

Werk

Titel: Ergebnisse und Probleme der Befruchtungslehre im Lichte der Protistenforschung

Autor: Hartmann , Max

Ort: Berlin

Jahr: 1918

PURL: https://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?34557155X_0006 | LOG_0218

Kontakt/Contact

[Digizeitschriften e.V.](#)
SUB Göttingen
Platz der Göttinger Sieben 1
37073 Göttingen

✉ info@digizeitschriften.de

der mehr oder weniger östlich setzenden Guinea-gegenströmung. Ihre Abgrenzung gegen die Passatströme zeigen die mehrfach notierten lokalen Stromkabelungen an.

Kühle Strömungen können sich, abgesehen von der Besteckversetzung, auch durch ihre Temperatur bemerkbar machen. Während die Wasserwärme besonders in den tropischen Meeren im allgemeinen höher ist als die der Luft, ist im Bereiche kühler Strömungen das Umgekehrte die Regel. Daher zeigt der Vergleich der während der Reise nach Swakopmund notierten Luft- und Wassertemperaturen deutlich dieselben Strömungen, die oben aus der Besteckversetzung anschaulich gemacht werden konnten:

Datum 1911	Breite	Länge	Tagesmittel der		
			Luft- temperatur	Wasser- temperatur	
31. 7.	30° 29' N	14° 18' W	22,3	> 21,5	Kalter Kanaren- strom
2. 8.	25° 3' N	17° 4' W	23,8	> 21,7	
3. 8.	20° 20' N	17° 57' W	23,3	> 23,2	
4. 8.	15° 20' N	17° 42' W	27,7	> 27,0	
5. 8.	10° 41' N	17° 18' W	24,2	< 25,5	Warme Guinea- Gegen- strömung
6. 8.	7° 3' N	14° 3' W	22,6	< 25,7	
7. 8.	3° 28' N	10° 51' W	21,1	= 21,1	Kalte Benguela- strömung
8. 8.	0° 11' N	7° 54' W	21,5	> 21,3	
9. 8.	3° 5' S	4° 38' W	21,3	> 20,6	
10. 8.	6° 25' S	2° 5' W	21,4	> 20,9	

VIII. *Biologische Gürtel.* Auch die über die Tierwelt gesammelten Beobachtungen spiegeln in ihrer Zusammenstellung aufs klarste die Gürtelgliederung des Ozeans wieder. Am deutlichsten war dies ersichtlich aus den Notierungen über das häufigste auf See sichtbare Tier, den fliegenden Fisch. Die nördlichsten bzw. südlichsten Vorkommen entsprechen ziemlich genau den von G. Schott in seinem Werke *Geographie des Atlantischen Ozeans* auf Tafel XXVI angegebenen Grenzen und auch ihre jahreszeitliche Verschiebung nach dem jeweils der Sonne zugänglichen Pole konnte festgestellt werden. Ähnliches gilt für die eigentümliche subpolare Vogelwelt des Südatlantiks. So wurde der Albatros im Südwinter schon beträchtlich innerhalb der Tropenzone gesichtet, am 5. 9. 1912 in 19° 8' S in den brasilischen Gewässern, am 13. 8. 1911 sogar in 15° 44' N westlich der Mossamedes-Küste. Die letztangeführte Beobachtung dürfte ein seltenes äußerstes Vorkommen beweisen, denn der Ort liegt schon erheblich nördlich von der von Schott gezeichneten Südwinteräquatorialgrenze. Ein Fregatvogel wurde innerhalb seines Verbreitungsgebietes am 2. 1. 1912 in 9° 51' N und 39° W mitten auf dem Ozean gesichtet.

Zahlreiche Wahrnehmungen über Wale ordnen sich genau in Schotts Walgründe (a. a. O. Seite 259) ein. Außerhalb dieser Bezirke wurde einmal vor der La Platamündung ein im Brasilstrom treibender toter Wal angetroffen. Er glich,

hoch aus dem Wasser ragend, von ferne gesehen, einem von Möven umschwärmten Felsriffe, doch umgab ihn statt eines Brandungsgürtels weithin geölte ruhige See. Diesem Triftkörper sei der Seltenheit wegen ein anderer hinzugefügt, obwohl er außerhalb des Atlantiks, nämlich in der Peruströmung, gesichtet wurde. Es war ein toter, flach an der Oberfläche treibender *Orthogoriscus* von riesiger Größe. Der Durchmesser dieses rundlichen, scheibenförmigen, fast nur aus einem Kopfe bestehenden Fisches wurde von den Beobachtern auf etwa 3 Meter geschätzt.

