

Pinus Laricio.

(Fol. C).

Wir haben in den beiden vorhergehenden Tafeln (Pinus Laricio var. austriaca, Fol. A und B) die Morphologie der männlichen und der weiblichen Blüthe, sowie des reifen Fruchtzapfens illustriert und im Texte hiezu eine dritte Tafel in Aussicht gestellt, welcher die Aufgabe zukommt, die Vorgänge im Innern der Samenknospe vor, während und nach der Befruchtung darzustellen. Wenn ich von der Absicht, diese dritte Tafel erst in den Supplementslieferungen erscheinen zu lassen, abgegangen bin, so geschah es auf Wunsch von bewährten Lehrern an Mittelschulen, für welche letztere ja die Supplementslieferungen nach meiner damaligen Ansicht aus pädagogischen Gründen entbehrlich sein sollten, es aber nach meiner nunmehrigen Ueberzeugung ebenso wenig sein werden, als die 7 ersten Lieferungen, welche die Mittelschulausgabe bilden sollen. Item, die pädagogischen Bedenken sind während der vier Jahre dauernden Bearbeitung des „Atlas“ gerade durch tüchtige Lehrkräfte an Mittelschulen, durch Pädagogen von Fach, bei mir gehoben worden. Ich folge somit diesem massgebenden Rathe und behandle also in der vorliegenden Tafel die intimeren Geschlechtvorgänge im Innern der bestäubten Samenknospe von Pinus Laricio, um die letzte grosse Lücke in der „Physiologie der Fortpflanzung“ auch für die Mittelschulausgabe unseres Werkes so gut als möglich auszufüllen.

Schon im Text zu den beiden vorhergehenden Tafeln gleicher Benennung wurde der Bestäubungsmodus bei Pinus Laricio besprochen. Die weibliche Blüthe ist zur Zeit der Bestäubung (Anfangs Juni) etwa erbsengross, wie bei **f** in Fig. 1 der Tafel B zu sehen ist. Die Pollenkörner gelangen auf beschriebenen Wege in den weiten Micropylengang der einzelnen Samenknospe und von dort durch das Schwinden des Flüssigkeitstropfens im Micropylengang auf die Kernwarze am Scheitel des Knospenkernes (Nucellus), wie **po** bei **kw** in Fig. 5 Tafel B zeigt. Nach der Bestäubung wachsen die Fruchtschuppen (oder Samenschuppen) des grün werdenden Zapfens derart in die Dicke, dass sie eng zusammenschliessen und dadurch die ihrer weitem Entwicklung unterliegenden Samenknospen (**sk** in Fig. 2 und 4 Tafel B) gegen äussere schädliche Einflüsse schützen. Das auf der Kernwarze liegende Pollenkorn (**po** in Fig. 5 Tafel B) treibt kurz nach der Bestäubung einen nur wenig tief ins Knospenkerngewebe (**k k** Fig. 5 Tafel B) eindringenden Pollenschlauch (vergl. **ps** in Fig. 8 Tafel A), der alsbald zu wachsen aufhört, um bis zum nächsten Juni, also mehrere Monate lang im Ruhezustand zu verharren. Zur Zeit der Bestäubung ist nämlich noch gar kein Embryosack im Knospenkerngewebe vorhanden; denn dieser bildet sich erst in Folge der Bestäubung und zwar tief unterhalb des Scheitels, in der Axe des Knospenkerngewebes. Es liegt nicht in unserer Aufgabe, die Entstehungs- und Entwicklungsgeschichte des Embryosackes von Pinus Laricio zu illustriren; wir beschränken uns darauf, an die diesbezüglichen neuern Untersuchungen von E. Strasburger zu erinnern und hervorzuheben, dass alle die neuesten

Forschungen auf diesem Gebiete zu folgender Deutung führen: Der Knospenkern der Samenknospe ist bei allen Blütenpflanzen ein Macrosporangium, in welchem meistens nur **eine Macrospore** gebildet wird, die als „Embryosack“ erscheint.

Diese Macrospore, der Embryosack (nur in wenigen Fällen zu mehreren in einer Samenknospe erscheinend) löst sich aber nicht mehr vom mütterlichen Organ ab, wie dies bei den höchsten Gefässkryptogamen (z. B. bei Selaginella helvetica, vergl. die Tafel dieser Benennung) der Fall ist, um ausserhalb des mütterlichen Organismus in ein weibliches Prothallium auszukeimen, sondern bei sämtlichen Blütenpflanzen bleibt die Macrospore im mütterlichen Organ, im Macrosporangium, d. h. im Knospenkerngewebe der Samenknospe, eingeschlossen, um hier — im Innern des Sporangiums zu keimen. Das Letztere geschieht bei Pinus Laricio in der Zeit, da der Pollenschlauch seine Ruheperiode durchmacht. Die Macrospore (der Embryosack) besitzt in ihrer ersten Zeit nur einen einzigen Zellkern; dieser theilt sich (beim Anfang der Keimung) in zwei Tochterkerne; diese theilen sich in vier Enkelkerne und so fort, bis eine grosse Anzahl kugeligter Kerne im Embryosack (in der Macrospore) vorhanden ist. Um diese Kerne, die sich an der Wand des Embryosackes anlagern, sammelt sich Protoplasma: es entstehen ebenso viele sich berührende und gegenseitig polyedrisch abplattende Zellen, die weiter wachsend und sich theilend endlich die ganze Macrospore, d. h. den ganzen Embryosack als sogen. Endosperm erfüllen.

