

[Ἡ μάλα δὴ κείνοι ταλακάρδιοι, οἳ ῥα τ]ότ' αἰγμῆν
 στήθαμπρόσθε πυλῶν ἀγ[ροῦ ἐπ' ἐσχιατιᾶς,
 μαρνάμενοι δ' ἐπ' ἄωσαν Ἀθηναίαις πολυβούλ]ου
 ἄστρυ, βία Περσῶν κλινάμενο[ι δύναμιν].

✓ Hr. Braun theilte die folgende Abhandlung des Hrn. Dr. L. Kny mit: Über den Bau und die Entwicklung des Farrn-Antheridiums.

Der Bau des Farrn-Antheridiums hat, trotz seiner großen Einfachheit, die verschiedenartigsten Deutungen erfahren.

Nägeli, der Entdecker des Organes, beschreibt¹⁾ dasselbe als ein drüsenähnliches Gebilde, welches häufig scheinbar einzellig ist, meist aber deutlich einen von einfacher Zellschicht umgebenen Sack darstellt, in dessen Innerem die Mutterzellen der Spiralfäden entstehen. Seinen Ursprung nimmt es aus einer Mutterzelle. Nachdem sich dieselbe über ihre Nachbarinnen hervorgewölbt hat, theilt sie sich zunächst durch eine horizontale Wand. Dieser ersten Wand folgt in der äußeren Zelle eine zweite, ihr parallele Wand. Derselbe Proceß kann sich in der je äußeren Zelle noch ein bis zweimal wiederholen. Es geht aus diesen Theilungen ein confervenartiger Zellfaden von 2—5 Gliedern hervor. Jedes Glied zerfällt in eine centrale und 4 sie umschließende peripherische Zellen. Die peripherischen Zellen aller successiven Glieder bilden 4 senkrechte Reihen und schließen zu einer sackartigen Hülle zusammen; die mittleren „Räume“ stellen zusammen einen „Kanal“ dar, in welchem die Mutterzellen der Spiralfäden entstehen. Nach unten ist derselbe durch die Zelle des Vorkeimes, auf welcher er festsetzt, nach oben durch die vier Zellen des letzten Gliedes geschlossen, welche sich nicht vollständig von einander getrennt haben. Endglied und Basalglied bleiben bisweilen ungetheilt.

Wo die Mutterzellen der Spiralfäden bloß von einfacher oder doppelter Membran umschlossen zu sein scheinen, ist dies nach Nägeli stets die Folge der überwiegenden Volumen-

¹⁾ Zeitschrift für wissenschaftliche Botauik. Bd. I. (1844.) p. 168 ff. Taf. IV.

zunahme des Antheridium-Inhaltes und einer hierdurch bewirkten Zusammendrückung der Hüllzellen. Nach Entleerung der Spiralfäden dehnen sich letztere wieder aus.

Graf Leszczyc-Suminski¹⁾ läßt im Innern der über ihre Nachbarinnen sich hervorwölbenden Antheridium-Mutterzelle eine freie Zelle entstehen, deren Inhalt, ein homogener Schleim, wasserhelle Kügelchen oder deutliche mit Kernkörperchen versehene Kerne zeigt. Sobald diese Zelle im Wachstum so weit vorgerückt ist, daß sie die Wände der ursprünglichen Ausstülpung ausfüllt, schließt sie sich gegen die Vorkeimzelle ab. Oft bildet sich zwischen beiden noch eine dritte plattgedrückte Zelle, welche dem einzelligen Antheridium als Träger dient. Die Mutterzellen der Spiralfäden entstehen innerhalb desselben durch freie Zellbildung.

Graf Leszczyc-Suminski bildet (Taf. II., Fig. 15) zwar auch ein Antheridium mit besonderer zelliger Hüllschicht ab, bezeichnet dasselbe in der Figurenerklärung aber als krankhaften Zustand.

Wigand²⁾ tritt mit großer Entschiedenheit für die Einzelligkeit der Farn-Antheridien ein, die er bei mehreren, zum Theil nicht näher bestimmten Arten untersucht hat. Nach ihm entstehen sie häufig aus der unmittelbaren Umbildung von Prothalliumzellen, ohne daß ein vorderer, emporgewölbter Theil von der Hauptmasse der Zelle sich vorher abgetrennt hätte; gewöhnlich aber sei letzteres der Fall. Auf welche Art die Mutterzellen der Spiralfäden entstehen, ob durch Theilung oder freie Zellbildung, läßt Wigand unentschieden.

Schacht³⁾ fand die Antheridien bei den von ihm untersuchten Arten (*Pteris serrulata*, *Asplenium Petrarcae*, *Adiantum formosum* und *Aspidium violaceum*) niemals einzellig, sondern den Kern stets von einer einfachen Lage wasserheller Zellen umkleidet. In der Schleiden'schen Ansicht von dem allgemeinen Vorkommen der freien Zellbildung befangen, läßt er diese

¹⁾ Zur Entwicklungsgeschichte der Farnkräuter (1848) p. 10.

²⁾ Botan. Zeitg. 1849 p. 22.

