

13. Alexander Nathansohn: Ueber Parthenogenesis bei Marsilia und ihre Abhängigkeit von der Temperatur.

Mit 2 Holzschnitten.

Eingegangen am 22. März 1900.

Die Zeiten der lebhaften Discussion über die Möglichkeit einer parthenogenetischen Embryobildung sind längst vorüber, und die Ideen, die u. a. von VON HANSTEIN an Hand eines unzutreffenden Beispielen, der Embryobildung von *Caelebogyne ilicifolia* verfochten wurden, sind längst Gemeingut der Forscher geworden, vorzüglich durch die Erweiterung unserer Kenntnisse über die Fortpflanzung der niederen Organismen, deren Studium lehrt, dass der Unterschied zwischen geschlechtlicher und vegetativer Vermehrung kein so scharfer ist, wie man früher anzunehmen geneigt war.

Bei diesen letzteren Organismen hat neuerdings auch die experimentelle Forschung Erfolge in dieser Hinsicht zu verzeichnen gehabt, indem es z. B. KLEBS¹⁾ gelungen ist, bei *Spirogyra* künstlich die Bildung von Ruhesporen zu veranlassen, die sich von den Zygoten nur dadurch unterscheiden, dass sie ungeschlechtlich erzeugt sind, so dass durch experimentelle Eingriffe derselbe Erfolg hervorgerufen wird, wie sonst durch Befruchtung.

Diese Versuche veranlassen uns, an die Frage heranzutreten, ob nicht auch bei höheren Pflanzen, bei denen die unmittelbare Folge der Befruchtung nicht die Bildung von Ruhezellen ist, sondern die Weiterentwicklung eines bis dahin nicht entwickelungsfähigen Eies, sich durch experimentelle Eingriffe analoge Resultate erzielen lassen. Ganz aussichtslos erscheinen diese Versuche von vornherein deshalb nicht, weil es gelungen ist, durch Chloroform- und Aetherdämpfe die Ruheperiode von Winterknospen zu unterbrechen²⁾ und wir in der ruhenden Meristemzelle sowohl, als in dem unbefruchteten Ei principiell dasselbe zu erblicken haben: eine durch die augenblickliche Constellation zur Unthätigkeit gezwungene Embryonalzelle³⁾.

Es lag nun nahe, sich zunächst an eine Gruppe von Pflanzen zu wenden, in welcher normalerweise Parthenogenesis vorkommt. Solche Fälle sind durchaus nicht häufig; von Phanerogamen ist wohl der

1) KLEBS, Die Bedingungen der Fortpflanzung bei einigen Algen und Pilzen. 1896, S. 245 ff.

2) Vgl. JOHANNSEN, Das Aetherverfahren bei dem Fröhrtreiben etc. 1900.

3) Vgl. PFEFFER, Pflanzenphysiologie. I. (II. Aufl.) S. 23.

einzig genauer untersuchte Fall die Embryobildung von *Antennaria alpina*¹⁾. Ein günstigeres Object schienen mir aber die Arten der Gattung *Marsilia* zu sein; für *M. Drummondii* ist nämlich von SHAW²⁾ das Vorkommen von Parthenogenesis angegeben worden. Eine gewisse Schwierigkeit bestand darin, sich keimfähiges Material verschiedener Arten zu verschaffen; ich wurde dabei in liebenswürdigster Weise von den Herren Dr. ARNOLDI-Moskau, Prof. GOEBEL-München, Prof. PFEFFER-Leipzig und Prof. SHAW-Santa-Rosa unterstützt, denen ich an dieser Stelle nochmals für ihre Freundlichkeit meinen besten Dank sage. Herrn Prof. PFEFFER, in dessen Laboratorium die im Folgenden mitzutheilenden Versuche vorgenommen wurden, für sein freundliches Entgegenkommen und seinen bewährten Rath meinen herzlichsten Dank auch an dieser Stelle auszusprechen, ist mir eine angenehme Pflicht.

Die Thatsache, dass bei *Marsilia Drummondii* Parthenogenesis vorkommt, konnte ich zunächst an Sporenmaterial von zweierlei Herkunft constatiren: Herr Prof. GOEBEL hatte mir gütigst Sporokarprien überlassen, bei denen er Embryobildung beobachtet hatte, ohne dass die Mikrosporen überhaupt keimten; sodann erwies sich anderes Sporenmaterial in dieser Beziehung sehr günstig, welches ich Herrn ARNOLDI verdanke.