Das Endosperm der nacktsamigen Gewächse (Gymnospermen) ist nichts Anderes als das weibliche Prothallium, wie es sich beim Keimen der Macrosporen z. B. bei Selaginella helvetica im Innern der Sporen bildet.

Diese Thatsache zu illustriren ist die Aufgabe unserer Hauptfigur (3) der vorliegenden Tafel von Pinus Laricio.

Kurze Zeit vor der wirklichen Befruchtung, die bei Pinus Laricio erst ein ganzes Jahr nach der Bestäubung stattfindet, besitzt der Zapfen unserer Schwarzföhre das durch Fig. 1 und 2 Fol. C illustrierte Aussehen. Fig. 1 zeigt den halberwachsenen Zapfen in doppelter Grösse von Aussen gesehen, Fig. 2 denselben im medianen Längsschnitt. Beide Figuren wurden am 25. Juni 1882 nach Zapfen, die eben frisch vom lebendigen Baum genommen, angefertigt. Wie aus diesen Figuren ersichtlich, ist um diese Zeit von den sogen. Deckschuppen (vergl. **dd** in Fig. 2 Fol. B) keine Spur mehr zu erkennen, während die Frucht- oder Samenschuppen (**fs fs** Fig. 2 und 3 Fol. B und **ff** in Fig. 2 Fol. C) innert des ersten, zwischen Bestäubung und Befruchtung liegenden, Jahres enorm in die Dicke und Länge gewachsen sind, und zwar derart, dass die Samenknospen, welche ebenfalls an Volumen beträchtlich zugenommen, ganz eingeklemmt und tief im Innern des Zapfens (auf der Oberseite über der Schuppenbasis) versenkt und rings von den lebendigen Geweben der erst wenig

verholzten, noch saftigen Zapfenschuppen umgeben erscheinen (**SS** in Fig. 2 Fol. C). Die peripherischen Gewebe des Zapfens sind dunkelgrün gefärbt, während die tiefer liegenden Gewebepartien der Schuppen, sowie diejenigen der verholzten Zapfenspindel im frischen Längsschnitt farblos erscheinen, aber in kurzer Zeit (während der Anfertigung der Zeichnung Fig. 2) an freier Luft liegend, durch Oxydation röthlich werden.

Bringen wir einen solchen Längsschnitt mit gut getroffener halbirter Samenknope unter das Microscop, so erkennen wir bei 140-facher Vergrößerung un schwer alle wesentlichen Theile, welche in dieser Zeit den Charakter der Samenknope kennzeichnen und die wir daher in Fig. 3 (Hauptfigur der vorliegenden Tafel) zur Darstellung brachten:

Die Samenknope ist aufrecht (atrop, orthotrop) und besitzt ein einfaches Integument **ii**, das sich allerdings unterhalb der Kernwarze **kw** in eine äussere (**i i**) und eine innere Gewebeschichte (**i'' i''**) differenzirt hat. Jene, die äussere Integumentschichte, besteht aus fast isodiametrischen, letztere — die innere Integumentschichte **i'' i''** — aus langgestreckten Parenchymzellen. Die Integumentflappen über dem Micropylengang **mg** sind durch den Druck der fest über und neben einander liegenden Fruchtschuppen nicht mehr frei aus einander stehend, wie zur Zeit der Bestäubung (vergl. **ap** in Fig. 4 und 5 Fol. B), sondern fest zusammengeschlossen und am Scheitel meist gebräunt. Der Micropylengang **mg** ist fast nicht mehr zu erkennen und am Scheitel überdies meist noch durch einen Harztropfen (**h** in Fig. 3 Fol. C) total verschlossen. Ein zweiter Harztropfen (**h''**) findet sich am untern Ende des Micropylenganges und deckt die Kernwarze **kw** fast kappenartig.

