

Biologisches Centralblatt.

Unter Mitwirkung von

Dr. M. Reess und **Dr. E. Selenka**

Prof. in Erlangen

Prof. in München

herausgegeben von

Dr. J. Rosenthal

Prof. der Physiologie in Erlangen.

24 Nummern von je 2—4 Bogen bilden einen Band. Preis des Bandes 20 Mark.

Zu beziehen durch alle Buchhandlungen und Postanstalten.

XVIII. Band.

1. Dezember 1898.

Nr. 23 u. 24.

Inhaltsverzeichnis, Namen- u. Sachregister u. Titelblatt für Bd. XVIII werden im Laufe des Monats Dezember ausgegeben werden.

Inhalt: **Hartog**, Grundzüge der Vererbungstheorie. — **Hartog**, Reduktionsteilung und die Funktion des Chromatins. — **Bethe**, Elemente des Nervensystems und ihre physiologische Bedeutung. — **Fischer**, Entwicklungsgeschichtliche Untersuchungen über Rostpilze. — **Kohlbrugge**, Der Atavismus. — **Hertwig**, Die Zelle und die Gewebe.

Grundzüge der Vererbungstheorie.

Von Professor **Marcus M. Hartog**, D. Sc., M. A., F. L. S.¹⁾

Bei der neuesten Ausarbeitung der Descendenztheorie, wie sie zuerst von Charles Darwin in vollständiger Ausbildung veröffentlicht wurde, sind zweierlei Parteien einander gegenüber getreten. Die eine, die zwar behauptet, sie vertrete die reine und unverfälschte Lehre, hat den Hauptwert auf das Prinzip der natürlichen Zuchtwahl gelegt, welche Darwin so viel verdankt; aber sie hat seine Ansicht verworfen, dass die Rassen aus inneren Entwicklungstrieben, durch Anpassung an veränderte Umgebungsbedingungen bedingt, variieren. Die andere dagegen misst dem letzteren Faktor den größeren Wert für die Umbildung der Arten zu, und lässt die natürliche Zuchtwahl in den Hintergrund treten. Die zwei bekanntesten wissenschaftlichen Führer sind August Weismann auf der einen und Herbert Spencer auf der anderen Seite. Ihr Streit hat Interesse auch bei den gebildeten Laien gefunden; während aber die Behauptungen wohl bekannt sind, sind einige von den wichtigsten Thatsachen, sogar in der Fachliteratur, mehr für bewiesen angenommen als völlig festgestellt und klar dargelegt worden. Ich meine dabei besonders die größeren Beziehungen in dem eigentlichen Fortpflanzungs-Mechanismus und dem Akt der Vererbung,

1) Aus „Natural Science“, Vol. XI, Nr. 68 u. 69 vom Herrn Verfasser mitgeteilt.

durch welchen die elterlichen Charaktere von einer Generation auf die andere übertragen werden. Eine Vorstellung dieser Verhältnisse kann sich nicht auf die höheren Organismen beschränken, welche uns aus dem täglichen Leben geläufig und bekannt sind; denn sie sind das Resultat komplizierter Vorgänge. Die einfacheren Typen dagegen sind zwar noch in Hülle und Fülle vorhanden, aber nur der Untersuchung mit dem Mikroskop zugänglich. Dies Feld müssen wir zuerst bestellen, wenn wir die Grundlagen des wundervollen Baues der höheren Organismen verstehen wollen.

Erst vor zwei Jahrhunderten enthüllte das Mikroskop der Menschheit eine ungeheure Welt von kleinsten Lebewesen ebenso wie die Einzelheiten der Struktur der bekannten Tiere und Pflanzen. Natürlich genug nahmen die früheren Beobachter an, dass diese sonderbaren kleinen Wesen eine ebenso kompliziertere Struktur haben müssten wie wir selbst. Sie suchten eifrig und behaupteten auch bisweilen in ihnen ein Gehirn, ein Herz, Blutgefäße etc. gefunden zu haben, gerade ebenso wie bei Vögeln, Vierfüßlern oder Fischen¹⁾. Seitdem haben wir gelernt, dass die kleinsten Struktureinheiten der gewöhnlichen Organismen in ihrem Wesen identisch sind mit dem ganzen Organismus eines solchen mikroskopischen Wesens; eine solche Untersuchung wie die eben angeführte, würde heutzutage angesehen werden, als wenn man in einem Stück Kalkstein die Pfeiler und Strebebogen, die Gewölbe und Dome einer großen Kathedrale im Kleinen suchen wollte. Solche Struktureinheit nennt man eine Zelle, allerdings ein schlecht gewählter Name, dessen Bedeutung aber als einen Kern enthaltende Protoplasmaeinheit jedermann geläufig ist. Die niederen Organismen sind einzelne Zellen oder Aggregate von gleichartigen Zellen; die höheren bestehen aus komplizierten Anordnungen von ungleichen Zell-Aggregaten, die wir Gewebe nennen. Die ersteren nennen wir Protisten und unterscheiden Protozoen und Protophyten, je nach der tierischen oder pflanzlichen Lebensweise; die höheren Tiere und Pflanzen nennen wir Metazoen und Metaphyten, während der entsprechende Name „Metisten“ noch von keiner anerkannten Autorität angewandt worden ist.

1) So schreibt Baker in der Mitte des vorigen Jahrhunderts: „Suchen wir ferner und prüfen die kleinsten Lebewesen, deren Arten mit bloßem Auge unmöglich zu erkennen sind; diese atmenden Atome, so klein sie sind, sind doch fast eine ganze Werkstatt; auch in ihnen finden wir dieselben Organe des Körpers, die Vielartigkeit der Glieder, Mannigfaltigkeit der Bewegungen, Verschiedenheit der Formen, und eigentümliche Lebensweisen wie in größeren Tieren. — Wie erstaunlich muss die innere Struktur dieser Wesen sein! Das Herz, der Magen, die Eingeweide und das Gehirn. Wie klein und fein die Knochen, Gelenke, Muskeln und Sehnen! Wie über alle Begriffe zart die Arterien, Sehnen und Nerven!“ (The Microscope Made Easy“, by Henry Baker, Ed. V, 1767).

Bei sämtlichen höheren Organismen besteht der Vorgang der Reproduktion¹⁾ der Rasse in der Abtrennung einzelner Fortpflanzungszellen vom Gesamtorganismus, die entweder unabhängig zu der ursprünglichen Form heranwachsen, oder von denen je zwei miteinander verschmelzen und so eine neue Zelle bilden, die dann heranwächst. Bei den meisten Pflanzen und vielen Tieren können auch vielzellige Teile vom Körper abgetrennt werden und sich dann zu vollständigen Organismen entwickeln; das wollen wir Propagation zum Unterschied von Reproduktion oder Fortpflanzung nennen. In jedem Fall besteht der elterliche Körper fort, lebend oder tot, nach der Loslösung solcher Zellen oder Zellgruppen. Bei den Protisten liegen die Verhältnisse ganz anders; denn, wenn hier das Zellindividuum ausgewachsen ist, teilt es sich gewöhnlich in zwei neue Zellen und es selbst existiert nicht mehr, weder lebend noch tot. Wir nennen mit einem passenden Vergleich die Urzelle eine „Mutterzelle“, die neuen „Tochterzellen“; aber wir müssen daran denken, dass die opferfreudige Mutter hier ihre ganze Existenz aufgehen lässt in die ihrer Nachkommen, ein Beispiel mütterlichen Opfermuts, das bei uns oft geträumt doch nie verwirklicht wird. So können, wie Weismann zuerst klar aussprach, die Protisten dem persönlichen Tode entgehen durch das Opfer ihres individuellen Lebens; er bezeichnet sie deshalb als „unsterblich“. Ueber den Zellstammbaum als diejenige Art der Fortpflanzung, welche wir eben erklärt haben, werden wir hier hauptsächlich zu sprechen haben.

Die Fortpflanzung bei den Protisten erfolgt auf viele verschiedene Arten. Die gewöhnlichste ist die einfache Zweiteilung der Zelle, jedesmal, wenn sie das Doppelte ihres ursprünglichen Umfanges erreicht hat (Herbert Spencer's „Grenze des Wachstums“), ein Vorgang, den wir als „Vermehrung durch einfache Teilung“ bezeichnen. Oft ist indessen die erste Teilung gleich von einer zweiten und diese von weiteren gefolgt, so dass in möglichst kurzer Zeit Enkel und Urenkel entstehen; diesen Prozess nennt man „Brutteilung“, oder wenn die Sprösslinge sich nicht sofort von einander trennen „Segmentierung“. Auch können sich die Sprösslinge von Brutteilungen in Gruppen sammeln, gewöhnlich zu zweien, welche verschmelzen, um eine neue sogenannte „Kopulationszelle“ zu bilden; diesen Prozess nennt man „Konjugation“ oder wenn die sich paarenden Zellen von einander verschieden sind „Befruchtung“. Wir müssen im Auge behalten, dass Konjugationsvorgänge, genau gesagt, nicht Vervielfältigungsvorgänge sind; denn der Paarungsvorgang halbiert zeitweise die ganze Zahl der Zellen, da aus zweien eine entsteht: die zwei werden thatsächlich ein Fleisch.

1) Im engeren Sinne, um es von Propagation zu unterscheiden, von der im folgenden die Definition gegeben wird.

Wir finden sehr oft, dass diese drei Fortpflanzungsprozesse sich zyklisch wiederholen, z. B. eine Folge von einfachen Teilungen nach Erreichung der Wachstumsgrenze ist von Brutformation gefolgt und die Brutzellen vereinigen sich miteinander; die gepaarte Zelle beginnt dann einen frischen Zyklus. Aber die Ordnung der Prozesse variiert in verschiedenen Fällen, und manchmal können sogar verschiedene Modi von Brutteilungen abwechselnd folgen. So zeigt eine gewöhnliche Gregarine, ein Parasit des Regenwurms, folgendes: nach der Konjugation erleidet die gepaarte Zelle wiederholte Brutteilungen, so dass sie viele hundert Brutzellen bildet; jede einzelne von ihnen reift zu einem haferkornähnlichen Körper aus, der von einer harten Schale umgeben ist. Nach einiger Zeit teilt sich die haferkornähnliche Zelle wieder durch Brutformation in acht sichelförmige Zellen, welche schließlich das haferkornförmige Gehäuse verlassen und in die lebenden Zellen des Wurmes wandern.¹

In vielen Fällen ist die Trennung der Tochter- oder Brutzellen nicht vollständig und sie verbleiben noch in mehr oder weniger enger Vereinigung. Man nennt eine solche Ansammlung von Zellen gemeinsamen Ursprungs, eine „biologische Kolonie“ im engeren Sinne, während die Benennung „Sociales Aggregat“ für eine Ansammlung angewandt wird, die ebenso wie eine Kolonie von Menschen durch Vereinigung von ursprünglich vereinzelter Organismen gebildet ist. Protistenkolonien können auf dreierlei Weise gebildet werden (die dritte ist nur eine Kombination der beiden ersten).

