©Naturwissenschaftlicher Verein für Schwaben, download unter www.zobodat.at

Vererbung und Entwicklung bei Einzellern und wenigzelligen Mehrzellern

Von Prof. Dr. Emil Werth

(Mit 60 Einzelabbildungen auf 11 Tafeln)

Zu den einfachsten Lebewesen gehören die **Amöben**. Jedes Individuum besteht nur aus einer Zelle ohne feste Formgebung. Sie können beliebig nach den verschiedensten Richtungen aus ihrem Plasmaleib sogenannte Pseudopodien (Scheinfüsschen) ausstrecken und sich damit auf ihrer Unterlage langsam fortbewegen. Sie pflanzen sich durch Teilung fort. Diese geht vom Zellkern aus, der sich hantelförmig verlängert (Abb. 1, zweites Individuum von links) und zweiteilt; das ganze Wesen schnürt sich in der Mitte ein; und schliesslich ist das Muttertier in zwei Tochterwesen zerfallen. Jedes Tochterwesen hat den halben Leib der Mutter bekommen und mit diesem die Fähigkeit zu wachsen, sodass jede Tochter wieder die Grösse der Mutter erreicht. Von **Vererbung** kann man soweit kaum reden, denn eine solche setzt ja eine unsichtbare (Erb-) -Anlage voraus, die sich in den Nachkommen erst entfalten soll. Hier aber bestehen die „Sprösslinge" von vornherein aus der lebenden Leibessubstanz der Mutter mit allen formativen und funktionellen Eigentümlichkeiten derselben.

Ganz so einfach liegt die Sache freilich nicht. Neben dem Kern hat die Amöbe eine „pulsierende Vakuole" (Abb. 1, bei dem ersten Tier rechts oben). Diese Vakuole aber bleibt bei der Teilung ganz und gelangt so, je nach ihrer Lage, bei der Durchschnürung der Amöbe in eine der beiden Tochterindividuen. Das zweite Individuum aber muss sich erst zu einer richtigen, eine Vakuole führenden Amöbe „entwickeln". Das heisst, sie muss sich eine neue Vakuole zulegen (Abb. 1, die zwei letzten Exemplare rechts). Dazu ist das Tochterwesen jedoch befähigt, da es mit der lebendigen Leibessubstanz (Plasma) der Mutter auch die darin ruhenden formativen und funktionellen „Potenzen" übernommen hat. Und damit begegnet uns zuerst in leisen Anfängen das **Problem der Vererbung**. Das Rätsel der Vererbung beginnt

©Naturwissenschaftlicher Verein für Schwaben, download unter www.zobodat.at

mit den ersten Spuren einer individuellen Entwicklung (Ontogenese), wie die Wissenschaft es nennt. Diese Ontogenese ist es, die vor allem durch die Vererbung begreiflich gemacht werden soll. Und es dürfte auch unter den Einzellern kaum eine Art geben, bei der nicht nach der Teilung das eine oder andere zu ergänzen oder neu zu bilden wäre. So wird bei den Rhizopoden mit Schale die der Jungen entweder bereits innerhalb der alten Schale oder erst nach der Ablösung neu gebildet. In seltenen Fällen (Microgonia) nimmt das sich ablösende, durch Teilung entstandene junge Wesen zunächst die Gestalt eines mit zwei Geisseln ausgerüsteten Schwärmers an, der sich erst später zu der elterlichen Gestalt „umwandelt". Hier haben wir es also in der Ontogenese schon mit einer richtigen **Metamorphose zu** tun (Abb. 2), und das Vererbungsproblem tritt uns in voller Schärfe zutage. Während der amöbenartige Zustand hier die Norm bildet, wird er bei einigen Flagellaten (Geisselschwärmer) nur zur Teilung angenommen (Abb. 4), während die Teilungsprodukte wieder die Schwärmergestalt haben.

Noch mehr tritt der Unterschied zwischen der frei umherschwimmenden Schwärmer**larve** und dem alten Tier in die Erscheinung, wenn letzteres festgewachsen ist. So bei Clatrulina, Sonnentierchen (Heliozoe Abb. 3). Auch Schwärmerbildung durch **innere** Knospung kommt bei den Einzellern vor, und zwar speziell bei den Saug-Infusorien. Abb. 5 zeigt dies von Podophrya fixa.

Endlich kommt auch bei diesen Suctorien (Saug-Infusorien), noch äussere Knospung in Vielzahl vor. Das zeigt uns Podophrya gemmipara unserer Nordsee (Abb. 6). Hier werden auf der Oberseite des Infusor-Körpers, der mit einem Stiel (von dem nur der obere Teil gezeichnet ist) festgewachsen ist, eine ganze Anzahl von Knospen abgeschnürt, in die der vielverzweigte Zellkern hineingewachsen ist. Nach dem Ablösen werden die Knospen zu freibeweglichen Schwärmern (Abb. 6, rechts), die sich später festsetzen und zum vollendeten Tier werden (Verwandlung 1). Ein erwachsenes Tier mit ausgestreckten Saugröhren und langen Fangfäden ist in geringerer Vergrösserung rechts unten (Abb. 6) wiedergegeben.

©Naturwissenschaftlicher Verein für Schwaben, download unter www.zobodat.at

Was zeigt uns nun dieses neue Bild ? Erstens, dass die Knospe mit dem mitgegebenen Anteil mütterlichen Plasmas auch die im mütterlichen Plasma schlummernden formativen und funktionellen Potenzen mitbekommen hat. Denn sonst wäre der Schwärmer nicht imstande, sich zu dem wesentlich anders gestalteten und auch im Lebenskampfe sich anders verhaltenden festsitzenden Tier zu verwandeln. Und zweitens zeigt uns die Vielheit der auf einmal gebildeten Knospen und die damit notwendig verbundene Kleinheit der Einzelknospe gegenüber dem Muttertier, dass es — bei der Übertragung der elterlichen Eigenschaften auf die Nachkommen — gar nicht auf die Materie und deren Masse, sondern eben auf die erwähnten „Potenzen" ankommt, die in der kleinsten Plasmamenge ebenso schlummern, wie im ganzen Mutterorganismus. Hier haben wir, dem Volumen nach, bereits ein ähnliches Verhältnis, wie bei den „höheren" Organismen zwischen Körper (Soma) und Keimzellen.

Noch einen Teilungsvorgang bei Einzellern wollen wir uns ansehen, der wieder in seiner Weise sehr eigenartig ist und zu denken gibt. Es ist der bei den Desmidiaceen, einer Gruppe einzelliger Grünalgen, deren Mitglieder zu den zierlichsten organischen Gebilden gehören, die es gibt. Jedes Individuum besteht aus zwei symmetrischen Hälften, die gewöhnlich durch eine tiefe Einschnürung gegen einander abgegrenzt sind (Abb. 7). Auf dem Isthmus der Einschnürung liegt der Zellkern (Abb. 7, oben). Von ihm aus vollzieht sich die Teilung, die hier in der Einschnürung erfolgt. Die beiden Zellhälften trennen sich und rücken langsam voneinander weg, indem im gleichen Tempo beiderseits von der Trennungsstelle aus jede Zellhälfte die verlorene andere Hälfte „regeneriert" (Abb. 7, unten). Nach Beendigung dieses Ergänzungswachstums trennen sich die alten Zellen endgiltig voneinander. Aus der, aus zwei symmetrischen Hälften bestehenden Mutterzelle sind jetzt zwei, je aus zwei symmetrischen Hälften zusammengesetzte Tochterzellen geworden. Und jede dieser Tochterzellen hat ihre eine Hälfte unverändert von der Mutter übernommen, während ihre andere Hälfte durch Regeneration von der Mutterhälfte aus ergänzt wurde.

Diese „Regeneration" arbeitet durchaus nicht anders, als wenn z.B. ein junger Molch ein verlorenes Bein regene-

©Naturwissenschaftlicher Verein für Schwaben, download unter www.zobodat.at

riert, d.h. wieder ersetzt. Die Regeneration (Wiederersetzung) geschieht immer im artgetreuen Sinne des normalen ganzen Organismus. Und damit wird uns klar, dass auch die Entwicklung des kompliziertest gebauten Organismus aus der Keimzelle heraus im Grunde genommen nichts Anderes ist als eine Regeneration des mütterlichen Organismus aus einem Teilstück dieses letzteren, eben der Keimzelle. Ist es bei Teilung von Cosmarium (Abb. 7) genau die Hälfte, die regeneriert werden muss, so ist es bei dem eben angezogenen Beispiel die bei weitem „grössere Hälfte", die ergänzt, regeneriert, werden muss. Dies zu tun, ist die Keimzelle befähigt, weil auch das winzigste Teilchen des Mutterorganismus einen „Sinn für das Ganze" hat, d.h. — als Keimzelle — alle formativen und funktionellen Potenzen mitbekommt, die dem Mutterorganismus eigen sind.

Dass dieser ganze Vorgang sich artgemäss vollzieht, bzw. zu einem artgemässen Ziele führt, ist nicht weiter verwunderlich, da ja ebenso, wie der Tochterorganismus seine Potenzen von der Mutter, so diese die ihren von den Voreltern usw. überliefert bekommen hat. Und die Gesamtheit aller dieser formativen und funktionellen Potenzen ist nichts Anderes als das „Leben" schlechthin, das Leben in artgemässer Form. Und die Übertragung dieses Lebens von einer Generation auf die andere ist eben das, was wir **Vererbung** nennen.