Die äussere Integumentschichte **ii** ist auf der der Samenschuppe zugekehrten Seite (rechts in unserer Figur) locker mit dem parenchymatischen, farblosen Gewebe **ff** der besagten Schuppen verwachsen. Wir haben von letzterer nur einige wenige Gewebeschichten dargestellt, um die Art der Anheftung der Samenknope an die sie tragende Fruchtschuppe skizziren zu können. Von den Gefässen, welche die letztere durchziehen, haben wir nur ein kleines Fragment **G** gezeichnet, welches die Fruchtschuppe der Länge nach durchzieht und einen Zweig **G''** gegen die Basis der Samenknope absendet. Die charakteristische Gefässwandverdickung erstreckt sich aber in diesem Zweige nur bis zum Eintritt in das Integumentgewebe der Samenknopebasis: die Fortsetzung dieses Gefässbündels in die Samenknope selbst erscheint nur als zarter Strang langgestreckter Faserzellen ohne besondere Wandverdickungen (**G'''**) und erstreckt sich auch nur bis an die äussere Grenze der innern Integumentschichte, etwas schief unterhalb der Basis des Knospenkernes.

Ein eigenthümliches grosszelliges, aber zartwandiges Parenchymgewebe **B** an der abgerundeten Basis der Samenknope repräsentirt wohl den Stiel (Funiculus) der aufrechten Samenknope und ist scharf gegen das isodiametrische Integumentgewebe abgesetzt. Häufig löst sich beim Anfertigen der Längsschnitte schon zu dieser Zeit die ganze Samenknope, soweit sie vom Integument begrenzt wird, als Ganzes von der Frucht- (oder Samen-) Schuppe ab, ein Beweis, dass

der Verband der früher so eng mit einander verwachsenen Gebilde (Schuppe einerseits und Samenknope andererseits) seit der Bestäubung ein lockerer geworden ist. Indess ist hinzuzufügen, dass die Fruchtschuppe trotzdem das Bildungsmaterial für die noch weiter statthabende Entwicklung der Samenknope bis zur Reife des Samens zu liefern hat.

Innerhalb der Samenknopeuhülle (Integument **i i''**) findet sich der Knospenkern (Nucellus **Nu**), d. h. das Macrosporangium, in welchem sich eine einzige, mächtig entwickelte Macrospore, der Embryosack (**Es Es** Fig. 3) vorfindet. Während zur Zeit der Bestäubung (also 1 Jahr früher, vergl. Fig. 5 **kk** in Fol. B) der Knospenkern durch und durch aus gleichartigen zartwandigen Parenchymzellen bestand, finden wir jetzt im Innern des Knospenkernes eine riesige, sackartige Zelle **Es Es**, welche von kleinen, isodiametrischen Endospermzellen (**E E** Fig. 3 Fol. C) erfüllt ist und den grössten Raum des Knospenkern-Innern in Anspruch nimmt. Das Gewebe des Knospenkernes oder Macrosporangiums wurde nämlich beim Heranwachsen des Embryosackes **Es Es** (oder der Macrospore) mehr und mehr verdrängt und resorbt, so dass es nun bloss noch über dem Scheitel des Embryosackes einige Mächtigkeit besitzt (**Nu**), während es von der Insertion des Integumentes an (**i'' i''** Fig. 3) bis an die Basis der Samenknope nur noch einige Zellschichten mächtig ist und hier, im untern Theil, fast unmerklich in die Basis des Integumentgewebes übergeht.

Im oberen, kegelförmigen Theil des Knospenkernes (**Nu**) enthalten die Zellen nicht nur einen Zellkern, sondern auch reichlich Stärkekörner nebst feinkörnigem Protoplasma und erscheinen daher bei durchfallendem Lichte dunkler gefärbt, als im untern Theil. In jenem obern Theil des Nucellus verharret der nach der Bestäubung entstandene Pollenschlauch mehrere Monate lang im Ruhezustand. Wir sehen bei **po** noch eine Spur desselben durchschimmern.

Der Embryosack **Es Es** (Fig. 3) bildet mit seinem Inhalt in dieser Zeit (ein Jahr nach der Bestäubung, also im Juni des zweiten Jahres) einen langgestreckten eiförmigen, scharf abgegrenzten, farblosen Körper, der sich von der Basis des Knospenkernes an hinauf bis zu $\frac{2}{3}$ oder $\frac{3}{4}$ der Höhe des letzteren erstreckt. Er besitzt eine überall dicht geschlossene, ununterbrochene Membran, welche sich durch Anilinctur roth färbt und den ganzen Endospermkörper **E E** scharf gegen das Knospenkerngewebe abgrenzt. Häufig fällt er beim Schneiden sammt seinem compacten Inhalt aus dem Knospenkern heraus, woraus sich also ergibt, dass er nicht innig mit den Geweben des letzteren verwachsen ist. Ende Mai oder Anfangs Juni (je nach der Art des Frühlings und der damit zusammenhängenden früheren oder späteren Entwicklung der Neubildungen in der Pflanzenwelt) findet man im Embryosack (d. h. in der Macrospore) erst einen homogenen Gewebekörper aus strahlig angeordneten, meist isodiametrischen Zellen, welche eben das sogen. Endosperm (**E E** Fig. 3) darstellen und nichts Anderes sind, als das Produkt des Keimungsprocesses der Macrospore, d. h. das weibliche Prothallium, das sich im Innern der Macrospore (des Embryosackes) in ähnlicher Weise bildet, wie das weibliche Prothallium im Innern der