Ergebnisse und Probleme der Befruchtungslehre im Lichte der Protistenforschung.

Von Prof. Dr. Max Hartmann, Berlin-Dahlem,
Mitglied des Kaiser-Wilhelm-Instituts für Biologie.

(Schluß.)

Befruchtung und Sexualität. Die einzige Hypothese, die, soweit ich die Verhältnisse überblicken kann, mit den bis jetzt vorliegenden Tatsachen im Einklang steht, und der Befruchtung als elementarer Lebenserscheinung gerecht wird, ist die schon vor ca. 30 Jahren von Bütschli (1887—89) zuerst geäußerte Sexualitätshypothese, die später unabhängig von ihm Schaudinn (1904) aufgestellt und Prowazek und Hartmann (1909) weiter ausgebaut haben¹⁾. Nach dieser Auffassung ist gewissermaßen jede Protisten- und Geschlechtszelle (ja jede Zelle überhaupt) *hermaphrodit* oder *bisexuell*.

¹⁾ Neun Jahre nach der Veröffentlichung Schaudinns, sieben Jahre nach seinem Tode, erklärt Doflein (1913), daß er selbst unabhängig davon dieselben oder ähnliche Gedankengänge gehabt habe. In seinem Lehrbuch (1909, 1911, 1916) gibt er eine in historischer wie sachlicher Hinsicht schiefe Darstellung derselben. So hat Bütschli nicht daran gedacht, der männlichen, hauptsächlich die Bewegungserscheinungen vermittelnden Gruppe von Substanzen eine leichter flüssige Konsistenz zuzuschreiben. Ist doch gerade umgekehrt das Achromatin, das Bütschli dabei gemeint hat, eine zähflüssigere Substanz und zeigen die neueren Untersuchungen doch unzweifelhaft, daß die Zellelemente, die hier in Frage kommen (Zentren, Kernspindel, Geißel), sogar direkt im Gelzustande sich befinden. Wenn Doflein seine Darstellung als eigene dritte Theorie hinstellt, zustandekommen „durch Vereinigung der Hauptpunkte beider Theorien (gemeint ist die R. Hertwigs und Schaudinns) mit Gedankengängen Bütschlis“, so ist demgegenüber folgendes zu bemerken: Einmal kann von einer Verbindung mit der Hertwigschen Theorie gar keine Rede sein, denn das Grundprinzip derselben steht in vollem Gegensatz zur Schaudinnschen Auffassung. R. Hertwigs Standpunkt ist, wie er selbst noch 1912 betont, eine physiologische Notwendigkeit der Befruchtung erklären könnte. Aber auch durch eine Vereinigung der Anschauungen von Schaudinn und Bütschli kann keine neue dritte Theorie entstehen; denn die Gedankengänge der beiden Autoren sind, wie ich schon 1909 ausgeführt habe, völlig identisch.

Durch das Überwiegen des einen oder des anderen Faktors wird eine Zelle männlich oder weiblich in bezug auf eine andere Zelle, bei der der entgegengesetzte Faktor überwiegt. Soweit sich auch morphologisch eine geschlechtliche Differenzierung aufzeigen läßt, kann als *männlicher Zellpartner* die *Teilungskomponente* angesprochen werden, als *weiblicher* entsprechend dem Reichtum der weiblichen Gameten und Geschlechtszellen an Reservestoffen und Assimilationsprodukten das *trophische Kernmaterial*. Eine solche sexuelle Verschiebung der beiden Zellfaktoren kann ohne vorhergehende Alterserscheinungen *potentiell jederzeit* eintreten, z. B. durch eine Zell- oder Kernteilung oder durch verschiedenartige äußere Einwirkungen auf zwei getrennte Kerne oder verschiedene Zellteile. Damit wären auch die Fälle von autogamer Befruchtung ohne weiteres erklärbar. Die weiblichen und männlichen Sexualzellen sind jedoch nicht *rein, absolut* männlich oder weiblich, sondern nur *rela-*

