

#### 41. W. C. Belajeff: Zur Lehre von dem Pollenschlauche der Gymnospermen.

(Mit Tafel XVIII.)

Eingegangen am 22. October 1891.

Einer ganzen Reihe von Untersuchungen ungeachtet, welche von HOFMEISTER, STRASBURGER, GOROSCHANKIN u. A. veröffentlicht wurden, bleiben sowohl die Entwicklung und der Bau des Geschlechtsapparates, als auch der Befruchtungsprocess bei Gymnospermen noch in vielen Punkten dunkel.

Bereits im Jahre 1885 habe ich in Moskau bei Vertheidigung meiner Dissertation: „Ueber Antheridien und Antherozoiden der heterosporen Lycopodineen“ die Vermuthung ausgesprochen, dass die kleinen Zellen, die sich im Pollenkorne der Gymnospermen bilden, nicht diejenige Bedeutung haben, welche ihnen bis dahin zugeschrieben wurde. Meine vorliegenden Untersuchungen bestätigen vollauf diese Annahme.

Wie bekannt, entstehen bei Gymnospermen im Innern des Pollenkornes während seines Reifens oder Auswachsens kleine Zellen. Im einfachsten Falle theilt sich der Kern des Pollenkornes in zwei Kerne, worauf sich der ganze Inhalt des Kornes in zwei Zellen spaltet: in eine kleinere und zwei grössere. Es lässt sich auch beobachten, dass dieser Theilung mitunter noch eine abermalige Theilung folgt: die grössere Zelle liefert dann eine zweite kleinere Zelle, welche neben der ersten zu liegen kommt. Es giebt schliesslich Fälle, z. B. bei *Larix* und bei *Ceratazamia*, in welchen nach dem Auftreten zweier kleinen linsenförmigen Zellen die grössere in zwei Zellen zerfällt: in eine rundliche, innere, verhältnissmässig kleinere, der zweiten linsenförmigen Zelle dicht anliegende und in eine äussere, grössere, welche der letzteren aufsitzt. Bei *Larix* theilt sich die innere Zelle in noch mehrere Zellen. Was die kleineren Zellen des Pollenkornes anbetrifft, so weist STRASBURGER darauf hin, dass sie beim Auswachsen des Kornes collabiren und an seinem ferneren Schicksale keinen Antheil mehr haben; die morphologische Bedeutung derselben bleibt unaufgeklärt. Die Mehrzahl der Forscher ist geneigt, diese Zellen für ein rudimentäres männliches Prothallium anzusehen. Nach der Meinung Anderer entbehrt diese Deutung einer Grundlage: würden diese kleinen Zellen ein Prothallium darstellen,

so müssten sie durch Theilung einer Zelle entstanden und nicht von der grösseren Zelle des Pollenkornes nacheinander abgegrenzt worden sein. Nach STRASBURGER verdanken diese Elemente ihren Ursprung einer Abgrenzung, welche der Bildung von Geschlechtselementen vorausgeht.

Während des Wachsthums des Pollenkornes streckt sich die grössere Zelle zum Pollenschlauche aus. Der Kern derselben wandert im Pollenschlauche dem vorderen Ende zu. Dieser Kern theilt sich in zwei Kerne; bei den Cupressineen wird der eine derselben noch weiter getheilt. STRASBURGER und GOROSCHANKIN vertreten die Ansicht, dass die Tochterkerne sammt dem dieselben umgebenden Protoplasma sich zu Primordialzellen differenziren. Die Kerne der Primordialzellen theilen sich mitunter auch innerhalb dieser Zellen. Vor der Befruchtung verschmilzt das Plasma der Primordialzellen mit dem Plasma des Pollenschlauches und die freigewordenen Kerne (Spermakerne) dringen in die Eizellen hinein.