1. Zellteilung, die mit Wachstumsperioden abwechselt, führt zur Entstehung von Tochterzellen, die zusammen bleiben.

2. Brutteilung (Segmentation) bringt eine Anzahl Zellen hervor, die vereint bleiben.

3. Eine Kolonie, die erst durch Segmentation gebildet ist, fährt fort, sich zu vergrößern, durch Teilung nach dem Wachsen der einzelnen Zellen; die Tochterzellen bleiben noch verbunden.

Kolonien des ersten und dritten Typus können sich durch Abtrennung eines Teiles der Kolonie vermehren; wenn der abgetrennte Teil aus einer einzelnen Zelle besteht, so geht der Vorgang in eigentliche Fortpflanzung über.

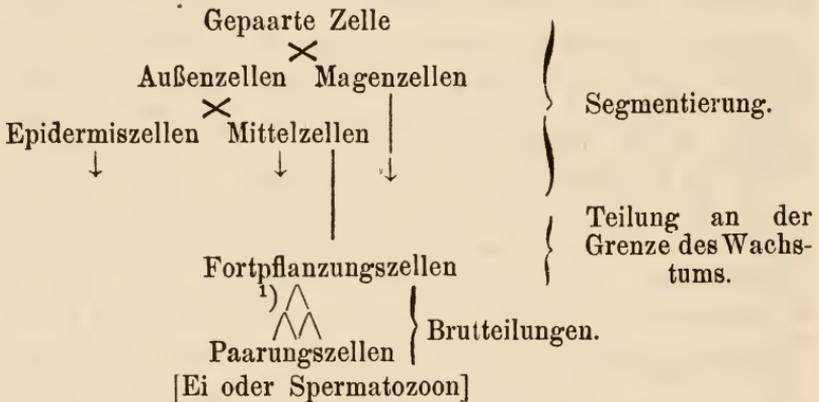
Bei den einfachsten Protistenverbänden sind alle Zellen einer Kolonie thatsächlich einander gleich; die Kolonie zerfällt schließlich in ihre einzelnen Zellen, welche sich dann in der einen oder andern der oben beschriebenen Weisen fortpflanzen. Aber in manchen Fällen hat das Zusammenleben in der Kolonie zu einer Differenzierung der einzelnen Zellen geführt. Ein schlagendes Beispiel dafür ist *Protospongia Haeckelii* (ein kleiner von Savile Kent im Teichwasser gefundener Organismus), sie besteht aus einer großen Masse von Zellen, welche durch ein gelatinöses Sekret zusammengehalten werden. Die ober-

flächlichen Zellen sind mit einer Wimper versehen, deren Basis von einem Trichter oder Kragen von Protoplasma umgeben ist. Diese Zellen nehmen aus dem umgebenden Wasser die Nahrungsteilchen auf, die durch die Bewegung der Wimpern in Kontakt mit ihnen gebracht werden; die Zellen im Innern der Kolonie dagegen werden nur indirekt durch die Nahrung ernährt, die von den Kragenzellen verdaut und jenen zugeführt wird. Unser Wissen über den Lebenszyklus des Organismus ist noch sehr unvollständig; es scheint sicher, dass nur die Centralzellen wirklich als Fortpflanzungszellen (durch Segmentation) funktionieren können, dass die Außenzellen aber sich wohl gelegentlich abtrennen und so die Masse auch durch den langsameren Vorgang der Ernährung und des Wachstums, gefolgt von periodischer einfacher Teilung fortpflanzen können. Wir können vielleicht diesen Schwamm als ein Metazoon mit zwei Geweben ansehen — einem äußern Nahrungsgewebe und einem innern Fortpflanzungsgewebe, und die Spezialisierung der Lage der zwei Schichten zu einander zuschreiben; denn das äußere Gewebe ist günstig gelegen, um Nahrung aus dem umgebenden Wasser aufzunehmen, während das innere, durch seine Lage von aller Thätigkeit fern gehalten, ernährt und bewahrt vor der Berührung mit der unfreundlichen Welt durch die äußere Schicht, seine Kräfte zur Fortpflanzung der Art verwendet.

In der That ist dieser Organismus, wie sein Name sagt, ein Vorläufer der Schwämme, und repräsentiert wahrscheinlich einen letzten Ueberlebenden vom Typus ihrer Vorfahren. Denn ein einfacher Schwamm ist ein am Grunde befestigter, oben weit offener Sack, dessen Wand von zahlreichen Poren durchsetzt ist. Diese Wand besteht aus drei Schichten, einer äußeren Epidermisschicht, einer Zwischenschicht und einer inneren oder Magenschicht, in der die Zellen Wimper und Kragen besitzen. Die Wimpern der Magen­zellen bewirken ein konstantes Strömen von Seewasser in dem Sack, welches durch die Poren ein- und durch den Mund austritt und die Nahrungsteilchen mit sich führt, die nur die Magen­zellen aufnehmen können um damit die beiden andern Schichten zu ernähren. In diesem Falle scheint es, dass nur solche Bruchstücke des Schwammes, die alle drei Schichten enthalten, ihn fortpflanzen können. In der Natur bilden sich in der That hohle Auswüchse des Sackes, und können sogar als Knospen losgelöst werden. Aber nur die von beiden Seiten geschützte Zwischenschicht differenziert gewisse Zellen zu Fortpflanzungszellen. Diese erzeugen durch Brutteilungen männliche und weibliche Paarungszellen; dann wächst die gepaarte Zelle nach der Befruchtung zu einem neuen Schwamme heran. Wir sehen hier einen sehr bemerkenswerten Fortschritt gegen die ersten kolonialen Protisten; denn hier kann der Kolonial-Organismus nur durch Zusammenwirken aller drei Zellen­Arten fortpflanzt werden. Die einzelne Zelle ist nun nicht mehr

„Mädchen für Alles“, sondern es bedarf des Zusammenwirkens mehrerer in verschiedener Richtung differenzierter Zellen, um einen völlig selbständigen Organismus zu bilden, und jede Zellsorte kann durch Wachstum und Teilung nur ihren eigenen Typus und ihr eigenes Gewebe fortpflanzen, aber nicht den ganzen Organismus, von dem sie einen Teil bildete. Dies ist sehr passend von Orpen Bower als ein Sterilisationsvorgang bezeichnet worden.

Wir haben gesehen, dass gewisse Zellen der Zwischenschicht mit größeren Fähigkeiten ausgestattet sind. Wir wollen jetzt das Schicksal der gepaarten Zelle (befruchtetes Ei, Oosperm) verfolgen. Diese teilt sich von neuem wiederholentlich, so dass durch ihre Segmentation eine hohle kugelförmige Kolonie entsteht; die eine Halbkugel ist aus glatten Zellen zusammengesetzt, während die der andern mit Wimpern versehen sind. Die letztere stülpt sich nun in die erstere ein, so dass die Kolonie die Form einer gefütterten Haube annimmt. Das



Futter ist aus Kragenzellen gebildet, welche die Magen­zellen sind; die äußere Zellschicht teilt sich wieder in zwei Schichten, die Epidermis und die Zwischenschicht. Das sind im wesentlichen die Vorgänge der Fortpflanzung und der ersten embryonalen Entwicklung, wie sie bei allen höheren Tieren gefunden werden, mit der Ausnahme, dass die Mittelschicht von den eingestülpten Zellen gebildet sein kann anstatt, oder eben so gut wie von den äußeren, und dass die Fortpflanzungszellen aus verschiedenen Schichten bei den einzelnen Klassen gebildet sein können. Die beigefügte genealogische Tabelle stellt den Zellularstammbaum eines Schwammes dar, der mit der gepaarten Zelle beginnt, und mit den Paarungs- oder Geschlechtszellen endigt²⁾.

1) Reduktionsteilung kommt an dieser Stelle vor (in dieser wie in den folgenden Tabellen).

2) In dieser und den folgenden Tabellen benutzen wir die Zeichen ×, um Segmentation zu kennzeichnen, diese ^ ^ für Brutteilungen und diese | | für Teilungen, die mit Wachstum abwechseln.

Wie aus dem Gesagten hervorgeht, erzeugen die gepaarten Zellen, obgleich sie nur von Mittelzellen abstammen, doch durch ihre Teilungen Nachkommen, welche zuletzt ganz andre Zellarten werden deren gleiche niemals unter ihren direkten Vorfahren vertreten waren. Wir können dies mit einer Rasse vergleichen, deren ältere und jüngere Glieder einer Familie immer unfruchtbar und verschieden im Charakter und in der Entwicklung waren von den mittleren und fruchtbaren Kindern, aber bei denen jedes fruchtbare Paar unter seiner Nachkommenschaft einige erzeugt, die den Eltern gleichen, andere mit den Fähigkeiten und Charakteren der unfruchtbaren Onkel und Tanten¹⁾. Wir müssen indessen im Auge behalten, dass jeder Vergleich eines wirklichen Zellularstammbaums mit der genealogischen Tabelle der Glieder einer Metazoon-Art nur eine Analogie ist.

Während die Fortpflanzung im allgemeinen bei den höheren Tieren in denselben Hauptlinien verläuft wie bei den Schwämmen, zeigen gewisse von ihnen Verschiedenheiten. Wie oben erwähnt, variiert besonders in verschiedenen Gruppen die Beziehung der mittleren und Fortpflanzungszellen zu denen der zwei ursprünglichen Keimschichten.

Propagation durch Knospung bei den höheren Tieren und Regeneration, oder die Wiedererzeugung nach Verletzungen, sind im wesentlichen zwei verschiedene Seiten derselben Erscheinung. In beiden Fällen vermehren sich die Zellen in einem oder mehreren Geweben sehr schnell, und kehren mehr oder weniger genau zu dem Stadium zurück, welches sie im Embryo besaßen. In einigen Fällen können aus diesen Embryonalzellen nur Gewebe entstehen, die denen gleich sind, von denen sie abstammten, oder wenigstens Gewebe, die derselben Schicht angehören; aber bei den niedrigsten Würmern sollen die Mittelzellen im stande sein, auch andere Schichten zu bilden. Bei den Wirbeltieren sind die Regenerierungsfunktionen genau begrenzt; so findet, wenn die Oberfläche der Haut durch ein Geschwür oder durch Verbrennung ganz und gar entfernt ist, das Ueberwachsen neuer Epidermis nur durch allmähliches Auswachsen der lebenden Epidermis von den Rändern her statt, nicht durch direktes Wachsen auf der Wunde. Dies ist die Erklärung für die moderne Behandlung durch Haut-Transplantationen, indem die an einzelnen Stellen auf die Oberfläche der heilenden Wunde übertragene Haut ebenso viele Centren für das Ueberwachsen bildet und so den Prozess des Ueberhäutens beschleunigt.