kernen (*Parthenogamie*), sowie zwischen zwei vegetativen Zellen desselben Organismus (*Pseudogamie* oder *Somatogamie*, speziell bei den Basidiomyceten und Uredinen verbreitet) auf keine Schwierigkeiten. *Bütschli* und *Schaudinn* haben in ihren kurzen Mitteilungen diese Relativität nicht genügend hervorgehoben. Die neueren Befunde über Automixis zwingen kurzweg zu der Annahme einer solchen. Die Relativität der Sexualität stellt somit einen wichtigen Teil der Sexualitätshypothese dar, und sie vermag eine Reihe von Tatsachen zu erklären, denen keine andere Hypothese gerecht wird.

Man kann die hier kurz entwickelte Sexualitätshypothese auch in der Sprache der modernen Vererbungslehre ausdrücken, indem man sagt: Jede Geschlechtszelle (wie Protistenzelle) hat sowohl die vollständigen männlichen wie weiblichen Anlagekomplexe oder *Potenzen* (bei diploiden Zellen sind sie natürlich doppelt vorhanden). Dadurch, daß die einen Anlagekomplexe gefördert, die anderen gehemmt werden, kommt es zu einem Überwiegen der männlichen oder weiblichen *Tendenz* der Zelle. Diese Verschiebung der Tendenz bei gleichen Potenzen kann, wie für viele niedere Organismen wohl mit Recht angenommen werden muß, durch verschiedenartige

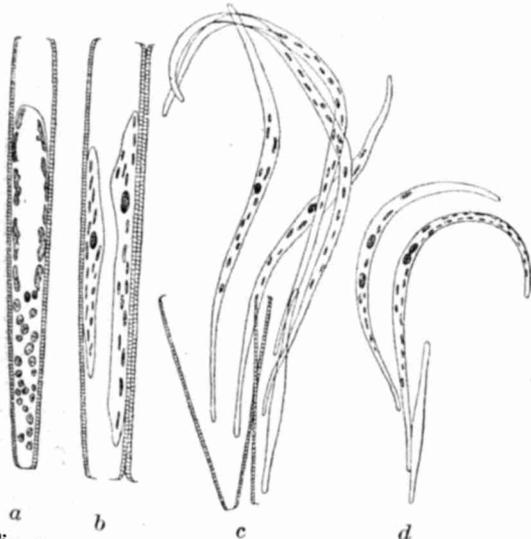


Fig. 5. a—d *Synedra affinis* in verschiedenen Stadien der Parthenogamie. a Erste Kernteilung in der Diatomee; b Teilung in 2 einkernige Zellen (Gameten); c dieselben wachsen zu Auxosporen aus; d in jeder Gamete sind durch nochmalige Kernteilung 2 Kerne entstanden (links), die hierauf sofort wieder verschmelzen (rechts). Nach *Karsten* aus *Oltmanns*, 1904.

tiv, besitzen also doch noch ihren hermaphroditischen Charakter nur in gestörtem Verhältnis. Daß dem so ist, beweist ohne weiteres das Vorkommen von Parthenogenese und *Parthenogamie*, das ist die autogame Befruchtung innerhalb einer weiblichen Zelle durch Verschmelzung von Gametenkern und Reduktionskern (Beispiel: die Diatomee *Synedra affinis*, Fig. 5), bzw. zweier Eikerne in einem vielkernigen Oogon (Beispiel: der Ascomycet *Humaria granulata*, Fig. 6). Bei Annahme einer relativen Sexualität stoßen aber auch eine sexuelle Affinität und ein sexueller Ausgleich zwischen zwei gleich differenzierten Gameten bzw. Gameten-