Kehren wir noch einmal zurück zu den Einzellern mit verhältnismässig einfachem Teilungsvorgang, so wollen wir das Pantoffeltierchen (Paramaecium) nicht unbeachtet lassen. Wir sehen hier (Abb. 8 links) ein solches Tier in normalem Zustand. Es hat mitten an seinem Körper eine taschenartige Einstülpung, den sogenannten Mund, zur Nahrungsaufnahme, einen grossen Kern (dunkel in der Abbildung) und ihm angelagert (Abb. 8, oben links) einen „Nebenkern", sowie an jedem Körperende eine kontraktile Vakuole. Bei der Teilung (Abb. 8, rechts) teilt sich zuerst der Nebenkern, dann verlängert sich der Hauptkern und schnürt sich hantelförmig ein. Von der Mundöffnung wird ebenfalls ein Teil für das zweite Tochtertier abgeschnürt, und die vordere Vakuole bleibt dem vorderen, die hintere dem hinteren Teilsprössling. Aber jeder Sprössling muss die zweite Vakuole

©Naturwissenschaftlicher Verein für Schwaben, download unter www.zobodat.at

sich neu zulegen: der vordere die hintere und der hintere die vordere. Da jeder Teilsprössling mit der Übernahme des halben mütterlichen Leibes auch die Potenzen der Mutter mitbekommt, so ist er, wie wir oben schon sahen, dazu befähigt.

Wir haben hier also wieder eine einfache Teilung mit geringfügigen Ergänzungen, wie wir es beim Wechseltierchen (Amöbe) auch schon sahen. Dasselbe kommt aber auch bei Vielzellern noch vor. Auch hier gibt es noch Vermehrung durch Körperteilung. So u.a. bei vielen Würmern, zu deren primitivsten Formen die **Strudelwürmer** gehören. Abb.10 zeigt uns einen solchen, der gerade in Teilung begriffen ist, im Längsschnitt. Die Tiere haben einen einfachen Darm ohne After und sind mit einem Flimmerkleid versehen (Abb.10,e). Bei der Teilung schnürt sich das Wesen ein und für das hintere Teilprodukt wird der, durch Einstülpung des Ektoderms (Aussenhaut) zustandekommende „Aussendarm" (Abb.10,a) neu angelegt, ebenso ein zweites Ganglion (primitives Hirn) auf der Rückenseite. Beide Organe werden, wie die Abbildung erkennen lässt, bereits neu gebildet, ehe die Abschnürung und endgiltige Trennung der beiden Tochterindividuen vollendet ist. Ebenso war es mit den Vakuolen bei Amoeba und Paramaecium, wie wir uns erinnern wollen. Und man kann hier natürlich sagen, dass diese Organe noch vom Mutterindividuum neu gebildet werden und erst die vollkommen fertigen Teilprodukte endgiltig getrennt werden, und dass damit das Muttertier in zwei Tochtertiere zerfällt, und wir so diesen letzteren keinerlei formative und funktionelle Potenzen zubilligen und damit auch keine Übertragung solcher Potenzen (Anlagen) vorzuliegen brauchen, wir also in einem solchen Falle nicht von Vererbung reden können. Aber wir brauchen uns nur klarzumachen, dass ja demnächst jedes Tochterindividuum, ebenso wie ihre Mutter, imstande sein wird, sich zu teilen und dabei die, dem hinteren Teilprodukte dann fehlenden Organe zu ersetzen. Und wir merken, dass wir auch bei so einfachen Fällen der Fortpflanzung ohne die Voraussetzung einer Übertragung von „Anlagen" – besser vielleicht gesagt: „Veranlagungen" (Potenzen) – nicht auskommen können.

Noch markanter tritt bei den Einzellern die Zweiteilung des Mutterorganismus in die Erscheinung, wenn eine Längs-

©Naturwissenschaftlicher Verein für Schwaben, download unter www.zobodat.at

teilung vorliegt, wie z.B. bei Euglena (Abb. 9). Bei der von vorn nach hinten fortschreitenden Teilung und Trennung scheinen alle „Organe" des Zellkörpers: Geisseln, Schlund, Vakuole mit anliegendem (dunklen) Augenfleck, Chromatophoren und Zellkern, bestens geteilt und auf die beiden, im Entstehen begriffenen Tochterzellen verteilt zu werden. Aber auch in der Gattung Euglena kommt eine Encystierung (Einkapselung) und in diesem Zustande vollzogene mehrmalige Teilung in später ausschlüpfende Tochterzellen vor. Das heisst also eine richtige Verwandlung und damit vollgiltige Vererbung. Euglena führt in der Regel grüne Chromatophoren und hat damit eine pflanzliche Ernährungsweise. Seltener ist sie farblos. Es ist aber gelungen, sie in Dunkelkultur auf geeignetem Nährboden zur Unterdrückung der farbigen Chromatophoren zu führen und sie so gewissermassen aus einer Pflanze zu einem Tier zu machen.

Klarer noch liegen natürlich die Fälle da, wo (wie wir es ja auch bei den Einzellern schon sahen) eine wirkliche „Entwicklung" in Form einer Verwandlung (Metamorphose) vor sich geht. Und einen solchen Fall bei einem Einzeller wollen wir hier noch betrachten, zumal er auch sonst in diesem Zusammenhang noch unser Interesse beansprucht. In Abb. 11 ist ein sogenanntes Glockentierchen (Vorticella) dargestellt. Ein solches Tier hat eine birnen- bis glockenförmige Gestalt und ist mit einem, vier bis fünf Mal die Körperlänge übertreffenden, von einem Muskelfaden durchzogenen Stiel an Wasserpflanzen festgeheftet. Auf dem oberen Teil ihres Körpers haben sie, um die Mundöffnung herum eine kreis- oder spiralförmige Wimperzone, die dazu dient, Nahrungsteile dem Munde zuzustrudeln. Eine Vakuole und ein wurstförmiger Kern sind im Innern des Körpers sichtbar. Die Teilung ist eine Längsteilung (Abb. 11, unten). Die beiden Teilprodukte sind, wie unsere Abbildung erkennen lässt, verschieden, indem der eine Tochterteil auf dem Stiel festgeheftet bleibt, der andere aber eine Zeitlang als sogenannter Schwärmer frei herumschwimmt, um dann erst unter Bildung eines neuen Stieles in den festsitzenden Zustand überzugehen. Während also das eine Teilprodukt sozusagen das Leben des Muttertieres weiterführt, macht das andere ein freibewegliches Larvenstadium durch und ist danach

©Naturwissenschaftlicher Verein für Schwaben, download unter www.zobodat.at

befähigt – kraft der ihm innewohnenden Potenzen – die Lebensweise des Muttertieres zu übernehmen.

Nach dem geschilderten Vorgang könnte man hier auch von einer Knospe sprechen, die das haftenbleibende Muttertier abschnürt und als „Larve" abstösst. Andererseits tritt uns hier bei Vorticella ganz offenbar schon der Vorgang entgegen, der in dem Begriff des Biogenetischen Grundgesetzes zusammengefasst wird. Für niemanden kann es zweifelhaft sein, dass der festsitzende Zustand der Vorticellen und anderer Einzeller der (stammesgeschichtlich) abgeleitete, also jüngere, ist und dass demnach die freibewegliche, damit auch stammesgeschichtlich eine echte Larvenform repräsentierende Phase eine Rekapitulation des Ahnenzustandes darstellt. Diese mittels eines Wimperkranzes im Wasser sich bewegende – und so an die ebenfalls mit einem Zilienkranz ausgerüsteten Schwärmsporen (Zoosporen) mancher grüner Fadenalgen (Oedogonium, Bulbochaete) erinnernde – Vorticella-Larve würde damit vorübergehend ein Vorfahren-Erbteil zur Entfaltung bringen, ehe bei ihr das reine, unmittelbare Elternerbe zur „Dominanz" gelangt. Das würde uns zeigen, dass die sogenannte Dominanz der modernen Genetik nicht einfach an dem betreffenden dominierenden Erbfaktor haften kann – denn der müsste ja auch während des Larvenstadiums zur Geltung kommen und dieses aufheben –, sondern einen, die Individualentwicklung (Ontogenese) regelnden Faktor erheischt, der ein „Ding an sich" ist, das ausserhalb der eigentlichen Erbeigenschaften steht. So wie es bei der Vererbung des Geschlechts allgemein anerkannt wird: wobei beide Geschlechter in der Anlage (Potenz) übertragen werden und daneben Regulatoren – Correns nennt sie Realisatoren – , die über die Manifestation des einen oder anderen Geschlechts entscheiden bzw. als Hemmungsfaktoren das jeweils andere Geschlecht zu unterdrücken haben. Auch hier beim Geschlecht kommt es ja vor, dass im Laufe der Ontogenese (Individualentwicklung) – entsprechend: Larvenstadium und Endform – das eine Geschlecht (gewissermassen die Jugendform) in das andere wechselt, d.h. die Potenzen umgestimmt werden (bei gewissen Würmern, Schnecken – Crepidula, Pantoffelschnecke – , Fischen und auch Pflanzen – Salix).

©Naturwissenschaftlicher Verein für Schwaben, download unter www.zobodat.at

Wir wollen nun versuchen, von den Einzellern aus uns das Wesen der **Vielzeller** in Bezug auf Vererbung und Entwicklung verständlich zu machen. Da ist besonders lehrreich die Gruppe der **Volvocaceen.** Das sind eigenartige Lebewesen, welche Zoologen wie Botaniker für sich in Anspruch nehmen. Und das ist verständlich: denn die Volvocaceen besitzen den Kohlenstoff der Luft assimilierende grüne Chromatophoren, haben also eine durchaus pflanzliche Ernährungsweise. Dabei ist ihre Gestaltung tierisch und nähert sich keiner anderen Pflanzengruppe. Und wenn ein vielbenutztes Lehrbuch der Botanik (Strassburger, 18. Aufl. 1931) dazu sagt, dass die Gruppe mit Volvox ihren Abschluss findet und sich in keiner pflanzlichen Ordnung (in progressiver Hinsicht) fortsetzt, so muss dazu ergänzt werden, dass ihre Mitglieder Formen zeigen, die im Tierreich gang und gäbe sind und hier weit verbreitete und wichtige Entwicklungsstufen bilden.

Zu den einfachsten, noch einzelligen Formen der Volvocaceen gehört **Sphaerella,** ein von einer Schleimhülle umgebener zweigeisseliger Flagellat (Abb. 12). Vor der Teilung zieht er seine Zilien (Geisseln) ein und zerfällt in mehrere ausschwärmende Tochterzellen (Abb. 12 unten). Sphaerella ist also ein richtiger Einzeller, der vor der Teilung durch Abwerfen der Zilien ein Ruhestadium annimmt. Die Teilprodukte (Tochterzellen) müssen jede wieder ihre Zilien (Geisseln) neu bilden. Der Plasmakörper besteht bei jeder Tochter aus einem Viertel der mütterlichen Substanz, hat damit aber offenbar alle Bildungs- und Funktionspotenzen — eben das volle Leben der Mutter geerbt.