Aus den angeführten Daten ist also zu entnehmen, dass im Pollenkorne kleinere Zellen entstehen und bald darauf schwinden, dass ferner an der Befruchtung nur die grössere Zelle des Pollenkornes, welche STRASBURGER generative Zelle nennt, betheiligt ist, und dass schliesslich am wachsenden Ende des Pollenschlauches sich um den Kern der grösseren Zelle oder um die aus ihm durch Theilung hervorgegangenen Kerne Primordialzellen bilden, deren Kerne zur Befruchtung der Eizellen dienen.

Auf Analogien gestützt, welche uns im Baue von Antheridien höherer Kryptogamen und im Pollenschlauche von Angiospermen entgegengetreten, habe ich im Jahre 1885 der Meinung Ausdruck gegeben, dass nicht die grosse Zelle des Pollenkornes, sondern die kleine oder eine der kleinen bei der Befruchtung die wichtigste Rolle spielt, dass ferner die kleine Zelle oder eine der kleinen nicht der Resorption anheimfällt, vielmehr im Laufe des Wachsthums des Pollenschlauches nach dem Vorderende desselben vordringt, dass endlich die von manchen Autoren am Vorderende des Pollenschlauches wahrgenommene Primordialzelle eine dorthin übergesiedelte kleine Zelle des Pollenkornes darstellt. Verglich ich das Pollenkorn mit der keimenden Mikrospore höherer Kryptogamen, so schien es mir viel plausibler, die grössere Zelle des Pollenkornes für eine Hüllenzelle des Antheridiums anzusehen, die kleine aber, oder eine der kleinen, als Analogon der spermatogenen, d. h. der generativen Zelle. Andererseits war es schon damals, dank den Untersuchungen von STRASBURGER, bekannt, dass bei Angiospermen nicht die grössere Zelle des Kornes, welche sich zum Pollenschlauche entfaltet, sondern die kleine, in den wachsenden Schlauch wandernde Zelle als die befruchtende (resp. generative) Zelle angesehen werden muss.

Meine ersten Versuche dieser Frage näher zu treten, fielen ungünstig aus. Beim Cultiviren der Pollenkörner von Zamien und Coniferen in Zuckerlösungen bekam ich Pollenschläuche von erheblicher Grösse, die kleinen Zellen blieben aber in denselben unbeweglich. Ich griff dann zur Untersuchung der auf Samenknospen wachsenden Pollenschläuche und erhielt Resultate, die meine Voraussetzungen gänzlich bestätigt haben.

Als Untersuchungsmaterial dienten mir die Samenknospen von *Taxus baccata*. Sie wurden etwa vom 20. April bis zur Mitte Juni alle 3—4 Tage gesammelt und in Alkohol aufbewahrt. Vor der Untersuchung kamen die Samenknospen in eine Mischung von Pikrin- und Schwefelsäure (100 Th. concentr. Pikrinsäurelösung und 2 Th. Schwefelsäure), welche zur Hälfte mit Wasser verdünnt war, und verblieben darin 24 Stunden. Darauf brachte ich die Objecte auf fernere 24 Stunden in destillirtes Wasser und wechselte dasselbe während der genannten Zeit mehrere Male. Aus den auf diese Weise behandelten Samenknospen ist es nicht schwer, Pollenschläuche ohne geringste Beschädigung mittelst Nadel zu isoliren.