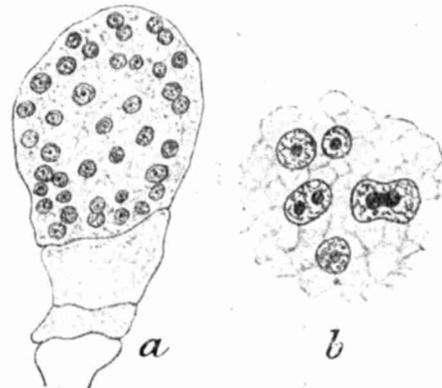


Fig. 6. Parthenogamie von *Humaria granulata*. Vielkerniges Oogon (Ascogon) im Schnitt; b verschiedene Stadien der Verschmelzung je zweier Oogonkerne. Nach *Blackmann* und *Fraser* 1906. Etwas schematisiert. Aus *Hartmann* 1909.

äußere Einflüsse auf verschiedenen Stadien zustande kommen. Sie kann aber auch durch besondere Anlagen, sogenannte Geschlechtsbestimmer, erblich verursacht werden, so daß die verschiedene Sexualität entweder bei der Reduktionsteilung (haploide, getrenntgeschlechtliche Organismen, z. B. *Phycomyces*) oder aber bei der Befruchtung festgelegt wird (diploide getrennt-geschlechtliche Tiere und höhere Pflanzen). Es ist von ganz besonderem Interesse, daß in neuerer Zeit durch die Versuche über Geschlechtsvererbung bei höheren Tieren und Pflanzen die führenden Forscher auf diesem Gebiete, wie *Correns*, *Goldschmidt* und *Morgan* zu genau denselben Schlußfolgerungen über die Sexualität und ihre Ver-

erbung gekommen sind, eine erfreuliche Übereinstimmung der theoretischen Anschauungen zweier verschiedener Forschungsrichtungen. Es würde uns zu weit von unserem Thema abbringen, näher auf die interessanten Beziehungen der Geschlechtsvererbung und Sexualhypothese der Befruchtung einzugehen, und es sei bezüglich der ersten auf die Arbeiten von *Correns* und *Goldschmidt* 1912 und *Correns* 1913 und 1917 verwiesen.

Die Sexualitätshypothese vermag aber nicht nur die Befruchtungsbedürftigkeit (und Geschlechtsverteilung und Geschlechtsvererbung) verständlich zu machen, sondern sie ermöglicht es, auch eine *kausale Erklärung* des Zustandekommens der Befruchtung anzubahnen, da man annehmen kann, daß mit der Entstehung sexuell differenzierter Zellen bzw. Kernen in diesen zugleich die Spannung erzeugt wird, welche extrem differenzierte Zellen zur Vereinigung und zum Ausgleich der Kerndifferenz und somit der Spannung bringen.

Grundbedingung für die Richtigkeit der Hypothese ist das *allgemeine Vorkommen einer sexuellen Differenzierung der Gameten bzw. der Gametenkerne*, die also mit zum Wesen der Befruchtung gehören. Allerdings muß man die äußere geschlechtliche Verschiedenheit der Gameten als sekundär erworbene betrachten; denn die extreme Eibefruchtung ist mit ihrer phylogenetischen Ausgangsform, der Isogamie, bei der die Gameten äußerlich völlig gleich erscheinen, durch alle möglichen Übergangsstufen verbunden, und letztere selbst ist bei Protisten bekanntlich weit verbreitet.

Neuere Untersuchungen haben jedoch für eine ganze Reihe von Fällen, deren Gameten früher als morphologisch völlig gleich galten, eine sexuelle Verschiedenheit ergeben, und zwar gerade hinsichtlich der Kerne, die sich in dem Überwiegen der Teilungskomponente in der einen (männlichen) Sorte kund gibt.