Eine zweite Gattung der Volvocaceen ist **Pandorina.** Bei ihr sind wir stammesgeschichtlich einen Schritt weiter gekommen. Sie bildet den ersten leisen Anfang auf dem Wege vom Einzeller zum Vielzeller. Sie lebt nicht mehr, wie Sphaerella, als Einzelschwärmer, sondern bildet zu mehreren — gewöhnlich sechzehn — in einer gemeinsamen Schleimhülle vereint, eine sogenannte Zellkolonie (Abb. 13). Die Einzelwesen strecken ihre Geisseln durch die Schleimhülle nach aussen, und die ganze Gesellschaft von sechzehn Ruderern schwimmt so im Wasser umher wie ein Einzelflagellat.

Wir haben also unverkennbar einen mehrzelligen Organismus vor uns. Aber alle sechzehn Zellen desselben sind gleich-

©Naturwissenschaftlicher Verein für Schwaben, download unter www.zobodat.at

wertig; sie sind offensichtlich durch absolut **erbgleiche Teilung** aus ihrer Mutterzelle entstanden. Denn jede der sechzehn Zellen ist nicht nur vegetative Zelle, sondern auch Keimzelle (Fortpflanzungszelle). Zur definitiven Grösse herangewachsen, teilt sich jede Einzelzelle der Kolonie durch vier Teilungsschritte in sechzehn Tochterzellen. Und so entstehen aus der Mutterkolonie sechzehn sechzehnzellige Tochterkolonien (Abb. 13, unten).

Hier ist die erste Frage des Vererbungsproblems: wie kommen die Fortpflanzungszellen dazu, dass sie sämtliche Vererbungsanlagen in sich vereinigen, noch leicht zu beantworten: weil sämtliche Zellen des Organismus von derselben Mutterzelle abstammen, d.h. bei ihrem Anfang Teile dieser Mutterzelle sind, die zugleich vegetative und Fortpflanzungszelle ist. Voraussetzung ist dabei natürlich, dass jede Zellteilung eine **erbgleiche** ist, und diese Voraussetzung ist durch den Tatbestand klipp und klar gegeben und bewiesen. Wenn bei jeder Generation immer wieder aus jeder Körperzelle ein gleicher Organismus hervorgehen kann, dann muss jede Zellteilung eine erbgleiche gewesen sein.

Diese sechzehnzelligen Tochterkolonien (Abb. 13, unten) lassen fast noch besser den kugeligen Zellhaufen erkennen, in den sich die Keimzelle (Mutterzelle) successive geteilt hat, und der durchaus seiner Form wie seiner Entstehung nach dem **Morula-Stadium** im „Furchungs"-Prozess der befruchteten tierischen Eizelle entspricht, während jeder Einzeller und so auch unsere Sphaerella (Abb. 12) der Eizelle vor Beginn der Furchung (das ist die Teilung in Einzelzellen) gleicht. Und wir haben, vorderhand jedenfalls, keinen Grund anzunehmen, dass jene Morula nicht ebenso auf dem Wege **erbgleicher** Teilungsschritte entstanden ist. Und ferner spricht nichts dafür, dass bei dem Sphaerella-Einzeller (Abb. 12) die Teilung in vier Tochterzellen in Bezug auf die mütterliche Erbmasse anders verläuft, als die zwei ersten Teilungsschritte bei beginnender Furchung des befruchteten tierischen Eies. Im Gegenteil müssen wir auf Grund der zahlreichen, bei verschiedenen Tiergruppen, bis zu den Amphibien, durchgeführten Experimente, bei denen es bei künstlicher Trennung der ersten Furchungsteilprodukte („Furchungskugel") gelungen ist, die Entwicklung von Ganztieren (nicht

©Naturwissenschaftlicher Verein für Schwaben, download unter www.zobodat.at

Halb- oder Viertel-Individuen) mehr oder weniger weit fortschreiten zu lassen, mit Sicherheit annehmen, dass auch bei der Furchung des tierischen Eies **erbgleiche Zellteilungen** die Norm sind.

Das wird natürlich auch für die weiteren Entwicklungsstadien des tierischen Eies Giltigkeit haben, zu denen wir jetzt eine weitere Parallele unter den Volvocaceen betrachten wollen. Es ist die Gattung **Volvox**, die der ganzen Gruppe den Namen gegeben hat. Auch hier ist eine Anzahl von Zellen zu einer „Zellkolonie" vereinigt. Die Zahl der Zellen ist ganz bedeutend grösser als bei Pandorina und geht in die Tausende. Und die grosse Zellenzahl vereinigt sich nun nicht mehr in der Form eines geschlossenen kugelförmigen Zellhaufens, sondern hat die Gestalt einer einschichtigen Zellblase. So entspricht sie ganz dem **„Blastula"-Stadium** bei der Entwicklung des tierischen Eies (Abb. 15). Bei der ungeschlechtlichen Fortpflanzung unseres „Kugeltierchens" (Volvox) teilen sich nur einzelne Zellen zu neuen Tochterkugeln auf; zunächst eine ebene Lage bildend, die sich später, bei weiterer Zellvermehrung, in das Innere der Mutterkugel vorwölbt, schliesslich von der Wand der Mutterkugel löst, umstülpt und als fertige Tochterkugel in das Innere der Mutterblase fällt (Abb. 16). Mit dem Zerfall der letzteren – hier tritt uns zum ersten Mal eine Leiche entgegen! - wird sie frei.

Bei der Geburt der Tochter-„Kolonie" kommt vorübergehend eine Form zustande (Abb. 17, rechts), die verblüffend an die sogenannte „Gastrulation" in der Individualentwicklung vieler Tiergruppen erinnert, wobei die halbe Keimblase (Blastula, Abb. 15) als Entoderm sich in die andere Hälfte, die damit zum Ektoderm wird, einstülpt. Auf diese Weise wird der, von zwei Zellschichten umgebene „Urdarm" gebildet, den gewisse Tierformen (Coelenteraten) zeitlebens beibehalten (s. auch Abb. 10). Bei unserer jungen Volvox jedoch löst sich das „Ektoderm" von der Wandung der Mutterkugel los und klappt in den Innenraum, sodass nunmehr wieder die Kugelform (Blastula) zustande kommt, bei der dann das aussen wird, was vorher innen war.

Wir haben nach Vorigem in unserem „Kugeltierchen" Volvox ein bereits ziemlich hochentwickeltes Lebewesen vor

©Naturwissenschaftlicher Verein für Schwaben, download unter www.zobodat.at

uns. Nur noch wenige Zellen des Gesamtkörpers gehen in die Fortpflanzung ein. Es sind dies aber nicht nur die Initialzellen der betrachteten Tochterindividien. Daneben kommen bei Volvox auch Geschlechtszellen vor, und zwar richtige Eizellen und Spermatozoen. Überhaupt geht auch bei einer Reihe der anderen bisher behandelten Organismen neben der ungeschlechtlichen eine geschlechtliche Fortpflanzung einher. Aber wir haben es hier gemieden, auf diese einzugehen, weil damit das Bastardproblem verbunden ist und die ungeschlechtliche Vermehrung uns das Wesen der Vererbung an sich klarer und eindeutiger zu zeigen imstande ist. Dabei soll aber keineswegs verkannt werden, dass gerade die Bastardforschung wegen der Verschiedenheit der Erbanlagen beider Eltern wichtige Aufklärungen über den Erbgang zu geben vermag. Insofern bestehen ohne Zweifel nahe Beziehungen zwischen Bastardforschung und Vererbungslehre. Aber keineswegs umfasst die erstere das ganze Gebiet der letzteren.

Kehren wir zurück zu Volvox, so haben wir hier einen Fall, den wir auch schon unter den Einzellern, wenn auch in bescheidenerem Masse, bei Podophrya gemmipara (Abb. 6) begegneten. Nur ein bescheidener Bruchteil des mütterlichen Leibes wird aufgeteilt in die Tochterorganismen. Sollen wir damit bei Volvox annehmen, dass durch eine erbungleiche Teilung Keim - und Leibes (Soma) - Zellen inhaltlich differenziert werden ? Ich glaube nicht. Denn bei Podophrya, wo doch etwas ganz Analoges vorliegt, können wir einen solchen Schluss kaum ziehen: die Form steht mitten in einer Verwandschaft, in welcher meist das ganze mütterliche Leben in die Teilsprösslinge aufgeteilt wird.

Im übrigen spricht die weitverbreitete Regenerationsfähigkeit grosser Tierklassen (Coelenteraten, Würmer, Stachelhäuter, Lurche usw.) und bei fast allen Pflanzen (künstliche Vermehrung durch Stecklinge usw.) überhaupt ganz allgemein gegen eine erbungleiche Zellteilung. Allgemein bekannt sind die sogenannten „Blattstecklinge" der Begonien. Hier ist es eine beliebige Oberhautzelle, welche nach einem Schnitt in das abgetrennte Blatt in lebhafte Teilung gerät und so ein neues Gewebe bildet, aus dem ein, der Mutterpflanze ähnlicher, d.h. artgemässer Sprössling wird (Abb. 18).

©Naturwissenschaftlicher Verein für Schwaben, download unter www.zobodat.at

Wir haben Volvox mit dem Blastula-Stadium der tierischen Entwicklung verglichen. Dazu wollen wir hier anknüpfend noch bemerken, dass es bei Seeigeln gelungen ist, aus künstlich gewonnenen Teilstücken der Blastula ganze Seeigel zur Entwicklung zu bringen (Dürken, S. 167).

Wir wollen festhalten: Jede Zellteilung im Organismus, ganz gleich, ob Keim– oder Somazelle, ist eine **erbgleiche** – wir werden noch weitere Beweise dafür in die Hand bekommen. So hat jede Zelle des Organismus **alle** Erbanlagen (als formative und funktionelle Potenz) in sich vereinigt – als ihr „Leben" – und vermag diese gegebenenfalls, als Fortpflanzungszelle (im weitesten Sinne) auf dem Wege der Zellteilung weiter zu geben.