Während nun die Pollenkörner der *Taxus baccata* auf Zucker oder auf Samenknospen wachsen, zerfällt der Inhalt des Kornes in zwei Zellen: eine kleine und eine grosse. Die grössere dehnt sich zum Pollenschlauche aus (Fig. 1). Beim Cultiviren auf Zucker lassen sich keine weiteren Veränderungen im Pollenschlauche constatiren. An den Pollenschläuchen, die ich aus Samenknospen gewonnen habe, konnte ich indessen feststellen, dass der Kern der grösseren Zelle nach dem wachsenden Ende des Schlauches wandert (Fig. 2), die kleine Zelle aber durch eine zur Längsachse des Schlauches senkrechte Scheidewand in zwei Zellen geschieden wird (Fig. 3); dieser Spaltung geht karyokinetische Theilung des Kernes der kleinen Zelle voraus. Beim weiteren Auswachsen des Pollenschlauches löst sich die eine der zwei kleinen Zellen, welche sich an seiner Basis gebildet haben, und zwar die vordere, los und nimmt den Weg nach dem Scheitel des Schlauches ein, indem sie sich dabei in die Länge streckt (Fig. 4). Unmittelbar darauf geht die hintere kleine Zelle zu Grunde, und ihr Kern folgt der wandernden vorderen kleinen Zelle in der Richtung des Scheitels nach (Fig. 5). Der Scheitel des Schlauches bläht sich auf und treibt nicht selten Auswüchse nach allen Seiten hin. Es bilden sich offenbar in diesem Scheitel Substanzen, welche gierig Wasser anziehen. Durch das Aufsaugen von Wasser wird das Aufblähen des Schlauches und die Bildung von Fortsätzen bedingt; als Folge dieser Wasseraufnahme ist mit Wahrscheinlichkeit auch die Uebersiedelung der Kerne und der vorderen kleinen Zellen von der Basis des Schlauches nach dem Scheitel desselben anzusehen. Dieselbe Ursache scheint auch den Untergang der hinteren kleinen Zelle hervorzurufen. Die wandernde



Zelle erreicht bald den Kern der grossen Zelle, welcher denselben Weg einschlägt (Fig. 6), der Kern der kleinen Zelle aber überholt die wandernde Zelle (Fig. 7). Auf diese Weise kommt es im Pollenschlauche zur Bildung einer beweglichen Gruppe, die aus einer kleinen Zelle und zwei etwas langgestreckten Kernen besteht; der grössere der letzteren stellt den Kern der grösseren Zelle des Pollenkornes, der kleinere indessen den Kern der hinteren kleinen Zelle dar. Der sich bewegende Complex tritt in den weiten Sack ein, welcher durch die Aufblähung des vorderen Endes des Pollenschlauches entstanden ist (Fig. 8). Hier rundet sich die wandernde Zelle ab und nimmt an Grösse zu; ihr Kern lagert sich jetzt an den Pol der Zelle, welcher den beiden frei im Plasma des Pollenschlauches eingebetteten Kernen gegenüberliegt (Fig. 9). Das Plasma der abgerundeten Zelle erscheint eingedickt und an ihrer Peripherie zeigt sich eine deutliche radiäre Streifung. Kurz vor der Befruchtung theilt sich der Kern der beweglichen Zelle in zwei Kerne, die annähernd zwei Mal kleiner bleiben, als der Kern, von dem sie abstammen (Fig. 10). Der eine dieser Kerne wird sphärisch und nimmt in der mobilen Zelle eine centrale Lage ein, der andere erscheint plattgedrückt und bleibt an der Peripherie der Zelle dicht an der homogenen Membran liegen, durch welche sie vom Plasma des Pollenschlauches getrennt wird. Eine ähnliche homogene Membran scheidet den plattgedrückten Kern vom Plasma der wandernden Zelle. Es hat demnach den Anschein, als ob dieser plattgedrückte Kern aus der wandernden Zelle ausgestossen würde. Trotz anstrengenden Suchens wollte es mir nicht gelingen einen Plasmabelag um ihn zu finden.