Die meisten Gewebe der höheren Tiere haben sich noch genug Lebenskraft erhalten, um fähig zu sein, Gewebe ihrer eigenen besonderen Art in Fällen von Wunden wiederzuerzeugen; bei Salamandern z. B. kann sogar ein ganzes Organ, ein Bein oder Auge, erneuert

1) Den Fall, den wir zum Vergleich aufgestellt haben, kommt wirklich vor bei socialen (statenbildenden) Insekten mit ihren sterilen Kasten in jeder Generation.

werden. Die Epidermis der Wirbeltiere enthält in ihrer tiefsten Schicht eine fast unbegrenzte Befähigung zu Wachstum und Fortpflanzung; die der Cutiszellen am nächsten gelegenen bilden ein zusammenhängendes Lager, in dem jede Zelle fortwährend wächst und sich teilt; die oberste Zelle bei jeder Teilung wird hornig, um schließlich abgestoßen zu werden, sowie andere hornige Zellen unter ihr gebildet worden sind, während die unteren die ursprüngliche Befähigung zum Wachstum und Teilung beibehalten. Diese Schicht ist vollkommen vergleichbar mit der Schicht der korkbildenden Zellen bei den meisten grünen Pflanzen. Das den Knochen bekleidende Periost hat ähnliche aber weniger lebhaft thätige Fähigkeiten.

Indem wir die Thatsachen übersehen, finden wir:

1. Bei Protisten hat jede Zelle die Fähigkeit, bei ihren Nachkommen ihre eigenen Charaktere oder diejenigen einer direkten Vorfahren-Zelle zu erzeugen, was wir als das Gesetz der direkten ununterbrochenen oder wechselnden Zellularfortpflanzung bezeichnen können, je nachdem nur eine oder mehrere wechselnde Arten von Zellenfortpflanzung den Geburtszyklus bilden.

2. Bei Metazoen ist die Fähigkeit, einen vollständigen Organismus zu erschaffen, auf gewisse Fortpflanzungszellen beschränkt, welche in ihrer Nachkommenschaft Zellen erzeugen müssen, welche solchen, die nur eine Seitenverwandschaft zu ihnen besitzen, gleich sind; dies nennen wir das Gesetz der collateralen Zellenfortpflanzung.

3. Die anderen Zellen der Metazoen können selten oder nie eng genug zu ursprünglichen Typus zurückkehren, um all die andern Gewebe zu erzeugen, deren Seitenverwandte sie sind, obgleich ihr Propagationsvermögen sehr groß sein kann. Diese Einschränkung ihres Reproduktionsvermögens können wir das Gesetz der spezialisierten Unfruchtbarkeit nennen.

4. In den meisten Fällen tierischer Knospung oder Wiederherstellung finden wir, dass verschiedene Gewebe zusammenarbeiten, um einen vollständigen Organismus zu erschaffen; dies nennen wir das Gesetz der kooperativen Propagation.

Die Fähigkeit sich durch kleine Bruchstücke fortzupflanzen, ist am meisten ausgebildet bei den Schwämmen, einigen Polypen, Quallen, Seesternen und gewissen Plattwürmern; sie geht gewöhnlich verloren bei den höheren Gruppen, aus verschiedenen Gründen, unter denen die Bedingungen der Ernährung die wesentlichsten zu sein scheinen. Ein Tierbruchstück kann die Nährstoffe für die Bildung neuer Zellen nur erlangen durch Aufzehrung von Teilen seiner eigenen Substanz, bis es neue Organe für die Aufnahme und Verdauung von Nahrung gebildet hat. Um dies zu können, muss das Bruchstück groß genug sein, ein solches Opfer zu ermöglichen; und außerdem dürfen die Gewebezellen

nicht zu sehr differenziert sein, um sich den veränderten Bedingungen anpassen zu können. Die mannigfachen Gewebe eines menschlichen Armes z. B. die gewöhnt sind an die stetige Zufuhr von Blut, welches Nahrung und Sauerstoff enthält und alle verbrauchten Bestandteile fortführt, sowie an die Führung durch ein hochentwickeltes Nervensystem, können sich niemals an ein selbständiges Leben anpassen. In dieser Hinsicht unterscheiden sich Tiere wesentlich von Pflanzen.

Um in der Weise, die wir bei Tieren angewandt haben, die Gesetze der Reproduktion und Propagation bei Pflanzen zu erforschen, müssen wir zu jenen Protisten zurückkehren, deren Leben wesentlich pflanzlich ist. Diese besitzen ein gefärbtes Protoplasma (grün, gelb oder rot), in welchem unter der Einwirkung des Lichts aus unorganischen Bestandteilen organische Nahrung durch Synthese gebildet wird, von welcher sie sich dann (wie Tiere) ernähren. Da die unorganischen Bestandteile in Lösung vorhanden sind, können sie von der Zelle aufgesaugt werden, weshalb diese weder eines Munds noch eines Magens bedarf; und die Zelle kann bestehen, wachsen, und sich durch Teilung vervielfältigen, sobald sie die Wachstumsgrenze erreicht hat, selbst wenn sie von einer dünnen Zellulosehaut umgeben ist. Wenn die Zelle anfänglich die Gestalt eines Zylinders oder Ellipsoids hat und die Teilungen immer in derselben Richtung erfolgen, in rechten Winkeln zu ihrer Länge, dann ist das Produkt (eine Kolonie unseres ersten Typus) eine lange Faser, wie die, welche den grünen schleimigen Ueberzug an unsern Weggräben bilden. Wenn die Teilungen in zwei Ebenen stattfinden, wird die Kolonie eine Platte oder Scheibe bilden; wenn in drei, eine kubische Masse, was aber seltener vorkommt. Wenn eine Periode gesteigerter Lebensthätigkeit einsetzt, erfolgt Brutbildung; die Brutzellen sind zuerst nackt, ohne Zellulosewandung, und gewöhnlich mit Wimpern versehen. Die Brutzellen in ein und derselben Species¹⁾ können sehr verschiedene Schicksale haben. Sie können 1. sich in der Wandung der Elternzelle niederlassen und in Fasern auswachsen, die schließlich die Elternzellwand durch ihr Längerwerden, sprengen; oder 2. sie können austreten, und sich erst niederlassen und in Fasern auswachsen, nachdem sie eine kurze Zeit umhergeschwärmt haben; oder 3., nachdem sie ausgetreten und geschwärmt haben, sich paaren, und dann nimmt die gepaarte Zelle nach einer Zeit der Ruhe einen frischen Anlauf zu neuem Leben, Wachstum und Vervielfältigung. Der Lebenszyklus kann sehr kompliziert sein. Wir können sogar Zustände finden, in welchen die Zellwände der Faser gelatinieren, und die Zellen sich abrunden, wobei die Kolonie eine sehr unregelmäßige Masse bildet.

Bei einigen Formen, die in anderer Hinsicht sehr ursprünglich sind, finden wir eine wirkliche Differenzierung, die weiter vorgeschritten

1) Der fadenförmigen Alge *Ulothrix zonata*.

ist als *Protospongia*, der niedrigste Tiertypus, den wir als Beispiel gewählt haben. *Volvox globator* ist eine schöne grüne Kugel, von der Größe eines kleinen Stecknadelkopfes, die sich, wie ihr Name sagt, fortwährend in rollender Bewegung befindet; sie lebt in stillem, dem vollen Lichte ausgesetzten Wasser. Bei mikroskopischer Untersuchung erscheint sie aus vielen hunderten oder gar tausenden von kleinen grünen Zellen zusammengesetzt, in einer kugelförmigen Masse von gelatinöser Zellulose eingebettet; ihre beweglichen Wimpern sind in das Wasser vorgestreckt. Einige größere Zellen sind zwischen diese zerstreut, bei welchen man alle Stadien der Segmentation sehen kann; und wie diese wachsen und sich teilen, dringen sie in die Höhlung der Kugel ein, sprengen sie schließlich und werden als neue Individuen frei. Die gesprengte Kugel sinkt auf den Grund, und die Kolonialzellen auf ihrer Oberfläche sterben bald ab, ob durch die ungünstigen Bedingungen oder aus anderen Gründen, ist unmöglich zu sagen. In der Paarungszeit sind es ausschließlich die wenigen großen Zellen, die Paarungszellen werden oder erzeugen; die dadurch gebildete gepaarte Zelle bildet durch Teilung eine neue Kolonie. Hier haben wir wieder ein bemerkenswertes Beispiel von Sterilisation von Gewebezellen, deren Charakter nur durch die Reproduktionszellen, ihre Seitenverwandten, fortgepflanzt wird. Von unserem Standpunkt aus muss *Volvox* als ein niedriger Metaphyt angesehen werden.

Die Mehrzahl der Metaphyten zeigt eine noch viel höhere Differenzierung und damit eine weit größere und mehr kontinuierlich ausgebildete Fähigkeit der Propagation als alle Tiere.

Die ersten, die wir betrachten wollen, sind die Schuppen- und Blattmoose. Wie allgemein bekannt, ist die kleine Kapsel oder Urne mit feinem Staub gefüllt, der aus Reproduktionsbrutzellen (Sporen) gebildet ist. Diese keimen und wachsen, wie bei Protophyten, in Fasern aus, die aus verlängerten Zellen bestehen; einige sind grün und kriechen auf der Oberfläche des Bodens umher, während andere in sie eindringen und als Wurzeln dienen. Sie sind aber so wenig differenziert, dass die Umwendung des kleinen Rasenstückchens, das sie enthält, eine Vertauschung ihres ganzen Charakters und ihrer Funktionen herbeiführen kann. Auf Zweigen von diesen bilden sich andere Zellen, die kurz und dick sind. Diese teilen sich, und durch ihr Wachstum bildet sich die eigentliche Blattmoospflanze; aber nur der untere Teil nimmt vorerst den Charakter des Moosgewebes an, die oberen Zellen sind farblos, werden von den grünen Zellen des Stammes und der Blätter ernährt und behalten die Funktionen eines Embryonalgewebes. Diese bilden den für alle höheren Pflanzen charakteristischen Vegetationspunkt.