Die Trennung von Makrosporen und Mikrosporen konnte unter Zuhülfenahme einer Lupe sehr leicht bewerkstelligt werden; die isolirten Makrosporen wurden dann in Uhrschildchen mit Wasser ausgesät, wobei die Entwicklung sehr rasch verlief. Bei Zimmertemperatur (etwa 18° C.) waren nach etwa 24 Stunden die Prothallien bereits fertig entwickelt, und einen Tag später konnte ohne weitere Präparation deutlich der Beginn der Embryobildung beobachtet werden. Mit Hülfe der Präparationsmethode, deren sich HANSTEIN³⁾ bediente, war es leicht, sich zu überzeugen, dass die Embryonen thatsächlich aus dem Ei stammten und in ihrer Entwicklung den normalen, von HANSTEIN beschriebenen durchaus gleichen. Ich betone dies deshalb ausdrücklich, weil den Angaben SHAW's gegenüber wiederholt auf die Möglichkeit einer adventiven Entstehung der von ihm beobachteten Embryonen hingewiesen wurde (vgl. JUEL, Botan. Centralblatt, 1889, Bd. 74, S. 369; Année biologique III: 1897 (1899), S. 146). Von dem in Rede stehenden Material bildeten 90—100 pCt. der ausgesäeten Makrosporen parthenogenetische Embryonen.

1) JUEL, Parthenogenesis in *Antennaria alpina*. Botan. Centralbl., Bd. 74, 1889, S. 369 ff.

2) SHAW, Parthenogenesis in *Marsilia*. Botan. Gazette, Bd. 24, 1897, S. 114 ff.

3) HANSTEIN, Ueber Befruchtung und Keimbildung bei der Gattung *Marsilia*. Jahrb. für wiss. Botanik, Bd. 4.

Zu weiteren Versuchen benutzte ich zunächst *Marsilia vestita*. Um mich über die Eigenschaften dieses Materials zu orientiren, säete ich zunächst etwa 30 Sporen aus. Hier trat nirgends parthenogenetische Embryobildung ein. Etwa 3 Tage nach der Aussaat bräunte sich die Eizelle, während das Prothallium zu wuchern begann und zu einem Gewebekörper heranwuchs, ähnlich dem, den SADEBECK¹⁾ für ein unbefruchtet gebliebenes Prothallium von *Pilularia* abbildet. Ich will erwähnen, dass ich im Verlauf meiner späteren Versuche zweimal aus solchen Prothallien, in denen die Eizelle bereits abgestorben war, etwa 2—3 Wochen nach der Aussaat adventive Embryonen hervorsprossen sah. Im Allgemeinen gingen die Gewebekörper nach Ablauf dieser Zeit zu Grunde.

Marsilia vestita wurde nun zu zahlreichen Versuchen benutzt, um durch Einwirkung sowohl auf die in Entwicklung begriffene, als auch auf die bereits empfängnisfähige Eizelle parthenogenetische Embryobildung hervorzurufen. Alle Versuche mit Chemikalien, insbesondere auch mit Aether, dies zu veranlassen, blieben erfolglos; ebenso diejenigen, in denen der Sauerstoffdruck wiederholt starken Schwankungen unterworfen wurde. Resultate erzielte ich einzig und allein, wenn ich auf die keimende Spore erhöhte Temperatur einwirken liess.

Diese Versuche mit Temperaturerhöhung waren die ersten, die angestellt wurden, und diejenigen, von denen ich mir am ehesten einigen Erfolg versprach. Denn aus gewissen Beobachtungen von KLEBS²⁾ an Algen geht hervor, dass erhöhte Temperatur bei Einwirkung auf Sexualzellen diesen den geschlechtlichen Charakter nimmt und ihnen einen vegetativen verleiht. So zeigen die bei normaler Entwicklung geschlechtlichen Schwärmer von *Protosiphon* keine Neigung zum Copuliren, wenn man sie in einem bestimmten Stadium einer erhöhten Temperatur aussetzt; ebenso wachsen bei *Vaucheria* Anlagen von Geschlechtsorganen in der Wärme zu vegetativen Schläuchen aus. Andererseits spricht eine ganze Reihe von Thatsachen dafür, dass auch bei höheren Pflanzen die obere Temperaturgrenze für die Blütenentwicklung niedriger liegt, als für das vegetative Wachsthum, worauf hier nur in Kürze hingedeutet sein mag³⁾.

Es ist leicht, sich zu überzeugen, dass für *Marsilia vestita* dasselbe gilt. Säet man Sporen bei einer Temperatur von etwa 36° C. aus, so findet man am folgenden Tage, dass ein Theil gekeimt ist, dass das Prothallium aber nur aus einer Anzahl vegetativer Zellen besteht

1) SADEBECK, in SCHENK's Handbuch, Bd. III, 1.

2) KLEBS, l. c.