³⁾ Beitrag zur Entwicklungsgeschichte der Farnkräuter; Linnaea 1849 Bd. 22 p. 758 ff.

Wandzellen als Bläs'chen im Innern der Mutterzelle entstehen. Eines unter ihnen soll zur Urmutterzelle der Spiralfadenzellen werden, welche letztere ebenfalls durch freie Zellbildung entstehen. Am Schlufs seiner Darstellung läfst Schacht übrigens selbst Zweifel an der Zuverlässigkeit seiner Beobachtung laut werden.

Thuret ¹⁾ fafste den Bau der Antheridien von allen früheren Beobachtern durchaus abweichend und, wie wir bald sehen werden, zuerst richtig auf. Bei den meisten *Polypodiaceen* bestehen sie nach ihm aus 3 übereinanderliegenden Zellen: einer Stielzelle, welche das Organ an den Vorkeim befestigt; einer ringförmigen Zelle, welche die Spermatozoiden-Mutterzellen allseitig umschliesst, und einer terminalen Deckelzelle. In manchen Fällen reicht der Innenraum des Antheridiums bis zur Fläche des Vorkeimes hinab, so dafs auch die basale Zelle zu einer Ringzelle wird. Auf welche Weise diese Ringzellen entstehen, ob sie gleich als solche angelegt werden oder der Verschmelzung mehrerer Zellen ihren Ursprung verdanken: diese Frage läfst Thuret vollkommen unberührt.

Mercklin ²⁾, dem unter allen bisher genannten Forschern das reichlichste Material zu Gebote stand, schliesst sich in der Deutung seiner Beobachtungen im Wesentlichen Nägeli an und verwirft (pag. 18) die Thuret'sche Auffassung; während Mettenius ³⁾ der letzteren unbedingt zustimmt und in Betreff des Antheridienbaues einfach auf Thuret verweist.

Nach Hofmeister ⁴⁾ tritt in der Mutterzelle des Antheridiums entweder sofort, oder nach einmaliger, sehr selten mehrmaliger Theilung derselben durch Querwände, eine Theilung durch eine geneigte Scheidewand auf. Die neugebildete Zelle zweiten Grades theilt sich sofort durch eine radiale Längswand. Nach einmaliger Wiederholung der Theilung der Scheitelzelle

¹⁾ Sur les anthéridies des fougères (Ann. sc. nat. sér. 3 t. 11 1849 p. 7).

²⁾ Beobachtungen an dem Prothallium der Farrnkräuter (1850) p. 12 ff.

³⁾ Beiträge zur Botanik (1850) p. 22.

⁴⁾ Vergleichende Untersuchungen etc. (1851) p. 79.

durch eine entgegengesetzt geneigte Wand erlischt das Längenwachsthum der Antheridie. Die zweite Zelle zweiten Grades wird ebenfalls durch eine radiale Wand in zwei Theilhälften von Form von Cylinderquadranten zerlegt. Jetzt theilt sich eine der Zellen dritten Grades durch eine der Längsachse des Organes parallele, die Seitenwände unter 45° schneidende Wandung. Die Antheridie stellt nun einen halbkugeligen Zellkörper dar, bestehend aus einer vierseitigen centralen Zelle, gefüllt mit körnigem Schleime, die getragen wird von einer cylindrischen oder zwei halbcylindrischen Zellen; umhüllt von vier Zellen von Form von Cylinder-Abschnitten und bedeckt von einer Zelle von Form eines Kugelabschnittes. Die Zellen der Antheridie, welche die centrale umschließen, vermehren sich nicht weiter. Die letztere aber verwandelt sich nach beträchtlicher Zunahme ihres Umfanges, in deren Folge die sie umhüllenden Zellen zur Tafelform abgeplattet werden, durch eine Reihe von Zweitheilungen in eine kugelförmige Gruppe würflicher Zellen

Henfrey¹⁾, welcher die Thuret'sche Arbeit nicht zu kennen scheint, giebt nicht nur vom Bau der Antheridien eine mit der seinen durchaus übereinstimmende Darstellung, sondern geht einen Schritt weiter und sucht die Entstehung der Ringzellen zu ermitteln. Nach seinen Beobachtungen bildet sich in der Mutterzelle des Antheridiums, entweder unmittelbar oder erst nach vorhergegangener Abgliederung einer Basalzelle, eine aufrechte, ringförmige Scheidewand, welche an allen Punkten simultan auftritt. Die Antheridium-Anlage besteht nun aus einer inneren cylindrischen und einer sie umschließenden, hohlcylindrischen Zelle. Der ringförmigen Scheidewand setzt sich oberseits eine horizontale Wand rechtwinkelig auf; durch sie wird die nach oben convexe Deckelzelle von der Centralzelle abgetrennt. Ist letztere (oder sind deren Theilungsprodukte) später von zwei Ringzellen umschlossen, so gehen dieselben nach Henfrey stets aus der Theilung der erstgebildeten Ringzelle mittels einer horizontal herumlaufenden Scheidewand hervor.

¹⁾ On the development of Ferns from their spores (Transactions of the Linnean Society vol. 21 p. 121).

Im Folgenden wird sich zeigen, daß meine Beobachtungen die von Henfrey gegebene Entwicklungsgeschichte nicht bestätigen.