Damit können wir die erste der beiden, das „Doppelproblem" der Vererbung (Weismann) betreffenden Fragen: „Wie kommen die Fortpflanzungszellen dazu, dass sie sämtliche Vererbungstendenzen des gesamten Organismus in sich vereinigen ? " dahin beantworten: weil **alle Zellen**, bei erbgleicher Teilung, sie in sich vereinigen.

Im Grunde genommen haben wir eine fortlaufende Reihe: von der Regeneration eines Gliedes (etwa des Beines einer Amphibienlarve) bis zur Entstehung eines „neuen" Organismus aus der Keimzelle. In allen Fällen handelt es sich um eine **Ergänzung.** Ohne einen Teil des mütterlichen Lebens (nota bene mit allen Potenzen) entsteht kein Tochterleben. Es ist in Bezug auf das Erbgut egal, ob ein verloren gegangener Arm bei einem Seestern von dem grösseren Hauptkörper aus regeneriert wird oder ob ein abgebrochener Arm (als kleinerer Teil) von sich aus das ganze Tier regeneriert. Letzteres ist nur möglich, wenn die Zellen des Armes auch das Keimplasma für die übrigen Teile des Tieres in sich tragen, wenn sie eben von der Eizelle das volle Keimplasma mitbekommen haben. Und so ist auch die Keimzelle nichts anderes als ein Teil des Mutterorganismus, aus dem ein Gesamtorganismus heraus regeneriert wird. Sahen wir doch schon bei dem Einzeller Cosmarium (Abb. 7) die „Teilung" ganz in der Form einer Regeneration vor sich gehen.

Die Unfähigkeit zur Regeneration bei „höheren" Tieren hat seine Ursache offenbar nicht an mangelndem Erbgut,

©Naturwissenschaftlicher Verein für Schwaben, download unter www.zobodat.at

sondern in zu weit gegangener Differenzierung der Zellen in einseitig ausgebildetem Gewebe. Das scheint u.a. auch daraus hervorzugehen, dass im allgemeinen junge Tiere leichter regenerieren als ausgewachsene.

Nun wollen wir dieses Thema verlassen und versuchen, anhand wenigzelliger Mehrzeller einer Beantwortung der zweiten Frage des Doppelproblems der Vererbung näherzukommen. Diese Frage lautet nach Weismann: „Durch welche Kräfte, durch welche Mechanismen werden die Vererbungstendenzen oder - Anlagen beim Aufbau des neuen Organismus zur Entfaltung gebracht ?"

Beim jungen Kugeltierchen (Volvox, Abb. 15) sehen die Zellen, rings um die Kugel äusserlich noch vollkommen gleich aus. Es gibt aber Mehrzeller mit viel weniger Zellen, unter denen bereits Formverschiedenheiten auftreten. Das soll uns zunächst die heimische Grünalgengattung Scenedesmus an einigen Arten zeigen. Die häufigste Art bei uns ist Scenedesmus acutus, die oft kleine Tümpel bei massenhaftem Auftreten intensiv grün färbt. Ihre „Zellkolonien" bestehen aus vier spindelförmigen, in Reih und Glied nebeneinandergestellten, Einzelzellen (Abb. 19 a). Hat der Viererverband eine ihm zukommende normale Grösse erlangt, dann vermag sich jede Zelle, noch im Verband oder aus demselben gelöst, in vier Tochterzellen zu teilen (Abb. 19 b). Die Tochterzellen werfen die Mutterzellenmembran ab und ordnen sich wieder zu einem Coenobium (Zellkolonie, dem Mehrzellindividuum) in Reih und Glied (Abb. 19 c). Es ist wohl zu beachten, dass die Zellen nicht als Viererverband nebeneinander geboren werden; sie haben vielmehr in der Mutterzellmembran ganz verschiedene Anordnungen, und schon nach dem ersten Teilungsschritt der Mutterzelle (Abb. 19 b, links) liegen die Teilprodukte mehr übereinander als nebeneinander. Wir müssen also den Tochterzellen einen Sinn und ein Bedürfnis zugestehen, die Anordnung der Mutterzelle und deren Zwillingsschwestern aufs peinlichste zu wiederholen. Bei erbgleicher Zellteilung ist die Möglichkeit dazu gegeben.

Aber, was wir an der Gattung Scenedesmus zeigen wollten, ist noch etwas anderes. In unserer Abbildung 19 sind drei Arten dargestellt. Die einfachste davon ist Scenedesmus

©Naturwissenschaftlicher Verein für Schwaben, download unter www.zobodat.at

bijugatus (Abb. 19 d). Das Individuum besteht aus vier nebeneinander formierten Zellen von ganz gleicher ovaler Form. Bei der zweiten, schon genannten Art, Scenedesmus acutus (Abb. 19 a) ist die Einzelzelle spindelförmig; aber die Zellen sind nicht vollkommen gleich. Die äusseren Zellen des Vierlings, die an der einen Flanke keine Fühlung mit einer Schwesterzelle haben, sind schwach sichelförmig gebogen, sodass ihre Spitzen — wie zur Abwehr — nach aussen gerichtet sind. Bei der dritten dargestellten Art, Scenedesmus quadricauda, ist dieselbe Entwicklungstendenz ins Extrem getrieben, indem die Aussenzellen ihre Spitzen zu langen Hörnern oder Schwänzen, wie der Artname besagt, auswachsen (Abb. 19 e). Hier springt uns das **Artproblem** entgegen: die meisten Arten innerhalb einer Gattung unterscheiden sich dadurch, dass eine bestimmte in der Gattung zu beobachtende (orthogenetische) Entwicklungstendenz bei den einzelnen Arten verschieden weit getrieben ist. Zum anderen aber zeigt das gegebene Beispeil, wie auf diese Weise bei der Einzelart verschiedene Formelemente in den Zellverband eines Mehrzellers hineingetragen werden. Und das wollen wir an einer anderen Süsswasser-Algengattung jetzt noch näher verfolgen.

Wir hatten im vorigen immer den grössten Wert gelegt auf die erbgleiche Zellteilung durch alle Gewebe des Organismus. Sie garantiert uns, dass auch jede Fortpflanzungszelle, sei sie geschlechtlicher, ungeschlechtlicher oder nur vegetativer Natur, unbedingt auch die volle, ungekürzte Erbmasse führt. Dasselbe sollte nach der Weismannschen Vererbungslehre auf ganz anderem Wege erreicht werden. Nach ihm gibt es, im Gegenteil, eine erbungleiche Zellteilung; und jedes Organ und jede Eigenschaft ist in der Keimzelle vorgebildet. Im Laufe der vielen Zellteilungen beim Aufbau des Organismus wird so gewissermassen ein Bausteinchen nach dem anderen abgegeben, und den Körperzellen verbleibt schliesslich nur noch ein ganz geringer Rest des Erbgutes. Nur auf der sogenannten Keimbahn, die eine mehr oder weniger direkte Verbindung der mütterlichen Keimzelle mit denjenigen der Abkömmlinge darstellt, sind alle Zellteilungen erbgleich. Und so ist nach Weismann eine „Kontinuität des Keimplasmas" gegeben.

©Naturwissenschaftlicher Verein für Schwaben, download unter www.zobodat.at

Als Weismann seine Theorie der Kontinuität des Keimplasmas veröffentlichte — es war vor nunmehr ungefähr sechzig Jahren — , beschäftigte ich mich im Brefeldschen Mykologischen Institut in Münster mit der Kultur verschiedener Algen und Pilze. Darunter befand sich auch der auf Froschmist vorkommende **Basidiobolus ranarum**, einer der wenigen primitiven Pilze, die ein in Einzelzellen gegliedertes Mycel haben. Basidiobolus lässt sich leicht in Nährlösung ziehen und bei Erschöpfung der Nahrung zur ungeschlechtlichen Fortpflanzung durch Konidien (Basidien) bringen. Dabei wird aus jeder **Zelle** des vielverzweigten Mycels ein Konidienträger gebildet und eine Konidie abgeschleudert, die, in einer Nährlösung aufgefangen, keimt und ein neues Basidiobolus-Pflänzchen erzeugt. So geht in dem auf dem erschöpften Nährboden ausgebreiteten Pilze in kurzer Zeit das gesamte Plasma seiner sämtlichen Zellen in der Bildung von Fortpflanzungskörpern auf, von denen jeder unter entsprechenden Voraussetzungen einem neuen Pilze das Leben geben kann. Das ist natürlich nur möglich, wenn in **allen** Zellen des Basidiobolus-Pilzes die volle Erbmasse mit allen formativen und funktionellen Potenzen erhalten ist. Und das ist nur denkbar bei absolut erbgleicher Zellteilung. Dasselbe ergibt sich übrigens beispielsweise auch — und diesmal bei geschlechtlicher Fortpflanzung — bei den kopulierenden Zellfäden der heimischen Schraubenalge — wegen des spiralig bänderbildenden Blattgrüns so benannt — , deren weit über 100 Zellpaare man oft in fortlaufender Reihe im Gesichtsfeld des Mikroskopes vor sich hat. Alle diese Zellen (Abb. 23 ganz links) müssen genau dieselbe Erbmasse haben, da alle ihre Kopulationsprodukte (Abb. IV) ausnahmslos befähigt sind (Abb. 23, V) zu einem **neuen Spirogyrafaden** auszuwachsen. So musste ich von Anfang an die Weismannsche Kontinuitätstheorie mit der von ihr geforderten **erbungleichen** Zellteilung ablehnen. Sie hat übrigens unter den Botanikern von Anfang an kaum Anhänger gefunden, während viele Zoologen noch heute mit ihr liebäugeln (siehe z.B. Goldschmidt). Die folgenden Betrachtungen werden uns Gelegenheit geben, die erbungleiche Zellteilung auch zahlenmässig zu widerlegen.