3) Vgl. SACHS, Ueber die Abhängigkeit der Keimung von der Temperatur. 1860. Ges. Abh., Bd. I, S. 75; MÖBIUS, Beitr. zur Lehre von der Fortpflanzung der Gewächse. 1897. S. 108 ff.

und überhaupt keine Eizelle ausgebildet wird. Im weiteren Verlaufe verhalten sich derartige Prothallien genau wie solche, deren Eizelle unbefruchtet geblieben ist. Die Vermuthung lag nahe, dass die Anwendung von Temperaturen, welche gerade noch die Ausbildung einer Eizelle erlauben, zu dem gewünschten Resultate führen könne, indem das Ei dadurch einen vegetativen Charakter erhalte.

Bei Ausführung der Versuche liess ich einen Theil der von den Mikrosporen befreiten Makrosporen bei Zimmertemperatur (etwa 18° C., im Folgenden mit Z. T. bezeichnet) keimen, einen anderen bei $34,5-35^{\circ}$ C. Für die Controlversuche wurde meist eine beträchtlich grössere Zahl von Sporen als für das eigentliche Experiment verwendet. Nachdem die Versuchsobjecte etwa 24 Stunden bei 35° C. verbracht hatten, liess ich sie ihre weitere Entwicklung bei etwa 27° C. durchmachen. Ich lasse nun die Resultate folgen, die ich bei Versuchen mit Sporokarprien des Herrn SHAW erhielt:

1. Anges.	bei Z. T. . . .	50 Sporen,	bei 35° . . .	39 Sporen,
Parth. Embr.	" " " . . .	0	" 35° . . .	3
2. Anges.	" " " . . .	63	" 35° . . .	30
Parth. Embr.	" " " . . .	0	" 35° . . .	2
3. Anges.	" " " . . .	62	" 35° . . .	46
Parth. Embr.	" " " . . .	1	" 35° . . .	3
4. Anges.	" " " . . .	65	" 35° . . .	20
Parth. Embr.	" " " . . .	0	" 35° . . .	1
5. Anges.	" " " . . .	64	" 35° . . .	54
Parth. Embr.	" " " . . .	0	" 35° . . .	5
6. Anges.	" " " . . .	78	" 35° . . .	25
Parth. Embr.	" " " . . .	0	" 35° . . .	1
7. Anges.	" " " . . .	45	" 35° . . .	31
Parth. Embr.	" " " . . .	0	" 35° . . .	1
8. Anges.	" " " . . .	65	" 35° . . .	31
Parth. Embr.	" " " . . .	0	" 35° . . .	3
9. Anges.	" " " . . .	59	" 35° . . .	29
Parth. Embr.	" " " . . .	0	" 35° . . .	3
10. Anges.	" " " . . .	61	" 35° . . .	41
Parth. Embr.	" " " . . .	0	" 35° . . .	3
11. Anges.	" " " . . .	62	" 35° . . .	30
Parth. Embr.	" " " . . .	0	" 35° . . .	1
12. Anges.	" " " . . .	59	" 35° . . .	38
Parth. Embr.	" " " . . .	0	" 35° . . .	3
13. Anges.	" " " . . .	50	" 35° . . .	52
Parth. Embr.	" " " . . .	0	" 36° . . .	5

Insgesamt trat also bei Verwendung von 754 Sporen für die Versuche bei gewöhnlicher Temperatur ein einziges Mal parthenogenetische Embryobildung auf, während 466 Sporen bei 35° 34 Embryonen geliefert hatten, was einem Durchschnitt von etwa 7,3 pCt. entspricht.

Eine bemerkenswerthe Eigenthümlichkeit zeichnet diese partheno-

genetisch entstandenen Embryonen vor den nach Befruchtung entwickelten aus: bei diesen letzteren beginnt bekanntlich die Theilung der Eizelle bereits einige Stunden nach der Befruchtung und das Prothallium hält in seinem Wachsthum mit der Entwicklung des Embryos einigermaßen gleichen Schritt, so dass es in seinen äusseren Umrissen im Grossen und Ganzen dessen Form wiedergiebt (Fig. 1). Bei den parthenogenetisch sich entwickelnden Embryonen dagegen verzögert sich der Beginn der Theilung um etwa einen Tag. Unterdessen hat das Prothallium zu wuchern begonnen, und wir treffen etwa 2—3 Tage nach der Aussaat den jungen Embryo inmitten einer unregelmässig gestalteten, theilweise aus ziemlich grossen Zellen bestehenden Gewebewucherung an (Fig. 2).