Macrosore von Selaginella. Bald aber werden am Scheitel des Endosperms, dicht unter der bogenförmig gewölbten Membran des Embryosackes grössere und plasmareichere Zellen bemerkbar, die sich beim Weiterwachsen und in Folge gesetzmässig statthabender Zelltheilungen in ähnlicher Weise zu Archegonien entwickeln, wie am Scheitel des weiblichen Prothalliums bei den Selaginellen. Durch rasches Wachsen und Ueberwuchern von Seite der benachbarten Endospermzellen am Scheitel des Embryosackes werden die Archegonien (**Ar Ar** Fig. 3) alsbald so überholt, dass sie ziemlich tief im obern Theil des Endospermkörpers versenkt erscheinen, während vom Scheitel des Embryosackes aus trichterförmige Zugänge **tr** abwärts in Form enger Kanäle zu den Archegonien führen. Die letzteren wurden früher, da man über ihr Wesen und ihre Bedeutung noch im Unklaren war, Corpuskeln (Corpuscula) genannt, welcher Ausdruck sich bis in die neueste Zeit in vielen Lehrbüchern erhalten hat, nun aber durchaus aufzugeben ist.

Ich habe in den vielen empfängnisfähigen Samenknochen von *Pinus Laricio* meist je 3 oder 4 Archegonien am Scheitel des Endosperms angetroffen. In unserer Hauptfigur 3 sind deren 2 im optischen Längsschnitt dargestellt, während ein drittes Archegonium zwischen diesen beiden von Unten (Hinten) her noch durchschimmert und ein viertes mit dem uns zugekehrt gewesenen Theil der Samenknoche entfernt wurde.

Diese Archegonien sind die eigentlichen weiblichen Geschlechtsorgane; sie sind durchaus gleicher Natur wie die Archegonien der Moose [vergl. Tafel mit „*Marchantia* (Archegonium und Antheridium)“], der Farne, Schachtelhalme und der Bärlappgewächse und sie bilden den schlagendsten Beweis für den genetischen Zusammenhang zwischen Gefässkryptogamen einerseits und niedern Blütenpflanzen andererseits.

Ich habe in Fig. 4 Fol. C bei 370-facher Vergrößerung den obern Theil eines Archegoniums mit dem benachbarten Endospermgebe (**E**) und einem Theil des Embryosackes **Es** dargestellt. Das Archegonium von *Pinus Laricio* besteht aus einem Halstheil und dem Bauchtheil. Der Halstheil **h** ist im vorliegenden Falle auf das Minimum von 4 oder 5 Halszellen und auf die einzige Canalzelle **C** reducirt. Strasburger, dem wir die umfassendsten diesbezüglichen Untersuchungen verdanken, fand bei *Pinus silvestris*, *P. Strobilus*, *P. Laricio* und *P. Pinaster* den Halstheil bald aus 4, bald aus 6, selten aus 8 neben einander liegenden Zellen, ausserdem oft in 2 bis 3 über einander liegenden Etagen zusammengesetzt. „Bei *Pinus silvestris* und *P. Strobilus* bleibt der Halstheil nur eine Etage hoch“, also so, wie ich es im vorliegenden Falle bei *Pinus Laricio* angetroffen habe. Indess gibt Strasburger (Befruchtung der Coniferen Taf. II. Fig. 16) auch eine ähnliche Figur wie unsere vorliegende 4, woselbst der Halstheil des Archegoniums von *Pinus Laricio* aus 2 Etagen besteht. Es scheinen sich also in der endgiltigen Ausbildung des Halstheiles der Archegonien bei einer und derselben Pflanzenart Variationen geltend zu machen. Der Bauchtheil des Archegoniums wird nach der Abscheidung der Canalzelle (**C** Fig. 4) zur eigentlichen Eizelle (**Ov** in Fig. 3 und 4), welche in der That auch eiförmige Gestalt besitzt.

Rings um die mächtige Eizelle **Ov** des Archegoniums, welche sich auf Kosten der umgebenden Endospermzellen zu fast riesenhafter Grösse entwickelt, theilen sich die benachbarten Endospermzellen derart, dass schliesslich eine einzige continuirliche Schichte kleiner, plasmareicher Zellen den Bauchtheil des Archegoniums einhüllt, ähnlich wie im Prothalliumgewebe bei den Farnen die den versenkten Bauchtheilen der Archegonien zunächst liegenden Zellen eine kleinmaschige Hülle um die letztern bilden.