Schließlich werden in den tieferen Teilen gewisser Auswüchse, nahe dem Vegetationspunkt, Fortpflanzungszellen gebildet, aus welchen

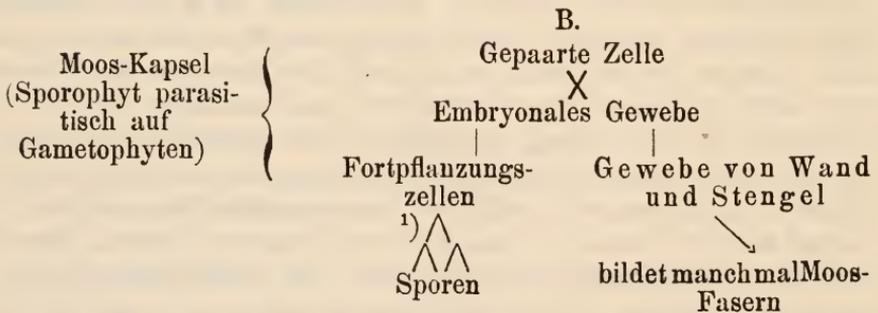
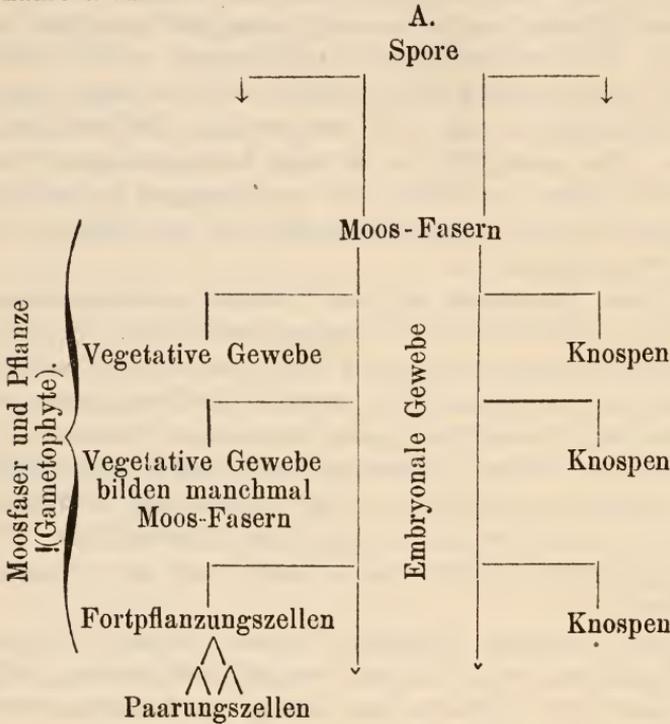
Paarungszellen, je nachdem männliche oder weibliche, entstehen. Die Befruchtung ist innerlich, die männliche Zelle steigt zur unbeweglichen weiblichen hinauf und verschmilzt mit ihr an Ort und Stelle. Die gepaarte Zelle bleibt in der Moospflanze eingebettet, wird von ihr wie ein Parasit ernährt, teilt sich, und bildet eine Kolonie von neuen Zellen. Die äußere Schicht dieser Kolonie wird bei den ursprünglichsten Schuppenmoosen in eine kapselförmige Wand umgewandelt, während die inneren Zellen Fortpflanzungszellen sind, deren jede eine Brut von vier Sporen bildet. Bei den Blattmoosen ist die Kolonie, welche durch die Segmentation der gepaarten Zelle gebildet ist, viel mehr umgewandelt; die Differenzierung und dem entsprechend die Sterilisation ist beträchtlicher. Der untere Teil ist in einen borstenähnlichen Stiel verwandelt, und die Wand und Mitte der urnenförmigen Kapsel sind beide aus grünem Gewebe zusammengesetzt, das zur Bildung von organischer Nahrung geeignet ist.

Bevor wir diese Thatsachen in einer Tabelle zusammenfassen, müssen wir auf die außerordentliche Propagationsfähigkeit der Moospflanzen aufmerksam machen; wenn sie in Stücke zerschnitten werden, so kann fast jede einzelne grüne Zelle, sowohl der Moospflanze wie der jungen Kapsel zu einem grünen Faden auswachsen, welcher neue beblätterte Pflanzen hervorbringt, ganz abgesehen von der Propagationsfähigkeit, die außerdem gegeben ist in der Verzweigung oder Brutbildung des embryonalen Gewebes an den Vegetationspunkten. Wir beginnen, der Gewohnheit gemäß, unsre Tabelle mit der gepaarten Zelle (s. umstehend).

Schon bei dem normalen zyklischen Verlauf bringen die Reproduktionszellen Nachkommenschaft hervor von teils collateralen, teils ancestralen Formen. Der Charakter des Zyklus ist bemerkenswert; zwei Systeme von Kolonienbildung, welche beide mit je einer einzelnen Zelle beginnen, enden mit der Erzeugung von Brut-Mutterzellen; und diese Systeme kontrastieren sowohl durch die Charaktere der Kolonien wie durch die Natur ihrer Brutzellen. Das koloniale Produkt der Sporen ist das fadenförmige Gewächs und die beblätterte Moospflanze; die von ihnen erzeugten Brutzellen sind die geschlechtlichen Paarungszellen. Das koloniale Produkt der Paarungszellen hingegen ist die Kapsel und ihre Brutzellen sind die geschlechtslosen Sporen. Das ist also ein „Generationswechsel“ im Sinne der gewöhnlichen Terminologie. Die Botaniker haben die beiden Kolonien, die geschlechtliche und die ungeschlechtliche, „Gametophyt“ und „Sporophyt“, genannt nach dem Charakter der Brutzellen, welche jede abwechselnd hervorbringt.

In der aufsteigenden Reihe des Pflanzenreichs begegnen wir zuerst bei den Moosen denjenigen Gewebezellen, welche wir „embryonale“ nennen; wir können sie definieren als koloniale Zellen, welche von den älteren Zellen der Kolonie ernährt werden und nur die Aufgabe

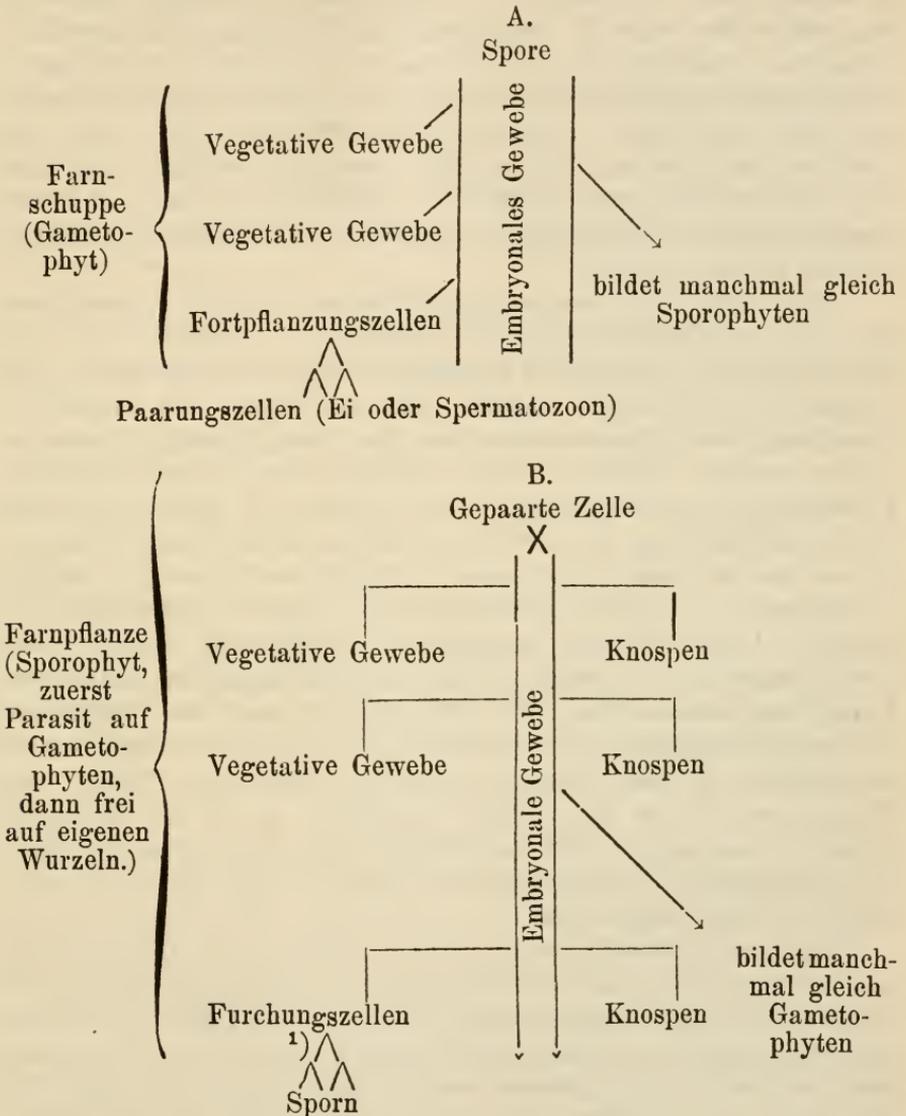
haben zu wachsen und sich nach Erreichung der Wachstumsgrenze, zu teilen, um neue Zellen und Organe zu bilden. Derartige Zellen sind ganz und gar nicht „primitiv“, wie man meistens sagt, sondern vielmehr ein Produkt vorgeschrittener kolonialer Differenzierung. Dass die ganze Kolonie in dieser Verfassung bestehen kann, trifft für die Kapsel nur zu, weil sie wie ein Parasit von der beblätterten Pflanze ernährt wird.



Die Farne können mit den Moosen nur verglichen werden, wenn man sich gänzlich frei macht von vorgefassten Meinungen. Die Leser wissen sicher, dass die Farne aus den braunen Flecken an der untern Seite seiner Blätter einen feinen Staub fallen lassen, dessen Körnchen die Sporen sind. Jede Spore wächst zu einem Zellfaden aus, welcher

1) Reduktionsteilung kommt hier vor.

sich bald zu einer grünen Platte (dem „Vorfarn“) ausbreitet, dem Analogon der Moospflanze, richtiger: der „Pflanze“ des Lebermooses, mit welcher er große Aehnlichkeit hat. Auf dieser entstehen Geschlechts-



organe, welche Geschlechtszellen erzeugen. Die gepaarte Zelle lebt wie bei den Moosen, zuerst parasitisch auf dem Vorfarn und entwickelt sich schließlich zu einer unabhängigen, bewurzelten Farnpflanze von der bekannten Gestalt mit Stamm, Blättern und schließlich mit Sporen. Der wesentliche Unterschied ist, dass bei den Moosen die sporenzugehende Form gänzlich parasitisch und im Wachstum begrenzt ist, während sie bei den

1) Reduktionssteilung tritt hier ein.

Farnen selbständig wird und unbegrenzt wachsen kann, da sie mit Stütz- und Ernährungsorganen ausgestattet ist. Wir können sagen, dass die Sterilisation (um mit Bower zu sprechen) eines Teils der Kolonie zu einem so beträchtlichen Wachstum der Kolonie und zu so starker Verzweigung geführt hat, dass die Befähigung zur Erzeugung von Reproduktionszellen schließlich ungeheuer vermehrt worden ist. Die Propagationsfähigkeit der Farne durch Knospen von embryonalem Gewebe ist sehr groß; von Teilen der sporentragenden Pflanze ist sie gering. Der Vorfarn kann künstlich zu Propagation veranlasst werden, wenn man ihn in kleine Stücke zerschneidet; für gewöhnlich aber ist sein Leben beschränkt auf die Bildung der ursprünglichen parasitischen Farnpflanze aus der gepaarten Zelle.