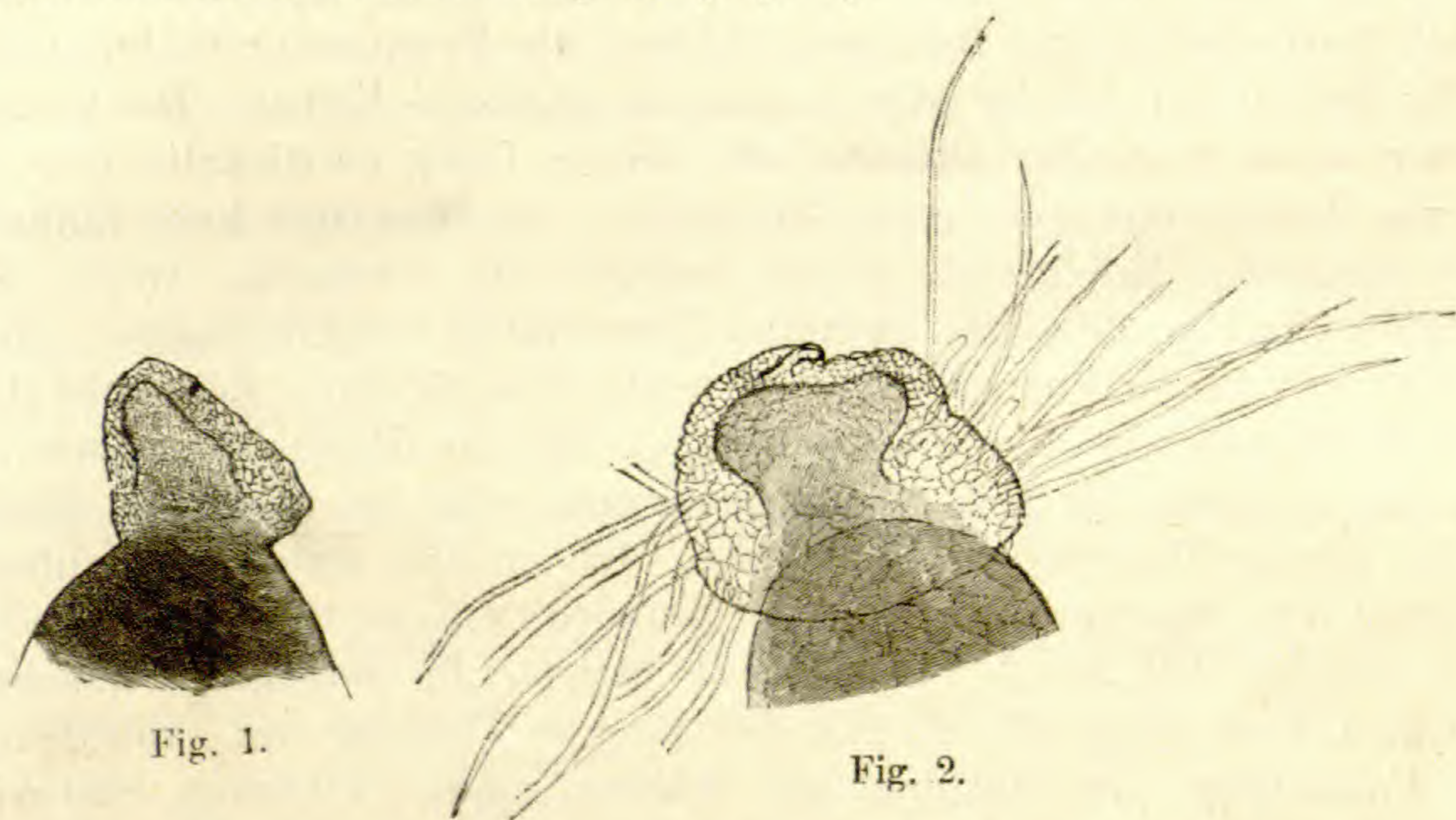


Fig. 1. *Marsilia vestita*; Embryo aus befruchteter Eizelle entstanden.
 „ 2. *Marsilia vestita*; parthenogenetisch gebildeter Embryo.
 Vergr. 70. Nach der Nat. gez. von Hrn. F. TOBLER.

Ich bemerke, dass diese Eigenthümlichkeit nur bei *Marsilia vestita* und speciell bei diesem Sporenmaterial so deutlich constatirt werden konnte. Die Orientirung des Embryos zur Achse der Makrospore entspricht nicht ganz der normalen. Doch scheint das, soviel ich habe sehen können, nicht mit unregelmässiger Anlage der ersten Theilungswand, sondern mit nachträglichen Wachsthumerscheinungen zusammenzuhängen. Wurden die Embryonen hierauf in feuchte Erde gepflanzt, so war in ihrer weiteren Entwicklung zwischen den aus befruchteter Eizelle stammenden und den parthenogenetisch gebildeten kein Unterschied wahrzunehmen.