Die 3 oder 4 Archegonien am Endosperm-Scheitel sind bei *Pinus Laricio* ziemlich nahe beisammen, oft bloss durch 1 oder 2—3 Zellschichten des Endosperms von einander getrennt.

Während die zartwandigen Endospermzellen (**E E** Fig. 3) im mittlern und untern Theil des Embryosackes durchaus farblos sind, erscheinen diejenigen in der Nähe des Scheitels und der Archegonien schwach gelblich gefärbt und reicher an feinkörnigem Plasma. Die Eizelle dagegen ist kurz vor der Befruchtung dicht erfüllt von schaumigem, mit zahlreichen kleinen Vacuolen ausgestatteten, gelblichem Protoplasma und einem grossen Zellkern (**N N** in Fig. 3 und 4). Bei ganz jungen Archegonien findet sich in der noch nicht empfängnisfähigen Eizelle eine grosse centrale Vacuole, an deren Stelle erst später kleinere Vacuolen treten, wie wir sie nebst dem Zellkern **N** in Fig. 3 und 4 (**V V V**) dargestellt haben.

Befruchtung: Wenn die Archegonien reif sind, so beginnt der bisher ruhende Pollenschlauch vom obern Theil des Knospenkernkegels (**Nu** in Fig. 3) an abwärts zu wachsen gegen den Scheitel des Embryosackes hin, wo die von der Membran des letztern überspannten trichterförmigen Zugänge zu den Archegonien liegen. Auf dieser Strecke werden vorweg die im Wege liegenden Knospenkernzellen aufgelöst; einem gleichen Schicksal unterliegt sodann die Partie der Embryosack-Membran, welche den Trichter über dem zu befruchtenden Archegonium überspannt (vergl. **Es** über **tr** bei Fig. 4). Der Pollenschlauch gelangt hierbei mit seinem vorderen, fortwachsenden Ende in den Trichter und wächst nun vollends bis hinunter zum Halstheil des Archegoniums. Hier lässt er sich noch keineswegs aufhalten, sondern er dringt auch durch den Halstheil, die Zellen desselben aus einander drängend oder auflösend und gelangt schliesslich bis zur eigentlichen Eizelle, um endlich auch in diese vorzudringen (**Ps Ps** in Fig. 5). Der mehr oder weniger tief in die Eizelle eindringende Theil des Pollenschlauches erscheint im Vergleich zu dem in und unter dem Trichter, ausserhalb des Archegoniums liegenden Theil verjüngt und lässt am vordersten Ende, das am tiefsten in die Eizelle vorragt, eine verdünnte Stelle in der Membran, einen sogen. Tüpfel (**T** in Fig. 5) erkennen, „der offenbar den Uebertritt der befruchtenden Substanz erleichtert, was wahrscheinlich noch durch einen von dem höher liegenden Gewebe auf die ausserhalb des Archegoniums liegende Partie des Pollenschlauches geübten Druck unterstützt wird“. Die Vorgänge im Pollenschlauch selbst werden von Strasburger folgendermassen geschildert: Die in Einzahl vorhandenen kleinen vegetativen (Prothallium-) Zellen des Pollenkornes (vergl. die Zelle **v** in Fig. 7 A der Tafel „*Pinus Laricio* var. *austriaca* Fol. A“), d. h. die vegeta-

tiven Zellen der Microspore betheiligen sich an der Bildung des Pollenschlauches nicht (vergl. in Fol. A Fig. 8 ps). Der Zellkern der grossen Pollenzelle (an in Fig. 7 A Fol. A) aber wandert in die Pollenschlauchspitze. Wie speciell bei andern Nadelhölzern constatirt werden konnte, theilt sich dieser Pollenschlauchkern (n Fig. 8 Fol. A) in seiner neuen Lage in zwei Tochterkerne und um jeden der letzteren findet Zellbildung statt, indem sich Plasma um denselben sammelt. Während die nach Oben gelegene der beiden Primordialzellen sich gewöhnlich nicht weiter theilt, wiederholt sich in der untern die Theilung ein oder zwei mal und ihre Nachkommen nehmen, sich in eine Ebene ausbreitend, das untere Ende des Pollenschlauches ein (in Ps Ps Fig. 5 Fol. C). Der Kern der Eizelle, der an Grösse und Inhalt zugenommen hat (N in Fig. 4), rückt gegen die Mitte der Eizelle vor, während die Kanalzelle (C in Fig. 4 Fol. C) desorganisirt wird. Während der Befruchtung schwinden die kleinen Pollenschlauchkerne über dem Archegonium und die Substanz muss auf irgend eine Weise in das Archegonium übertreten. Man findet nämlich in den Eizellen der Archegonien vor dem Pollenschlauch-Ende einen sphärischen, zellenartigen Ballen, den Strasburger „Spermakern“ genannt hat. Dieser Spermakern bewegt sich gegen den Eikern zu und verschwindet mit demselben. Auch hier besteht also die Befruchtung in der Vereinigung der Bestandtheile zweier Zellen; denn offenbar handelt es sich hier nicht nur um Verschmelzung von zwei Kernen, vielmehr findet wohl auch eine Vereinigung des Pollenschlauchplasmas mit dem Ei-Plasma statt.

