthält, die nach unten nächstfolgende etwas weniger, sie ist auch bereits stark vakuolisiert, und das Protoplasma besitzt Querverbindungen. Die weiter nach unten folgenden Partien des Schlauches besitzen nur einen Plasmawandbelag. Beachtenswert ist auch, daß in den abgeschnittenen Partien des Schlauches die Plasmabewegung weiter geht. Diese Tatsache ist insofern von Bedeutung, als die beiden Kerne, wie die Färbungen zeigen, in den meisten Fällen in der obersten plasmareichsten Partie sich befinden; die nach unten liegenden Partien sind infolgedessen kernlos, und daraus kann man schließen, daß die Plas-

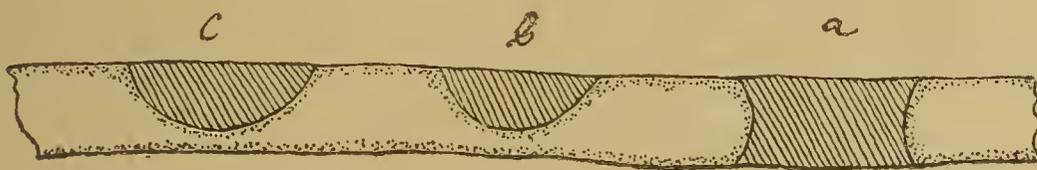


Fig. 6. Ein Stück eines Pollenschlauches von *Vinca*.  
a zuerst gebildete Kallosepfropfen,  
b und c nachträglich gebildete Kallosepfropfen.

mabewegung in diesen untersten Partien ohne Mithilfe eines Kernes vor sich gehen kann<sup>1)</sup>; allerdings kann dagegen ein Widerspruch erhoben werden, indem man behaupten könnte, daß zwischen den abgetrennten Partien des Schlauches durch die Kallosepfropfen hindurch Plasmaverbindungen bestehen. Ob das wirklich der Fall ist, vermag ich nicht zu entscheiden. In den abgeschnittenen Partien des Schlauches findet eine Bildung von weiteren Kallosepfropfen statt. Ihre Bildung ist ganz unregelmäßig und weicht auch von der Bildung der zuerst entstandenen Pfropfen in der Weise ab, daß sie durch einseitige Ablagerung von Kallose an einer Wand des Schlauches gebildet werden. Sie sind auch manchmal so zahlreich, daß mehr als die Hälfte des Schlauches von ihnen ausgefüllt wird (Fig. 6). Ihre Bedeutung ist vollständig unklar. Da aber bei ihrer Bildung die Menge des Plasmas in den abgetrennten Partien wenig abnimmt, ist man zu der Annahme berechtigt, daß ihre Bildung auf Kosten der von außen aufgenommenen Stoffe

<sup>1)</sup> Es haben schon Pfeffer, W., Zur Kenntnis der Plasmahaut und der Vakuolen etc. (Abhandl. d. math.-phys. Kl. d. K. Sächs. Ges. d. Wiss. Bd. 16) und Hauptfleisch, P., Untersuchungen über die Strömung des Protoplasmas in behäuteten Zellen. (Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. 24. 1892. p. 173) beobachtet, daß in kernlosen Zellpartien eine Plasmabewegung auch ohne Mithilfe eines Kernes vor sich geht.

erfolgt. Dabei ist zu bemerken, daß in der obersten, dicht mit Plasma erfüllten Partie des Schlauches ihre Entstehung entweder vollständig unterbleibt oder doch nur in viel geringerem Maße stattfindet.

Die Art und Weise der Bildung von Kallosepfropfen in den Pollenschläuchen ist je nach der Art der Pflanze ganz verschieden.

Bei Narcissusarten erfolgt die Pfropfenbildung in der folgenden Weise: der Pfropfen wird nicht von beiden Wänden des Schlauches angelegt, sondern er bildet sich an einer Wand als schmaler Vorsprung, welcher solange weiter wächst, bis er die entgegengesetzte Wand berührt und dann sich noch etwas in die Dicke ausbreitet (Fig. 7a). Nur in seltenen Fällen kommt es vor, daß dem von einer Seite wachsenden Pfropfen, wenn er die entgegengesetzte Wand beinahe berührt, ein Vorsprung von der anderen Seite her entgegenwächst. Bei Narcissusarten erfolgt eine besonders starke nachträgliche Bildung von Kallosepfropfen, sodaß bestimmte Partien des Schlauches manchmal vollständig mit Kallose angefüllt erscheinen.

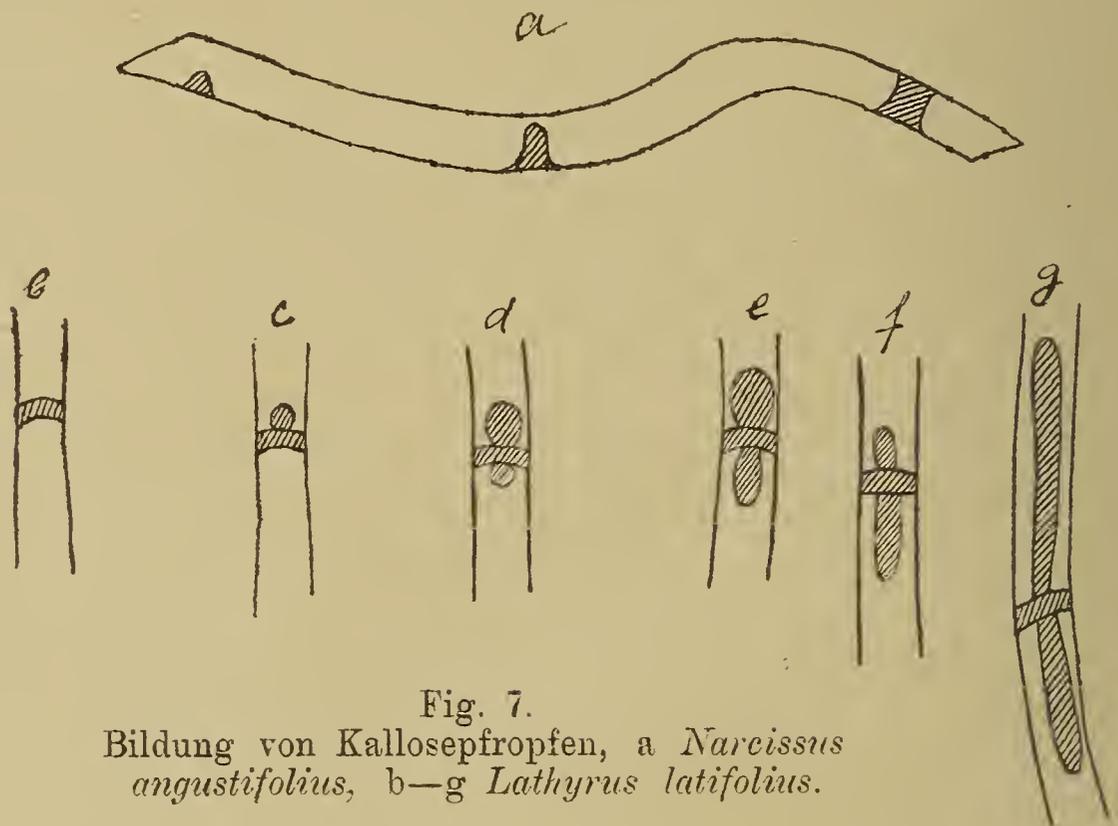


Fig. 7.

Bildung von Kallosepfropfen, a *Narcissus angustifolius*, b—g *Lathyrus latifolius*.

Bei *Lathyrus latifolius* bildet sich der Kallosepfropfen als ein schmaler Ring, der gleichzeitig von allen Seiten nach innen wächst, bis er schließlich einen schmalen Verschuß bildet. Es werden dann von der Mitte des gebildeten Ringes aus zwei Kallosevorsprünge in der Längsrichtung angelegt (Fig. 7b—g). Der eine von ihnen ist stets etwas größer als der andere. Die beiden Vorsprünge werden entweder ziemlich breit und bleiben dann kurz (Fig. 7d und e), oder sie sind schmal und lang (Fig. 7f und g). Ein so gebildeter Kallosepfropfen kann eine Gesamtlänge von  $50 \mu$  erreichen. Die nachträgliche Bildung von Kallose ist bei *Lathyrus* sehr schwach oder unterbleibt auch vollständig.

### Einfluss von Wasserstoff.

Die Einwirkung von äußeren Faktoren auf die Plasmabewegung ist bei verschiedenen Objekten, z. B. bei *Chara*, *Elodea*, Haaren höherer Pflanzen, Mucorarten etc., oft genug studiert worden. Bei den Pollenschläuchen liegen die Verhältnisse jedoch anders als bei den genannten Objekten, insofern, als es nicht gleichgültig ist, in welchem Stadium die Schläuche während des Versuches sich befinden. Die Untersuchung wird auch noch dadurch erschwert, daß der schon gekeimte Pollen gegen jede Veränderung der Umgebung, in welcher er zur Zeit der Keimung und während des nachträglichen Wachstums sich befindet, sehr empfindlich ist. Platzen doch sogar die auf Agar gebildeten Schläuche, wenn sie ins Wasser übertragen werden, augenblicklich; dasselbe erfolgt auch, wenn die Schläuche in narkotikahaltiges Wasser übertragen werden, oder wenn man schädliche Gase auf sie einwirken läßt. Bei dem Studium der Einwirkung äußerer Faktoren ist man deshalb auf solche Pollenarten beschränkt, die in der jeweiligen Umgebung, deren Einwirkung auf die Plasmabewegung man studieren will, keimungs- und wachstumsfähig sind.