Ich habe die Versuche, die ich mit diesem Sporenmaterial anstellte, vorangesetzt, weil sie einigermaßen gleichmässige Resultate ergaben. Ich habe schon vorher mit Sporenmaterial von *Marsilia vestita*, welches ich von Herrn Geheimrath PFEFFER erhalten hatte,

eine Anzahl analoger Versuche angestellt; in der Mehrzahl der Fälle bewegte sich auch hier die Zahl der bei 35° parthenogenetisch entwickelten Embryonen zwischen 6 und 10 pCt., während allerdings in einzelnen Fällen das Experiment überhaupt versagte. Wir haben es hier mit ziemlich beträchtlichen individuellen Schwankungen zu thun, die, wie wir sehen werden, in anderen Fällen noch viel bedeutender sein können. Von der Ungleichheit dieses Materials konnte ich mich überzeugen, als ich schliesslich aus einer Anzahl von Sporokarprien sämtliche Sporen bei gewöhnlicher Temperatur aussäete. Während in den meisten Fällen sich kein einziger Embryo entwickelte, wiesen doch einzelne unter etwa 120 Sporen sogar deren 3 auf.

In einer anderen Serie von Versuchen mit *Marsilia vestita* suchte ich festzustellen, was für einen Einfluss die Temperaturerhöhung auf das bereits entwickelte oder wenigstens angelegte Ei hat. Die Resultate waren folgende: Brachte ich bereits fertig entwickelte Eier in eine Temperatur von etwa 36—38° C., so liess sich kein Einfluss constatiren. Erfolgreich waren dagegen die Versuche, wenn die Sporen einige Zeit bei normaler Temperatur verweilt hatten. Man trifft bei diesen Versuchen nicht leicht den richtigen Zeitpunkt der Uebertragung in den Thermostaten; sind die Prothallien noch zu jung, so bilden sie sich nicht normal aus; sind sie zu alt, so bleibt die höhere Temperatur wirkungslos. Ich erzielte meistens Resultate, wenn die Sporen etwa 16—20 Stunden vorher bei 18° C., oder 7 Stunden bei 25—27° C. verweilt hatten. In manchen Versuchen traten dann sogar 20—25 pCt. der Eier in Theilung ein, von denen es allerdings nur einzelne zur Bildung eines wirklichen Embryos brachten; auch dann, wenn die Sporen nur wenige Stunden bei 36° verweilt hatten, bräunten sich die in Theilung begriffenen Eier bald und zeigten dadurch ihr Absterben an. Man konnte dann durch Herauspräpariren der gebräunten Eier die Zahl derjenigen, die einen Anlauf zur Embryobildung genommen hatten, feststellen.

So viel über die Versuche mit *Marsilia vestita*. Von *Marsilia macra* standen mir vier Sporokarprien zur Verfügung, von denen 3 keimfähige Sporen enthielen. Ich stellte mit ihnen Versuche mit folgenden Resultaten an:

1. Anges.	bei Z. T. (18° C.) . . .	30 Sporen,	bei 35° C. . . .	14 Sporen,
Parth. Embr.	„ „ „ „ . . .	0	„ 35° „ . . .	2
2. Anges.	„ „ „ „ . . .	31	„ 35° „ . . .	25
Parth. Embr.	„ „ „ „ . . .	0	„ 35° „ . . .	5
3. Anges.	„ „ „ „ . . .	40	„ 35° „ . . .	28
Parth. Embr.	„ „ „ „ . . .	0	„ 35° „ . . .	1

Unter 101 Sporen bei Zimmertemperatur hatte also keine einzige einen parthenogenetischen Embryo gebildet, 67 Sporen bei 35° C. dagegen 8, also fast 12 pCt. Wenn man nun auch nach den Erfah-

rungen mit *Marsilia vestita* nicht behaupten darf, dass dieser Species (*M. macra*) die Fähigkeit der parthenogenetischen Embryobildung bei gewöhnlicher Temperatur völlig abgeht, so ist doch die grosse Zahl der bei 35° gebildeten ein deutliches Zeichen für den Einfluss der Temperaturerhöhung.

Ferner stellte ich eine Anzahl Versuche mit Sporen an, die ich unter der Bezeichnung *M. Drummondii* von Herrn SHAW erhalten habe. Dieses Sporenmaterial wies in Bezug auf die Fähigkeit, parthenogenetisch Embryonen zu bilden, die denkbar grössten Verschiedenheiten auf. Bei etwa der Hälfte der Sporokarprien versagte das Experiment vollständig, d. h. ich erhielt weder bei gewöhnlicher, noch bei erhöhter Temperatur Embryonen. Bei anderen war dagegen eine merkliche Disposition zur Parthenogenesis vorhanden, die durch Temperaturerhöhung noch gesteigert werden konnte. So erhielt ich in einem Falle

	unter 29	bei gew. Temp.	ausgesäten Sporen	2	parth. Embryonen,
	„ 17	„ „ „	„ „ „	5	„ „

was einem Procentsatze von 29 pCt. bei erhöhter Temperatur gegen 7,4 pCt. bei gewöhnlicher Temperatur entspricht.