Es ist zu bemerken, dass bei den Pinus-Arten für jedes zu befruchtende Archegonium ein besonderer Pollenschlauch nothwendig ist.

„Nach der Befruchtung wandert der aus der Verschmelzung des Spermakernes mit dem Eikern hervorgegangene Zellkern („Keimkern“) in den dem Archegoniumhals gegenüber liegenden Theil des Eies und hier beginnt nun die Bildung des sogen. Vorkeimes“. Der „Keimkern“ theilt sich rasch nacheinander im Grunde der Eizelle in zwei Tochter-, dann in 4 Enkelkerne; um letztere (N N N in Fig. 6 Fol. C) bilden sich durch Plasma-Anhäufung vier in einer Querzone neben einander liegende Zellen. Diese 4 ersten Zellen an der Ei-Basis theilen sich nun durch Querwände in drei über einander liegende Etagen; die Zellen der zweiten Etage wachsen zu sehr langen, vielfach gebogenen Schläuchen aus (Sch in Fig. 7 und 8), während die der oberen Etage als Rosette im Archegonium stecken bleiben. Die vier Zellen der untersten Etage, welche durch jene Streckung bei der Schlauchbildung (Sch) in das Endosperm unterhalb des Archegoniums hinausgeschoben werden, theilen sich noch wiederholt und tragen so zur Verlängerung des Vorkeimfadens oder Embryo-Trägers bei. Dann trennen sich die 4 vorher zusammenhängenden Zellreihen des Vorkeimes von einander: jede trägt eine Gipfelreihe, welche die Keimanlage (Ea Ea Fig. 7, 8 und 9 erzeugt).

So sehen wir denn, dass bei der Schwarzföhre, wie bei den meisten andern Abietineen aus einer einzigen befruchteten Eizelle mehrere Embryo-Anlagen hervorgehen. Trotzdem und trotz des Umstandes, dass

nicht selten in einer und derselben Samenknospe mehrere Archegonien zugleich befruchtet werden, entwickelt sich in der Folge meist nur eine Embryo-Anlage zur jungen Keimpflanze des heranreifenden Samens. Wir haben die ersten Entwicklungsstadien des heranwachsenden Embryos in den Figuren 7, 8 und 9 illustriert. Durch fortdauerndes Wachsthum und wiederholte Zelltheilungen entsteht nach und nach aus der Embryo-Anlage Ea Ea ein vielzelliger Gewebekörper, der sich allmählig in Stammaxe, Wurzelanlage und Keimblätter, Cotyledonen (co co Fig. 10) differenzirt und in einer axilen Höhle des Endosperms liegt, so zwar, dass die Wurzelende (Wh Fig. 10) nach Oben, d. h. dem Embryoträger (Vorkeim) zugekehrt, der Stammscheitel (s in Fig. 10) mit den Cotyledonen co co abwärts, gegen die Basis der zum Samen heranreifenden Samenknospe gekehrt erscheint, wie wir dies in der Tafel mit *Taxus baccata* (Hauptfigur) dargestellt haben.

Der Embryo, welcher sich in der Mitte des reifen Pinus-Samens befindet, steht also auf dem Kopf; während aber bei *Taxus baccata* (vergl. diese Tafel) nur 2 Cotyledonen gebildet werden, entstehen am Embryo von *Pinus Laricio* deren mehrere, die, in einen Quirl gestellt, den nackten Scheitel (s Fig. 10) der Keimaxe umgeben. Die Stammaxe geht nach Rückwärts unvermerkt in die Wurzelanlage über, die ja bei den Gymnospermen und Dicotyledonen als spätere Hauptwurzel die direkte Verlängerung des Stengels bildet und an ihrem hintersten Ende schon im reifen Samen die Wurzelhaube (Wh) erkennen lässt.

Während der Ausbildung des Embryos wächst auch das Endosperm, vom Embryosack umschlossen, noch kräftig fort, seine Zellen erfüllen sich mit Fett und Eiweissstoffen; es wird zum Reservestoffbehälter für die Weiter-Entwicklung beim Keimen des Samens und wird in letzterem ja bekanntlich schlechtweg „Eiweisskörper“ genannt. Schliesslich ist vom wachsenden Endosperm alles Knospenkerngewebe verdrängt worden, indess sich die Samenknochenhülle, das Integument, zur harten Samenschale differenzirt.