So sind bei den Gregarinen in fast allen genau untersuchten Fällen von Isogamie Unterschiede in den Kernen der kopulierenden Gameten beobachtet worden (Fig. 7). Im einfachsten Fall, *Monocystis*-arten sind beide Gameten gleich groß (Fig. 7a) und gleich gebaut, nur ist bei der einen Sorte (weiblich) der Kern etwas größer; deutlicher tritt die Verschiedenheit bei *Urospora* (Fig. 7b) zutage, wo bei annähernd gleicher Größe der männliche Gamet nicht nur durch einen kleineren Kern, sondern auch durch die stärkere Ausbildung der Teilungskomponente in Form eines längeren achromatischen Fortsatzes ausgezeichnet ist. Andererseits hat sich gerade bei dieser Protozoengruppe auch vielfach eine sexuelle Verschiedenheit der gametenbildenden Zellen, der Gamonten, nachweisen lassen, sogar bei scheinbar völliger Gleichheit der Gameten selbst. So unterscheiden sich nach *Léger* und *Duboscq* die Gamonten mancher isogamer Gregarinen durch besondere Re-

servestoffkörner und differente Färbung schon in frühen Wachstumsstadien. Es liegt also bei morphologischer Gleichheit der Gameten sogar eine sexuelle Differenzierung zweiten Grades, *sekundäre Geschlechtscharaktere*, vor.

Einen besonderen schönen Fall von sexueller Differenzierung der Kerne haben wir bei Infusorien mit isogamer Konjugation, denn hier ist die dritte Micronucleusteilung, wodurch der sogenannte Wanderkern (δ), der in den anderen Konjugaten über-

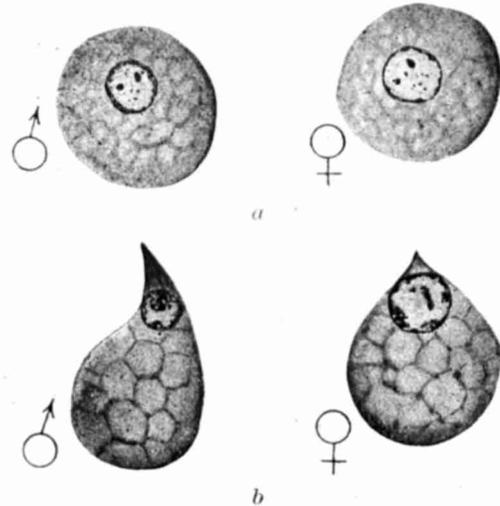


Fig. 7. Gameten verschiedener Gregarinen. a *Monocystis*, b *Urospora lagidis* nach Brasil 1905.

tritt, und der stationäre Kern (η) gebildet wird, als die sexuell differente Teilung eines hermaphroditen Kernes aufzufassen; die Teilungsspindel ist, wie *Prandtl* zuerst bei *Didinium* fand, durch die Verschiedenheit der Pole ausgezeichnet, da an dem der Verbindungsstelle zunächst liegenden Pole (und dem hier entstehenden Wanderkern) die Teilungskomponente stärker ausgebildet ist⁴⁾ (Fig. 8).

⁴⁾ Gegen diese Deutung der dritten Teilung des Micronucleus führt *R. Hertwig* (1912) die Befunde von *Popoff* bei der isogamen Konjugation der peritrichen Infusorien (*Carchesium*) ins Feld, bei denen zwei geschlechtlich differenzierte Individuen dauernd miteinander verschmelzen und die gekreuzte Befruchtung in Wegfall kommt. Die Kernvorgänge sind sonst die gleichen, wie bei der isogamen Konjugation, auch hier wird die dritte Micronucleusteilung durchgeführt, doch sollen dabei die einander zunächst liegenden Kerne, die den Wanderkernen bei der isogamen Konjugation entsprechen, miteinander kopulieren, also gewissermaßen 2 ♂-Kerne. Selbst wenn die Deutung der mikroskopischen Bilder richtig ist, was sich aber aus den Abbildungen *Popoffs* nicht sicher ergibt, so beweist dieser Fall so wenig gegen die Geltung der Sexualitätshypothese, wie die oben erwähnte Parthenogamie von *Humaria granulata*, bei der zwei weibliche Kerne miteinander verschmelzen. Zudem liegt hier ja eine weiter rückreichende Geschlechtsdifferenzierung vor, indem ja schon jeder der beiden Zellpartner (Konjugaten) vollkommen geschlechtlich differenziert, nicht wie bei Infusorien mit isogamer Konjugation hermaphrodit ist. Die dritte Micronucleusteilung kann also bei den ♂ und ♀ *In-*