Wigand giebt, im Anschluß an seine frühere Mittheilung, in einer zweiten Arbeit¹⁾ vergleichende Beobachtungen über den Bau des Antheridiums bei zahlreichen Farnspecies. Seine frühere Ansicht von der Einzelligkeit des ganzen Organes hält er für eine Reihe von Fällen aufrecht. Bei den meisten Arten giebt er die Existenz einer besonderen Antheridienwandung zu, welche die Mutterzellen der Spermatozoiden entweder allseitig oder nur zum Theil umschließt. Die geschlossenen Ringe, deren Vorhandensein ihm nicht entgangen ist, beschreibt er als „Kreise peripherischer Zellen“. Die Zahl der zu einem Kreise vereinigten Zellen beträgt nach ihm meist 4, zuweilen 5 oder 6 (l. c. p. 46).

Hofmeister²⁾ hebt Henfrey gegenüber hervor, daß er sich von der Richtigkeit seiner früheren entwickelungsgeschichtlichen Angaben wiederholt überzeugt zu haben glaube. Hohlcyindrische Zellen seien an der Reife nahen und an entleerten Antheridien zwar erkennbar; dieselben seien aber aus der seitlichen Verschmelzung mehrerer Zellen durch Resorption ihrer Querscheidewände entstanden.

Die letzte Darstellung, welche Hofmeister in der Englischen Ausgabe seiner „Vergleichenden Untersuchungen“³⁾ von der Entwicklung der Farn-Antheridien giebt, weicht von den früheren nicht wesentlich ab. „The analogy to be derived from the process of development of the antheridia of the Muscineae renders it probable that the large central cell is formed by the production of an excentrical, inclined, longitudinal septum in the young antheridium, followed by the production of another excentrical septum cutting the latter at right angles, and the subsequent formation of a longitudinal septum cutting both

¹⁾ Weitere Beobachtungen über die Keimungsgeschichte der Farn (Botanische Untersuchungen 1854) p. 44 ff.

²⁾ Beiträge zur Kenntniß der Gefäßskryptogamen II. p. 604 Anm.

³⁾ On the germination, development and fructification of the higher Cryptogamia (London 1862) p. 186.

the above at an angle of 45° , such formation taking place after the apical cell of the antheridium has been isolated by a strongly inclined almost horizontal septum cutting the primary longitudinal septum. Where the central cell is surrounded by two zones of enveloping cells it is manifest that the two zones originate in the transverse division of the primary single zone.“

Zuletzt hat sich Strassburger ¹⁾ mit dem vorliegenden Gegenstande beschäftigt. Bei *Pteris serrulata* theilt sich nach ihm die Antheridium-Mutterzelle zunächst durch zwei entgegengesetzt geneigte Wände, welche dem Grunde des Antheridiums schief aufgesetzt sind und die Seitenwände desselben etwa in ihrer Höhe schneiden. „Diesen beiden ersten Scheidewänden folgen alsbald entsprechend zwei andere entgegengesetzte und schneiden dieselben unter 45° . Alle diese vier Scheidewände neigen sich nach dem Grunde der Antheridie stark zusammen, ohne jedoch dort völlig zusammenzustossen, und es wird auf diese Weise ein mittlerer viereckiger Raum abgeschieden, der sich trichterförmig nach oben zu erweitert. Der obere Theil der Antheridie ist immer noch einzellig; bald erfolgen aber auch hier eine Anzahl Theilungen. Zunächst entstehen vier obere Seitenzellen ganz in derselben Weise, wie die unteren entstanden; sie sind diesen unteren aufgesetzt und neigen zusammen nach dem Scheitel der Antheridie; zwischen diesen oberen Seitenzellen wird schliesslich vom Scheitel der Antheridie eine Deckelzelle abgeschieden, von Gestalt eines Kugelabschnittes. So wird ein Zellkörper gebildet, der aus einer Centralzelle und aus 8 Seitenzellen und einer Deckelzelle besteht. Die Centralzelle ist, von oben gesehen, viereckig, in der Mitte ihrer Höhe bauchig aufgetrieben, an ihren Enden, namentlich am unteren, allmählig verjüngt und wird zur Urmutterzelle der Spermatozoiden. Sie führt reichlich Protoplasma, einen deutlichen Zellkern, während die Seitenzellen alsbald nur noch spärliche Chlorophyllkörner enthalten.“

¹⁾ Die Befruchtung bei den Farnkräutern (Mém. de l'Acad. d. sc. de St. Petersbourg 1868 p. 2).

Meine eigenen Untersuchungen beziehen sich bis jetzt nur auf wenige Arten. Doch scheinen, nach den in der Literatur enthaltenen Angaben und bildlichen Darstellungen zu urtheilen, die wichtigsten Verschiedenheiten des Antheridienbaues durch sie repräsentirt zu sein. Binnen Kurzem hoffe ich meine Beobachtungen für die meisten Gattungen der *Filices* vervollständigen zu können. Es bedarf kaum der Erwähnung, daß ich das Untersuchungsmaterial nicht den verunreinigten Kulturen der Farrnhäuser entnommen habe, sondern daß die Aussaaten besonders für meine Zwecke angestellt und sorgfältig gegen fremde Eindringlinge geschützt wurden.