Alle Kerne im Pollenschlauche besitzen in der Regel je ein grosses Kernkörperchen, welches sich intensiv mit Anilinfarben und Carmin tingirt. Im Kerne ist ausserdem ein Gerüst aus feinen miteinander verflochtenen Fäden vorhanden, welche von den eben genannten Farbstoffen nur schwach gefärbt werden. Auf Querschnitten der Samenknospen konnte ich wahrnehmen, dass in der Mehrzahl der Fälle in den Kern der Samenknospe nicht ein einziger, sondern mehrere Pollenschläuche hineinwachsen (Fig. 11), welche zur Befruchtung mehrerer Archegonien dienen. Ich fand in einer Samenknospe bis fünf Pollenschläuche; mitunter war die Zahl derselben noch höher. Indem sie das Gewebe der Samenknospe auseinander drängen, gelangen sie in unmittelbare gegenseitige Berührung und legen sich der abgerundeten Endospermassse dicht an. Inzwischen bilden sich an der Peripherie des Endosperms Archegonien. Um die Zeit des Reifseins enthalten die grossen nach dem Radius der Endospermassse langgestreckten Eizellen dieser Archegonien je einen grossen Kern, welcher von dickflüssigem Plasma umgeben ist (Fig. 12). Die Plasmafäden bilden Schleifen, die vom Kerne aus radiär verlaufen. Um den Kern sind die Fäden von be-

deutender Dicke, und die engen Maschen liegen hier recht dicht neben einander. An der Peripherie der Eizelle sind die Fäden feiner, die Maschen aber viel geräumiger. Der Kern der Eizelle enthält eine Menge Kernkörperchen, welche sich intensiv färben und gruppenweise angeordnet sind. Ausser diesen Kernkörperchen bemerkt man im Kerne der Eizelle ziemlich dicke sich kreuzende Fäden, welche die Farbstoffe schwach anziehen und sehr kleine Körnchen beherbergen.

Bei der Befruchtung der Eizelle scheint der Kern der wandernden Zelle sammt dem benachbarten Plasma in die Eizelle hinüber zu gehen. Sowohl die Membran und die äusseren Schichten des Plasmas der beweglichen Zelle als auch der plattgedrückte Kern, welcher sich von ihr abgegrenzt hat, verbleiben im Pollenschlauche (Fig. 13). Im Inneren der soeben befruchteten Eizelle konnte ich zwei Kerne beobachten, die sich durch ihren Bau deutlich von einander unterscheiden: der grössere, der Basis der Eizelle näher gelegene Kern ist mit einer ganzen Gruppe von Kernkörperchen versehen, der kleinere, welcher dem Scheitel näher liegt, enthält hingegen nur ein einziges Kernkörperchen (Fig. 13). Um den kleineren Kern hebt sich die Plasmaschicht durch deutliche Contouren vom Plasma der Eizelle ab. Im Pollenschlauche über der Eizelle befindet sich die Membran der befruchtenden Zelle mit peripherischen Schichten des Plasmas und mit dem plattgedrückten Kerne (Fig. 13). Es war mir indessen unmöglich neben ihnen zwei kleine freiliegende Kerne des Pollenschlauches zu finden. Schnitte der in Paraffin eingebetteten Samenknospen wurden serienweise mittelst des MINOT'schen Mikrotoms angefertigt, daher konnten obige Kerne der Beobachtung nicht entgangen sein. Es bleibt uns nur die Annahme übrig, dass dieselben in dem sie umgebenden Plasma zerfliessen. Diese Annahme muss aber erst durch weitere Beobachtung bestätigt werden.

Um zu erfahren, ob die bei *Taxus baccata* constatirten Erscheinungen auch bei anderen Gymnospermen stattfinden, habe ich *Juniperus communis* ebenfalls einer näheren Untersuchung unterzogen. Es ergab sich, dass auch bei dieser Pflanze beim Auswachsen des Pollenkornes sich zwei Zellen bilden, von denen die grössere sich zum Pollenschlauche streckt. In den Samenknospen, die kurz vor der Befruchtung (am 23. Juni 1890) von mir gesammelt wurden, habe ich Pollenschläuche von bedeutender Grösse mit aufgeblähten vorderen Enden und zahlreichen Fortsätzen angetroffen. In der sackförmigen Anschwellung wurde wie bei *Taxus baccata* eine abgerundete grössere Zelle mit ansehnlichem Kerne im Inneren bemerkt; unmittelbar an diese Zellen lehnen sich von vorne zwei kleinere Kerne an (Fig. 14). Auf Längsschnitten durch die Samenknospe zeigte sich, dass die runde Zelle gerade über der Gruppe von Archegonien liegt. Diese Befunde thun dar, dass die bei *Taxus baccata* festgestellten Erscheinungen auch anderen Gymnospermen eigen sind.