Farne zeigen also den nämlichen Wechsel zwischen sporentragenden und geschlechtertragenden Generationen wie Moose, aber die Reihenfolge von Kargheit und Ueberfluss kolonialen Wachstums ist die umgekehrte. Wir haben gesehen, dass bei Moosen ein vegetativer Uebergang durch Zellenwachstum von der sporentragenden Generation zu der andern stattfinden kann. Bei den Farnen können ähnliche Uebergänge nach beiden Richtungen vorkommen, so dass das Stadium der Brutzellenbildung, das wir für das kritische halten, ausfallen kann¹⁾. So wachsen bei vielen Blattfarnen die Blätter, statt Sporen zu tragen, in Schuppen aus, welche Geschlechtsorgane tragen, während bei dem gemeinen *Pteris cretica* der aus der Spore entstehende Vorfarn, statt Geschlechtszellen zu erzeugen, direkt zur sporentragenden beblätterten Farnpflanze heranwächst. Bei Blütenpflanzen sind die Verhältnisse der Geschlechtspflanze sehr verwickelt; sie zu erklären, würde uns zu weit führen. Es möge genügen, dass die sogenannte „Pflanze“ der Farnpflanze oder der Moos-Kapsel entspricht; sie ist der Sporophyt, nicht der Gametophyt. Der Parasitismus des aus der gepaarten Zelle bei Blütenpflanzen hervorgegangenen Embryos ist in der Regel nachhaltig und sehr langdauernd.

Eine sehr bemerkenswerte Eigentümlichkeit der Dikotyledonen oder Exogenen ist, dass sich eine Zone embryonalen Gewebes nach abwärts von dem Vegetationspunkt erstreckt, das Cambium, welches gewöhnlich durch sein Wachstum Schichten von Holz an der Innen- und von Bast an der Außenseite bildet. Dieses Lager hat nach Verletzungen eine besondere Neigung zur Bildung von Knospen. Aber alle lebenden Zellen behalten die Fähigkeit, ein ähnliches Gewebe zu bilden an oder nahe einer bloßgelegten Oberfläche; z. B. wird ein solches Lager ein wenig unter der Oberfläche der Bäume gebildet, aus welchem Kork entsteht; man nennt es das Kork-Cambium. Allbekannt sind die kleinen braunen Wunden an Pflaumen u. dergl., die

1) Diese Uebergänge sind von Sir Edward Fry sehr zutreffend „Kurzschlüsse“ genannt worden.

im grünen Zustande leicht verletzt worden waren; diese rühren her von der örtlichen Entwicklung eines Lagers von embryonalem Gewebe unter der verletzten Oberfläche und der dadurch veranlassten Bildung einer dünnen schützenden Korklage.

Koloniale Propagation bei Blütenpflanzen kann stattfinden durch Abtrennung von Knospen (welche normal am Vegetationspunkt entstehen) oder durch Entwicklung sogenannter Adventivknospen aus der embryonalen Zone des Stamms oder der Wurzeln. Propagation durch ganz kleine Bruchstücke, wie sie bei Moosen vorkommt, kennt man bei ihnen nicht; aber größere Stücke von Blättern können öfter Knospen und schließlich Pflanzen hervorbringen. Die Zellen der Schnittflächen produzieren ein embryonales Gewebe, aus welchem sowohl eine Schutzschicht von Kork als auch Adventivknospen entstehen.

Die Leichtigkeit, mit der Kork und Adventivknospen in dieser Weise gebildet werden, ist außerordentlich verschieden und damit auch die Fähigkeit der Propagation durch Blätter. Denn die Bildung von Kork ist ein unentbehrliches Schutzmittel, sowohl gegen die Gefahren des Eintrocknens wie auch des Eindringens von Spalt- und Schimmelpilzen. Die meisten Begonien werden leicht durch Blattstücke propagiert; die Knollenbegonien aber erzeugen eine durch Kork wohl geschützte Masse von embryonalem Gewebe, welche Monate oder Jahre ruht, bevor thätige Knospen sich entwickeln, so dass man sie lange für unfähig zu dieser Art der Fortpflanzung gehalten hat. Auch Gloxinien und andre Schmuckpflanzen der Ordnung der Gesneriaceen, die Peperomias mit ihrer massiven gefleckten oder gestreiften Belblätterung, sowie die Chrysanthemums werden gewöhnlich auf diesem Wege vermehrt, und die Liste der Möglichkeiten nach dieser Richtung wird täglich größer.

Wir sehen also, dass collaterale Uebertragung ebenso bei Pflanzen wie bei Tieren vorkommt, dass aber erstere leichter zu kolonialer Propagation gelangen durch die Bildung embryonalen Gewebes aus schon differenzierten kolonialen Zellen und wegen des Fortbestehens eines Teiles der Kolonie (des Vegetationspunkts und bei den Exogenen des Cambiumlagers) im embryonalen Zustand. Der Umstand, dass grüne Zellen im Licht Pflanzennahrung erzeugen können, erklärt, warum kleine pflanzliche Bruchstücke größere Lebensthätigkeit und Propagationfähigkeit besitzen als tierische; es ist unnötig andre, schärfer ausgesprochene Verschiedenheiten anzunehmen. Selbst bei dieser Art der Propagation behält das Gesetz der collateralen Uebertragung seine Giltigkeit; denn viele pflanzliche Zellformen, wie Haare, Holzzellen u. s. w. sind absolut steril und können deshalb niemals an der Bildung von embryonalem Gewebe teilnehmen, aus dem eine neue Pflanze entstehen könnte.

Wir finden also, dass bei den höheren Lebewesen das Problem der Vererbung auf anderen Grundlagen ruht als bei den Protisten.

Bei den niederen Formen, bei denen das Gesetz der direkten Uebertragung vorwiegt, ist es leicht zu verstehen, dass jede Zelle, welche durch Teilung aus einer anderen hervorgegangen ist, die ursprünglichen Eigenschaften dieser auch besitzen muss; selbst da, wo die Uebertragung alternierend ist, können wir annehmen, dass die verschiedenen Zustände der beiden Stadien eines genetischen Zyklus die erzeugten Organismen modifizieren. In dem einfachsten Fall collateralen Uebertragung, bei *Volvox globator*, gleichen die sterilen kolonialen Zellen den ursprünglicheren und unabhängigen Formen so sehr in ihrem Verhalten und Charakter, dass wir leicht glauben können, dass sie diese von solchen Formen ererbt haben, direkt und ohne Veränderung, von irgend einem Protisten-Ahnen, während die Reproduktionszellen sich verändert haben. Aber diese Erklärung passt nicht mehr für höhere Tiere und Pflanzen, da eine Nervenzelle mit ihren meterlangen Fortsätzen oder eine Holzfaser, welche all ihr lebendiges Protoplasma zum Aufbau einer festen Wand verwendet hat, nur als Teile von hoch-differenzierten kolonialen Organismen sich haben entwickeln können.

Diese Schwierigkeit, den Mechanismus der collateralen Uebertragung bei Metazoen und Metaphyten auf die direkte Uebertragung bei den Protisten zurückzuführen, hat zu den neueren lebhaften Erörterungen über Vererbung den Anlass gegeben. Biologen, welche durchdrungen waren von der Ueberzeugung, dass allein direkte celluläre Uebertragung möglich sei, sahen sich zu der Annahme gezwungen, dass in den Fortpflanzungszellen irgend ein geheimnisvolles Agens enthalten sein müsse, welches von diesen auf ihre direkte Zellennachkommenschaft übertragen werde. Dies Agens glaubt Weismann in seiner Keimplasma-Theorie nachgewiesen zu haben. Man muss wohl im Auge behalten, dass diese Theorie in verschiedenen Formen vortragen worden ist. Jede von ihnen wurde von den Schülern als endgiltige begrüßt, die gegen alle möglichen Einwendungen gefeit sei, während doch diese Einwendungen den Meister veranlassten, die Theorie in seinem nächsten Werk umzugestalten. Unsrer Darstellung der Theorie, welche sich an die Veröffentlichung „Germ-Plasm; A Theory of Heredity“, London 1893, hält, kann daher leicht durch eine andre obsolet werden, weil er inzwischen eine „tiefere Einsicht gewonnen“ hat.

Weismann nimmt an, dass im Kern von solchen Zellen, welche wir als „reproduktive“ (und auch teilweise „embryonale“) bezeichnet haben, ein gemischtes „Keimplasma“ enthalten sei, zusammengesetzt aus gewissen Einheiten, den „Determinanten“ für die verschiedenen Organe der Kolonie; dass bei der Teilung der Zelle an ihrer Wachstumsgrenze in zwei gleiche Zellen die Determinanten sich gleichfalls teilen, dass sie also in jeder der Tochterzellen ebenso enthalten seien, wie sie in der Mutterzelle waren. Wenn aber durch die Teilung dif-

ferenzierte Zellen entstehen sollen, teile sich das ganze Keimplasma in der Weise, dass die Determinanten sich auf die Tochterzellen verteilen, die einen in diese, die andern in jene gelangen; man könnte sagen, dass dabei eine Ausschüttung, aber keine wirkliche Teilung der Determinanten stattfindet. Ferner enthalte jede Determinante eine Gruppe von noch kleineren Einheiten, die Biophoren, welche bei den letzten Zellteilungen eines Organs sich auf die Zellen verteilen; von der Natur der Biophoren in jeder Zelle hängt es ab, welche spezielle Rolle sie im Organismus zu spielen bestimmt ist.

Alle Zellen, welche in direkter Linie von den Reproduktionszellen einer Generation zu denen der folgenden führen, sollen durch wahre Teilung des Keimplasmas und all seiner Determinanten entstehen. Wir haben Fälle der Propagation durch Bruchstücke, welche nur aus Gewebszellen bestehen, sowohl bei Tieren als noch mehr bei Pflanzen kennen gelernt, bei denen differenzierte Gewebszellen zum embryonalen Zustand zurückkehren oder vielmehr embryonale Zellen mit vollständigem Keimplasma erzeugen. Um diese Fälle zu erklären, müssten wir annehmen, dass vollständiges Keimplasma in jene Zellen übergegangen und latent geblieben sei, bis der Reiz der Trennung vom kolonialen Organismus sie zu neuem Leben erweckt habe. In dem Vierzellenstadium der Embryonen sehr verschiedener Tiere (bei manchen Medusen sogar noch im Sechszellenstadium) kann man eine einzelne Zelle abtrennen, welche sich dann zu einem vollkommenen Embryo entwickelt, während nur ein bestimmter Teil des Embryos aus ihr entstanden wäre, wenn sie mit ihren Schwesterzellen vereint geblieben wäre. Auch hier müsste Weismann's Theorie die Annahme von latent bleibenden Determinanten, die nur erst nach Abtrennung der Zellen aktiv werden, zu Hilfe nehmen. Dieselbe Annahme muss zur Erklärung des Generationswechsels gemacht werden, bei dem Wechsel zwischen Moospflanze und Kapsel, Farnschuppe (Vorkeim) und Farnpflanze; das Keimplasma muss zwei Reihen von Determinanten enthalten, eine für jede Generation, welche abwechselnd ruhen und dann wieder wirksam sind.

Man könnte meinen, es handle sich um eine formale oder fiktive Hypothese zur Erklärung des Vererbungsmechanismus auf dem Boden der gesonderten Schöpfung jedes einzelnen Organismus, jeder ausgestattet mit seinem eignen Keimplasma, seinen Determinanten und Biophoren. Aber nein, Weismann glaubt fest an einen gemeinsamen Ursprung; er und seine Schule halten sich für die einzig echten Darwinianer. Betrachten wir also seine Variationstheorie¹⁾.