Pediastrum ist ein mikroskopisch kleiner Wenigzeller, eine grüne Süsswasseralge in Form eines kreisrunden Täfelchens

©Naturwissenschaftlicher Verein für Schwaben, download unter www.zobodat.at

mit gezacktem Rande (Abb. 20). Man kann das Wesen als Wassersternchen bezeichnen. Das aus einer Zellschicht bestehende Täfelchen lässt deutlich zwei Formelemente erkennen: Mittelfeld und Rand; ersteres besteht aus polygonal aneinander stossenden Zellen, während der Rand aus Zellen gebildet wird, die nach aussen, wo sie keine Fühlung mit ihren Schwesterzellen haben, je zwei Fortsätze (Hörnchen) tragen. Nach der Weismannschen Keimplasmatheorie müssten diese beiden Formelemente auf differenter Erbmasse beruhen, die, wie oben gesagt, bei der Zellteilung verschieden zugeteilt wird. Danach müssen wir erwarten, dass bei jedem Täfelchen mit gleicher Gesamtzellenzahl auch jedes Formelement aus einer gleichbleibenden Zahl von Zellen gebildet wird. Das ist aber nicht der Fall. Die Zahl wechselt. Ja, noch mehr: Da alle Zellteilungen letztlich auf Zweiteilungen zurückgehen, so müsste die Zellenzahl (nach der Weismannschen Lehre) für jedes Element notgedrungen eine gerade sein. Auch das trifft in Wirklichkeit nicht zu. Die häufigsten Formen von Pediastrum sind die aus sechzehn Zellen bestehenden. Die Gesamtzahl der Zellen eines Individuums (Abb. 20) muss natürlich immer eine gerade sein, da dieses durch wiederholte Zweiteilungen aus einer Zelle des Mutterorganismus entstanden ist. Nun kann bei den Sechzehnzellern das Mittelfeld aus sechs und der Rand aus zehn Zellen bestehen (Abb. 20, 3); aber ebenso häufig ist das Mittelfeld aus sieben und der Rand von nur neun Zellen gebildet (Abb. 20, 5). Das ist eine ungerade Zahl und passt durchaus nicht zu der Weismannschen Lehre. Bei den achtzelligen Pediastren (Abb. 20, 2) besteht das Mittelfeld aus zwei und der Rand aus sechs Zellen, was zwei gerade Zahlen ergibt. Oder aber das Mittelfeld wird nur von einer Zelle gebildet, und die übrigen sieben Zellen schliessen sich als Randkranz darum. Das sind zwei ungerade Zahlen (Abb. 20, 6). Bei den Zweiunddreissigzellern (Abb. 20, 4) fand ich nur ungerade Zahlen (siebzehn und fünfzehn).

Unsere Beispiele zeigen deutlich, dass erstens die erbungleiche Teilung nicht richtig sein kann. Und dass zweitens die Gesamtform sich nicht aus den Zellteilungsvorgängen bei der Individualentwicklung (Ontogenese) ergibt, sondern dass ein Bauplan gegeben ist, an den sich die Einzelglieder,

©Naturwissenschaftlicher Verein für Schwaben, download unter www.zobodat.at

die Zellen, in gegenseitiger Fühlungnahme zu richten haben. Das bei dem vorliegenden Objekt umso mehr, als – wie wir es auch bei Scenedesmus sahen – der Zellverband auch bei Pediastrum keineswegs im Verband geboren wird (siehe weiter unten). Da infolge erbgleicher Zellteilung alle Zellen dasselbe volle Erbgut haben, so haben sie auch alle denselben „Sinn für das Ganze". Das heisst: es ist in allen Zellen dasselbe regulatorische Moment vorhanden, was sie alle zusammen in gleichem Sinne handeln lässt. Dabei tun sie aber keineswegs alle dasselbe. Dieselbe, allen gemeinsame Reaktionsfähigkeit lässt die „zufällig" an den Rand des Coenobiums gelangten Zellen eine andere Form annehmen, als die im Wachstum von allen Seiten durch ihre Schwesterzellen „behinderten" Mittelfeldzellen.

Wir sahen schon, dass die Pediastrum-„Zellkolonien" verschiedenzählig sein können, je nach der Zahl der Teilungsschritte, die die Mutterzelle, aus der die „Kolonie" hervorgeht, durchmacht. Zwei Teilungsschritte führen zu einer Viererkolonie (Abb. 20, 1), drei Teilungsschritte zu einer Sechzehner-, fünf Teilungsschritte zu einer Zweiunddreissiger (Abb. 20, 2–4) und sechs Teilungsschritte zu einer Vierundsechziger-„Kolonie". So haben wir in Pediastrum eine geradezu klassische Paralelle aus der freien Natur vor uns für ein Phänomen, das erst in neuerer Zeit auf experimentellem Wege der Forschung zum Bewusstsein gekommen ist und das wieder einen schlagenden Beweis für erbgleiche Zellteilung liefert. Die ersten Schritte der Embryonalentwicklung der Tiere bestehen bekanntlich aus mehrfachen Teilungen („Furchungen") der Eizelle. Die erste Furchung führt zu einer Zweiteilung. Würde nun, wie Weismann will, die ungleiche Verteilung des Keimplasmas mit seinen Erbtendenzen zutreffen, so müsste jede der beiden Teilzellen nur noch einen halben Embryo liefern können. Wenn man aber zum Beispiel bei dem Ei des Molches diese beiden „Furchungskugeln" künstlich voneinander trennt, dann entwickelt sich aus jedem der beiden Teilprodukte ein Tier. Aus dem einen Ei werden so zwei Molche. Bei anderen Tieren (Seeigel, Lanzettfischchen z.B.) können entsprechend mehr Tiere bei weiter vorgeschrittener Furchung entstehen (s. unsere Abb. 14). Bei unserem Pediastrum ist die Zahl der Teilungs-

©Naturwissenschaftlicher Verein für Schwaben, download unter www.zobodat.at

schritte der mütterlichen Keimzelle offenbar gleichgültig. Bei drei Teilungsschritten nicht anders, wie bei sechsmaliger Teilung; im einen wie im anderen Falle wird ein Wassersternchen daraus. Das wäre unmöglich, wenn der Gehalt an Erbgut sich bei jeder Teilung, wie Weismann meint, ändern und immer einseitiger würde. Es ist nur denkbar, wenn die Zellteilung keinen Unterschied im Verhalten des Erbplasmas mit sich bringt. Dass jede Zelle bei Pediastrum den „Sinn für das Ganze" hat, zeigen sehr schön nicht ganz regelmässig gebaute Sternchen, wobei dann häufig eine Zelle zugleich Mittelfeld- und Randzelle ist. So bei unserer Abb. 20, 7 und 8. Bei den Viersternchen (Abb. 20, 1) ist jede der vier Zellen zugleich Rand- und Mittelfeldzelle. Auch bei gleicher Zellenzahl von Rand- und Mittelfeld kann die gegenseitige Lage der Zellen verschieden sein. Aus alledem geht hervor: ein nicht immer ganz exaktes Können, aber offensichtliches Bemühen, den angeerbten Bauplan auszuführen. Ins Grosse übersetzt (bei „hoch" entwickelten Organismen) ist es ganz entsprechend; und wir wollen hier noch ein analoges Beispiel folgen lassen, das für viele genügen soll (Abb. 21).

Wir hörten schon, dass das Pediastrumsternchen, ganz gleich, ob es sich nur aus vier Zellen zusammensetzt oder aus acht, sechzehn, zweiunddreissig oder vierundsechzig, aus **einer** Zelle des Muttersternchens hervorgegangen ist. Wir haben zu ergänzen, dass – genau wie wir es schon bei Pandorina (Abb. 13) gesehen haben – auch bei Pediastrum jede Zelle des Coenobiums („Kolonie") zugleich vegetative und Fortpflanzungszelle ist, ganz gleich, ob Randzelle oder Mittelfeldzelle. Wie unsere Abbildung 22 zeigt, teilt sich bei der Fortpflanzung der Inhalt der Einzelzelle der Mutterkolonie durch mehrmalige Zweiteilung gewöhnlich in so viele Tochterzellen wie die eigene Kolonie zusammengefügt hatte. So wird z.B. eine sechzehnzellige Mutterkolonie in sechzehn mal sechzehn Tochterzellen geteilt. Die sechzehn Tochterzellen, die aus einer Mutterzelle hervorgehen, bleiben zusammen und treten, in einer Innenmembran der Mutterzelle eingeschlossen, mit dieser durch einen Riss in der Mutterzellwandung aus dieser aus. Mit sehr vergänglichen Geisseln versehen, bewegen sie sich als „Schwärmer" innerhalb der Bla-

©Naturwissenschaftlicher Verein für Schwaben, download unter www.zobodat.at

se, um sich endlich zu einer neuen, heranwachsenden Zellfamilie zusammenzulegen. Die Tochterzellen machen also ein **Larvenstadium** als freibewegliche Schwärmer – Flagellatenstadium – durch, ehe sie sich zu einem neuen Coenobium zusammenschliessen und sich in die betrachteten Formelemente gliedern. Umso weniger können wir, wie schon hervorgehoben, die Coenobiumform aus den Zellteilungsvorgängen ableiten und erklären.

Ja, das Schwärmerstadium innerhalb der einengenden Blase kann nur als eine „Erinnerung" an ein Vorfahrenstadium gewertet werden – wie es Pandorina z.B. auch als „Zellkolonie" noch beibehält (Abb.13) – und zeigt uns damit, dass in der Ontogenese aus den in jeder Zelle schlummernden vorelterlichen Erbfaktoren eine bestimmte Gruppe vorübergehend manifestiert wird. Es erweisen sich damit in der Jugend von Pediastrum (und anderen Lebewesen) ganz andere Erbfaktoren als dominant wie in der längsten Zeit des Lebens des mehr oder weniger ausgewachsenen Wassersternchens. Es findet also im Laufe des Lebens ein Wechsel der Dominanz statt. Dieser Wechsel ist undenkbar bei der üblichen Auffassung der Dominanz als ein, den allelen (gegenteiligen) Erbfaktor hemmendes Attribut des dominanten Faktors. Das den Wechsel bewirkende regulatorische Moment muss vielmehr ausserhalb und über den (positiven) eigentlichen Erbfaktoren stehen, muss „ein Ding an sich" sein. Dies ist eine weitere Erkenntnis zu der uns die Betrachtung der Einzeller (s.Abb. 2, 3, 4) und Wenigzeller führt.