Meine vorliegende Untersuchung gestattet folgende Schlüsse:

1. Die grössere Zelle im Pollenkorne der Gymnospermen ist keine generative Zelle, sondern eine vegetative.
2. In denjenigen Fällen, in welchen im Pollenkorne der Gymnospermen sich eine kleine Zelle bildet, wird dieselbe nicht resorbirt, sie theilt sich vielmehr in zwei Zellen. Die eine derselben wird zur befruchtenden (resp. generativen) Zelle.
3. Die Primordialzelle, welche den Autoren nach im Scheitel des Pollenschlauches entstehen soll, ist mit der einen der kleinen Zellen identisch, die sich an der Basis des Schlauches bilden; sie wandert erst nachträglich von dort nach dem Scheitel aus.
4. Eben diese Zelle dient zur Befruchtung der Eizelle, wobei ihr Kern, vielleicht mit einem Theile des Protoplasmas, in das Innere der Eizelle dringt.

Es fragt sich aber, welchen Veränderungen unterliegen die in den Samenknospen beschriebenen Erscheinungen, sobald im Pollenkorne von der grösseren Zelle mehrere kleinere Zellen abgegrenzt werden und nicht eine einzige, wie das bei *Taxus baccata* der Fall ist.

Ein jeder Pollenschlauch dient bei *Taxus baccata* zur Befruchtung einer einzigen Eizelle. Wie compliciren sich nun die besagten Erscheinungen in denjenigen Fällen, wo ein Schlauch zur Befruchtung mehrerer Eizellen dient, wie das z. B. bei *Juniperus* stattfindet? Es ist recht wahrscheinlich, dass die befruchtende Zelle alsdann sich in mehrere Zellen theilt, wie das aus den Arbeiten von STRASBURGER hervorgeht.

Wiewohl die in Rede stehenden Fragen vorläufig noch unbeantwortet bleiben müssen, habe ich mich zur Veröffentlichung der von mir gewonnenen Daten entschlossen, da es mir im laufenden Jahre nicht gelungen ist neues Material zu sammeln und demnach die weiteren Untersuchungen erst nach einiger Zeit wieder aufgenommen werden können.

---

#### Erklärung der Abbildungen.

- Fig. 1. Pollenschlauch von *Taxus baccata* auf dem Durchschnitte durch die Samenknospe einer Frucht, welche am 10. April gepflückt wurde. An der Basis des Schlauches liegt die kleine Zelle und der Kern der grossen Zelle. Vergr. 350.
- Fig. 2. Pollenschlauch von *Taxus baccata*, einer Samenknospe entnommen, welche in Pikrinschwefelsäure macerirt wurde. Die Frucht am 16. April gepflückt. Der Kern der grösseren Zelle ist nach dem vorderen Ende des Schlauches gewandert. Vergr. 350.