Schon gekeimte Pollenkörner werden manchmal durch Übertragen in Wasserstoffatmosphäre in der ersten Zeit nicht geschädigt und dadurch kann man in solchen Fällen den Einfluß des Sauerstoffentzuges auf die Plasmabewegung der Pollenschläuche studieren. Es liegt aber bei der Keimung des Pollens eine Besonderheit vor, die bereits von verschiedenen Seiten konstatiert worden ist [Molisch<sup>1)</sup>, Jost<sup>2)</sup>]; es hat nämlich der Pollen eine relativ hohe Sauerstoffspannung zur Keimung nötig. Nach meinen Untersuchungen trifft diese Tatsache nicht bei dem Pollen aller Pflanzen zu, sondern es gibt wenige Ausnahmen. In diesen Ausnahmefällen keimt der Pollen auch in Wasserstoffatmosphäre; allerdings erfährt die Keimung dabei eine gewisse Beeinflussung, die in manchen Fällen größer, in anderen geringer ist. Zu den Pflanzen, deren Pollen in Wasserstoff keimt, gehört *Vinca*. Der Prozentsatz des gekeimten Pollens dieser Pflanze ist in Wasserstoff etwas geringer als in Luft. Die Versuche in Wasserstoff sind zuerst auf Agar mit Zucker ausgeführt worden, welcher auf dem Deckgläschen dünn ausgebreitet wurde. Das Deckgläschen wurde auf den Ring der feuchten Kammer aufgelegt und luftdicht verschlossen. An dem Ring ist auf einer Seite ein Zuleitungsrohr und auf der anderen ein Ableitungsrohr angebracht, durch welche das Gas zu- und abgeleitet wurde. Um den Wasserstoff von den letzten Spuren von Sauerstoff zu reinigen, wurde er mit alkalischer Pyrogalllösung ausgewaschen. Zur Kontrolle einer eventuellen Anwesenheit von Sauerstoff diente die Bakterienmethode. Um ein Vergleichsbild zu bekommen, sind zur Keimung in Wasserstoff parallele Versuche in Luft ausgeführt worden. Für die gleichzeitig angesetzten Versuche ist stets der Pollen einer und derselben

<sup>1)</sup> Molisch, H., 1893, l. c.

<sup>2)</sup> Jost, L., 1907, l. c.

Pflanze verwendet worden. Abgesehen von einer etwas geringeren Keimfähigkeit des Pollens in der Wasserstoffatmosphäre beobachtete man die ersten Unterschiede zwischen den auf Agarzucker in Luft und in Wasserstoff gekeimten Pollenschläuchen erst, nachdem die Schläuche beträchtlich gewachsen waren, nämlich nach etwa 4 Stunden. Dann begannen die Schläuche im Wasserstoff unregelmäßig zu wachsen und bildeten Zickzacklinien. Nach 10 Stunden war die Länge der Schläuche in den beiden parallel gehenden Versuchen annähernd gleich, und ebenso war auch die Plasmabewegung ziemlich gleich, und zwar betrug ihre Schnelligkeit  $3 \mu$  pro Sekunde. Erst nach 24 Stunden begann die Plasmabewegung in den Schläuchen, welche sich im Wasserstoff befanden, sich zu verlangsamen; so war die Bewegung in den Schläuchen im Wasserstoff  $2,5 \mu$ , in den Schläuchen in der Luft dagegen  $3 \mu$  pro Sekunde. (Ich will von vorne herein bemerken, daß die Methoden der Geschwindigkeitsmessung der Plasmabewegung sehr fehlerhaft sind. Zur Messung sind solche Pollenschläuche aus einem Präparat ausgesucht worden, die scheinbar normal entwickelt waren. Die Plasmabewegung ist in ihnen an jenen Stellen gemessen worden, wo sie am intensivsten war, und dann ist aus mehreren Messungen der Mittelwert berechnet worden.) Nach 28 Stunden war die Bewegung in den Schläuchen im Wasserstoff bedeutend verlangsamt, sie war nur noch  $2 \mu$ , in den Luftschläuchen hingegen  $3,5 \mu$  pro Sekunde. Die Abnahme der Geschwindigkeit der Plasmabewegung bei den Schläuchen im Wasserstoff ging rapid weiter, nach 31 Stunden war sie nur noch  $1 \mu$ ; bei den Schläuchen in der Luft dagegen blieb sie beinahe unverändert. Nach 36 Stunden war in den Schläuchen im Wasserstoff die Bewegung bereits eingestellt, und nur ausnahmsweise war noch eine sehr schwache Bewegung nachweisbar. Im Wasserstoff verändert sich gleichzeitig mit dem Einstellen der Bewegung auch der Inhalt des Schlauches. Das Plasma verliert dann seine längsfaserige Struktur, und es treten in ihm große ölige Tropfen auf.

Bei diesem Versuch stand den Pollenschläuchen Zucker als Energiequelle zur Verfügung. Von Bedeutung ist es nun, zu entscheiden, ob der Pollenschlauch diese Energiequelle wirklich zur Plasmabewegung ausnützt. Das kann man dadurch beweisen, daß man den Pollen ohne Zucker im dest. Wasser in Wasserstoffatmosphäre keimen läßt.

Wenn die Keimung in der Luft stattfindet, so liegt der Unterschied zwischen den Zucker- und den Wasserkulturen darin, daß in den Wasserkulturen gewöhnlich etwas weniger Pollenkörner auskeimen als in den Zuckerkulturen. Der Unterschied zwischen der Keimung der Pollenkörner einerseits in Wasser in Luftatmosphäre, und andererseits in Wasser in Wasserstoffatmosphäre ist sehr charakteristisch; in der Wasserstoffatmosphäre beobachtet man nur in vereinzelt Fällen Keimung, in der Luftatmosphäre dagegen keimen etwa 50% der Pollenkörner. In den vereinzelt Pollenschläuchen, welche in Wasserstoffatmosphäre gebildet wurden, hörte die Plasmabewegung schon nach 11 Stunden vollständig auf.

In den in der Luft gebildeten Schläuchen geht die Bewegung längere Zeit vor sich, nämlich 3—4 Tage.

Gleichzeitig sei hier bemerkt, daß die Intensität der Plasmabewegung jener Pollenschläuche, welche in Wasser und Luft gewachsen sind, der Intensität der Bewegung in jenen Schläuchen, welche auf zuckerhaltigem Substrat in Luftatmosphäre gewachsen sind, nicht nur gleich ist, sondern daß sie dieselbe sogar übertreffen kann. Im Wasser bleiben die Schläuche jedoch stets kurz, und die Länge der auf Zucker gewachsenen übersteigt die ihrige einige Male.

Es ist außerdem noch der folgende Versuch ausgeführt werden: es sind die in Wasser in Luftatmosphäre gebildeten Schläuche der Wirkung von Wasserstoff ausgesetzt worden. Dabei beobachtet man in den meisten Fällen, daß die Bewegung nach 2—3 Stunden zum Stillstand kommt. Überträgt man dagegen die auf Agarzucker in der Luftatmosphäre gebildeten Pollenschläuche in Wasserstoff, so geht die Bewegung in der ersten Zeit ganz normal weiter vor sich, erst später wird sie langsamer und hört schließlich in den meisten Schläuchen nach 28 Stunden auf.

In allen Fällen, wo die in anderer Umgebung gebildeten Schläuche in Wasserstoff übertragen wurden, war in der ersten Zeit auch Wachstum nachweisbar. Mit abnehmender Intensität der Plasmabewegung hat jedoch auch das Wachstum nachgelassen, und schließlich, wenn die Bewegung ganz aufgehört hatte, wurde auch das Wachstum eingestellt.

Aus allen diesen Versuchen geht hervor, daß die Plasmabewegung durch den Entzug von Sauerstoff nach einiger Zeit beeinflusst wird, und daß die in Wasserstoffatmosphäre stattfindende Plasmabewegung infolge intramolekularer Atmung in beschränktem Maße vor sich geht. Es wird dabei der künstlich gebotene Zucker verarbeitet, da beim Entzug von Sauerstoff die eigenen im Pollenkorn vorhandenen Reservestoffe scheinbar nicht in ausreichendem Maße verarbeitet werden können. Es scheint, daß beim Entzug von Sauerstoff der künstlich gebotene Zucker leichter verarbeitet werden kann als die Stoffe, welche im Pollenkorn selbst sich befinden, und daß zur Verarbeitung der letzteren Stoffe Sauerstoff unbedingt notwendig ist.

Die Reaktion auf Stärke hat ergeben, daß zur Zeit des Versuches in den Pollenkörnern entweder gar keine Stärke oder nur Spuren davon vorhanden waren.

### **Einfluss von Narkotika und Gasen.**

Es sind in erster Linie Alkohol, Äther und Chloroform in Betracht gezogen worden. Bei früheren Untersuchungen an anderen Objekten hat sich ergeben, daß die Plasmabewegung durch schwache Konzentrationen dieser Narkotika angeregt wird; dies wurde auch durch Josing<sup>1)</sup> bestätigt. Starke Konzentrationen

<sup>1)</sup> Josing, E., Der Einfluß der Außenbedingungen auf die Abhängigkeit der Protoplasmabewegung vom Licht. (Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. 36. 1901. p. 197.)

wirken im Gegenteil hemmend auf die Plasmabewegung und zwar bis zu deren vollständigem Stillstand. Über den Einfluß von Alkohol, Äther und Chloroform auf Pollen machte auch Rittinghaus<sup>1)</sup> einige Beobachtungen. Bei seinen Versuchen hat sich ergeben, daß diese Reagentien sehr schädigend, oft sogar tötend auf den Pollen wirken. Der Grund dafür ist wohl darin zu suchen, daß Rittinghaus mit zu starken Konzentrationen gearbeitet hat, oder gar die Dämpfe direkt hat einwirken lassen.

Äther. Wird dem dest. Wasser  $\frac{1}{4}\%$  Äther zugesetzt, so wird die Keimung sehr verzögert, die Schläuche bleiben kurz, sie erreichen nur eine Länge von ca. 350  $\mu$ . Nach etwa 7 Stunden beobachtet man, daß die Plasmabewegung und das Wachstum eingestellt werden. In 1% Äther ist nur in der ersten Zeit eine ganz schwache Bewegung wahrnehmbar; dementsprechend erreichen die Schläuche nur eine Länge von ca. 75  $\mu$ . Wird der Äther dagegen den zuckerhaltigen Lösungen zugesetzt, so ist die Keimung entschieden besser, das Wachstum ist aber ebenso wie ohne Zucker gehemmt; die Schläuche sind nicht bedeutend länger als ohne Zucker und auch die Dauer der Plasmabewegung wird nicht verlängert.

Alkohol. Dasselbe Verhalten zeigt sich auch im Alkohol. Bei der Anwendung von Alkohol ist erst bei etwas höherer Konzentration als bei Äther, nämlich bei 1% ein deutlicher Einfluß konstatiert worden. Die Schläuche sind bis 750  $\mu$  lang geworden, die Plasmabewegung dauerte 24 Stunden. Durch Zusatz von Zucker zur Alkohollösung wird die Dauer der Bewegung ein wenig erhöht.

Chloroform wirkt schon in Spuren tötend auf die Pollenkörner von *Vinca*, und infolgedessen gelingt es nicht, in den chloroformhaltigen Lösungen Keimung zu beobachten.

Daraus folgt, daß durch Alkohol sowohl als auch durch Äther die Verarbeitung der im Pollenkorn befindlichen Stoffe erschwert wird und ebenso auch die Aufnahme des von außen gebotenen Zuckers. In dieser Beziehung ist zwischen Alkohol und Äther einerseits und Wasserstoff andererseits ein Unterschied zu konstatieren, da in dem letzteren Falle bei Wasserstoff die Aufnahme und Spaltung des von außen gebotenen Zuckers stattgefunden hat.