Aneimia hirta besitzt Antheridien, welche sich durch bedeutenden Umfang und Einfachheit des Baues auszeichnen. Im reifen Zustande (Fig. 5) bestehen sie aus einer flach-cylindrischen Stielzelle, einer ihr aufgesetzten, verhältnißmäßig hohen Ringzelle, in welcher keine Andeutung einer Längswand sichtbar ist, und einer niedrigen Deckelzelle von der Form eines Kugelabschnittes. Das Innere des von den drei Zellen umschlossenen Hohlräume wird von den Spezial-Mutterzellen der Spermatozoiden erfüllt.

An schwächtigen, sehr gedrängt neben einander gewachsenen Vorkeimen entspringen sie ohngefähr gleich häufig von der Unterseite der Laubfläche und vom Rande. In der letztbezeichneten Stellung ist ihre Entwicklung durch Vergleichung verschiedener Stadien leicht zu ermitteln.

Die jüngsten beobachteten Anlagen, welche kaum als Halbkugel über den Rand hervortreten (Fig. 1) und in frischem Zustande von trübem Plasma gleichmäßig erfüllt schienen, zeigten sich bei näherer Untersuchung nicht nur durch eine Scheidewand von der Randzelle abgetrennt, sondern selbst schon aus drei Zellen zusammengesetzt. Die untere, sanft einwärts gebogene Stielzelle wird von zwei parallelen Wänden begrenzt, deren obere die jüngste ist. Ihr setzt sich eine nach außen gekrümmte, uhrglasförmige Scheidewand in einem mit der peripherischen Umgrenzung der Stielzelle concentrischen Kreise auf, welche eine innere Zelle von der Gestalt einer biconvexen Linse von einer sie bedeckenden, flachglockenförmigen Zelle

abscheidet. Während sich die Stielzelle kaum merklich verlängert, wölben sich die beiden anderen Zellen gemeinschaftlich stark nach aufsen. Die sie trennende Scheidewand bleibt dabei noch lange sehr zart, so dafs sie der unmittelbaren Beobachtung entgeht (Fig. 2a); nach Behandlung der Vorkeime mit Kalilauge und Salzsäure tritt sie aber mit voller Deutlichkeit hervor (Fig. 2b). Etwa zur Zeit, wo die innere Zelle die Form einer Halbkugel erlangt hat, entsteht in der sie bedeckenden Glockenzelle eine nach oben sich erweiternde, trichterförmige Scheidewand, welche sich der Innen- und Aufsenwand in geschlossenem Kreise aufsetzt. Ihre Bildung scheint eine durchaus simultane zu sein. Es wird durch sie die Deckelzelle von der hohlcylindrischen Hüllzelle (Ringzelle) abgetrennt.

In allen 4 Zellen, welche das Antheridium in diesem Entwicklungszustande zusammensetzen, ist je ein Zellkern deutlich erkennbar. In der Deckelzelle liegt er der unteren Scheidewand an und ist von zahlreichen Chlorophyllkörnern umgeben; in der Ringzelle schmiegt er sich einseitig der Innenwand an; in der Centralzelle nimmt er eine genau mittlere Stellung ein und erscheint wegen des reichen Gehaltes an Chlorophyll und Protoplasma nur als hellerer Fleck.

Centralzelle und Ringzelle wachsen überwiegend in die Länge, weniger im Umfang. Dabei wird die Neigung der Scheidewand, welche letztere von der Deckelzelle trennt, allmählig etwas geringer. Während alle übrigen Zellen ungetheilt bleiben, zerfällt die Centralzelle durch eine Anzahl successiver Theilungen in die Specialmutterzellen der Spermatozoiden. Die Stellung der Scheidewände zur Längsachse des Organes und untereinander ist hier eine ziemlich regellose, wie aus Fig. 3 und 4 ersichtlich.

Die Zellen letzter Generation runden sich in der für die Specialmutterzellen charakteristischen Weise gegen einander ab, bis sie sich vollkommen isolirt haben. Auf die zarte Cellulosemembran folgt nach innen zunächst eine Schicht hyalinen Protoplasmas; gegen die Mitte hin sind im Plasma zahlreiche Körnchen eingebettet. Die Entleerung der reifen Specialmutterzellen erfolgt stets durch einen unregelmäßigen Rifs der Deckelzelle. Die zerfetzten Membranstücke derselben schrumpfen zu-