In einer weiteren Reihe von Fällen erhielt ich Zahlen, die denjenigen, welche ich bei *Marsilia vestita* beobachtete, durchaus analog sind, so z. B.

1.	unter 37	bei Zimmer-Temp.	ausgesäten Sporen	keine	parth. Embr.
	„ 32	„ 35°	„ „	2	„ „
2.	„ 45	„ Zimmer-Temp.	„ „	keine	„ „
	„ 28	„ 35°	„ „	1	„ „

Schliesslich fand ich einzelne Sporokarprien, deren Sporen sowohl bei gewöhnlicher, als bei erhöhter Temperatur sämtlich oder fast sämtlich parthenogenetische Embryonen bildeten, so dass ein Unterschied nicht wahrzunehmen war. Wenn nun diese Versuche wegen der grossen Ungleichmässigkeit des Materials nicht sehr geeignet waren, die Wirkung der Temperatursteigerung zu demonstrieren, so ist doch diese Thatsache an sich von einigem Interesse, insbesondere in biologischer Hinsicht.

Endlich habe ich noch einige Experimente zu erwähnen, bei denen das bereits eingangs erwähnte Sporenmaterial als Object diente, welches ich gleichfalls unter der Bezeichnung *M. Drummondii* von Herrn ARNOLDI erhalten habe; es unterscheidet sich, beiläufig gesagt, von dem von SHAW erhaltenen nicht unwesentlich durch Grösse und Gestalt der Sporokarprien. Wie bereits gesagt, bildeten hier bei Zimmertemperatur sämtliche oder fast sämtliche Eizellen parthenogenetische Embryonen; dabei erwiesen sich die Mikrosporen als keimfähig.

Um den Einfluss niederer Temperatur auf die Fähigkeit der parthenogenetischen Embryobildung zu prüfen, versetzte ich Makrosporen, die sich bei gewöhnlicher Temperatur von den Mikrosporen getrennt ungefähr bis zum Oeffnen des Archegoniumhalses entwickelt hatten, in einen Raum von etwa 9° C. Viel tiefer in der Temperatur herabzugehen hat keinen Zweck, weil die Entwicklung dadurch zu sehr geschädigt wird. Von diesen Sporen, die etwa 6 Tage bei niederer Temperatur verweilten, bildeten nur etwa 30—35 pCt parthenogenetische Embryonen aus. Dass thatsächlich nur die Fähigkeit der Parthenogenesis, nicht die Embryobildung selbst durch die Temperaturerniedrigung beeinträchtigt wird, sieht man, wenn man die Makrosporen zusammen mit Mikrosporen aussät und bei normaler Temperatur befruchten lässt. Unter diesen Umständen ist die Zahl der bei niederer Temperatur gebildeten Embryonen nur wenig geringer, als bei Zimmertemperatur: es werden deren wenigstens 80 pCt. gebildet.

In noch stärkerem Maasse wird die Fähigkeit parthenogenetischer Keimbildung unterdrückt, wenn man die ganze Entwicklung der Sporen bei niederer Temperatur (etwa 9° C.) erfolgen lässt. Allerdings wird auch der Procentsatz der bei Befruchtung gebildeten Embryonen wesentlich kleiner, da die Entwicklung der Makrosporen gegen diejenige der Mikrosporen in hohem Maasse verzögert ist, so dass ein Theil der Eier gar nicht befruchtet werden kann. Doch ist in günstigen Fällen der Gegensatz deutlich genug. So erhielt ich z. B. in einem Falle unter 26 isolirt ausgesäten Makrosporen keinen Embryo, unter 29 mit Mikrosporen ausgesäten deren 8; in einem anderen unter 23 isolirt ausgesäten 1 Embryo, unter 30 mit Mikrosporen ausgesäten 10.

Schliesslich kann man sich leicht überzeugen, dass auch die bei niedriger Temperatur entwickelten Eier parthenogenetische Embryonen zu bilden im Stande sind, wenn sich die Bedingungen dazu günstig gestalten. Ueberträgt man sie unmittelbar nach ihrer Reife in Zimmertemperatur, so bildet etwa der dritte Theil unbefruchtet Embryonen.

Die Resultate, die wir gewonnen haben, lassen sich kurz folgendermassen zusammenfassen:

Die Arten der Gattung *Marsilia* besitzen eine mehr oder minder grosse Tendenz zur Parthenogenesis, die sich durch Einwirkung höherer Temperatur auf die keimende Spore steigern lässt.

Bei *Marsilia Drummondii* (Material ARNOLDI) lässt sich die Fähigkeit zur Parthenogenesis durch Einwirkung niederer Temperatur sowohl auf das entwickelte Ei, als auch auf die keimende Spore herabdrücken.