Es hat sich außerdem ergeben, daß der Pollen von *Vinca* gegen mineralische Lösungen ziemlich empfindlich ist.

Sehr große Empfindlichkeit zeigen die Pollenkörner von *Vinca* auch gegen Kohlensäure; in reiner Kohlensäure erfolgt nur ausnahmsweise Keimung; die darin gebildeten Schläuche bleiben kurz, sie werden höchstens 40  $\mu$  lang und gehen bald durch Platzen zu Grunde. Die Einwirkung von Kohlensäure auf Pollen im allgemeinen wurde schon durch Lopriore<sup>2)</sup> studiert. Merkwürdigerweise zeigen die Pollenkörner von *Vinca* gegen Leuchtgas eine geringere Empfindlichkeit als gegen Kohlensäure, und die im Leuchtgas gebildeten Schläuche waren sogar etwas größer als die in der Kohlensäure gebildeten.

<sup>1)</sup> Rittinghaus, P., 1886, l. c.

<sup>2)</sup> Lopriore, G., Über die Einwirkung von Kohlensäure auf das Protoplasma der lebenden Pflanzenzelle. (Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. 28. 1895. p. 531.)

## **Aesculus hippocastanum.**

### **Keimung, Einwirkung von Wasserstoff usw.**

Die Keimung geht in dest. Wasser sehr schlecht vor sich, es keimen nur vereinzelte Pollenkörner. Als günstigstes Medium in Bezug auf die Keimung hat sich 1 1/2% Agar mit 10% Rohrzucker erwiesen; hier beginnt die Keimung schon nach 10 Minuten, und es keimen beinahe alle Pollenkörner aus. Der ganz junge Schlauch ist mit homogenem Plasma erfüllt, so daß es in der ersten Zeit unmöglich ist, die Plasmabewegung darin zu verfolgen. Sie wird aber sehr bald sichtbar, etwa nach 1/2 Stunde, und zwar als rotationsartige Bewegung, die allmählich bei der Vakuolisierung des Schlauches in eine zirkulationsartige übergeht. Die Schläuche bleiben kurz. Gegen Wasserstoff zeigt der Pollen der Roßkastanie ein ganz charakteristisches Verhalten, welches mehreren Pflanzen eigen ist, er keimt nämlich in Wasserstoffatmosphäre nicht aus; überträgt man aber schon ausgewachsene Pollenschläuche mit Plasmabewegung in Wasserstoff, so dauert die Bewegung etwa 24 Stunden ungestört weiter. In Chloroform erfolgt bei *Aesculus* auch keine Keimung. Dieser Pollen hat sich auch als sehr empfindlich gegen Äther erwiesen; in 1/4% Äther kam es nur zur Bildung von ganz kurzen, nicht wachstumsfähigen Schläuchen mit stark vakuolisiertem Inhalt. Im 1/2% Alkohol dagegen war die Keimung verhältnismäßig gut; die Schläuche waren aber auch hier nicht wachstumsfähig. Diese Schläuche waren auch etwas dicker, als die unter normalen Verhältnissen gekeimten.

Aus allem diesem folgt, daß der Pollen von *Aesculus* gegen *Narcotica* sehr empfindlich ist, und daß bei ihrer Anwesenheit die Entwicklung der Schläuche sehr gehemmt wird. Eine noch stärker hemmende Wirkung übt Wasserstoff auf die Keimung aus, darin erfolgte überhaupt keine Keimung. Bei schon entwickelten Schläuchen dagegen war im Wasserstoff eine Zeitlang Plasmabewegung zu konstatieren.

### **Entleerung der Pollenschläuche und daran sich anschliessende Vorgänge.**

Man hat schon einige Male den Versuch gemacht, besonders wichtige Probleme der Pflanzenphysiologie durch Untersuchungen an Pollen zur Entscheidung zu bringen. Es treten nämlich beim Pollen manche Erscheinungen auf, die es gestatten, einen gewissen Schluß über die Bedeutung des Kernes bei der Membranbildung zu ziehen. Die meisten Arbeiten, welche diese Erscheinungen behandelt haben, versuchten nachzuweisen, daß Membranbildung ohne Mithilfe eines Kernes vor sich gehen kann. Diese Arbeiten haben bis jetzt nicht die verdiente Würdigung erfahren, was wohl an dem unzureichenden Beweismaterial liegt, und es herrscht noch bis jetzt allgemein die Meinung, daß Membranbildung nur bei Anwesenheit eines Kernes vor sich gehen kann. Diese Meinung ist

besonders vorherrschend seit den Arbeiten von Klebs<sup>1) 2) 3)</sup> und Haberlandt<sup>4) 5)</sup>, die bei einigen Objektén, besonders bei Algen und bei den Haaren höherer Pflanzen gezeigt haben, daß durch Plasmolyse vom Kern getrennte Plasmapartien zur Membranbildung nicht befähigt sind, während die kernhaltigen sich mit einer Membran umgeben. Was bis jetzt bei den Pollenschläuchen mancher Pflanzen in dieser Richtung bekannt ist, ist folgendes: Bei der Entleerung mancher Pollenschläuche enthalten die abgestoßenen Plasmapartien eine regelmäßige kugelige Gestalt, die Kerne werden meist aus den Pollenschläuchen mit abgestoßen. Da mehrere Plasmapartien entstehen, sind manche von ihnen kernlos, andere dagegen kernhaltig. Die beiden Arten von Plasmapartien haben die Fähigkeit, sich mit Membran zu umgeben. Nach Entleerung des Pollenschlauches bleibt jedoch ein Teil des Plasmas in dem Pollenschlauch zurück; auch dieser Teil kann innerhalb des Schlauches in mehrere Parteien zerfallen, deren jede auch die Fähigkeit besitzt, sich mit Membran zu umgeben. Bei diesen Vorgängen ist das Hauptgewicht auf die Beobachtung der Kernverhältnisse zu legen; bei den bis jetzt vorliegenden Arbeiten ist das nicht in hinreichendem Maße geschehen.

Es hat zuerst Palla<sup>6) 7)</sup> nach einer vorläufigen Mitteilung eine Arbeit veröffentlicht, in welcher er die Membranbildung in den abgestoßenen Plasmapartien des Pollenschlauches sowohl als auch in dem nach dem Platzen im Schlauch verbliebenen Teil des Plasmas beschreibt. Später hat Acqua<sup>8)</sup> durch eigene Untersuchungen die Ergebnisse von Palla bis zu einem gewissen Punkt bestätigt. In den beiden Arbeiten wird behauptet, daß in den beobachteten Fällen Membranbildung ohne Mithilfe des Kernes vor sich gehen kann. Diesen Ergebnissen ist Townsend<sup>9)</sup> entgegengetreten mit der Behauptung, daß zwischen den kernhaltigen und den kernlosen Parteien des Plasmas Plasmaverbindungen bestehen solange, bis die Membranbildung vollendet ist. Es ist also nach Townsend zur Bildung der Membran ein Kern unbedingt erforderlich. Bemerkenswert ist dabei, daß Townsend seine Behauptungen haupt-

<sup>1)</sup> Klebs, G., Beiträge zur Physiologie der Pflanzenzelle. (Ber. d. deut. bot. Ges. Bd. 5. 1887. p. 181.)

<sup>2)</sup> Klebs, G., Über Einfluß des Kernes in der Zelle. (Biol. Zentralbl. Bd. 7. 1887. p. 161.)

<sup>3)</sup> Klebs, G., Beiträge zur Physiologie der Pflanzenzelle. (Untersuch. a. d. bot. Institut zu Tübingen. Bd. 2. 1888. p. 489.)

<sup>4)</sup> Haberlandt, G., Über Einkapselung des Protoplasmas mit Rücksicht auf die Funktionen des Zellkernes. (Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. Wien. Abt. I. Bd. 98. 1889. p. 190.)

<sup>5)</sup> Haberlandt, G., Über die Beziehungen zwischen Funktion und Lage des Zellkernes. Jena 1887.

<sup>6)</sup> Palla, E., Über Zellhautbildung und Wachstum kernlosen Protoplasmas. (Ber. d. deut. bot. Ges. Bd. 7. 1889. p. 330.)

<sup>7)</sup> Palla, E., Beobachtungen über Zellhautbildung an des Zellkerns beraubten Protoplasten. (Flora Bd. 73. 1890. p. 314.)

<sup>8)</sup> Acqua, C., Contribuzione alla conoscenza della cellula vegetale. (Malpighia. (Vol. 5. 1891. p. 1.)

<sup>9)</sup> Townsend, Ch. O., Einfluß des Zellkernes auf die Bildung der Zellhaut. (Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. 30. 1897. p. 484.)

sächlich stützt auf die Beobachtungen von Membranbildung in jenen Plasmapartien, welche nach der Entleerung im Pollenschlauch geblieben sind. Man muß zugeben, daß diese Beobachtungen von Townsend richtig sind, da, wie ich mich überzeugen konnte, manchmal wirklich Plasmaverbindungen zwischen den nachträglich gebildeten Plasmapartien im Pollenschlauch vorhanden sind. Infolgedessen habe ich bei meinen Untersuchungen nur solche Fälle berücksichtigt, wo Membranbildung an abgestoßenen Plasmaportionen, zwischen denen keine Plasmaverbindungen nachzuweisen waren, stattfand.

Nach Townsend hat Palla<sup>1)</sup> wieder eine Untersuchung publiziert, in welcher er seine früheren Ergebnisse im allgemeinen bestätigt, und zwar berücksichtigt er in dieser Arbeit die Pollenschläuche überhaupt nicht mehr, sondern arbeitet hauptsächlich mit den Haaren von *Urtica dioica* und Rhizoiden von *Marchantia polymorpha*. Schließlich hat Acqua<sup>2)</sup> eine Mitteilung gemacht, in welcher er seine eigenen früheren Untersuchungen sowie auch die von Palla und Townsend bespricht; er versucht darin wieder die Richtigkeit seiner Befunde und zum Teil auch der Palla'schen nachzuweisen.

Die Bildung von regelmäßigen Plasmapartien während der Entleerung des Schlauches habe ich bei dem Pollen folgender Pflanzen beobachtet: *Aesculus hippocastanum*, *Cytisus Laburnum*, Hyacinthusarten, Liliumarten, Tradescantiaarten und *Vicia Faba*. Im allgemeinen treten aber nur ganz vereinzelt regelmäßig gebildete Plasmapartien auf. Bei *Aesculus* dagegen zeigen die aus dem Pollenschlauch ausgestoßenen Plasmapartien immer eine regelmäßige, kugelartige Gestalt und umgeben sich mit Membran, und auch die daran anschließenden Vorgänge bei den abgestoßenen Plasmapartien von *Aesculus* sind so interessant, daß ich diese Erscheinungen eingehend studiert und sie auch zytologisch behandelt habe.