sammen und werden bald unkenntlich. Mit dem allmäligen Hervortreten des zelligen Inhaltes geht eine beträchtliche Dehnung der Basalzelle und Ringzelle nach innen Hand in Hand (Fig. 6.). Es legt dies die Vermuthung nahe, dafs das Öffnen des Antheridiums vorzüglich durch die Turgescenz dieser beiden Zellen bewirkt werde. In der Membran der Ringzelle, welche sich gleichzeitig stark verkürzt, bilden sich dabei Falten in gröfserer oder geringerer Zahl, welche, von oben gesehen, meist nicht über die halbe Dicke des Ringes hinausreichen (Fig. 7), bei seitlicher Ansicht aber echten Scheidewänden zuweilen täuschend ähnlich sehen. Ich vermuthe, dafs dieselben bei den unrichtigen Darstellungen des Baues und der Entwicklung des Farnantheridiums eine grofse Rolle gespielt haben. Dafs die Ringzelle nicht, wie mehrere der oben genannten Forscher annehmen, aus der Verschmelzung von vier oder mehr ursprünglich getrennten peripherischen Zellen entsteht, sondern dafs sie schon als solche angelegt wird, geht aus dem konstanten Vorhandensein von nur einem Zellkern mit voller Sicherheit hervor. Auch nach erfolgter Entleerung bleibt derselbe noch einige Zeit deutlich erkennbar (Fig. 6).

Die Antheridien von *Ceratopteris thalictroides* (Fig. 8 — 10) sind denen von *Aneimia* auf den ersten Blick sehr unähnlich. Bei näherer Untersuchung zeigt sich, dafs die Verschiedenheit mehr in den Dimensionen der einzelnen Theile, als in abweichendem Bau liegt. Die meisten Antheridien nehmen hier aus Randzellen des Vorkeimes ihren Ursprung; nur wenige entwickeln sich auf der Unterseite der Laubfläche. Bei ersteren, die ich allein näher verfolgte, vollziehen sich die Theilungen der Mutterzelle schon zu einer Zeit, wo diese noch kaum merklich über ihre Nachbarinnen hervorrägt.

Die erste Scheidewand ist meist unsymmetrisch und stark gekrümmt. Sie legt sich einerseits an die freie Aussenwand der Mutterzelle, andererseits an eine der Seitenwände an, welche diese von ihren Nachbarzellen trennen. Die auf solche Weise abgegliederte untere Zelle reicht natürlich nur einseitig bis an den freien Rand des Vorkeimes (Fig. 9^a, 10). Leider fehlt mir für den nächsten Theilungsschritt die direkte Beobachtung.

Aus dem fertigen Zustande, zusammengehalten mit dem zweifellos ermittelten Entwicklungsgange bei *Aneimia hirta* glaube ich schliessen zu dürfen, dafs auch hier der zuerst gebildeten Wand eine uhrglasförmige Membran sich aufsetzt, welche eine innere Zelle von der Form einer biconvexen Linse von einer äufseren flach glockenförmigen Zelle abtrennt. In letzterer würde dann, ähnlich wie bei *Aneimia*, eine nach oben sich erweiternde trichterförmige Scheidewand entstehen, welche Deckelzelle und Ringzelle von einander isolirt. Letztere bleibt hier stets kurz und dabei schwach abwärts gebogen. Dies, mit dem Fehlen einer eigentlichen Stielzelle zusammengenommen, ist es, was den Habitus des Antheridiums von *Ceratopteris* hauptsächlich bedingt.

Von der beschriebenen Bildung kommen nur selten Abweichungen vor. Die gewöhnlichste besteht darin, dafs die erste Theilungswand sich, statt nur an eine, symmetrisch an beide Seitenwände anlegt (Fig. 9^b). Nur in den seltensten Fällen habe ich reife Antheridien beobachtet, bei denen die Sonderung von Ringzelle und Deckelzelle unterblieben war, wo also die Specialmutterzellen in einen linsenförmigen Raum zwischen zwei Zellen eingeschlossen waren.

Asplenium alatum besitzt Antheridien, deren Kern meist von zwei übereinanderliegenden Ringzellen umschlossen wird. (Fig. 14 und 15). Der Deckel ist ebenso, wie bei *Aneimia hirta* und *Ceratopteris thalictroides*, einzellig. Eine Stielzelle ist hier nicht immer vorhanden (Fig. 11, 14, 15).

An den schwächtigen, sehr gedrängt gewachsenen Vorkeimen, welche ich untersuchte, entwickelten sie sich zum gröfseren Theil auf der unteren Laubfläche, häufig so massenhaft, dafs jede Zelle ein Antheridium trug. Weniger zahlreich gingen sie aus Randzellen hervor. Am besten liefs sich ihre Entwicklung an fädigen Adventivzweigen verfolgen, deren Verästelungen häufig mit je einem Antheridium abschliessen (Fig. 13).

Die jüngsten von mir beobachteten Anlagen waren etwa halbkugelig. Die erste in ihnen auftretende Scheidewand besitzt die Form eines Trichters; sie setzt sich der ebenen Basalfläche in einem engen, mit ihrer peripherischen Begrenzung