- Fig. 3, 4, 5 und 6. Aus einer und derselben Samenknospe stammende Pollenschläuche von *Taxus baccata*. Die Objecte sind mit Pikrinschwefelsäure behandelt worden. Die Frucht am 28. April gepflückt. Fig. 3 stellt einen Pollenschlauch dar, in dem die kleine Zelle sich in zwei Zellen getheilt hat. In Fig. 4 sehen wir die kleine Zelle nach dem Scheitel des Pollenschlauches wandern. Fig. 5: die hintere kleine Zelle geht zu Grunde und ihr Kern folgt der vorderen Zelle nach. Nur der basale Theil des Pollenschlauches ist hier wiedergegeben. Fig. 6: im vorderen Abschnitte des Pollenschlauches liegt der Kern der grösseren Zelle des Pollenkornes, ihm folgt die mobile kleine Zelle und hinter derselben liegt der Kern der hinteren kleineren Zelle, welche zu Grunde gegangen ist. Vergl. 350.
- Fig. 7. Das Vorderende des aus einer Samenknospe entnommenen Pollenschlauches, welcher in Pikrinschwefelsäure macerirt wurde. Der Kern der hinteren kleineren Zelle überholt die wandernde Zelle. (Die Frucht am 2. Mai gepflückt). Vergl. 350.
- Fig. 8. Pollenschlauch von *Taxus baccata*, aus einer Samenknospe gewonnen, die in Pikrinschwefelsäure macerirt wurde. Im vorderen aufgeblähten Ende des Schlauches liegt die kleine mobile Zelle und daneben zwei freie Kerne: der Kern der grösseren Zelle des Pollenkornes und derjenige der hinteren kleineren Zelle. (Die Frucht am 15. Mai gepflückt). Vergl. 100.
- Fig. 9. Das vordere Ende des Pollenschlauches von *Taxus baccata*, auf einem Längsschnitte durch die Samenknospe mit der beweglichen Zelle und mit zwei freien Kernen im Inneren. Vergl. 270.
- Fig. 10. Das vordere Ende des Pollenschlauches von *Taxus baccata*, auf einem Längsschnitte durch die Samenknospe. In der beweglichen Zelle hat sich der Kern in zwei Kerne getheilt: einen abgerundeten und einen abgeplatteten. (Die Frucht am 26. Mai gepflückt). Vergl. 270.
- Fig. 11. Der mittlere Theil eines Querschnittes durch die Samenknospe von *Taxus baccata*. Vier vom Gewebe der Samenknospe umgebene Pollenschläuche. (Die Frucht am 20. Mai gepflückt). Vergl. 65.
- Fig. 12. Von Endospermzellen umgebene Eizelle auf einem Längsschnitte durch die Samenknospe von *Taxus baccata*. Ueber der Eizelle ist der Pollenschlauch gelegen mit einer wandernden Zelle, welche zwei Kerne aufweist, und mit zwei freiliegenden Kernen. (Die Frucht am 26. Mai gepflückt).
- Fig. 13. Die soeben befruchtete Eizelle auf einem Längsschnitt durch die Samenknospe von *Taxus baccata*. Ueber derselben Pollenschlauch mit den Resten der mobilen Zelle, von welcher ein Theil des Plasmas und der abgeplattete Kern noch übergeblieben sind. Das Plasma der Eizelle ist wahrscheinlich beim Fixiren vom Kerne an einer Seite abgetrennt. (Die Frucht am 26. Mai gepflückt). Vergl. 270.
- Fig. 14. Der Pollenschlauch von *Juniperus communis* aus einer in Pikrinschwefelsäure macerirten Samenknospe. Die Frucht am 28. Juni gepflückt. Im Inneren des Pollenschlauches die mobile Zelle und zwei freiliegende Kerne. Vergl. 270.