Ueber die Oeffnung der reifen Fruchtzapfen und die Samenaussaat von *Pinus Laricio* ist schon im Text zu Tafel B (dieser Benennung) referirt worden. Ein Gleiches gilt vom Vorgang der Keimung nach stattgehabter Samenaussaat, die wir an *Taxus baccata* illustriert haben.

Fassen wir nun alle die Anhaltspunkte zusammen, die sich aus der Vergleichung der gewonnenen Resultate bei den Gymnospermen mit ähnlichen Verhältnissen bei den höchsten Gefässkryptogamen ergeben, so kommen wir zu folgender Analogienkette:

1. Die blühende Nadelholzpflanze entspricht der beblätterten, sporenbildenden Gefässkryptogame, der sporangientragenden *Selaginella helvetica* (vergl. diese Tafel).
2. Die Staubblätter der Nadelholzblüthe sind Bildner von Microsporangien.
3. Der Pollensack entspricht dem Microsporangium von *Selaginella*.
4. Das Pollenkorn der Nadelhölzer ist eine Microspore, die bei der Reife sich in 2 (oder mehr) Zellen kammert, von denen die eine Zelle dem rudimentären männlichen Prothallium der Microspore von *Selaginella*, die andere Zelle dem Antheridium desselben

männlichen Prothalliums entspricht; die pollenschlauchbildende Zelle ist das eigentliche männliche Organ des verkümmerten Prothalliums.

5. Die am Scheitel des Pollenschlauches entstehenden Zellkerne sekundärer Ordnung entsprechen den Spermatozoiden der Selaginellen.
6. Die weibliche Blüthe von Pinus ist ein Macrosporangien-Stand.
7. Der Knospkern (Nucellus) der Samenknope von Pinus ist ein Macrosporangium.
8. Der grosse Embryosack entspricht einer Macrospore.
9. Das vor der Befruchtung bei allen Gymnospermen im Embryosack entstehende Endosperm ist das weibliche Prothallium und entspricht dem beim Keimen der Macrospore (von Selaginella helvetica) resultirenden weiblichen Prothallium der höchsten Gefässkryptogamen.
10. Die Archegonien im Endosperm der Samenknope bei den Nacktsamern sind dieselben weiblichen Geschlechtsorgane, wie sie am Prothallium der Macrospore von Selaginella entstehen. Theil für Theil ist in beiden dasselbe.
11. Die Befruchtung im Innern der Samenknope entspricht im Wesentlichen durchaus der Vereinigung vom Spermatozoid mit der Eizelle des Archegoniums bei den Gefässkryptogamen. Einzig die Bildung von autonomen Bewegungsorganen, wie sie den Spermatozoiden zukommt, unterbleibt bei den männlichen Plasmakörperchen im Pollenschlauch der Gymnospermen.
12. Die Prozesse der Keimbildung nach stattgehabter Befruchtung sind bei Gymnospermen und höchsten Gefässkryptogamen dieselben.
13. Der reife Same der Gymnospermen ist zur Zeit seiner Aussaat nichts Anderes, als das abfallende Macrosporangium sammt eingeschlossener Macrospore, welche letztere im Innern des Sporangiums keimte, das weibliche Prothallium mit den Archegonien bildete und letztere befruchtete liess, um gleich hernach auch den Embryo zur folgenden, zur sporenbildenden Generation, d. h. zur beblätterten Stengelpflanze zu bilden. Der reife Same ist also Macrosporangium sammt Macrospore, mit weiblichem Prothallium, sammt Embryo der folgenden Generation.
14. Bei den Gymnospermen ist somit die eigentliche geschlechtliche Generation so reducirt, dass sie nur als transitorischer Theil der geschlechtslosen Generation erscheint. Der Generationswechsel, wie wir ihn bei den Archegonien-bildenden Kryptogamen (Moosen, Farnen, Schachtelhalmen und Bärlappgewächsen) kennen gelernt haben, ist hier auf verborgene Vorgänge im Innern der einen und zwar der geschlechtslosen Generation reducirt.

Aber der Uebergang von den Gefässkryptogamen zu den höhern Blütenpflanzen ist durch die Gymnospermen ein fast unmerklicher geworden.

Fig. 1. Einjähriger, halberwachsener Zapfen von Pinus Laricio, noch ganz grün; die Archegonien in den Samenknoepen sind noch unbefruchtet. Nach der Natur gezeichnet: 25. Juni 1882. Vergrößerung 2.

Fig. 2. Derselbe im medianen Längsschnitt. **s, s** — die an der Basis, auf der Oberseite der Frucht-

schuppen **f, f** liegenden Samenknoepen noch mit unbefruchteten Archegonien. Nach der Natur gezeichnet: 25. Juni 1882. Vergr. 2.