concentrischen Kreise auf und erweitert sich nach oben, um sich etwa in der Mitte der kugelig gewölbten Aufsenwand, ebenfalls in geschlossenem Kreise, anzulegen (Fig. 11, 12). Die untere (und gleichzeitig äußere) der beiden Schwesterzellen, welche schon bei ihrem Entstehen die Form eines an der Basis verbreiterten, nach oben zugespitzten Ringes besitzt, behält dieselbe im Wesentlichen bei; sie ist fortan keiner weiteren Theilung mehr fähig. Die andere, am unteren Ende konisch verschmälerte Schwesterzelle läßt in diesem unteren Theile einen Zellkern deutlich erkennen. Ihr Längenwachsthum geht ausschließlich in der oberen, freien Hälfte vor sich. Behandelt man ein junges Antheridium in diesem Entwicklungszustande, wo sich der obere Theil auch in der Aufsencontour von der ersten ringförmigen Hüllzelle soeben schwach abzuheben beginnt (Fig. 13^a) mit verdünnter Ätzkali-Lösung und, nach einmaligem Auswaschen, mit Salzsäure, so bemerkt man bei mittlerer Einstellung eine zarte Theilungslinie, der nach oben und unten je ein Zellkern anliegt (Fig. 13^b). Diese Scheidewand, welche eine obere, flach glockenförmige Zelle von der Centralzelle (der Urmutterzelle der Spermatozoiden) abtrennt setzt sich dem oberen Rande der erst entstandenen trichterförmigen Zellwand allseitig auf und ist in Form eines Meniskus schwach nach aufwärts gekrümmt.

Mit dem weiteren Längenwachsthum des jungen Antheridiums geht eine stärkere Emporwölbung dieser Scheidewand Hand in Hand. Nachdem sie der freien Aufsenwand ohngefähr parallel geworden, setzt sich ihr in allseitig gleicher Entfernung vom Scheitel eine ringförmige, nach oben sich schwach trichterförmig erweiternde Wand fast rechtwinkelig auf (Fig. 14).

Die glockenförmige Zelle wird dadurch in eine ringförmige untere und in eine obere Deckelzelle getheilt, welche die Form eines gestutzten, mit der sphärischen Basalfläche nach oben gekehrten Kegels zeigt. Damit ist die Entwicklung der Antheridienhülle in der großen Mehrzahl der Fälle beschlossen. Beide Ringzellen sowohl, als die Deckelzelle lassen bei aufmerksamer Betrachtung je einen Zellkern deutlich erkennen. Auch nach Entleerung der Antheridien bleibt derselbe in den Ringzellen noch einige Zeit erhalten (Fig. 17).

Erst nach Anlage der Antheridienhülle treten in der Centralzelle eine Reihe von Theilungen auf, welche zur Bildung der Specialmutterzellen führen. Die ersten Scheidewände sind meist genau nach der Längsachse des Antheridiums orientirt und einander nach drei Dimensionen rechtwinkelig aufgesetzt; hierauf wechseln dann noch einige Mal radiale Wände mit tangentialen ab. Die Zellen letzten Grades, deren Zahl nicht konstant ist, runden sich gegen einander ab. Auf ihre sehr zarte Membran folgt nach innen zunächst eine hyaline Plasmazone; der centrale Theil des Inhaltes ist deutlich körnig.

Das Öffnen des Antheridiums wird offenbar auch hier durch die Turgescenz der beiden Ringzellen bewirkt. Nachdem die Deckelzelle unregelmäßig durchrisen und die Specialmutterzellen entleert sind, dehnen sie sich, unter gleichzeitiger geringer Verkürzung, nach innen. Es bilden sich hierdurch radial-senkrechte Falten, welche bei seitlicher Ansicht oft täuschend den Anschein echter Scheidewände¹⁾ gewähren. Auch hier, wie bei *Aneimia hirta*, überzeugt man sich bei Betrachtung von oben mit Leichtigkeit, daß sie die äußere Membran nicht erreichen.

Als Ausnahme beobachtet man zuweilen Antheridien mit nur einer Ringzelle. Diese hat dann, soweit der fertige Zustand einen sicheren Schlufs gestattet, ganz die gleiche Entstehung, wie die obere Ringzelle in normalen Antheridien: sie ist die Schwesterzelle der Deckelzelle.

Etwas häufiger wurden Antheridien mit drei Ringzellen beobachtet (Fig. 17). Hier wird dann die mittlere wahrscheinlich in derselben Weise durch eine trichterförmige Scheidewand angelegt, wie die untere. Sicher war dies bei zwei abnormen Antheridien der Fall, wo sich die zweite Ringzelle der unteren seitlich und schief aufgesetzt hatte (Fig. 16).

¹⁾ In zwei Fällen glaube ich mich bestimmt von dem Vorhandensein je einer echten radialen Längswand in einer der Ringzellen überzeugt zu haben. Ich halte sie für nachträgliche Bildungen. Über die Art ihrer Entstehung kann ich leider nichts Näheres angeben.

Cibotium Schidei schließt sich unmittelbar an *Asplenium alatum* an, zeigt aber einige bemerkenswerthe Eigenthümlichkeiten. Die unterste der zwei Ringzellen, welche auch hier bei der überwiegenden Mehrzahl der Antheridien vorhanden sind, ruht meist auf einer nur einseitig entwickelten Basalzelle und ist dann auf der einen Seite niedriger, als auf der anderen, während die obere Ringzelle mehr regelmäfsig entwickelt ist. (Fig. 19). Die Deckelzelle bleibt hier nicht ungetheilt, sondern zerfällt durch eine auf der Aussenwand senkrechte, gegen den Mittelpunkt der Zelle stark convexe Wand in zwei ungleich grofse Tochterzellen. Die gröfsere ist halbmondförmig; die kleinere elliptisch, an beiden Enden zugespitzt (Fig. 18). In der kleineren der beiden Schwesterzellen findet zuweilen noch eine weitere Theilung statt. Entweder wird sie durch eine, auf der letztentstandenen, senkrechte Wand halbirt; oder es setzt sich der ersten Wand eine entgegengesetztgekrümmte beiderseits auf. Der Deckel ist dann aus einer centralen und zwei peripherischen Zellen zusammengesetzt. Nur selten ist die zweite Wand des Deckels der erstgebildeten parallel.