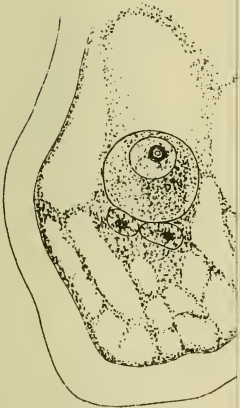
*Fig. 1.*



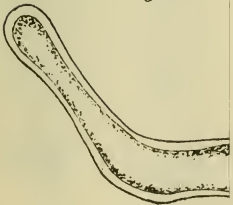
*Fig. 2.*



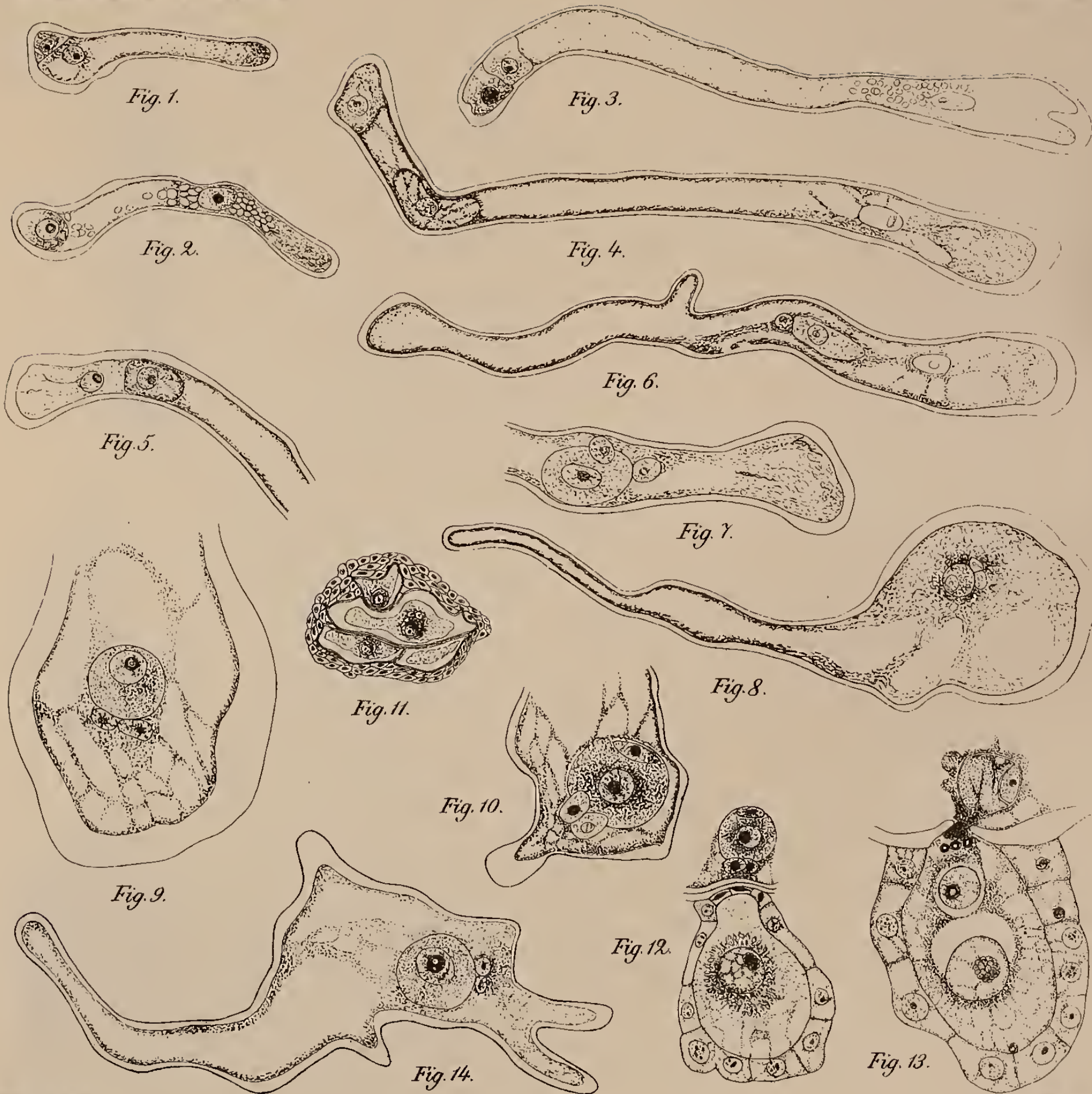
*Fig. 5.*



*Fig. 9.*







Wl. Belajeff gex.

C. Lave lith.

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

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft](#)

Jahr/Year: 1891

Band/Volume: [9](#)

Autor(en)/Author(s): Belajeff Wl.

Artikel/Article: [Zur Lehre von dem Pollenschlauche der Gymnospermen.  
280-286](#)