Schon ungefähr eine Stunde nach Beginn der Keimung beobachtet man an den Pollenschläuchen von *Aesculus* Plasmaausstritte, die auf dreierlei Weise vor sich gehen können.

**1. Unregelmäßiges Platzen.** Dabei wird ein Teil des Schlauchinhaltes durch Zerreißen der Spitze des Schlauches als unregelmäßig geformte Masse entleert; die Kerne können dabei entweder ausgestoßen werden, oder sie verbleiben im Pollenschlauch. Die im Schlauch verbliebene Plasmamasse zerfällt oft in einige Partien, deren jede sich mit einer Membran umgeben kann. Da zwischen den einzelnen Plasmapartien eine Verbindung durch Plasmafäden bereits einige Male nachgewiesen wurde, was schon Townsend dargetan hat, sind diese Fälle nicht berücksichtigt worden.

**2. Abschnürung der oberen Partie des Pollenschlauches** erfolgt sehr rasch, wenn der Schlauch noch ganz jung ist. Das Ende des

<sup>1)</sup> Palla, E., Über Zellhautbildung kernloser Plasmateile. (Ber. d. deut. bot. Ges. Bd. 24. 1906. p. 408.)

<sup>2)</sup> Acqua, C., Sulla formazione della parete sull'accrescimento in masse di plasma prive di nucleo. (Ann. di bot. Vol. 8. 1910. p. 43.)

wachsenden Schlauches schwillt in kugelartiger Form an (Fig. 8 a). Unter der Anschwellung wird der Schlauch allmählich verjüngt und es gelingt ohne Schwierigkeit, die darauffolgende Abtrennung der Anschwellung zu beobachten. (Fig. 8 b.) In dem Moment des LoslöSENS der angeschwollenen oberen Partie von dem Pollenschlauch sieht man noch eine ganz dünne Verbindung zwischen der Anschwellung und dem Pollenschlauch (Fig. 8 c). Diese Verbindung wird im nächsten Augenblick zerrissen und dadurch die

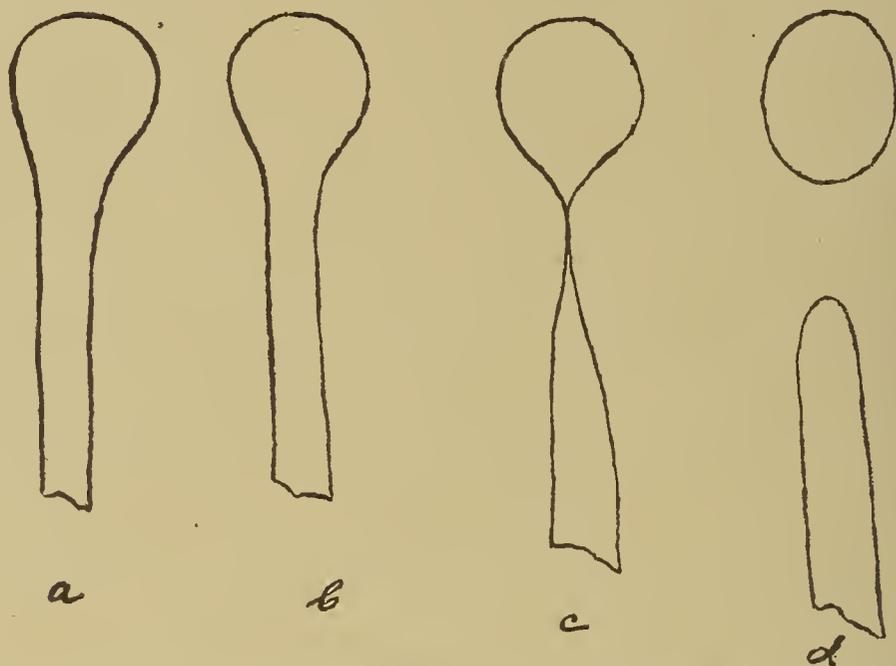


Fig. 8. Abschnürung der angeschwollenen Spitze des Pollenschlauches<sup>1)</sup>.

Anschwellung von dem Pollenschlauch vollständig abgetrennt (Fig. 8 d). Die abgetrennte Spitze des Pollenschlauches ist hier von Anfang an mit einer Membran umgeben. Nachdem sie abgeschnürt worden ist, hat der Schlauch ein ganz normales Aussehen und ist auch befähigt, weiter zu wachsen. Da aber die Hauptmasse des Protoplasmas im Schlauch sich an der Spitze befindet, so wird gerade diese Hauptmenge durch die Lostrennung der Spitze mitgenommen, der im Pollenschlauch verbliebene Plasmarest erscheint meist vakuolenreich, und hat infolgedessen deutliche Plasmabewegung.

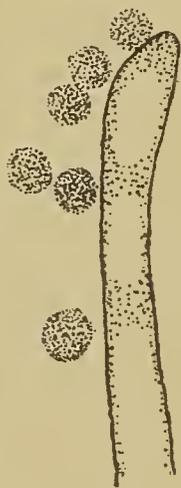


Fig. 9. Entleerung des Schlauches durch Abstoßen von membranlosen Plasmapartien.

3. Entleerung des Schlauches in der Weise, daß das Plasma in Tröpfchenform austritt und dann kugelige Gestalt annimmt; dies ist die am häufigsten vorkommende Form des Austrittes von Plasma (Fig. 9). Diese Entleerung kann entweder am Schlauch unmittelbar erfolgen oder erst, nachdem der Schlauch bereits eine oder wenige Plasmapartien abgeschnürt hat. Es wird dabei der Inhalt des Schlauches durch einen kleinen Porus, der im Moment der Entleerung an der Spitze des Schlauches oder etwas seitlich entsteht, als Tröpfchen abgestoßen. Die Entleerung erfolgt sukzessive, und nachdem je ein Tröpfchen abgestoßen

<sup>1)</sup> Alle folgenden Figuren beziehen sich auf *Aesculus*.

wurde, beobachtet man, daß der Porus sich wieder zusammenschließt, um nach einer Zeitspanne, die verschieden lang sein kann, sich wieder zu öffnen und neue Protoplasmatröpfchen zu entlassen.

Die abgestoßenen Plasmapartien bleiben oft nicht beisammen liegen, sondern es kommt vor, daß sich einzelne von ihnen durch rollende Bewegung von der Spitze des Schlauches entfernen. In dem Moment der Entleerung des Schlauches bemerkt man, daß die Geschwindigkeit der Plasmabewegung im Schlauch zunimmt; sofort nach dem Abstoßen des Tröpfchens stellt sich die alte Geschwindigkeit wieder ein. Gleichzeitig mit der Entleerung wird das Plasma im Pollenschlauch vakuolenreich.

Die Veränderungen an den abgestoßenen und abgeschnürten Plasmapartien sind zahlreich und verschiedenartig.

Gewöhnlich wird eine Anzahl von Plasmapartien aus einem Schlauch abgestoßen; oft platzen mehrere von ihnen, von 12 abgestoßenen Plasmaportionen platzten z. B. in einem Falle 5. Die übrig gebliebenen umgeben sich fast immer mit einer Membran, und zwar beobachtet man die erste Bildung der Membran in den meisten Fällen schon 2 bis 3 Stunden nach dem Abstoßen. Die Membran wird gewöhnlich nachträglich stark verdickt. Von der Anwesenheit der Membran kann man sich sehr leicht überzeugen, wenn man die Plasmapartien plasmolysiert, dann schrumpft das Plasma in der Mitte zusammen, und die Membran zeigt sich ganz deutlich. Bei den abgeschnürten Plasmapartien verdickt sich die schon vorhandene Membran in den meisten Fällen.

Manche abgeschnürte Plasmaportionen sind zu einer Gestaltveränderung befähigt; dieselbe geht in der Weise vor sich, daß die zuerst runden Plasmapartien plötzlich länglich werden und im nächsten Augenblick sich wieder abrunden, infolgedessen verändern solche Plasmapartien auch ihre Lage.

In den abgeschnürten Plasmapartien beobachtet man manchmal folgende Vorgänge: sie sind zuerst dicht mit Plasma erfüllt; allmählich schwellen sie an, während in ihrem Inneren deutliche Vakuolen entstehen (Fig. 10 b und c). Die Vakuolen werden immer größer, nehmen dann den größten Raum der angeschwollenen Plasmapartie ein und vereinigen sich schließlich zu einer einzigen Vakuole, während das Plasma an einer bestimmten Stelle sich linsenförmig ansammelt. Während der Vakuolisierung sieht man in den die Vakuolen durchsetzenden Plasmasträngen

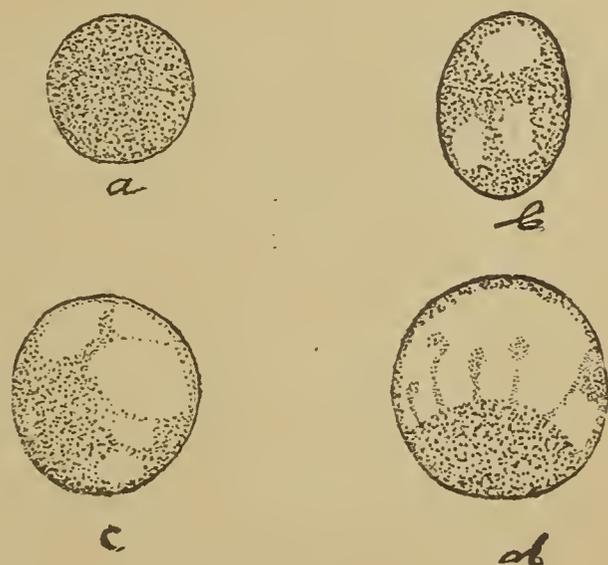


Fig. 10.  
Veränderungen in einer abgeschnürten Plasmapartie.

Plasmabewegung. Von der linsenförmigen Ansammlung des Protoplasmas, welche aus mehr oder weniger körneligem Plasma besteht, gehen Ausstülpungen in die große Vakuole hinein, welche aus hyalinem Plasma bestehen (Fig. 10 d). Die Ausstülpungen

schwellen an ihrer Spitze köpfchenförmig an; manchmal werden die angeschwollenen Spitzen abgerissen, um dann wieder mit der Hauptmasse des Protoplasmas sich zu vereinigen. Solche stark vakuolisierte Plasmateile sind nicht zur Membranverdickung befähigt. Derartige Bildungen können auch aus solchen Plasmateilen entstehen, welche aus dem Pollenschlauch abgestoßen werden, also ursprünglich membranlos waren, und zwar kurz nachdem sie sich mit Membran umgeben haben.