In anderen Fällen können wir zwar bisher noch keine morphologische Verschiedenheiten an den Isogameten, dagegen deutliche Verschiedenheiten in ihrem *physiologischen* Verhalten, sei es, daß, wie bei vielen *Spirogyra*-Arten die Zellen des einen konjugierenden Fadens sich

zum Umherschwärmen die Geißeln verlieren und sich am Boden festsetzen (weiblich), während die sonst völlig gleichen einer anderen Pflanze ihre Beweglichkeit behalten und die festsetzenden umschwärmen (männlich), um mit ihnen zu kopulieren (Fig. 9). In wieder anderen Fällen

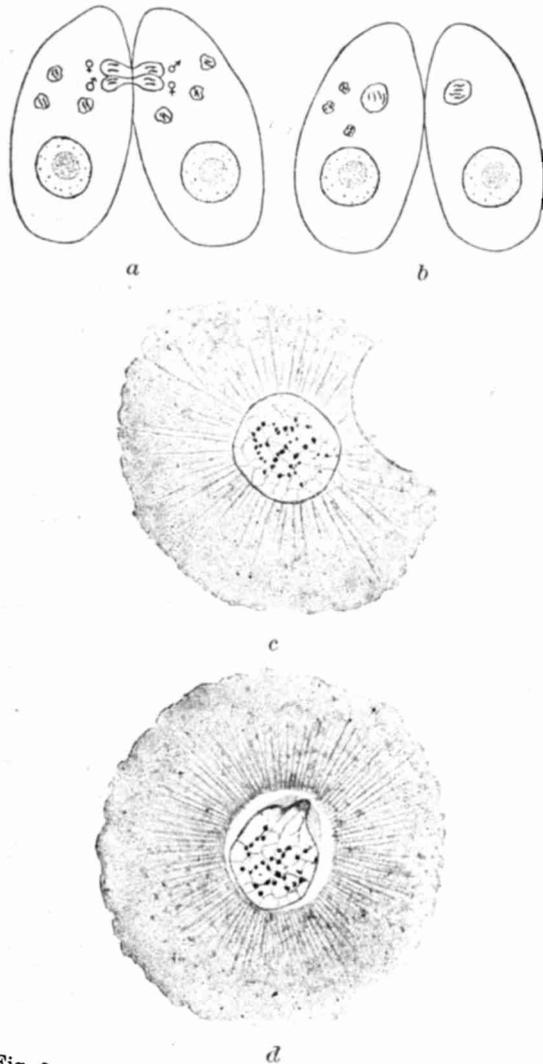


Fig. 8. a u. b Schema der 3. Micronucleusteilung und des Kernaustausches bei der Konjugation von *Chilodon uncinatus*. c u. d Sexuelle Verschiedenheit von Wanderkern (b) und stationärem Kern (c) von *Didinium nasutum*. Vergr. ca. 1000. a u. b Aus Hartmann und Schilling 1917, c u. d nach Prandtl 1906.

gewissermaßen wie männliche Gameten verhalten und in die entsprechenden Zellen des anderen (weiblichen) Fadens hinüberwandern, oder aber, daß, wie bei der Braunalge *Ectocarpus*, die geißeltragenden Gameten der einen Pflanze nach kur-

dividuen von *Carchesium* gar nicht mehr den Charakter einer sexuellen Kernzerlegung haben, da ja alle Kerne einer Zelle hier schon weibliche resp. männliche Tendenz haben.