Wenn wir diese Thatsachen von allgemeinen Gesichtspunkten

aus betrachten wollen, so erinnern wir uns zunächst daran, dass bei den niedersten Pflanzen die unmittelbare Folge der Befruchtung in den meisten Fällen die Bildung von Ruhesporen ist. Das typischste Beispiel hierfür sind vielleicht die Schwärmer von *Protosiphon*, die, wie KLEBS¹⁾ fand, ohne Befruchtung grüne, sofort keimfähige Sporen bilden, nach erfolgter Copulation dagegen zu Ruhesporen werden.

Die bei den höheren Pflanzen zur Regel gewordene Erscheinung, dass durch den Befruchtungsprocess eine bis dahin nicht entwickelungsfähige Zelle zur Theilung angeregt wird, hängt also nicht mit dem eigentlichen Wesen der Befruchtung unmittelbar zusammen, sondern ist eine nachträglich hinzutretende Eigenthümlichkeit. Von ihrer Bedeutung für den Organismus können wir uns recht wohl ein Bild machen, wenn wir bedenken, dass dadurch die Eizelle längere Zeit hindurch im empfängnisfähigen Zustande erhalten werden kann, als wenn sie die Fähigkeit der selbstständigen Entwicklung besäße, und so die Wahrscheinlichkeit für den Eintritt der Befruchtung erhöht wird.

Behalten wir nun dies im Auge, so können wir begreifen, wenn diese Eigenthümlichkeit des Eies, ohne Befruchtung nicht entwickelungsfähig zu sein, mitunter verloren geht, obwohl im Uebrigen sein sexueller Charakter gewahrt bleibt. Normalerweise geschieht dies in denjenigen Fällen, in denen man von facultativer Parthenogenesis spricht, wie z. B. bei der Honigbiene. Durch experimentellen Eingriff konnten wir das bei *Marsilia* erreichen. Denn dass die Eier von *Marsilia* trotz der Fähigkeit parthenogenetisch Embryonen zu bilden, noch geschlechtlichen Charakter tragen, geht wohl am besten aus den Versuchen mit Temperaturerniedrigung hervor. Hier konnte ein gewisser Procentsatz der Eizellen bei niederer Temperatur nur nach Befruchtung, bei gewöhnlicher Temperatur dagegen parthenogenetisch Embryonen bilden.

Diese Thatsachen stehen nicht ganz ohne alle Analogien da; auf botanischem Gebiete sei nur auf die Verhältnisse bei *Cutleria*²⁾, die übrigens noch nicht genügend bekannt sind, hingewiesen; und auch auf zoologischem Gebiete finden sich derartige Angaben. Zwar scheint die Behauptung, dass man bei Schmetterlingseiern durch experimentelle Eingriffe parthenogenetische Entwicklung veranlassen kann, nicht erwiesen zu sein³⁾. Dagegen ist es LOEB⁴⁾ neuerdings

1) KLEBS, l. c. S. 214.

2) Vgl. SAUVAGEAU, Les Cutlériacées et leur alternance de génération. Ann. des sc. nat.; Bot. 8^{me} sér., T. X. (1899), pag. 332 ff.

3) Vgl. NUSSBAUM, Zur Parthenogenese bei den Schmetterlingen. Archiv für mikr. Anat. Bd. 33 (1899), S. 444 ff.

4) LOEB, On the nature of the process of fertilization etc. Journ. of physiology, Bd. III (1899), pag. 135 ff.

gelingen, Eier von Seeigeln zur parthenogenetischen Entwicklung zu veranlassen, indem er sie eine Zeit lang in einer $MgCl_2$ -Lösung verweilen liess und dann in gewöhnliches Seewasser zurückbrachte; hierin entwickelte sich nun eine Anzahl der Eier zu normalen Larven. Wenn aus diesen Versuchen, ebenso wie aus den Resultaten, die sich bei *Marsilia* ergaben, deutlich hervorgeht, dass die durch den Befruchtungsact herbeigeführte Vermehrung der Kernsubstanz nicht dazu nöthig ist, dem Ei die Fähigkeit der Weiterentwicklung zu ertheilen, so scheinen doch auch die Schlüsse, die LOEB aus seinen Versuchen zieht, nicht zwingend zu sein.

LOEB nimmt nämlich an, dass die Zusammensetzung des Seewassers die betreffenden Eier an der parthenogenetischen Entwicklung hindere; entweder fehlen diesem gewisse Stoffe (z. B. Na-Jonen). Das Spermatozoid soll nun die fehlenden Substanzen zuführen, oder die Wirkung der hemmenden aufheben; beides kann aber auch durch eine geeignete Salzlösung geschehen.