1) Dieser Aufsatz ist etwa vor zwei Jahren geschrieben worden. Seitdem hat Weismann seine Theorie durch die Hypothese der Germinalselektion erweitert. Wir gehen auf sie nicht ein, weil dies für unsre Argumentation von keiner Bedeutung ist.

Das in den Reproduktionszellen des Körpers vorhandene Keimplasma mit seinen Determinanten ist Aenderungen der Ernährung ausgesetzt und erleidet fortwährend kleine Veränderungen, welche offenbar mit irgend etwas anderem zusammenhängen. Diese zufälligen Variationen der Determinanten haben deshalb zufällige Variationen des Organismus zur Folge. Hier greift nun die „allmächtige natürliche Zuchtwahl“ ein, merzt die unpassendsten aus und bewirkt so die endlosen Variationen von Form und Funktion im Reich der Lebewesen. Es ist schwer einzusehen, wie Schwankungen der Ernährung der hypothetischen Determinanten jemals zur Bildung eines Vertebratenauges geführt haben können oder zu dem Zusammenwirken von Organen, welche den Parasitismus der Nachkommenschaft in der lebendig gebärenden Mutter der Säugetiere ermöglichen. Es wäre schwer zu begreifen, selbst wenn wir unbegrenzte Aeonen für das biologische Zeitalter annehmen dürften statt der armseligen Zahl von 100000000 Jahren, die Lord Kelvin als Grenzzahl zugesteht, selbst wenn man sie noch mit 4000 multipliziert, wie Perry und Poulton wollen.

So viel ist sicher, dass die Theorie einen bewundernswerten Scharfsinn aufwendet zur Erklärung von Thatsachen, für die sie nicht notwendig ist, z. B. der Beschränkungen der Propagation durch kleine Bruchstücke von Pflanzen und Tieren, der Variationen in der Befähigung zur Propagation durch Blätter, welche alle auch ohne die Keimplasmatheorie leicht zu erklären sind. Die Theorie geht hinweg über die klaren Fragen von der Ernährung, Kork- und Knospenbildung und lenkt unsre Aufmerksamkeit auf das Vorhandensein von mehr oder weniger ruhendem Keimplasma in den Gewebszellen. Wir können hier wohl daran erinnern, was Bain über die Heranziehung überzähliger Ursachen zur Erklärung von Erscheinungen sagt: „Es liegt in dem Begriff der Ursache, dass die Wirkung in richtigem Verhältnis zu ihr stehen muss; deshalb enthält der Nachweis, dass mehr Ursachen wirksam waren, als zu der Wirkung erforderlich sind, in sich selbst die Widerlegung¹⁾).

Aber der Hauptfehler der Theorie bleibt der Mangel an Begründung. Sie giebt vor, sich auf die mikroskopische Untersuchung der Veränderungen im Kern bei der Zellteilung zu stützen. Aber nichts rechtfertigt die Annahme zweier Arten der Kernteilung, eine mit Spaltung und die andre mit bloßer Verteilung der Determinanten an die Tochterzellen. Um eine solche Theorie zu rechtfertigen, müsste wenigstens irgend eine thatsächliche Grundlage gegeben sein, wie es für die „Identtheorie“ des Verfassers in Bezug auf die „amphigone“ Vererbung (von zwei Eltern) der Fall ist²⁾.

1) Alexander Bain, Logic. Teil II. Induction. 2. Ausg. 1873. S. 395.

2) Der Einfachheit wegen und um diese Abhandlung nicht zu lang werden zu lassen, musste die Besprechung der Wirkungen geschlechtlicher Fortpflanzung

Die andre Schule (Herbert Spencer) betrachtet es als charakteristisch für die lebenden Wesen, dass sich ihre Konstitution beständig den äußeren Bedingungen anpasse und sieht keinen Grund, der Reproduktionszellen gerade diese Anpassungsfähigkeit abzuspochen. Sie glaubt, dass Instinkt allein erklärt werden kann als Gewohnheit, welche übertragen und durch wiederholte Uebertragung von einer Generation auf die folgende relativ fixiert worden ist. Sie ist nicht geneigt, ein Schema, das von solchen Betrachtungen ganz absieht, zuzulassen, selbst nicht als eine formale Hypothese. Sie ist daher gezwungen, Abänderungen der Nachkommenschaft dem Anpassungsvermögen der Vorfahren an die Umgebung zuzuschreiben und folgert, dass es irgend einen Uebertragungsmechanismus unabhängig von direkter Zellvererbung geben müsse, durch welchen die Reproduktionszellen ihren differenzierten Zell-Nachkommen die Charaktere der entsprechenden Zellen des elterlichen Organismus mitteilen.

Charles Darwin war von dieser Notwendigkeit so sehr überzeugt (was viele nicht wissen, die sich für seine echtsten Schüler ausgeben), dass er zum Behuf der Erklärung dieses Mechanismus seine provisorische Pangenesisstheorie ausarbeitete. Er nahm an, dass jede Zelle des Organismus kleine Knospen, „Gemmulae“, abgebe, welche mit dem Blute zu den Reproduktionszellen geführt und dort aufgespeichert würden, um bei der Entwicklung des Embryos die Bildung von Zellen gleich denen, von welchen sie abstammen, zu veranlassen. Galton suchte durch einen entscheidenden Versuch die Hypothese zu prüfen; er transfundierte Blut einer Kaninchenrasse in eine andre, fand aber, dass dies auf die Reinheit der Nachkommenschaft keinen Einfluss hatte. Dies spricht nicht nur gegen die Pangenesis-hypothese, sondern auch gegen jede andre Annahme der Fortführung materieller Partikelchen oder chemischer Substanzen von den einzelnen Teilen des kolonialen Organismus zu den Reproduktionszellen.

Eine zweite Theorie hat Herbert Spencer aufgestellt; er nimmt „biologische Einheiten“ von bestimmten Formen und Verhältnissen an, welche durch „Polarität“ den Organismus zu vervollständigen trachten. Sie ist neuerdings von Wilhelm Haacke unter der Bezeichnung der „Gemmarien-Theorie“ weiter entwickelt worden¹⁾. Er nimmt an, dass alles lebende Protoplasma aus kleinen Einheiten, „Gemmae“, zusammengesetzt sei, welche zu Aggregaten, den „Gemmarien“, vereinigt seien. Beide haben bestimmte Größen und Formen, streben des-

zung bei höheren Organismen übergangen werden. Es ist aber klar, dass sie dahin führen muss, die Abweichungen von dem Durchschnittsmittel der Rassen zu verwischen, nicht zu verstärken.

1) Siehe „Gestaltung und Vererbung“ und „Schöpfung der Tierwelt“ beide Leipzig 1893. Vergl. Biolog. Centralbl., 1894, S. 413.

halb nach gewissen Gleichgewichtsanordnungen in den Zellen sowohl wie im ganzen Organismus. Da das Gleichgewicht ein labiles ist, so muss jede Veränderung der Umgebung die Anordnung der Gemmarien und damit die Gleichgewichtsbedingungen ändern. Wegen ihrer Beziehungen zum Organismus im großen ganzen sind die Gemmarien der Reproduktionszellen R eines Organismus A so beschaffen, dass sie ein dem A gleichen Organismus produzieren müssen; wird A durch anhaltend veränderte Umgebungsbedingungen zu A', so wird sich die Anordnung der Gemmarien aus R in R' ändern und somit werden sie den abgeänderten Organismus A' hervorbringen. Als eine formale Hypothese kann diese sehr gut dazu dienen, von vielen Lebenserscheinungen eine Vorstellung zu geben; aber es giebt keine genügende mikroskopische Grundlage zu ihrer Stütze. Auch spricht m. E. gegen sie, dass wir zu wenig von den physikalischen Bedingungen des Zelllebens wissen, um eine ausschließlich auf geometrische und mechanische Vorstellungen begründete Theorie auch nur als vorläufige gutheißen zu können.

Die am meisten befriedigenden Erklärungsversuche sind vielleicht die von Hering¹⁾ und Samuel Butler²⁾ aufgestellten. Beide bringen eine große Anzahl von Erscheinungen des organischen Lebens unter den Begriff des bewussten und unbewussten, offenkundigen und latenten Gedächtnisses. Unser Gedächtnis ist bewusst, wenn wir eine Lektion hersagen oder uns eines Geburtstages erinnern; unbewusst, wenn unsre Finger von selbst ein Musikstück spielen, von dem wir nicht eine Note aufschreiben könnten; offenkundig, wenn wir daran denken einen Freund zu besuchen; latent, während der Diener an der offenen Thür wartet, bis der Anblick des uns wohlbekannten Stocks im Vorzimmer uns den Namen des Eigentümers wachruft, der uns nicht einfallen wollte. Zu der Ordnung der unbewussten Gedächtnisthätigkeit gehören alle Erscheinungen kooperativen Wachstums, einschließlich der Entwicklung aus den Reproduktionszellen. Wie die Dinge zu stande kommen, wissen wir nicht; es mögen, wie Hering vermutet, molekulare Schwingungen sein, so verschieden von denen gewöhnlicher physikalischer Vorgänge wie Röntgenstrahlen von gewöhnlichen Lichtstrahlen; oder es mögen, wie ich geneigt bin zu glauben, verwickelte chemische Vorgänge sein, von sehr kompliziertem aber ordnungsgemäßem Ablauf. Für jetzt kann das Problem der Vererbung leichter durch geistige als durch materielle Vorgänge anschaulich gemacht werden. [128]

1) „Das Gedächtnis, eine allgemeine Funktion der organisierten Materie“. Wien 1870.

2) „Life and habit“. London 1878. Auch „A Theory of Development and Heredity“ von Henry B. Orr, London und New-York 1893, ist wesentlich aus demselben Gesichtspunkt geschrieben.

Reduktionsteilung und die Funktion des Chromatins.

Von Prof. **Marcus M. Hartog**, D. Sc., M. A., F. L. S.¹⁾.

I.

Die folgenden Bemerkungen hätten eigentlich ihren Platz in der Abhandlung über „die Grundzüge der Vererbungstheorie“²⁾ finden sollen, wurden aber dort fortgelassen, um sie nicht mit Einzelheiten zu überlasten, und weil sie abseits vom Hauptgegenstand der Arbeit liegen, — nämlich der Darstellung des Zellstammbaums des Organismus mit Hinweis darauf, dass „kollaterale Zellübertragung“ in allen höheren Organismen sich abspielt. Deshalb möchte ich den Leser bitten bei dieser Abhandlung meine frühere vergleichen zu wollen. „Reduktions-Teilung“ ist ein leicht zu definierender Prozess. Wenn ein Kern im Begriff ist sich zu teilen, lösen sich seine Formbestandteile in eine gewisse Anzahl von Segmenten auf, diese spalten sich jeder in zwei, von denen je eines für die beiden Tochterkerne bestimmt ist, die aus der Teilung hervorgehn. Diese Segmente heißen „Chromatomen“ oder „Chromosomen“, wir werden den kürzeren und häufiger benutzten Namen anwenden, obgleich der längere nicht die zahlreichen, meist falschen hypothetischen Nebenbegriffe einschließt, wie der andere. Meistens zeigt ein Kern, bevor er sich teilt, eben so viele Segmente, wie bei seiner Entstehung in ihn eintraten; und so bleibt die Zahl der Segmente bei derselben Art von Generation zu Generation konstant; aber auf einem gewissen Punkt der Entwicklung ist die Zahl der bei der Teilung erscheinenden Segmente geringer als bei den vorhergegangenen Teilungen der Mutterzellen: und das wird „Reduktionsteilung“ genannt.