©Naturwissenschaftlicher Verein für Schwaben, download unter www.zobodat.at

©Naturwissenschaftlicher Verein für Schwaben, download unter www.zobodat.at

ABBILDUNGS – ANHANG

©Naturwissenschaftlicher Verein für Schwaben, download unter www.zobodat.at

Beschriftung zu nebenstehender Tafel

Abb. 1:

Amoeba polypodia in Teilung; von links nach rechts aufeinanderfolgende Stadien. Stark vergrössert.

Abb. 2:

Microgomia socialis. Links das ausgebildete Tier in seinem Gehäuse (Schale), Pseudopodien aus der Öffnung hervorstreckend. Rechts ein durch Teilung entstandener „Schwärmer", der mittels zweier Geisseln eine zeitlang als „Larve" frei herumschwimmt, ehe er sich in das erwachsene Tier umwandelt (aus Leunis).

Abb. 3:

Clathrulina elegans. Das erwachsene Tier in einer, mit einem Stiel festgewachsenen Gitterkugel (Gehäuse), aus deren Maschen es zahlreiche Plasmafäden (Pseudopodien) heraustreten lässt. 120 : 1. Daneben (stärker vergrössert) ein aus einer Teilung hervorgegangener Schwärmer mit zwei ungleich langen Geisseln. (Nach verschiedenen Autoren).

©Naturwissenschaftlicher Verein für Schwaben, download unter www.zobodat.at

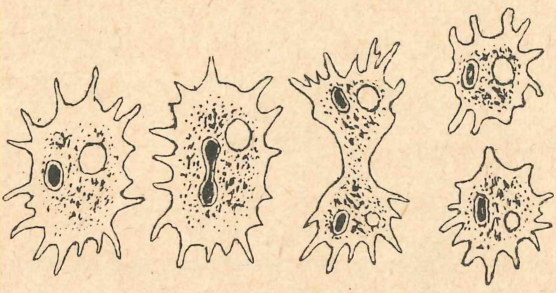


Abb. 1

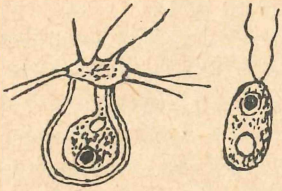


Abb. 2

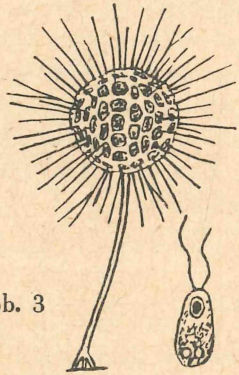


Abb. 3

©Naturwissenschaftlicher Verein für Schwaben, download unter www.zobodat.at

Beschriftung zu nebenstehender Tafel

Abb. 4:

Ciliophrys infusionum. Im Schwärmer- und im Amoebenzustande. 500 : 1 (aus Leunis).

Abb. 5:

Podophrya fixa. 600 : 1. Das birnenförmige mit Saugröhrchen versehene Tier ist mit kurzem Stiel festgewachsen. Über dem spindelförmigen Kern und zwischen zwei kontraktilen Vakuolen erblickt man einen, durch innere Knospung entstandenen und noch in einer Art Bruthöhle befindlichen Schwärmsprössling. Er trägt einen Gürtel von Wimpern zur Fortbewegung. (Aus Leunis).

Abb. 6:

Podophrya gemmipara. Unten erwachsenes Individuum mit Saugröhren und Fangfäden. Oben Knospenbildung und abgelöste frei schwimmende Knospe (nach verschiedenen Autoren).

©Naturwissenschaftlicher Verein für Schwaben, download unter www.zobodat.at

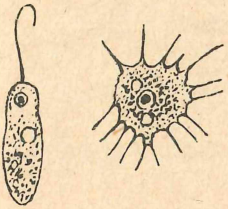


Abb. 4

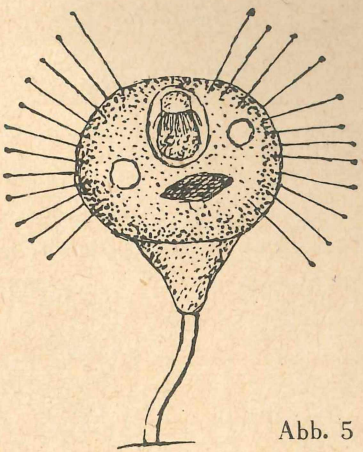


Abb. 5

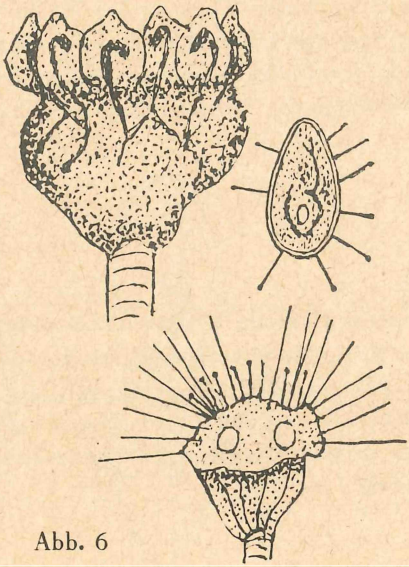


Abb. 6

©Naturwissenschaftlicher Verein für Schwaben, download unter www.zobodat.at

Beschriftung zu nebenstehender Tafel

Abb. 7:

Cosmarium botrytis. Unten (nach Oltmans) in Teilung und Ergänzung.

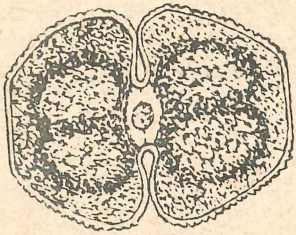
Abb. 8:

Paramaecium, (Pantoffeltierchen). Ca. 400 fache natürliche Grösse. Links normales Tier; rechts in Teilung: man sieht den verlängerten und bisquitförmig eingeschnürten Kern, am hinteren Ende des vorderen und am vorderen Ende des hinteren Teilsprösslings die Anlagen der neuen Vakuolen.

Abb. 9

Euglena. Unten: Euglena viridis in Längsteilung. Man sieht die in einem Schlundrohr entspringende Geissel, eine Vakuole mit anliegendem (dunklen) „Augenfleck", die Chromatophoren (Chlorophyllkerne) und den Kern. Oben Euglena gracilis, encystiert und in vier Tochterzellen zerfallen. (Nach Woodruff und Zumstein).

©Naturwissenschaftlicher Verein für Schwaben, download unter www.zobodat.at



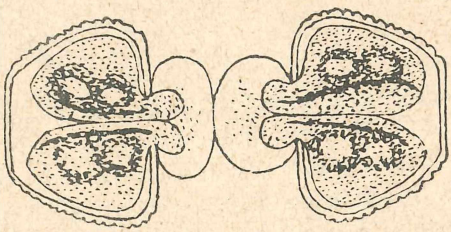
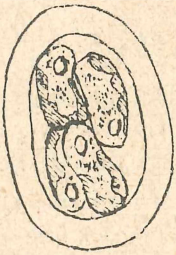


Abb. 7



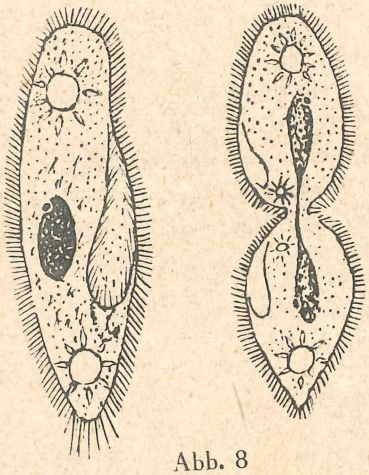


Abb. 8



Abb. 9

©Naturwissenschaftlicher Verein für Schwaben, download unter www.zobodat.at

Beschriftung zu nebenstehender Tafel

Abb. 10:

Stenostoma leucops, ein Strudelwurm, in Teilung. a ektodermaler Anfangsdarm; bei a' für das hintere Tier neu gebildet. m blindgeschlossener entodermaler Mitteldarm. e ektodermales Flimmerepithel. g Ganglion mit Flimmergrube. g' Ganglion des hinteren Tieres. w Wassergefässkanal. (Aus Hertwig: Zoologie).

Abb. 11:

Vorticella microstoma. Oben ein Tier in ca. 600facher Vergrösserung; der die vier- bis fünfmalige Länge des Tieres erreichende Anheftungsstiel ist nur im oberen Teil gezeichnet. Unten: links dasselbe (schwächer vergrössert) in Teilung; rechts nach vollzogener Teilung: der eine Teilsprössling als freischwimmende Larve.

©Naturwissenschaftlicher Verein für Schwaben, download unter www.zobodat.at

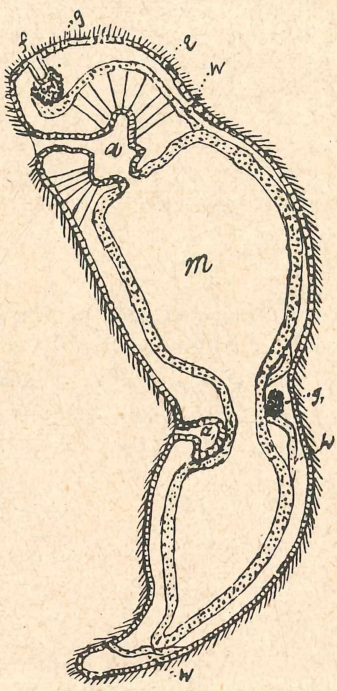


Abb. 10

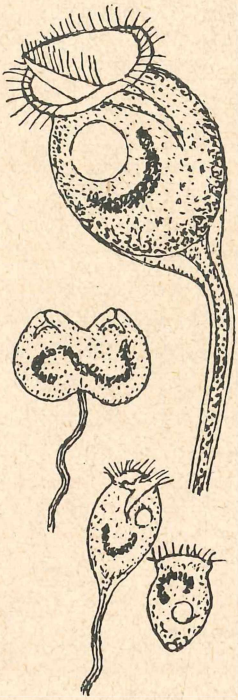


Abb. 11

©Naturwissenschaftlicher Verein für Schwaben, download unter www.zobodat.at

Beschriftung zu nebenstehender Tafel

Abb. 12:

Spaerella fluvialis. 360 : 1. Oben schwärmende Zelle. Unten Bildung der Schwärmsporen (aus Strassburger: Lehrbuch).