**Wachstum der abgeschnürten und abgestoßenen Plasmateile.** Es hat schon Kny<sup>1)</sup> beobachtet, daß die abgestoßenen Plasmateile der Pollenschläuche befähigt sind, ihrerseits Bildungen zu erzeugen, welche den Pollenschläuchen ähnlich sind. Dasselbe haben auch Palla<sup>2)</sup> und Acqua<sup>3)</sup> <sup>4)</sup> beobachtet, ohne jedoch definitive Angaben darüber zu machen, ob es sich hier um Wachstum der entleerten Plasmateile handelt. Die beiden letzteren stellen dies als wahrscheinlich hin. Außerdem erwähnt Palla, daß die abgestoßenen Teile in der Lage sind, durch hefeartige Sprossung wiederum neue Plasmateile zu erzeugen.

Auch bei *Aesculus* gelingt es bei abgestoßenen Teilen, die scheinbar hefeartige Sprossung zu beobachten. Diese entsteht bald, nachdem die Plasmateile aus dem Schlauch abgestoßen sind, und zu der Zeit, wo sie noch keine Membran besitzen. Sie entsteht dadurch, daß die erst rundlichen Portionen länglich werden und dann in der Mitte eine Einschnürung bekommen, dadurch er-

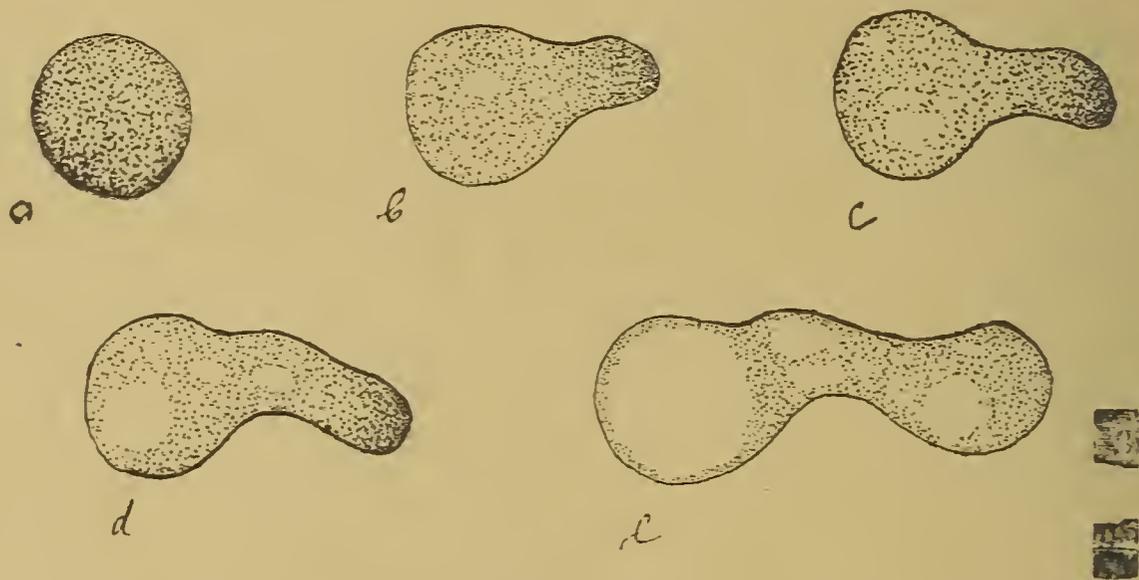


Fig. 11.

Wachstum einer abgeschnürten Plasmateile im Laufe von 24 Stunden.

hält man den Eindruck, daß eine wirkliche Sprossung vorliegt. Dieser Eindruck wird noch dadurch verstärkt, daß sich die ganze Bildung infolge der Vakuolisierung bedeutend vergrößert. Doch sind diese Erscheinungen nicht auf wirkliches Wachstum zurückzuführen, sondern es sind Veränderungen, welche infolge der kleinen Oberflächenspannung der membranlosen Plasmateile entstehen.

<sup>1)</sup> Kny, L., 1882, l. c.

<sup>2)</sup> Palla, E., 1890, l. c.

<sup>3)</sup> Acqua, C., 1891, l. c.

<sup>4)</sup> Acqua, C., 1910, l. c.

Man trifft aber an den abgestoßenen und abgeschnürten Plasmapartien auch ganz charakteristische Wachstumserscheinungen. Diese gehen in folgender Weise vor sich:

1. Bei den abgeschnürten, also von Anfang an mit Membran umgebenen Plasmapartien ist das Wachstum besonders stark. Die einzelne Partie enthält zuerst an einer Stelle eine Ausstülpung, an deren Ende stark lichtbrechendes Plasma angelagert ist, ganz genau so, wie es bei der Bildung des Pollenschlauches während der Auskeimung des Pollenkornes beobachtet wird (Fig. 11 b). Diese Ausstülpung wächst weiter und entwickelt sich zu einem Gebilde, welches dem Pollenschlauch ähnlich ist, und welches ich als „sekundären Pollenschlauch“ bezeichnen will. In der ersten Zeit des Wachstums sieht man in dem sekundären Pollenschlauch eine rotationsartige Plasmabewegung, welche in der runden Plasmapartie in mehrere Ströme aufgelöst wird. Im Laufe des Wachstums des Schlauches erfolgt die Vakuolisierung; zuerst in der runden

Partie und schließlich im sekundären Pollenschlauch (Fig. 11 c bise). Dementsprechend beobachtet man auch im Schlauch mehrere Plasmaströme. Schließlich schwillt die Spitze des sekundären Pollenschlauches an, und diese erhält eine oder mehrere Vakuolen. Solche Bildungen platzen meist bald, manchmal bleiben sie aber auch einige Tage am Leben; in diesem Falle verdickt sich ihre Membran bedeutend, und solange sie am Leben bleiben, ist in ihnen eine deutliche Protoplasmabewegung wahrnehmbar. In der Art des Wachstums, der Plasmabewegung und des Anschwellens der Spitze des gebildeten Schlauches zeigen diese Bildungen eine auffallende Übereinstimmung mit den Vorgängen im Pollenkorn und im Pollenschlauch. Das Wachstum

einer abgeschnürten Plasmapartie kann mit der folgenden Erscheinung verglichen werden: die Spitze eines Pollenschlauches schwillt bekanntlich oft an (Fig. 12 a), sie bekommt unten eine Einschnürring, und es scheint, daß die Anschwellung nächstens abgeschnürt wird; dann wächst aber die Anschwellung wiederum in einen Schlauch aus (Fig. 12 b), dessen Spitze von neuem anschwillt (Fig. 12 c), die zuletzt gebildete Anschwellung wird entweder als solche abgeschnürt, oder sie entleert den Inhalt des Pollenschlauches in Form von Tröpfchen.

2. Bei den abgestoßenen, also von Anfang an membranlosen Plasmapartien erfolgt das Wachstum erst, nachdem sie sich

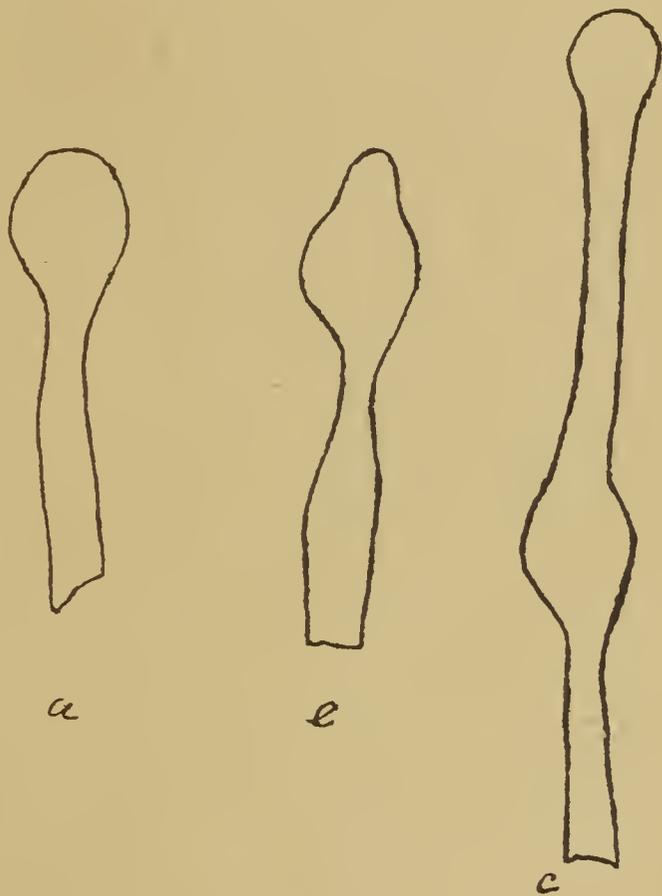


Fig. 12.

Auswachsen der angeschwollenen Spitze des Schlauches.

mit Membran umgeben haben. (Die anderen Veränderungen an den membranlosen Plasmartien, die dem Wachstum manchmal durchaus ähnlich sind, kann man, wie schon erwähnt, nicht auf wirkliches Wachstum zurückführen.) Es entsteht auch hier eine Ausstülpung, deren Spitze zuerst auch stark lichtbrechend erscheint (Fig. 13 b). Die starke Lichtbrechung der Spitze verschwindet aber bald. Der neugebildete Schlauch wächst stark; dabei ist die Vakuolisierung in der runden Plasmartie sowohl als auch in dem gebildeten Schlauch sehr stark. Gleichzeitig wird auch die Plasmartie bedeutend größer (Fig. 13 c und d). Die so gebildeten

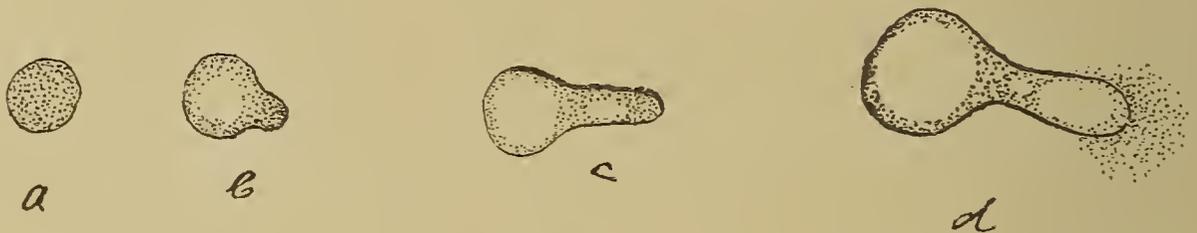


Fig. 13.  
Wachstum einer abgestoßenen Plasmartie.