Es sind drei Arten von Reduktionsteilung beschrieben worden:

Fall I. Bei Elasmobranchiern, Amphibien und Säugetieren; bei Blütenpflanzen einiger Archegoniaten und Fucaceen. Das Kernnetzwerk wird gleich auf die Hälfte der früheren Anzahl von Segmenten reduziert; gewisse Modifikationen kommen vor, die das Prinzip nicht ändern. Hier ist thatsächlich nicht mehr wirkliche „Reduktion“ vorhanden, nicht mehr als wenn ein Mann zehn Mark von seinem Vater erbt und jedem seiner zwei Söhne fünf Zweimarkstücke hinterlässt.

Fall II. Bei *Sagitta* und *Ascaris* bei einigen Gasteropoden und bei *Marchantia polymorpha* ist eine Modifikation des Prozesses beobachtet worden, zuerst von Boveri und Hertwig im Jahre 1890, während seine Beziehungen zu Fall I von mir im Jahre 1891 aufgeklärt wurden. Hier erscheint die reduzierte Anzahl von Segmenten in einer bestimmten Zelle; aber nach der ersten Spaltung für die bevorstehende Teilung geht eine zweite Spaltung eines jeden vor sich, so dass bei der ersten Teilung des Kerns jeder Tochterkern die redu-

1) Aus „Natural Science“, August 1898, vom Herrn Verfasser mitgeteilt.

2) S. den vorhergehenden Aufsatz.

zierte Anzahl von Segmenten erhält, die bereits für die zweite Teilung gespalten sind; und bei der zweiten Teilung erhält jeder weitere Tochterkern die ihm zugehörige Segmentzahl. Es ist dies nur eine zeitliche Verschiebung der beiden Spaltungen für die beiden aufeinanderfolgenden Teilungen des Kerns. In ähnlicher Weise tritt der Kern, wenn eine Zelle im Begriff ist, sich zwei- oder mehrmals hintereinander zu teilen in die nächsten Teilungen ein, noch ehe das Cytoplasma sich auch nur einmal teilt. Die Reduktion ist im wesentlichen vom gleichen Charakter wie bei Fall I.

Fall III. Der Kern, der auf dem Punkt steht sich zu teilen, zeigt eine Anzahl von Tetraden oder Gruppen, jede aus vier Segmenten gebildet; die Anzahl der Gruppen beträgt nur die Hälfte der ursprünglichen Anzahl von Segmenten und folglich ist die Gesamtzahl von Segmenten doppelt so groß wie die ursprüngliche Anzahl: der Kern teilt sich zweimal und bei jeder Teilung werden vier Segmente der einzelnen Gruppen unter die entstehenden Kerne gleichmäßig verteilt; so ist es also klar, dass jeder Kern bei der zweiten Teilung ein Segment von jeder Gruppe enthält, d. h. eine Zahl, die der Anzahl von Gruppen gleichkommt und halb so groß ist, wie die ursprüngliche Anzahl von Segmenten in den Zellen aus dem Anfangsstadium des Entwicklungszyklus

Was die Einzelheiten von Fall III betrifft, so handelt es sich hier um viele sich widersprechende Beobachtungen, viele unzusammenhängende Darstellungen, viele vage Hypothesen, die auf der Annahme begründet sind, dass dies die typische Art von Reduktionsteilung sei, in die man alle ändern wie in ein Prokrustesbett hineinzwängen müsste. Wir wollen aber nicht darauf eingehen; die Erklärungen, die für Fall I und II passen, werden sich auch mit Fall III decken, selbst wenn bei letzterem etwas hinzugefügt werden müsste; aber die Erklärung dieses Etwas kann ruhig warten, bis die Thatsachen selber weiter erforscht sein werden.

Wo kommt Reduktionsteilung vor? Bei Metazoen gewöhnlich bei der ersten der beiden Zellteilungen, die zur Entstehung einer Brut von 4 Spermatozoen, bezw. der Oosphäre und den 3 Poolkörpern (verkümmerten Oosphären) führt also beim Beginn der Bildung von sich paarenden Geschlechtszellen. Es war eine große Versuchung für die Zoologen, dies auf alle Fälle auszudehnen; und die Forderungen des Weismanismus aus den 80er Jahren ließen die Erbringung dieses Nachweises notwendig erscheinen. Man suchte eifrig nach Reduktions- oder Ausscheidungsprozessen bei der Gametogynie und fand sie wirklich überall; und in '91 (Seite 62—3) zählte und besprach ich nicht weniger als 15 Fälle, die ohne Rücksicht auf morphologische oder physiologische Gleichwertigkeit von anderen angeführt waren. In derselben Abhandlung besprach ich die Frage der Reduktionsteilung vom damaligen

Standpunkt unserer Kenntnisse aus und stellte fest, dass bei Blütenpflanzen Reduktion in der Pollen-Mutterzelle vorkommt und dass diese der geschlechtslosen Sporen-Mutterzelle der archegoniaten Cryptogamen (Farren und Moosen) entspricht. „Wir müssen uns vergegenwärtigen, dass die Reduktion in den Pollen-Mutterzellen der Blütenpflanzen vor sich geht, die selbst homolog mit den Mutterzellen sind, welche Tetraden von geschlechtslosen Sporen bei Archegoniaten Cryptogamen bilden; daraus dürfen wir also folgern, dass Reduktion auch in letzterer Gruppe vor sich geht; und dass sie dementsprechend auch nicht auf Gametogonien (den Mutterzellen einer Brut von Gameten) beschränkt ist!).

Zu jener Zeit waren gründliche Untersuchungen nur an einem Lebermoos gemacht, aber seitdem haben wir erfahren, dass in der Eizelle von Blütenpflanzen Reduktion bei der ersten Teilung des Urkerns im embryonalen Sack stattfindet; und dass bei den Archegoniaten ausnahmslos Reduktion beim Beginn der Bildung von Tetraden von Sporen eintritt, aber nicht bei der Bildung von Spermatozoen und Oosphären, die den Geschlechtszellen von Metazoen entsprechen. Aus der Spore der Moose entsteht dann die Blattpflanze, die befähigt ist, unbegrenzt zu wachsen und zu sprossen; es entsteht aus der Spore eines Farus ein Prothallium, das bei Gymnogrammen z. B. sogar perennierend ist. So ist also Reduktionsteilung kein Prozess, der auf die Bildung von Zellen beschränkt ist, welche speziell für geschlechtliche²⁾ (sit venia verbo) Verschmelzung oder Gamogenese befähigt sind.

1) '91, Seite 57—58. Der Satz schließt folgendermaßen: „sondern sie wird bei allen Mutterzellen gefunden werden, die dazu bestimmt sind, durch mehrfache Teilung eine Brut von Reproduktionszellen hervorzubringen“. Der letzte Teil der Folgerung hat sich allerdings nicht bewahrheitet, wohl aber der erste: nämlich dass Reduktion an Cryptogamen bei der Sporen-, nicht bei der Gametenbildung vor sich geht. Die von mir im Jahre 1891 in dieser Weise ausgesprochene Vermutung wurde 1893 von Overton wiederholt und die Autorschaft ist ihm von Strasburger zugeschrieben worden ('94a, S. 291; '94b, S. 825), während später ebenfalls Wilson in diesem Irrtum verharrete ('96, S. 196). Ich hielt es nicht für notwendig, eine solche Prioritätsfrage eigens zu behandeln, benutze aber diese Gelegenheit, um das Missverständnis aufzuklären.

2) Der Ausdruck „geschlechtlich“ hat zweierlei Bedeutungen; der eine bezieht sich auf die Verschmelzung zweier Zellen etc. in eine, die andere auf die Differenzierung von Fortpflanzungszellen in zwei ungleiche Formen, so dass Zellen von der einen sich nur mit denen der andern Art paaren können. „Geschlecht“, „geschlechtliche Differenzierung“, „geschlechtlicher Vorgang“ sind Ausdrücke, die eben so oft in dem einen, wie in dem andern Sinu angewandt werden; wir können leicht einer Verwechslung vorbeugen, wenn wir die erstere Bedeutung umschreiben mit „Paarungs-Vorgänge“ oder „Befruchtungsvorgänge“ u. dergl., in der zweiten Bedeutung aber zu den Ausdrücken „Geschlecht“, „geschlechtlich“, das Adjektiv „binär“ hinzufügen, um die Bedeutung der beiden Ausdrücke von einander zu unterscheiden.

Ich erlaube mir auf meine neue Arbeit ('97) hinzuweisen, in der ich nachwies, dass bei Metazoen eine lange Periode von Zellteilungen vorkommt, die zu Kolonienbildung führt, und die abwechselt mit einer kurzen Periode, in der durch Brutteilung Geschlechtszellen von Protisten-Charakter entstehen. Bei den Metaphyten giebt es zwei solcher wechselnder Perioden von Kolonien- und Protistenbildung, nämlich die Moospflanze, bezw. das Prothallium, bringen die Geschlechtszellen hervor und die Kapseln der Moose bezw. die Farnpflanze bringen geschlechtslose Sporen hervor. 1891 schrieb ich von der Reduktionsteilung: „Wir können es vielleicht als eine Anpassungserscheinung betrachten, die dazu dient, die nutzlose Vermehrung der Chromatomen in den Zygoten und bei den aus ihnen hervorgehenden Zellen zu verhindern“. Dieser Satz ist von Strasburger weiter ausgeführt worden, aber ich ziehe es vor, die weitere Erklärung in meinen eigenen Worten zu geben. Jeder gewöhnliche Kern enthält bei seiner Teilung ebenso viel Segmente, wie er bei seiner Entstehung enthielt; aber das befruchtete Ei, das Oosperm, die Zygote oder wie man auch immer eine Zelle nennt, die aus der Verschmelzung von Zweien hervorgeht, zeigt bei ihrer Teilung doppelt so viel Segmente als in jeder der beiden ursprünglichen Zellen enthalten waren. Wenn dann bei jeder geschlechtlichen Verschmelzung diese Verdoppelung sich fortsetzte, würde die Anzahl von Kern-Segmenten in jeder Zelle ins Unendliche wachsen. So ist es also fraglos, dass irgendwo eine Reduktion stattfinden muss. Diese notwendige Reduktion geht vor sich, wenn zum ersten Mal die Vermehrung in der Weise wie bei den Protisten erfolgt. Bei den Metaphyten, wo dieser Fortpflanzungsmodus zweimal vorkommt, ist diese Notwendigkeit ohne Weiteres verständlich; aber bei den Metazoen giebt es nur ein solches Stadium, das mit der Bildung der (protistenähnlichen) Geschlechtszellen¹⁾ zusammenfällt; es ist nur dieses Zusammenfallen, welches den Gedanken erweckte, dass Reduktion eine Vorbereitung zur Zellverschmelzung sei, während es die notwendige Folge der Zellverschmelzung ist.