B

Abb. 13:

Pandorina morum. Oben sogenannte Zellkolonie in gemeinsamer Schleimhülle, durch welche die Einzelzellen ihre Geisseln gestreckt haben zur Fortbewegung im Wasser. 400 : 1. Unten (nach Pringsheim) Aufteilung der Einzelzellen in Zellgruppen, die je wieder eine junge neue Kolonie" darstellen.

Abb. 14:

Gastrula-Stadien vom Lanzettfischchen (Amphioxus) : A bei normalem Furchungsprozess. B nach Trennung der Furchungskugeln nach der ersten Teilungsebene (Zweizellerphase). C nach Trennung nach der zweiten Teilungsebene (Vierzellerphase). D nach Trennung nach der dritten Teilungsebene (Achtzellerstadium). Die vier Gastrulae unterscheiden sich nur in der Grösse, nicht in der Form (nach Wilson aus O. Hertwig).

©Naturwissenschaftlicher Verein für Schwaben, download unter www.zobodat.at

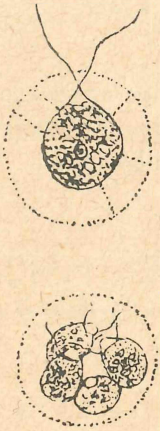


Abb. 12

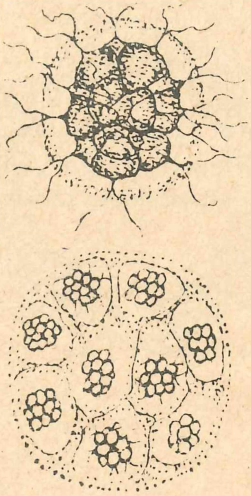


Abb. 13

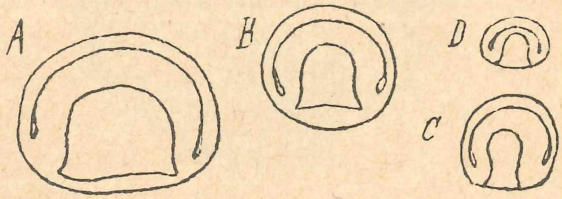


Abb. 14

©Naturwissenschaftlicher Verein für Schwaben, download unter www.zobodat.at

Beschriftung zu nebenstehender Tafel

Abb. 15:

Rechts: Junge Volvox-Kugel im optischen Durchschnitt (nach Fr. Oltmann). Links: „Keimblase" – Blastula-Stadium – des Lanzettfischchens (Amphioxus. Nach Hatschek).

Abb. 16:

Volvoxkugel mit vier Tochterkolonien in ihrem Innenraum.

©Naturwissenschaftlicher Verein für Schwaben, download unter www.zobodat.at

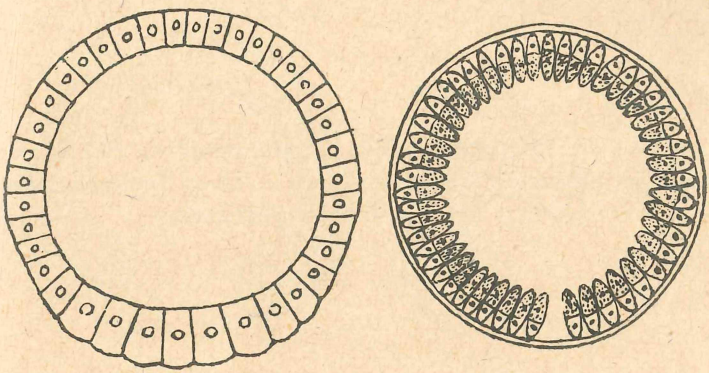


Abb. 15

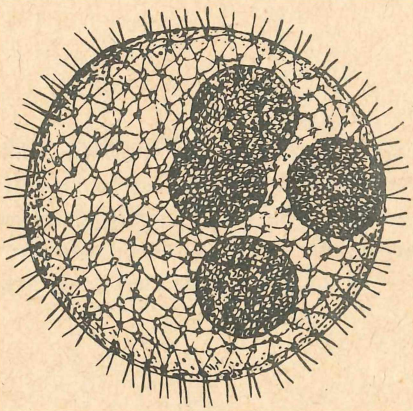


Abb. 16

©Naturwissenschaftlicher Verein für Schwaben, download unter www.zobodat.at

Beschriftung zu nebenstehender Tafel

Abb. 17:

Das auf die Blastula folgende Gastrula-Stadium von Amphioxus und (rechts): Umstülpungsphase einer Tochterkolonie von Volvox. (Nach Conklin und Zimmermann).

Abb. 18:

Querschnitt durch das Blatt von Begonia. 200:1. Bildung eines Adventivsprosses aus einer Epidermiszelle (nach Hansen). Oben: die Zelle hat sich einmal durchgeteilt. Unten: aus der Epidermiszelle ist ein vielzelliges Meristem (undifferenziertes – embryonales – Gewebe) geworden.

©Naturwissenschaftlicher Verein für Schwaben, download unter www.zobodat.at

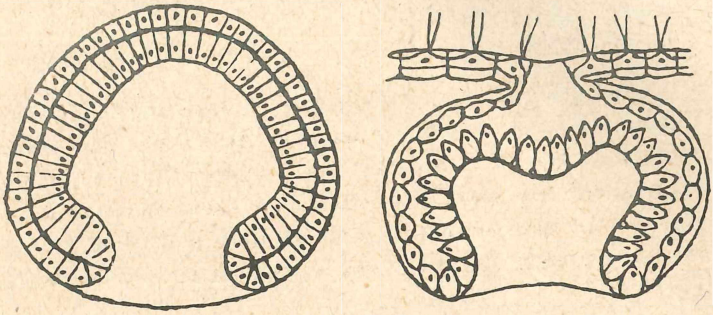


Abb. 17

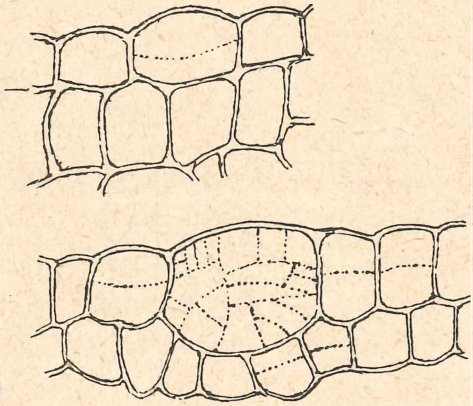


Abb. 18

©Naturwissenschaftlicher Verein für Schwaben, download unter www.zobodat.at

Beschriftung zu nebenstehender Tafel

Abb. 19:

a Scenedesmus acutus, Zellvierling. b dasselbe in Teilung: links nach dem ersten Teilungsschritt, mitten und rechts nach dem zweiten Schritt in vier Tochterzellen. c (stärker vergrössert) die vier Tochterzellen aus der Mutterzellmembran befreit und im Begriff, sich in Reih und Glied zu ordnen. d Scenedesmus bijugatus. e Scenedesmus quadricauda. (Originale).

©Naturwissenschaftlicher Verein für Schwaben, download unter www.zobodat.at

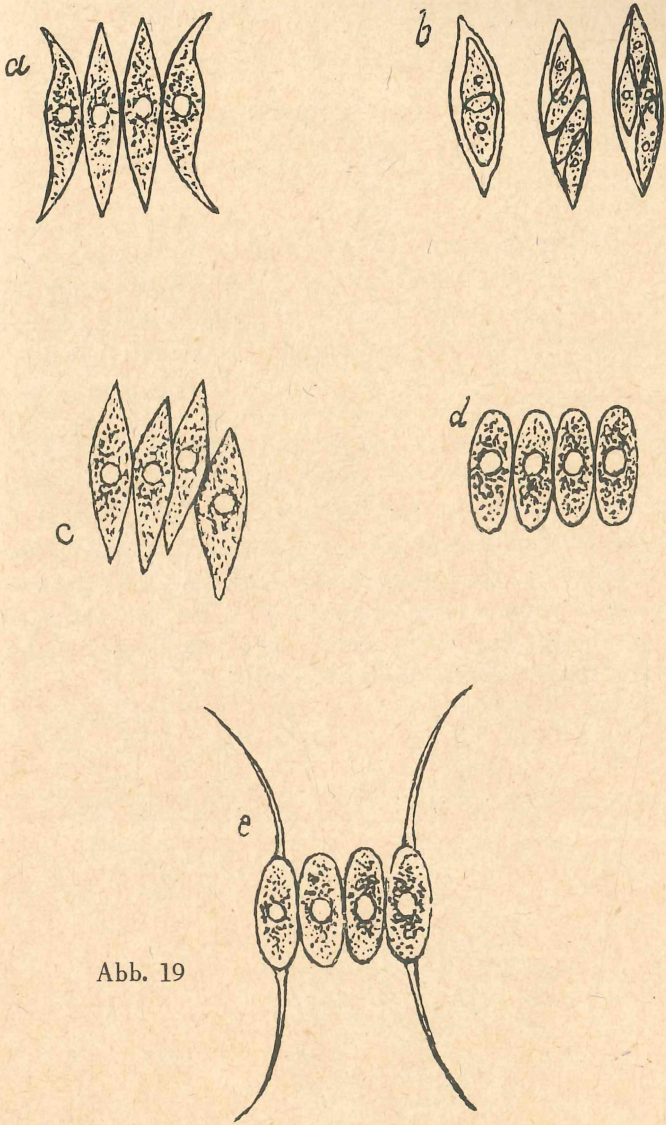


Abb. 19

©Naturwissenschaftlicher Verein für Schwaben, download unter www.zobodat.at

Beschriftung zu nebenstehender Tafel

Abb. 20:

Pediastrum granulatum. 1 Viererkolonie. Jede Zelle ist zugleich Rand- und Mittelfeldzelle. 2 Achterkolonie mit zwei Mittelfeldzellen (gerade Zahlen). 6: Achterkolonie mit einer Mittelfeldzelle und sieben Randzellen (ungerade Zahlen). 3: Sechzehnerkolonie mit sechs Mittelfeldzellen (gerade Zahlen). 5: ebenso mit sieben Mittelfeldzellen und neun Randzellen (ungerade Zahlen). 4. Zweiunddreissigerkolonie mit siebzehn Mittelfeld- und fünfzehn Randzellen (ungerade Zahlen). 7: unregelmässige Achterkolonie: die Zelle unten in der Mitte ist zugleich Mittelfeld- und Randzelle (mit einem Hörnchen). 8: unregelmässige Sechzehnerkolonie. Die Zelle oben in der Mitte ist mit ihrer unteren Hälfte Mittelfeldzelle, mit der oberen: Randzelle und bleibt bei dieser Doppelrolle etwas gegen die anderen Randzellen zurück.