Fig. 3. (Hauptfigur). Eine Samenknope des einjährigen Zapfens im medianen Längsschnitt, kurz vor der Befruchtung der Archegonien **Ar Ar** bei 140-facher Vergrößerung nach dem Leben gezeichnet. **B** — der an der Basis der Samenknope (als Funiculus? erscheinende) Auswuchs der Fruchtschuppe. **i i', i''**, — das Integument, längs der ganzen Höhe des Knospkernes in 2 verschiedene Schichten differenzirt, von denen die äussere (dunklere) Schicht **i** reichlich mit luftführenden Interzellularräumen ausgestattet ist, während letztere in der innern Integumentschichte **i' i''** entweder ganz fehlen oder doch beträchtlich kleiner und weniger zahlreich sind. **mg** — Micropylengang; **h** — Harztropfen am obern Ende des letzteren; **h''** — Harztropfen über der Kernwarze **kw**, farblos. **Nu** — Knospkerngewebe (Nucellus); **po** — Spur des Pollenschlauches; **Ar Ar** — Archegonien im optischen Längsschnitt; **NN** — Zellkerne der Eizellen **Ov, Ov**, in deren einer (rechts) ausserdem noch eine grosse Vacuole **Va** zu sehen ist. **EE** — Endospermgewebe; **Ws** — die kleinen, dicht der Eizelle der Archegonien anliegenden Endospermzellen. **Es Es** — Embryosack (Macrospore), welche den ganzen Endospermkörper einschliesst; **f f** — die der Samenknope zunächst liegenden, lose mit letzterer verwachsenen Zellschichten der Fruchtschuppe; **G** — Fragment eines die Fruchtschuppe durchziehenden Gefässbündels, **G''** — Abzweigung eines Gefässstranges gegen die Basis der Samenknope zu; **G'''** — Fortsetzung dieser Abzweigung durch das Integumentum.

Fig. 4. Oberer Theil eines Archegoniums vor der Befruchtung, mit dem nächstliegenden Endosperm **E**, dem Trichter **tr** und dem überspannenden Embryosack **Es**, bei 370 facher Vergrößerung nach dem Leben gezeichnet: 12 Juni 1882. **h** — die Halszellen; **C** — die Canalzelle; **Ov** — die Eizelle des Archegoniums, **N** — der Zellkern der letztern mit dem Nucleolus **n**. — Das Plasma der Eizelle ist durch die vielen kleinen Vacuolen **V V V** schaumig geworden.

Fig. 5. Oberer Theil eines Archegoniums von Pinus Laricio im Momente der Befruchtung. **E** — Endosperm; **Am** — Archegonium-Membran. **Ov** — Eizelle; **Ps Ps** — Pollenschlauch. Nach E. Strasburger. Vergrößerung 370.

Fig. 6. Eine Eizelle von Pinus nach der Befruchtung. An der Basis der befruchteten Eizelle haben sich bereits 4 Zellkerne **NN** gebildet. Vergr. 285. Nach E. Strasburger.

Fig. 7. 8. 9. Die Entwicklung der Embryo-Anlagen **Ea Ea** und der Vorkeimschläuche **Sch Sch** (Embryoträger) nach stattgehabter Befruchtung der Archegonien bei Pinus Laricio und P. Pumilio. **Fig. 7** — von Pinus Laricio. Vergr. 150. Nach E. Strasburger.

Fig. 8 & 9 — von Pinus Pumilio. Vergr. 240.
Nach E. Strasburger.

Fig. 10. Der Embryo von Pinus Pumilio nach Anlage
des Pleromscheitels der Wurzel zur Zeit der

beginnenden Differenzirung des Vegetations-
kegels *s* und der Cotyledonen *co*, *co*, im
Längsschnitt. *Wh* — Wurzelhaube. Ver-
größerung 100. Nach E. Strasburger.

- Literatur:** Strasburger, E. Die Befruchtung der Coniferen. Taf. II. Fig. 20. Jena 1869.
Strasburger, E. Die Coniferen und Gnetaceen. Taf. XI. Fig. 22. 23. 28. 32. 33. Jena 1872.
Strasburger, E. Angiospermen und Gymnospermen. Taf. XVII. Fig. 28. Jena 1879.
Strasburger, E. Ueber Befruchtung und Zelltheilung. Taf. II. Fig. 69. 70. 71. Jena 1878.
Sachs, Julius. Lehrbuch der Botanik. IV. Auflage. 1874.
Lürssen, Chr. Medicinisch-pharmaceutische Botanik. II. Bd. Leipzig 1879—1882.
Müller, N. J. C. Handbuch der Botanik. II. Bd. Heidelberg 1880.
Goebel, K. Grundzüge der Systematik und speciellen Pflanzen-Morphologie. Leipzig 1882.
Sachs, Julius. Vorlesungen über Pflanzenphysiologie. XLII. Vorlesung. Leipzig 1882.