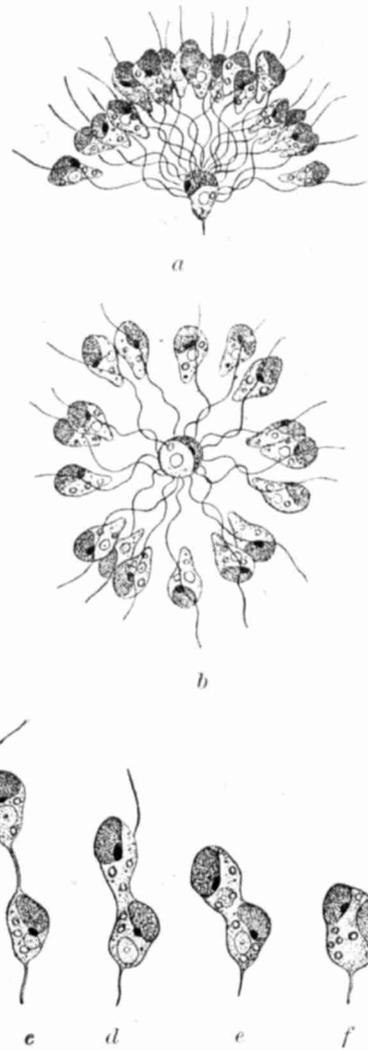


Fig. 9. Kopulation der Gameten bei *Ectocarpus siliculosus* n. Berthold u. Oltmanns. a u. b Weiblicher Gamet, umschwärmt von vielen männlichen Gameten, c-f Kopulation je eines männlichen mit einem weiblichen Gameten. Aus Oltmanns 1904.

können wir nur darin ein Zeichen einer sexuellen Verschiedenheit erblicken, daß nur Gameten miteinander kopulieren, die von verschiedenen Eltern abstammen (Foraminiferen, manche Grünalgen, wie *Dasycladus*, gewisse Volvocineen). Schließlich sei noch auf die wichtigen experimentellen Untersuchungen von Blackeslee (1904, 1906) und Burgeff (1915) bei Schimmelpilzen hingewiesen. Bei Mucorineen, die eine morphologisch vollkommene Isogamie aufweisen, findet nach diesen Untersuchungen Kopulation nur

statt, wenn auf einer Agarplatte Sporen von verschiedener Konstitution, verschiedener sexueller Beschaffenheit ausgesät werden (sog. + und - Sporen). An den Stellen, an denen die scheinbar gleichen + und - Mycelien beim Wachstum auf der Platte sich treffen, bilden sich Isogameten und nach deren Kopulation Zygoten. Bei *Mucor* sind schon die Zygoten bzw. das hieraus entstehende Ursporangium extrem sexuell differenziert (+ oder -), während bei *Phycomyces* das diploide Ursporangium noch indifferent, hermaphrodit ist und erst bei der ersten Zoosporenbildung eine sexuelle Differenzierung in + und - Sporen stattfindet. Nach der neuesten Arbeit von *Burgeff* vollzieht sich bei *Phycomyces nitens* diese Geschlechtstrennung bei der Reduktionsteilung in dem hermaphroditen diploiden Ursporangium. Die Meinung *R. Hertwigs* (1912), daß es nur indifferente, männliche und weibliche Zellen, keine indifferente männliche und weibliche Kerne gäbe, ist durch die neueren Arbeiten an Mucorinocen widerlegt, denn bei *Phycomyces* sind die diploiden Kerne des Ursporangiums hermaphrodit oder neutral, die der späteren haploiden Mycelien und Sporangien dagegen entweder männlich oder weiblich, wie besonders durch die Bastardierungs- sowie die Pfropfungsversuche von *Burgeff* bewiesen ist.

Die gesamten vorliegenden Erfahrungen zwingen somit heute schon auch bei morphologischer Isogamie zur Annahme einer physiologischen sexuellen Verschiedenheit der Gameten bzw. der Gametenkerne, die mithin einen wesentlichen Zug der Befruchtungsvorgänge ausmacht.

(Ob allerdings die Sexualität allgemein nur in der verschiedenen Ausbildung der beiden Kernkomponenten begründet ist, wie es die Hypothese bisher annimmt, ist vorderhand unsicher und muß weiterer Forschung vorbehalten bleiben.) Doch ergeben sich auch für diese Hypothese experimentelle, physiologische Prüfungsmöglichkeiten. Eine derselben bestünde darin, bei Formen mit ganz geringer morphologischer oder nur physiologischer sexueller Verschiedenheit zu prüfen, ob hier in der Tat die sexuelle Differenz nur eine relative sei, so daß z. B. die Gameten des Individuum A mit denen des Individuum B sich wie männliche gebärden, während sie sich zu Gameten des Individuum C als weibliche Gameten verhalten. Im Sommer 1914 habe ich zusammen mit Herrn Dr. *Huth* solche Versuche an *Spirogyra*-arten in Lunz ausgeführt. Wir haben auch tatsächlich Bilder erhalten, die ganz so aussahen, als ob die Zellen ein und desselben *Spirogyra*-fadens (bei einer Art, die sonst streng diözisch ist) sowohl als männliche wie als weibliche Gameten fungieren können. Da wir aber diese mehrfachen Kopulationen nur in Massenkulturen erhielten (als einzelne Fäden konnte die verwandte Art nicht gezüchtet werden) und bei der Kopulation die