Eine sehr merkwürdige Erscheinung findet sich beim Fucus, dem Blasen-Tang, der wie ein Tier nur eine Kolonienbildung entwickelt — die gewöhnliche Pflanze — und eine protistenähnliche Reproduktion, die die Geschlechtszellen erzeugt. Hier kommt, wie man sich denken kann, Reduktion, wie bei Metazoen, beim Beginn des Prozesses vor. Wäre dieser Fall vor dem der Gefäßcryptogamen ausgearbeitet worden, so wäre er eine große Stütze der physiologischen Hypothese gewesen.

Auch die Süß-Wasser-Algen, die Konjugaten, haben getrennte Zellen oder wenigstens einfache Kolonien von Fäden, wo die Zellen mit ihren Enden in eine einzige Reihe aneinander gefügt sind;

1) Ich übergehe die Ausnahmefälle, wo die Reduktion in einem sehr frühen Stadium in den Zellen des Ovariums vor sich geht.

sie teilen sich unabhängig von einander, so dass man sie eher mit Protistenzellen vergleichen kann als mit differenzierten Kolonienzellen von höhern Pflanzen. In diesen Pflanzen kommt Reduktionsteilung doch noch in einer anderen Entwicklungsperiode vor, nämlich bei den allerersten Zellteilungen der Zygospore, was als eine Wiederaufnahme von Protistenzellteilung nach der Konjugation angesehen werden kann.

Strasburger's Darstellung dieser Sache ist etwas anders. Er schreibt: „Der morphologische Grund für die Reduktion der Anzahl von Chromosomen . . . ist meiner Ansicht nach phylogenetisch. Ich betrachte diese Thatsachen als einen Rückschlag auf die ursprüngliche Generation, von der, nachdem sie bis zu geschlechtlicher Differenzierung vorgedrungen war, Abkömmlinge mit doppelter Chromosomenzahl entwickelt wurden; es ist das Wiederauftreten der ursprünglichen Anzahl von Chromosomen, in der geschlechtliche Differenzierung [vielmehr Zellverschmelzung, denn ob es geschlechtlich oder isogam sei, macht in dem Punkt keinen Unterschied] zum ersten Mal auftrat.“ Wenn wir die Sätze, die ich gesperrt habe, wörtlich nehmen, würden wir annehmen müssen, dass zwei solcher Pflanzen wie die Zwiebel und die Türkenbundlilie unabhängig von einander den Paarungsprozess ausgebildet haben; denn die Anzahl der Kernsegmente beträgt in ersterer 8 und 16, in letzterer 12 und 24; das gleiche würde auf die beiden Formen des Pferdespulwurms mit 2 (4) und 1 (2) Segmenten passen. Aber das wäre absurd. Soviel Raum ist jedoch in der Abhandlung auf die Beweisführung verwandt, dass die ungeschlechtliche Fortpflanzung der ältere Modus, nicht nur bei den ursprünglichen Organismen, sondern auch bei einzelnen Ordnungen der höhern Organismen sei, dass es einen wundert, dass Strasburger die Unzulänglichkeit seiner Hypothese nicht eingesehen hat; deshalb kann ich für meine Auffassung leider nicht das große Gewicht seiner Autorität ins Feld führen, so gerne ich es auch möchte.

Wir haben also gesehen, dass der Vorgang der Reduktionsteilung trotz seines Namens, keine wirkliche Reduktion in der Menge der Kernmaterie in sich schließt, sondern nur in der Anzahl der Segmente, in die sie eingeteilt ist. So kann also der Vorgang nicht die physiologische Bedeutung haben, die ihm zugeschrieben wurde, nämlich die einer „Vorbereitung zur Gamogenese“; und seitdem wir ihr Vorkommen beim Beginn einer langen Periode von Zellteilungen festgestellt haben, müssen wir diese angenommene physiologische Bedeutung für vollständig nutzlos erklären.

II.

Ein Wort noch über die Funktion des Chromatins oder Nukleins bei der Kernteilung. Die Menge des Chromatins in einem Kern ändert sich fortwährend; sehr oft ist, nachdem eine Zelle gebildet worden, die Menge des Nukleins bedeutend verringert und mit dieser redu-

zierten Menge verrichtet die Zelle alle ihre Lebensfunktionen. Das Nukleïn wächst jedoch bei der nahe bevorstehenden Zellteilung und erreicht ein Maximum beim Beginn der Kernteilung, die derjenigen der Zelle vorausgeht; bei dem Kern der Tochterzelle wiederholt sich der Vorgang. Was auch immer die Funktion des Chromatins in der „arbeitenden“ Zelle, wie wir sie bezeichnen wollen, sein mag, so ist sie augenscheinlich weniger wichtig als seine Funktion in der sich teilenden Zelle. Die achromatische Substanz des Kerns (Linin) bildet, wie es scheint, die Grundlage der Kernsegmente, in welche das Chromatin in der Form von Körnchen eingebettet ist, wie die Perlen eines Rosenkranzes, oder besser einer Perlenpassementerie; die Körnchen spalten sich zuerst und dann die Fäden, auf die sie aufgezogen sind. Ich bin zu einer Erklärung gekommen, die weit ab von den landläufigen Theorien liegt — vielleicht ist es schließlich das achromatische Plasma („Linin“) des Kerns, dessen glatte und gleichmäßige Teilung das wichtigste Moment, die Endursache der Karyokinese ist. Aber die Spaltung eines zähen Fadens ist eine der schwierigsten mechanischen Künste. Gesetzt also, dass eine gewisse Polarität bei den Chromatinkörnchen vorhanden ist, durch welche sie, nach ihrer Teilung, das Bestreben haben von ihren Nächsten so weit wie möglich abzurücken. Dadurch werden sie eine Spaltung der Faser bewirken, auf die sie aufgereiht sind. Der Schluss der Kernteilung beschließt auch ihre Arbeit; und wir müssen erwarten, dass nachdem die chromatischen Körnchen vorerwähnte Arbeit ausgeführt haben, sie jetzt atrophieren, und in diesem Zustand bleiben bis die Annäherung einer neuen Zellteilung ein frisches Wachstum ihrer Substanz mit sich bringt. Nach dieser Ansicht wäre das Linin der Vermittler ererbter Eigentümlichkeiten und das Chromatin hätte eine rein mechanische Funktion bei der Karyokinese. Ich möchte wagen vorherzusagen, dass diese Hypothesen binnen Kurzem der neuesten Ausgabe der Keimplasma Theorien einverleibt werden; denn es hebt die vielen Schwierigkeiten, die in der Feststellung der erblichen Beharrlichkeit liegt, bei einer Substanz, die so periodisch Atrophie und Wachstum zeigt wie das Chromatin des Kerns. [128b]

Queen's College, Cork.

Marcus Hartog.

Litteratur.

Marcus Hartog, '91. — „Some problems of Reproduction: a Comparative Study of Gametogeny, and Protoplasmic Senescence and Rejuvenescence“. (Quart. Journ. Micr. Sci., n. s., Vol. XXVIII, p. 1—79, Dec.)

Derselbe, '97. — „The Fundamental Principles of Heredity“. (Nat. Sci., Vol. XI, p. 233—239 and 305—316, Oct. and Nov.; *Biolog. Centralbl.*, in dieser Nummer.)

Oscar Hertwig, '90. — Vergleich der Ei- und Samenbildung bei Nema-

toden. Eine Grundlage für celluläre Streitfragen“. Arch. Mikr. Anat., Vol. XXXVI, S. 1—138, pts. 1—10.

E. Strasburger, '94. — „Ueber periodische Reduktion der Chromosomenzahl im Entwicklungsgang der Organismen. Biolog. Centralbl., 1894, S. 817—838 und S. 849—866. Ann. Botany, VII, 281—316.

E. B. Wilson, '96. — The cell in Development and Inheritance. London and New-York, 1896.

Die anatomischen Elemente des Nervensystems und ihre physiologische Bedeutung.

Von **Albrecht Bethe**.

Aus dem physiologischen Institut zu Strassburg i. Els.

Dass wir über viele verhältnismäßig einfach erscheinende Vorgänge des Centralnervensystems bis auf den heutigen Tag noch im Unklaren sind, liegt wohl hauptsächlich daran, dass als Untersuchungsobjekt fast ausschließlich Wirbeltiere herangezogen wurden. Leider werden Arbeiten, die sich mit andern Tieren beschäftigen, immer noch von einzelnen tonangebenden Männern der Wissenschaft über die Achsel angesehen. Dass nun die Wirbeltiere für die Lösung vieler Fragen der Physiologie des Centralnervensystems ein ungünstiges Objekt sind, liegt zum Teil daran, dass uns hier die nervösen Teile eine außerordentliche Kompliziertheit darbieten, vor allem aber ist die mangelhafte Trennung der einzelnen Centralorgane und ihrer anatomischen Elemente von einander daran Schuld. Der ursprünglich segmentale Aufbau des Nervensystems ist verwischt; Teile, die zu einem Segment gehören, haben sich mit denen eines andern durchmischt, Ueberlagerungen und Verschiebungen haben aller Orten Platz gegriffen. Das Rückenmark, das noch einen einigermaßen ursprünglichen Bau beibehalten hat, ermöglicht nicht die einzelnen Gebiete anatomisch und physiologisch scharf von einander abzugrenzen und erscheint so zu genaueren Studien über das Zustandekommen von Reflexen ungeeignet. Nirgends treten uns die Ganglienzellen frei von andern nervösen Elementen zu größeren Massen vereinigt entgegen. An den meisten Stellen sind sie überlagert von weißen Bahnen, so dass ihnen ohne Verletzung dieser nicht beizukommen ist. Wo sie in einigermaßen reichlicher Anhäufung an die Oberfläche treten (Großhirn- und Kleinhirnrinde), sind sie mit Neuropil (Aufsplitterungen von Axencylindern und Dendriten) und auch mit Leitungsbahnen (Tangentialfasern der Großhirnrinde) untermischt. Das gleiche gilt für das Neuropil. Es sind also weder die Ganglienzellen noch das Neuropil an sich dem physiologischen Experiment zugänglich. Daher war es ein großer Irrtum, wenn man glaubte, es mit Ganglienzellfunktionen zu thun zu haben, als man nach Reizung der Großhirnrinde Bewegungseffekte auftreten sah.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Biologisches Zentralblatt](#)

Jahr/Year: 1898

Band/Volume: [18](#)

Autor(en)/Author(s): Hartog Marcus Manuel

Artikel/Article: [Grundzüge der Vererbungstheorie. 817-843](#)