Beim Öffnen des Antheridiums wird der Deckel nicht unregelmäfsig durchbrochen, wie bei *Aneimia hirta*, *Ceratopteris thalictroides* und *Asplenium alatum*, sondern es wird die kleinere Zelle, oder, wenn er aus dreien besteht, eine der beiden kleineren aus dem Verbande der Nachbarzellen gelöst und zurückgeklappt.

Die Bildung der Ringzellen ist, soweit ich beobachten konnte, der bei *Asplenium alatum* beschriebenen durchaus analog; auch hier ist die untere von wesentlich verschiedener Entstehung, als die obere. Die untere wird durch eine trichterförmige Scheidewand von der Urmutterzelle des Antheridiums direkt abgeschieden, während die obere neben dem (hier später mehrzelligen) Deckel Theilungsprodukt einer glockenförmigen Zelle ist.

Von den beschriebenen Fällen durchaus verschieden ist der Entwicklungsgang der Antheridien von *Osmunda regalis*. Geschlossene Ringzellen kommen bei ihnen niemals vor. Die Mutterzelle theilt sich zunächst durch eine schiefe, nach innen

schwach concave Wand, der in der oberen und größeren der beiden Schwesterzellen eine zweite, entgegengesetzt geneigte folgt; nur selten bilden sich drei aufeinanderfolgende Wände, welche dann in Winkeln von 120° divergiren. Während sich die peripherischen Zellen nicht weiter theilen, wird in der inneren und gleichzeitig oberen Zelle eine zur Längsachse des Antheridiums annähernd senkrechte, nach unten schwach concave Scheidewand angelegt, die sich den erstentstandenen allseitig ansetzt. Die Centralzelle zerfällt nun durch eine Reihe von Theilungen, in denen sich keine bestimmte Regel erkennen liefs, in die Specialmutterzellen der Spermatozoiden; die Deckelzelle theilt sich während dessen durch mehrere in gleichem Sinne über ihren Scheitel verlaufende Wände in drei bis vier Zellen, deren Aufsencontour meist durch nachträgliche Dehnung wellig wird. Sie setzen die Antheridienwandung zum größeren Theil zusammen.¹⁾

Das Interesse der oben mitgetheilten Thatsachen geht weit über die Entwicklungsgeschichte der Farrnkräuter hinaus. Zellen von der Form geschlossener Ringe sind, meines Wissens, nur am erwachsenen Wedel mehrerer *Aneimia*-Arten beobachtet worden, wo sie die Schließzellenpaare der Spaltöffnungen umgeben. Über die Art ihrer Bildung besteht eine bisher noch ungelöste Meinungsverschiedenheit zwischen Hildebrand²⁾ und Strafsburger;³⁾ darin aber kommen beide überein, daß die Ringzellen nicht als solche angelegt werden, sondern ihre eigenthümliche Form erst nachträglich erhalten. Die Antheridien der *Polypodiaceen* und *Schizaeaceen* bieten demnach das erste Beispiel für eine direkte Entstehung von Ringzellen durch Bildung trichterförmiger Scheidewände; sie

¹⁾ Ausführlicheres über die Antheridien von *Osmunda* werde ich in einem binnen Kurzem in Pringsheims Jahrbüchern erscheinenden Aufsatze geben.