Schläuche platzen aber bald an der Spitze, sie sind in den meisten Fällen nicht lebensfähig. Nur selten erhalten sie eine Verdickung der Membran, und in diesem Falle können sie dann einige Zeit am Leben erhalten bleiben. Die während des Wachstums stattfindende Plasmabewegung ist hier schwach und nicht so charakteristisch wie beim Wachstum der abgeschnürten Plasmartien.

**Kernverhältnisse.** Die beschriebenen Wachstumserscheinungen an den abgeschnürten und abgestoßenen Plasmartien und ferner die Bildung einer neuen Membran an ihnen können nur dann richtig bewertet werden, wenn man über die Kernverhältnisse im Klaren ist.

Manchmal gelang es, die Kerne ohne Vorbehandlung zu sehen, doch war das nur selten möglich. Die Vitalfärbung war nur in einigen Fällen brauchbar, sie hat aber übereinstimmende Resultate mit der Färbung an dem fixierten Material ergeben.

Die Präparate, welche im gewünschten Stadium sich befanden, sind auf dem Deckgläschen fixiert worden und zwar mit abs. Alkohol. Dann ist die Färbung nach Heidenheim mit Eisenhämatoxylin ausge-

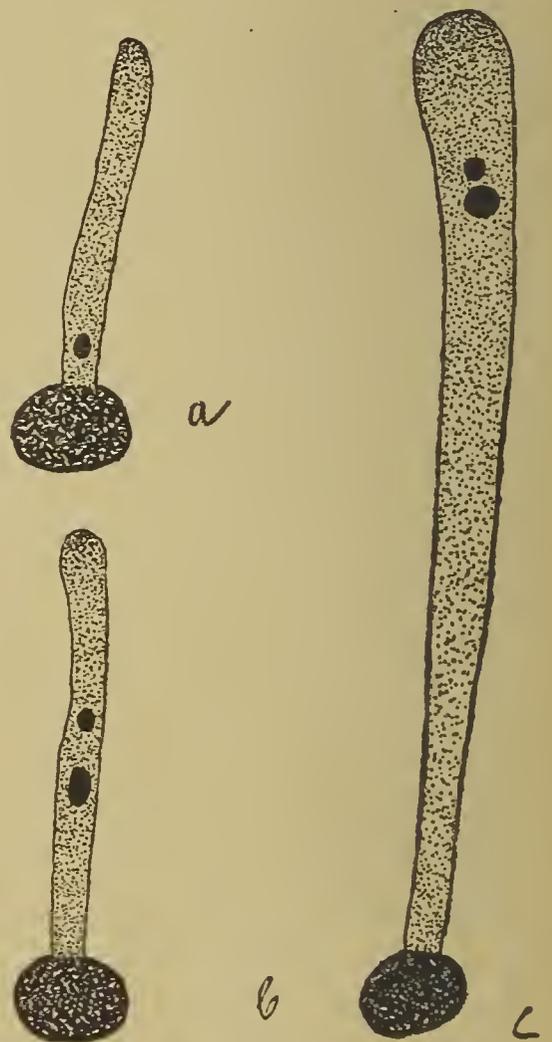


Fig. 14.  
Junge Pollenschläuche. a nur ein Kern sichtbar, b beide Kerne sichtbar, c beide Kerne aneinander gerückt.

geführt worden; die erhaltenen Färbungen gaben ein ganz scharfes Bild über die Kernverhältnisse.

Bei der Keimung des Pollens wandert der vegetative Kern zuerst in den Pollenschlauch hinein (Fig. 14 a), erst in einiger Entfernung folgt der generative Kern (Fig. 14 b). Bei dem weiteren Wachstum nähert sich der generative Kern dem vegetativen, so daß in den meisten Fällen die beiden Kerne an der Spitze des Pollenschlauches nebeneinander liegen (Fig. 14 c). Im ferneren Verlauf sind die Unterschiede in Größe und Form der beiden Kerne nicht mehr so scharf ausgeprägt wie am Anfang, da sich der generative Kern abrundet und etwas kleiner wird. Besonders dann wird er rund und klein, wenn er mit dem Inhalt des Schlauches durch Platzen oder durch Abstoßen von Tröpfchen entleert wird.

Bei der Abschnürung der oberen Anschwellung des Pollenschlauches werden meist die beiden Kerne, die sich in der Anschwellung befinden, von dieser mitgeführt. In dem abgebildeten Fall sah man die zwei Kerne ganz scharf, der eine von ihnen hatte eine längliche, etwas gekrümmte Form, und vermutlich handelte es sich hier um den generativen Kern (Fig. 15).

Es kommt aber auch vor, daß die beiden Kerne in dem Pollenschlauch verbleiben, so daß dann die abgeschnürte Anschwellung vollständig kernlos war. Gewöhnlich waren solche kernlos abgeschnürte Anschwellungen bedeutend kleiner als die kernhaltigen (Fig. 16).

Bei dem Abstoßen mehrerer Plasmaportionen in Form von Plasmatröpfchen kann es vorkommen, daß die beiden Kerne im Schlauch verbleiben, dann sind die außenliegenden Plasmapartien alle kernlos; trotzdem umgeben sich aber diese mit einer Membran. Neben den erhalten gebliebenen Plasmaportionen sieht man meist eine zerflossene Protoplasmanasse, die von den geplatzen Plasmapartien her stammt (Fig. 17 a).

Oft kommt es vor, daß der eine Kern sich in einer Plasmapartie befindet, während der zweite Kern im Pollenschlauch liegen geblieben ist (Fig. 17 b).

Manchmal liegt auch der eine Kern in der zerflossenen Plasmamasse, während der andere im Pollenschlauch bleibt (Fig. 17 c).

Nicht selten kommt es vor, daß die beiden Kerne in der zerflossenen Plasmamasse liegen (Fig. 17 d).

Als letzter Fall sei hier erwähnt, daß zwei von den abgestoßenen Plasmapartien je einen Kern besitzen; die übrigen sind dann natürlich kernlos (Fig. 17 e).

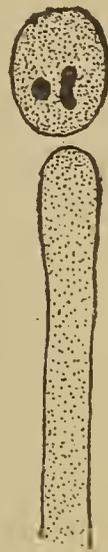


Fig. 15.  
Abgeschnürte Spitze  
eines Pollenschlauches  
mit 2 Kernen.



Fig. 16.  
Spitze eines Pollen-  
schlauches mit ab-  
geschnürter kernlo-  
ser Plasmapartie.

Daß es auch vorkommen kann, daß eine von den abgestoßenen Plasmapartien beide Kerne enthält, erscheint ohne weiteres wahrscheinlich, ich vermochte es aber nicht mit Sicherheit nachzuweisen.

Bemerkenswert ist, daß jene Portionen, welche einen Kern enthalten, immer dichter mit Protoplasma erfüllt sind, die kern-

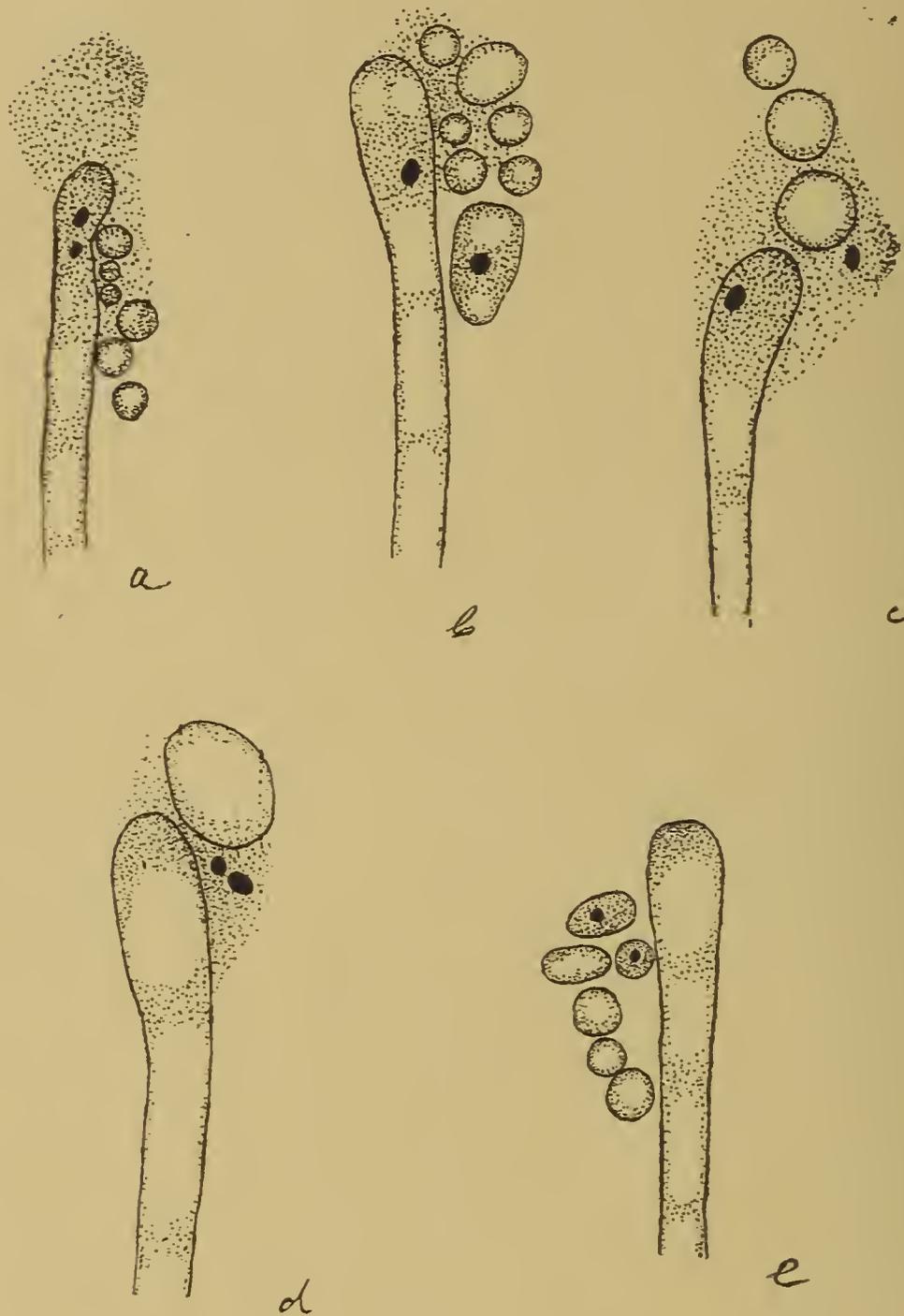


Fig. 17.