einzelnen *Spirogyra*-fäden sich stark verdrehen, so konnten Täuschungen beim Zustandekommen dieser Bilder nicht absolut ausgeschlossen werden. Es gibt jedoch Formen mit beweglichen Gameten (Protozoen sowie Grün- und Braunalgen), bei denen sich diese Versuche mit voller Sicherheit zur Durchführung und Entscheidung bringen lassen müssen. Sollte sich das erwartete Resultat bestätigen, also die Relativität der sexuellen Differenzierung auf dieser niederen Stufe derselben sich experimentell erweisen lassen, so wäre darin eine Hauptstütze und Bestätigung der Sexualitätshypothese zu erblicken. Andererseits wäre das Fehlen einer relativen Sexualität natürlich noch durchaus kein Beweis gegen die Hypothese. Die Sexualitätshypothese der Befruchtung könnte vielmehr nur widerlegt werden, wenn der Nachweis gelänge, daß es tatsächlich Isogameten von völliger physiologischer Gleichheit gäbe, ein Nachweis, der aber wohl sehr schwer oder gar nicht zu erbringen sein wird.

Literatur.

- Blakeslee*, 1904. Sexual reproduction in the Mucorineae. Proc. Am. Acad. Bd. 40.
 — 1906. Zygosporangien-germinations in the Mucorineae. Annal. Mycol.
Boveri, 1887, Über den Anteil der Spermatozoen an der Teilung des Eies. S.-B. d. Ges. f. Morph. u. Phys. München, Bd. 3.
Burgeff, 1914/15. Untersuchungen über Variabilität, Sexualität und Erbllichkeit bei *Phycomyces nitens*. Kuntze. Flora, Bd. 107 und 108.
Bütschli, O., 1876, Studien über die ersten Entwicklungsvorgänge der Eizelle, die Zellteilung und die Konjugation der Infusorien. Abh. d. Senckenberg-Naturf. Ges., Bd. 10.
 — 1882, Gedanken über Leben und Tod. Zool. Anz. Bd. 5.
 — 1887/89, Protozoa. III. Ciliata. Bronns Klassen und Ordnungen des Tierreichs.
Correns, C., 1913. Geschlechterverteilung und Geschlechtsbestimmung (bei Pflanzen). Handwörterb. d. Naturwissensch., Bd. 4.
 — und *Goldschmidt*, R., Die Vererbung und Bestimmung des Geschlechtes. Berlin 1913.
De Bary, A., 1858, Untersuchungen über die Familie der Konjugaten. Leipzig.
Doflein, F., 1913, Das Unsterblichkeitsproblem im Tierreich. Freiburg.
 — 1916, Lehrbuch der Protozoenkunde. 4. Auflage. Jena.
Erdmann, Rh., 1910. Depression und fakultative Apogamie bei *Amoeba* diploidea. Festschrift *R. Hertwig*, Bd. 1.
 — 1915, Endomixis und ihre Bedeutung für die Infusorienzelle. S.-B. d. Ges. naturf. Freunde Berlin.
Enriques, P., 1907. La conjugazione e il differenziamento sessuale negli infusori. Arch. f. Protistenk., Bd. 9.
Hartmann, M., 1909. Autogamie bei Protisten und ihre Bedeutung für das Befruchtungsproblem. Arch. f. Protistk., Bd. 14, H. 2.
 — 1917. Untersuchungen über die Morphologie und Physiologie des Formwechsels (Entwicklung, Fortpflanzung, Befruchtung und Vererbung) der Phytoomonaden (Volvocales). II. Mitteilung. Über die dauernde, rein agame Züchtung von *Eudorina elegans* und ihre Bedeutung für das Befruchtungs-