Streng genommen kann man auf Grund der LOEB'schen Versuche nichts weiter sagen, als dass durch die $MgCl_2$ -Lösung eine gewisse Reizwirkung ausgeübt wird, deren Natur uns völlig unbekannt ist, und die zu demselben Resultat führt, wie das Eindringen des Spermatozoons; dasselbe gilt für die Wirkung der Temperatur auf das *Marsilia*-Ei, ebenso wie man etwas Analoges bei den JOHANNSEN'schen Versuchen, in denen die Winterruhe durch Aetherwirkung abgekürzt wird, annehmen muss.

Noch auf einen Punkt sei hingewiesen. STRASBURGER¹⁾ hat die Ansicht ausgesprochen, dass das Fehlen der Entwicklungsfähigkeit des unbefruchteten Eies in dessen Armuth an Kinoplasma begründet sei. Nun ist es HOTTES²⁾ gelungen, die Menge der als Kinoplasma bezeichnete Substanz durch Temperaturerhöhung zu vergrössern. Man könnte nun die durch Temperaturerhöhung bei *Marsilia* hervorgerufene Wirkung der Vermehrung der kinoplasmatischen Substanz zuschreiben. Doch scheint die Anschauung, dass das sogenannte Kinoplasma wirklich ein selbstständiger Theil des Zelleibes ist, nicht genügend begründet, um zu einer derartigen Erklärung herangezogen zu werden.

Schliesslich wollen wir mit wenigen Worten die biologische Seite unseres Themas streifen. Einen Fingerzeig in dieser Richtung giebt uns dasjenige Sporenmaterial, das nach GOEBEL's Beobachtungen Embryonen erzeugte, während die Mikrosporen nicht keimfähig waren. Es wäre von Interesse, zu untersuchen, ob etwa diejenigen Bedingungen, die die Reife der Mikrosporen beeinträchtigen, gleichzeitig

1) STRASBURGER, Ueber Befruchtung. Jahrb. für wiss. Bot. Bd. 30 (1897), S. 422.

2) Mitgetheilt von STRASBURGER, Histol. Beiträge, Heft VI (1900), S. 154.

für die Ausbildung der Fähigkeit zur Parthenogenese günstig sind. Möglicherweise wird *Pilularia* ein für diese Studien geeignetes Object abgeben. SADEBECK hat hier (nach brieflicher Mittheilung an Herrn PFEFFER) adventive Embryobildung beobachtet; gelegentlich konnte ich aber auch echte Parthenogenese constatiren. Zu untersuchen, unter welchen Bedingungen die eine oder andere Fähigkeit zur Ausbildung kommt, wird nun eine weitere Aufgabe sein.

14. E. Heinricher: Nachträge zu meiner Studie über die Regenerationsfähigkeit der *Cystopteris*-Arten¹⁾.

Mit Tafel IV.

Eingegangen am 25. März 1900.

In der genannten Arbeit wurde nachgewiesen, dass sowohl die isolirten Niederblätter der bekannten Bulbillen von *Cystopteris bulbifera* (L.) Bernhardi, als die abgeschnittenen Wedelbasen anderer *Cystopteris*-Arten die Fähigkeit besitzen, Regenerationsknospen zu bilden. Wegen der relativen Seltenheit eines solchen Reproduktionsvermögens bei Farnen beansprucht dieser Nachweis einiges Interesse; sagt doch GÖBEL²⁾ in seiner „Organographie der Pflanzen“ (1898) noch ausdrücklich: „Das Reproduktionsvermögen der verschiedenen Organe ist bei einigen Gruppen ein sehr geringes. Bei den Farnen z. B. ist kein Fall bekannt, dass aus abgetrennten Blättern neue Pflanzen sich gebildet hätten (abgesehen von den „Stipulae“ der Marattiaceen und den aposporen Farnen und andern abnormen Fällen), obwohl hier vielfach schon an den nicht abgetrennten Blättern Sprosse auftreten“. Einzelne, dennoch schon bekannt gewesene Fälle derartiger Regeneration finden sich in meiner Abhandlung angeführt.

Während die Arbeit eines meiner Schüler, die im Laufe des Jahres veröffentlicht werden dürfte, feststellen soll, ob nicht bestimmte, präformirte Zellen diesen Regenerationsknospen der *Cysto-*

1) Ueber die Regenerationsfähigkeit der Adventivknospen von *Cystopteris bulbifera* (L.) Bernhardi und der *Cystopteris*-Arten überhaupt. Sonderabdruck aus der Festschrift für SCHWENDENER, Berlin, Gebrüder BORNTRAEGER, 1890.

2) I. Theil, Allgemeine Organographie, S. 39.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

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

Jahr/Year: 1900

Band/Volume: [18](#)

Autor(en)/Author(s): Nathansohn Alexander

Artikel/Article: [Ueber Parthenogenesis bei Marsilia und ihre Abhängigkeit von der Temperatur. 99-109](#)