Spitzen von Pollenschläuchen mit abgestoßenen Plasmapartien. a. Beide Kerne verbleiben im Schlauch; b. der eine Kern im Schlauch, der andere in einer Plasmapartie; c. der eine Kern im Schlauch, der andere in der zerflossenen Plasmamasse; d. beide Kerne befinden sich in der zerflossenen Plasmamasse; e. der Schlauch ist kernlos, zwei von den abgestoßenen Plasmapartien besitzen je einen Kern.

losen dagegen waren stark vakuolisiert. In allen Fällen waren die kernhaltigen sowie auch die kernlosen Plasmapartien mit starker Membran umgeben, und da die abgestoßenen Plasmapartien zuerst kernlos waren, so erfolgt die Bildung der Membran nachträglich.

Gegen die Ergebnisse, daß die Membranbildung in den kernlosen Plasmapartien ohne Mithilfe des Kernes erfolgen kann, können einige Einwände erhoben werden, und sie sind folgende:

1. Daß zwischen den kernlosen und kernhaltigen Partien Plasmaverbindungen bestehen. Beim Entlassen der Kugeln aus dem Schlauch kommt es oft vor, daß manche von ihnen weite Strecken fortrollen und erst in einer Entfernung von einigen hundert  $\mu$  von der Spitze des Schlauches sowie auch von den übrigen Plasmapartien, welche aus demselben Pollenschlauch entlassen worden sind, zur Ruhe gelangen, und trotzdem umgeben sich solche Plasmapartien mit einer Membran. Ferner kann man leicht die Trennung der einzelnen Plasmapartien von den benachbarten Plasmapartien sowohl als auch von dem Pollenschlauch durchführen, in dem man mit einer Nadel die Ansammlungen der Plasmapartien auseinanderzupft; dabei gehen allerdings viele von ihnen zu Grunde, die erhalten gebliebenen jedoch liegen oft lange Strecken von einander entfernt, und auch in diesen Fällen umgeben sie sich mit Membran. Wenn man solche isolierte Plasmapartien färbt, so findet man, daß auch die kernlosen sich mit Membran umgeben haben.

2. Daß die scheinbar kernlosen Plasmapartien Kernfragmente enthalten, die ihnen von einem Kern des Pollenschlauches bei seinem Kleinerwerden abgegeben wurden. In meinen Präparaten konnte ich in den kernlosen Plasmapartien niemals solche Kernfragmente beobachten.

Dadurch glaube ich, den definitiven Beweis erbracht zu haben, daß Membranbildung ohne Mithilfe eines Kernes vor sich gehen kann. Und ich stimme der Annahme von Palla<sup>1)</sup> bei, daß die Membranbildung auf Kosten schon vorgebildeter Stoffe vor sich geht. Gerade für die abgestoßenen Plasmapartien der Pollenschläuche erscheint es ganz verständlich, daß sie sich mit Membran umgeben, da das Protoplasma der Pollenschläuche eine enorme Fähigkeit besitzt, Membranstoffe zu erzeugen, was sich am deutlichsten in der Entstehung von Kallosepfropfen in den Pollenschläuchen äußert.

Diejenigen Plasmapartien, welche in einen neuen Schlauch auswachsen, können einen oder zwei Kerne oder auch gar keinen besitzen. Diese Kernverhältnisse bewirken scharfe Unterschiede im weiteren Wachstum; die zwei Kerne enthaltenden Plasmapartien sind nämlich zu viel stärkerem Wachstum befähigt als die einkernigen und die kernlosen. Dieser Unterschied ist besonders deutlich zwischen den zwei Kerne enthaltenden und den kernlosen Plasmapartien ausgeprägt.

Fig. 18 a bietet ein Beispiel, wo in einer ausgewachsenen Plasmapartie zwei Kerne vorhanden waren. Die Plasmapartie selbst war von ansehnlicher Größe, der gebildete Schlauch war verhältnismäßig kurz, aber dick. Es hat nachträglich eine Membranverdickung stattgefunden, die aber ganz unregelmäßig war.

<sup>1)</sup> Palla, E., 1906, l. c.

Fig. 18 b zeigt eine Plasmapartie mit einem Kern, die Plasmapartie ist zu einem Schlauch ausgewachsen, der sich an der Spitze verzweigte. Wenn kein Kern in der Plasmapartie vorhanden ist, bleiben die gebildeten Schläuche gewöhnlich kurz (Fig. 18 c und d). In solchen kernlosen Plasmapartien findet eine viel stärkere Vakuolisierung statt, als in den kernhaltigen.

Aus allen diesen Beispielen folgt, daß beide Arten von Plasmapartien zum Wachstum befähigt sind, kernhaltige sowohl als auch kernlose; im ersteren Falle ist aber das Wachstum bedeutend stärker.

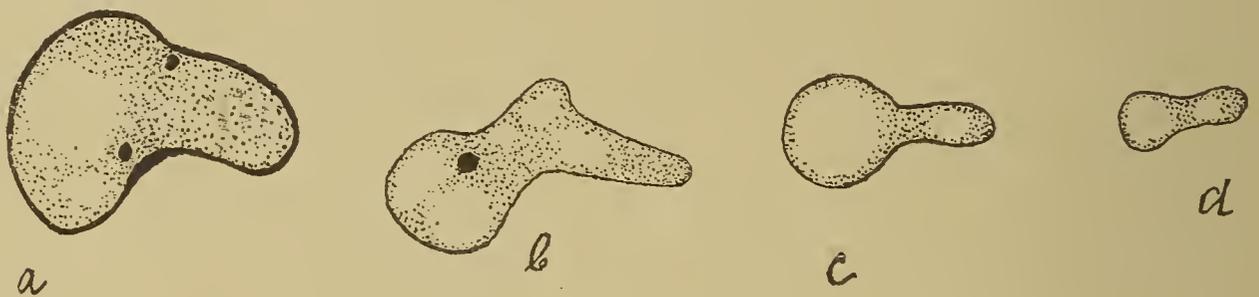


Fig. 18.

a Eine ausgewachsene Plasmapartie mit 2 Kernen; b zu einem verzweigten Schlauch ausgewachsene Plasmapartie mit einem Kern; c und d zwei kernlose Plasmapartien mit kurzen Schläuchen.

## Lupinus perennis.

Die beste Keimung erzielt man bei dem Pollen dieser Pflanze in 15% Agarzucker, in 10% ist die Keimung auch gut, aber die auf diesem Substrat erhaltenen Schläuche bleiben kurz und platzen schon nach kurzer Zeit. Das Plasma in den gekeimten Pollenschläuchen ist zuerst hyalin; infolgedessen ist die Plasmabewegung zuerst nicht wahrnehmbar, sie wird erst nach 2 Stunden sichtbar und erreicht nach 8 Stunden ihre größte Intensität. Später beobachtet man oft eine Anschwellung der Spitze des Schlauches, in welcher eine besonders starke, zirkulationsartige Plasmabewegung vor sich geht.

Chloroform und Äther wirken auf die Keimung verzögernd; die darin gebildeten Schläuche bleiben kurz, abnorm angeschwollen und gehen bald zu Grunde.

$\frac{1}{2}\%$  Alkohol hingegen wirkt anregend auf die Keimung, die Plasmabewegung in den darin gewachsenen Schläuchen wird hier auch noch deutlicher als ohne Alkohol, die Schläuche bleiben auch durchschnittlich länger am Leben als in Zucker allein, sie leben nämlich bis 3 Tage, gegen 2 Tage auf Agarzucker. Durch 1% Alkohol wird der Pollen bereits ungünstig beeinflusst, die Keimung geht zuerst ziemlich lebhaft vor sich; die Schläuche schwellen aber an und bleiben kurz, viele von ihnen platzen bald.

Im Wasserstoff ist die Keimung gut, die Schläuche wachsen rasch etwa bis zu einem Drittel der normalen Größe; aber nach 14—15 Stunden sterben sie gewöhnlich ab. Während ihrer Lebensdauer ist in ihnen eine sehr starke Plasmabewegung nach-

weisbar. Überträgt man die schon auf Agarzucker gekeimten Pollenschläuche, welche deutliche Plasmabewegung zeigen, in Wasserstoffatmosphäre, so geht die Bewegung in der ersten Zeit normal weiter, nach etwa 5 Stunden beginnt die Plasmabewegung sich zu verlangsamen, um nach 7 Stunden zum Stillstand zu kommen.

In Kohlensäure geht die Keimung verhältnismäßig gut vor sich, die gebildeten Schläuche schwellen aber gleich an und erhalten dadurch eine ganz abnorme Gestalt; diese Schläuche sind nicht lange existenzfähig.

### **Menyanthes trifoliata.**

Die beste Keimung erhält man auf 10% Agarzucker.

In Kohlensäure und Wasserstoff erfolgt keine Keimung. Wenn in Zuckerlösung gekeimter Pollen nachträglich in Wasserstoff übertragen wird, so hört die Protoplasmabewegung sehr rasch auf, ungefähr nach einer Stunde. Dieser Pollen ist auch gegen Alkohol sehr empfindlich; die Keimung erfolgt in schwachen Alkohollösungen nur vereinzelt und die gebildeten Schläuche sterben bald ab.

In  $\frac{1}{4}$ % Äther dagegen war die Keimung ausgezeichnet; die Schläuche wurden lang, und es war in ihnen eine starke Plasmabewegung wahrnehmbar. Durch stärkere Konzentrationen von Äther (1%) werden sowohl die Keimung als auch das Wachstum gehemmt.

Gegen  $\frac{1}{4}$ % Chloroform zeigt der Pollen dieser Pflanze ein verhältnismäßig selten vorkommendes Ausnahmeverhalten; die Keimung war darin sehr gut, etwas schwächer als in  $\frac{1}{4}$ % Äther, die gebildeten Schläuche waren lebensfähig und zeigten starke Plasmabewegung.

Man kann schwache Konzentrationen von Äther und Chloroform als Reizmittel auf die Keimung und das Wachstum dieser Pollenart auffassen.

### **Eschscholtzia californica.**

Sehr gute Keimung erzielt man auf 10% Agarzucker, die gebildeten Schläuche waren oft verzweigt. Kallosebildung kam oft vor.