©Naturwissenschaftlicher Verein für Schwaben, download unter www.zobodat.at

Tafel IX

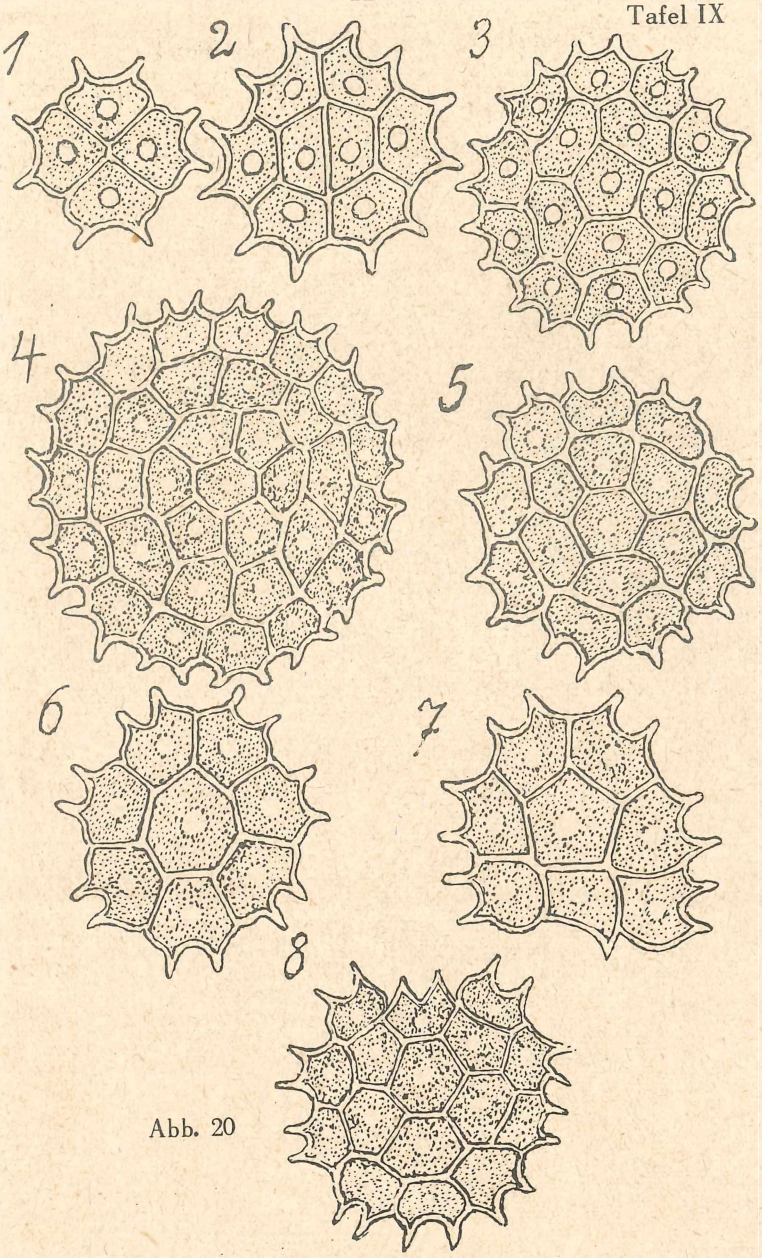


Abb. 20

©Naturwissenschaftlicher Verein für Schwaben, download unter www.zobodat.at

Beschriftung zu nebenstehender Tafel

Abb. 21:

Dahlienblätter: links normales dreizähliges Blatt. Rechts abnorm; in der einen Blatthälfte ist das Blatt zugleich Seitenfieder und Endblättchen. (Original).

Abb. 22:

Pediastrum granulatum. Die Hälfte einer alten Zellfamilie: die meisten Zellen durch Schwärmsporenbildung entleert. In dreien ist die Teilung des Inhaltes im Gange, und bei einer vierten treten die zweigeisseligen Schwärmsporen, von einer Blase umhüllt, eben aus. (Nach A. Braun).

©Naturwissenschaftlicher Verein für Schwaben, download unter www.zobodat.at

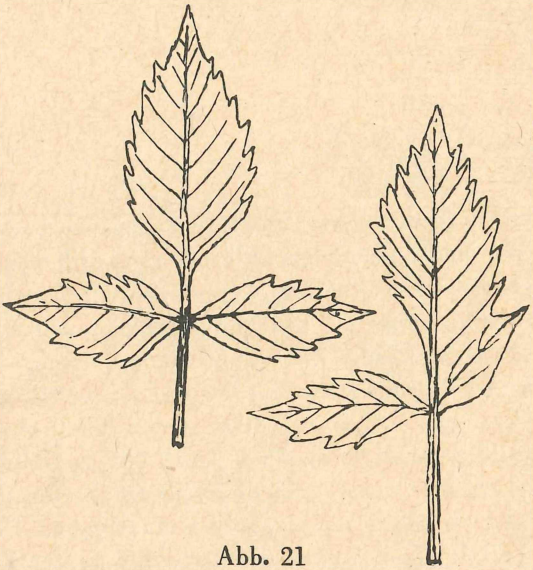


Abb. 21

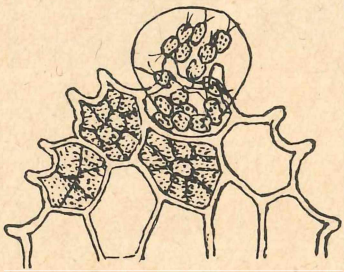


Abb. 22

©Naturwissenschaftlicher Verein für Schwaben, download unter www.zobodat.at

Beschriftung zu nebenstehender Tafel

Abb. 23:

Spirogyra. I: zwei Zellen aus einem Faden. In der Mitte jeder Zelle der an Plasmafäden aufgehängte Kern; das spiralige Chlorophyllband mit (hellen) Pyrenoiden. II: Kopulation; die Ziffern rechts geben die Reihenfolge an, in welcher die einzelnen Phasen in jeder Zelle aufeinander folgen. – III. Zwei zu einer Art Leiter verbundene Zellfäden: rechts der „männliche" Faden mit entleerten Zellen, deren Inhalt sich mit dem der jeweils gegenüberliegenden Zelle des „weiblichen" Fadens zur Zygote vereinigt hat. IV. Zwei Zellen mit reifen Zygoten. V. Keimung der Zygote zu einem neuen Faden. VI. Durch Zerfall eines Fadens isolierte und an den Enden abgerundete Zellen als Produkte ungeschlechtlicher Vermehrung.

©Naturwissenschaftlicher Verein für Schwaben, download unter www.zobodat.at

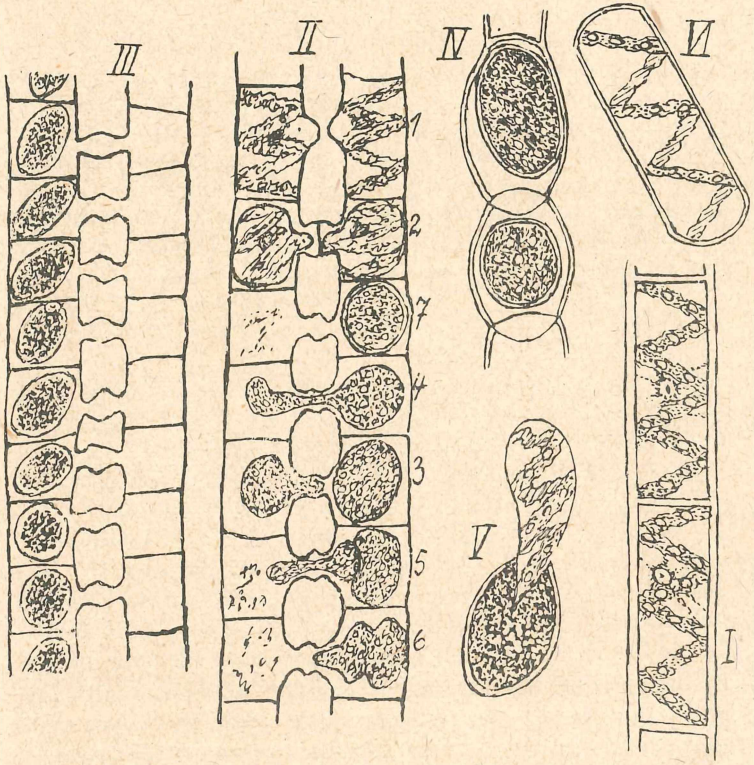


Abb. 23

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Abhandlungen des naturwissenschaftlichen Vereins Schwaben

Jahr/Year: 1956

Band/Volume: 11

Autor(en)/Author(s): Werth Emil

Artikel/Article: Vererbung und Entwicklung bei Einzellern und wenigzelligen Mehrzellern 83-125