In Wasserstoff und Kohlensäure erfolgt keine Keimung. In den gekeimten Pollenschläuchen, welche nachträglich in Wasserstoffatmosphäre übertragen worden sind, hörte die Bewegung beinahe sofort auf.

In schwachen Konzentrationen von Äther, Alkohol und Chloroform erfolgte nur ganz vereinzelt eine Keimung; die gebildeten Schläuche waren aber nicht lebensfähig.

### **Gladiolus communis.**

Der Pollen dieser Pflanze zeigt die größte Empfindlichkeit gegen die Einwirkung von äußeren Faktoren. In Alkohol, Äther, Chloroform, Wasserstoff und Kohlensäure hat keine Keimung stattgefunden.

Meine Untersuchungen haben ergeben, daß für das Verhalten der Pollenkörner und der daraus gebildeten Pollenschläuche je nach der Art der Pflanze ganz spezifische Verhältnisse maßgebend sind. Manche Stoffe z. B. wirken auf die Keimung des Pollens und das Wachstum der Pollenschläuche bei einer Pflanzenart hemmend oder tötend, bei der anderen Art dagegen wirken sie als Reizstoffe.

Kohlensäure und Leuchtgas schädigen den Pollen so, daß die Bildung von Schläuchen entweder ganz unterbleibt, oder es werden nur wenige Schläuche gebildet, welche jedoch kurz bleiben und bald absterben. Nur ausnahmsweise konstatiert man, daß die Keimung in diesen Gasen in normaler Weise erfolgt, die gebildeten Schläuche sind aber dann nicht wachstumsfähig.

Chloroform wirkt auf den Pollen der meisten Pflanzen schädigend. Die in den schwachen Konzentrationen von Chloroform ( $\frac{1}{4}\%$ ) entstandenen Schläuche sind nicht wachstumsfähig und oft abnorm gestaltet. Es gibt hier einige Ausnahmen, wo Chloroform in schwachen Konzentrationen auf die Keimung und das Wachstum der Schläuche sowie auch auf die Plasmabewegung anregend wirkt und zwar bei dem Pollen von *Linaria triphylla*, *Menyanthes trifoliata*, *Rhodotypus kerrioides* und *Vicia Faba*.

Äther wirkt in der Konzentration von  $\frac{1}{4}\%$  bis  $\frac{1}{2}\%$  auf den Pollen vieler Pflanzen als ausgesprochenes Reizmittel bei der Keimung sowohl als auch bei dem Wachstum und bei der Plasmabewegung in den Schläuchen. Beinahe alle Pollenarten, mit wenigen Ausnahmen, sind zum Auskeimen in schwachen Ätherkonzentrationen befähigt. Es kommt aber auch oft vor, daß die darin gebildeten Pollenschläuche sich abnorm entwickeln, ihre Spitzen schwellen gern an; trotzdem bleiben sie ziemlich lange am Leben, und die Plasmabewegung wird nicht gehemmt. Bei folgenden Pflanzen wurde nicht nur die Keimung, sondern auch das Wachstum der Schläuche in Äther angeregt, und es sind bei ihnen keine abnormalen Bildungen aufgetreten: *Anthyllis Vulneraria*, *Cercis siliquastrum*, *Deutzia scabra*, *Lilium croceum*, *L. Martagon*, *Menyanthes trifoliata*, *Phaseolus vulgaris*, *Phyladelphus coronarius* und *Rhodotypus kerrioides*.

Alkohol wirkt auf die Pollenkeimung mehrerer Pflanzen ausgesprochen verzögernd. In einigen Fällen konnte ich aber auch eine ausgesprochen fördernde Wirkung konstatieren, und dann sind solche Pollenschläuche, die in Alkohol von der Konzentration  $\frac{1}{2}$ — $1\%$  gewachsen sind, den auf Agarzucker gewachsenen vollständig gleich. Auf den Pollen folgender Pflanzen hat Alkohol eine ausgesprochen fördernde Wirkung ausgeübt: *Lupinus perennis*, *Rhodotypus kerrioides* und *Weigelia rosea*. Als gegen Alkohol empfindliche Pollenkörner haben sich erwiesen, die von *Anthyllis Vulneraria*, *Antirrhinum majus*, *Campanula glomerata*, *Corydalis lutea*, *Eschscholtzia californica*, *Digitalis purpurea*, *Gladiolus communis*, *Iris sibirica*, *Menyanthes trifoliata* und *Papaver somniferum*.

Wasserstoff. Bei der Mehrzahl der Pollenarten erfolgt im reinen Wasserstoff keine Keimung, es ist das aber nicht Regel, son-

dern es gibt eine Anzahl von Pollenarten, die im Wasserstoff nicht nur keimen sondern auch wachsen können, und dabei beinahe oder ganz normale Schläuche produzieren. In der ersten Zeit erfolgt in den Schläuchen eine ganz normale Plasmabewegung, die aber schließlich eingestellt wird; die Dauer der Bewegung im Wasserstoff ist je nach der Art der Pflanze ganz verschieden. Manchmal dauert die Bewegung bis 48 Stunden. Bei dem Pollen folgender Pflanzen hat im Wasserstoff sowohl Keimung als auch Wachstum von Pollenschläuchen mit Protoplasmabewegung stattgefunden, außer der erwähnten *Vinca minor* und *Lupinus perennis*.

*Cytisus Laburnum*, hier wird die Keimung stark beeinträchtigt, es keimen nur vereinzelte Pollenkörner aus. Das Wachstum der Pollenschläuche, sowie die Protoplasmabewegung darin hört nach 3—4 Stunden auf.

Bei *Tradescantia virginica* erfolgte eine beinahe normale Keimung, die Plasmabewegung wurde auch nur wenig beeinträchtigt, sie dauerte bis 48 Stunden.

Bei *Digitalis purpurea* war die Keimung gut, das Wachstum der Pollenschläuche und die Plasmabewegung in ihnen kam verhältnismäßig bald zum Stillstand, nämlich nach 7 Stunden.

Der Pollen von *Deutzia scabra* keimte nur ganz vereinzelt; die gebildeten Schläuche waren abnorm gestaltet, sie waren angeschwollen und blieben kurz; sie waren nicht lange lebensfähig; die Plasmabewegung hörte nach 5—6 Stunden auf.

Bei *Linaria triphylla* erfolgte die Keimung auch ganz vereinzelt; die gebildeten Schläuche waren nicht lange lebensfähig.

Die Pollenkörner von *Vicia Faba* keimten auch nur ganz vereinzelt aus, ihr Wachstum und auch die Plasmabewegung wurden ungefähr nach 5 Stunden eingestellt.

Bei *Phyladelphus coronarius* hingegen war die Keimung im Wasserstoff ausgezeichnet, die Pollenschläuche waren entwicklungs-fähig und blieben 48 Stunden am Leben; während dieser Zeit war in den Schläuchen deutliche Plasmabewegung wahrnehmbar.

## Zusammenfassung.

1. Beim Pollen von *Vinca minor* gelingt es auf künstlichem Substrat (1,5 Prozent Agar mit 5—10 Prozent Rohrzucker) Schläuche von einer Länge zu erzielen, welche die unter natürlichen Verhältnissen erreichte Schlauchlänge, wie sie zur Befruchtung nötig ist, übersteigen. Dieses Verhalten stellt eine Ausnahme dar, da bei allen anderen Pflanzen, soweit dies bekannt, die Länge der Schläuche auf künstlichem Substrat hinter derjenigen in der Natur weit zurückbleibt.

2. In manchen Pollenarten beobachtet man schon vor dem Auskeimen der Schläuche Plasmabewegung. In den ganz jungen Pollenschläuchen, welche noch dicht mit Plasma erfüllt sind, be-

findet sich das Plasma in Rotation. Beim weiteren Wachstum wird das Plasma längsfaserig, dadurch zerfällt der einheitliche Rotationsstrom in mehrere parallel verlaufende Ströme. Schließlich werden zwischen den Längsfasern Querverbindungen ausgebildet, in welchen auch Plasmabewegung vor sich geht, und dadurch entsteht eine charakteristische Zirkulation.

3. In Wasserstoffatmosphäre ist der Pollen einiger Pflanzen zum Auskeimen befähigt; die so ausgebildeten Schläuche wachsen in der ersten Zeit normal, schließlich werden sie in der einen oder anderen Weise beeinflusst, und das Wachstum wird eingestellt. Die Plasmabewegung dauert im Wasserstoff infolge der intramolekularen Atmung bis ca. 48 Stunden.

4. Auf das Auskeimen der Pollenschläuche und die darin vorhandene Plasmabewegung wirken schwache Konzentrationen von Äther, Alkohol und Chloroform je nach der Art des Pollens ganz verschieden. Der Pollen mancher Pflanzen wird in dieser Richtung durch die genannten Mittel angeregt, der anderer dagegen gehemmt. Besonders anregend wirken schwache Konzentrationen von Äther, besonders hemmend dagegen Chloroform.

5. An den Pollenschläuchen mancher Pflanzen beobachtet man Entleerungsvorgänge; bei den Schläuchen von *Aesculus hippocastanum* treten solche regelmäßig in großer Menge auf, sie äußern sich in folgender Weise: es erfolgt eine Abschnürung der Spitze des Schlauches und eine Abstoßung zahlreicher Plasmapartien durch einen Porus, welcher sich an der Spitze des Schlauches gebildet hat.

6. Die abgeschnürten Plasmapartien sind von Anfang an mit Membran umgeben und sind befähigt, diese zu verdicken, ganz unabhängig davon, ob sie einen Kern enthalten oder nicht. Die abgestoßenen Plasmapartien umgeben sich auch in solchen Fällen mit Membran, wenn sie keinen Kern enthalten.

7. Die abgeschnürten und abgestoßenen Plasmapartien sind zum Wachstum befähigt. Dabei entstehen Bildungen, welche dem Pollenschlauch durchaus ähnlich sind, und in welchen auch Plasmabewegung vor sich geht. Das Wachstum zeigt eine gewisse Abhängigkeit von der Anwesenheit der Kerne. So wachsen Plasmapartien, welche zwei Kerne enthalten, am stärksten, kernlose am schwächsten.

---

Herrn Prof. Dr. P. Jaccard bin ich für das äußerst liebenswürdige Entgegenkommen, das er mir bei der Durchführung dieser Arbeit zu Teil werden ließ, zu allerbestem Dank verpflichtet.

Zürich, Pflanzenphysiologisches Institut  
d. Eidg. Techn. Hochschule.

---

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Botanisches Centralblatt](#)

Jahr/Year: 1917

Band/Volume: [BH\\_34\\_1](#)

Autor(en)/Author(s): Bobilioff-Preisser W.

Artikel/Article: [Zur Physiologie des Pollens 459-492](#)