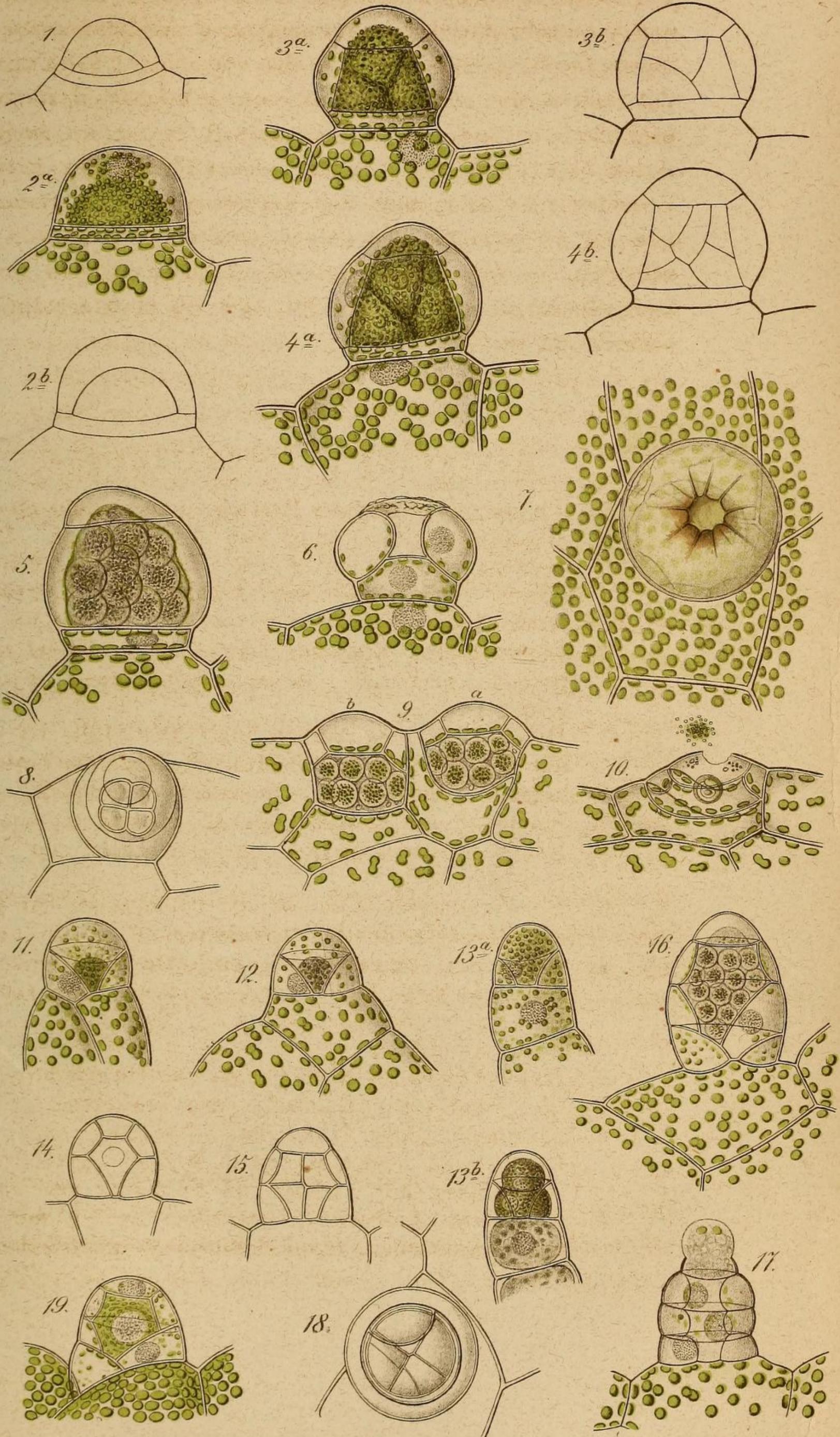
²⁾ Über die Entwicklung der Farrnkrautspaltöffnungen. Bot. Zeit. 1866 p. 245.

³⁾ Ein Beitrag zur Entwicklungsgeschichte der Spaltöffnungen. Pringsheims Jahrb. V p. 309.

zeigen gleichzeitig, daß dieser im Gewächsreich bisher durchaus vereinzelt dastehende Vorgang zwei Modifikationen zuläuft, indem die Ringzellen das eine Mal von einer halbkugeligen, das andere Mal von einer glockenförmigen Mutterzelle abgegliedert werden. Hoffentlich gelingt es mir an geeigneteren Arten, als die bisher von mir untersuchten, den Proceß der Scheidewandbildung und das Verhalten des Zellkernes dabei genauer zu verfolgen. Erst dann wird es möglich sein zu entscheiden, ob diese neue Form der Zellbildung sich den bisher beobachteten unmittelbar anreihet, oder ob sie wesentlich davon verschieden ist.

Erklärung der Abbildungen.

- Fig. 1. Jüngster beobachteter Entwicklungszustand eines randständigen Antheridiums von *Aneimia hirta*. Die Centralzelle besitzt die Form einer biconvexen Linse. (Nach Behandlung mit Ätzkali und Salzsäure gezeichnet.)
- „ 2. Etwas älterer Zustand. Die Glockenzelle ist noch ungetheilt (a. frisch-, b. nach Behandlung, wie 1. gezeichnet).
- „ 3. Halberwachsenes Antheridium. Die Hülle ist vollständig angelegt; in der Centralzelle sind die ersten Theilungen bereits erfolgt. (a und b, wie bei 2.)
- „ 4. Etwas älterer Zustand, als 3. (a. und b., wie bei 2.)
- „ 5. Reifes Antheridium (es wurde während der Beobachtung entleert).
- „ 6. Eben entleertes Antheridium. Rechts ist der Zellkern der Ringzelle deutlich erkennbar.
- „ 7. Schon seit längerer Zeit entleertes Antheridium, von oben gesehen. Die innere, gefaltete Wand der Ringzelle ist schon stark gebräunt; der Zellkern ist nicht mehr erkennbar.
- „ 8. Halbentwickeltes Antheridium von *Ceratopteris thalictroides*, von einer Randzelle des Vorkeimes schief entspringend. Die Hülle ist vollständig angelegt; die Centralzelle über's Kreuz in 4 Zellen getheilt. (Nach Behandlung mit Ätzkali und Salzsäure gezeichnet.)
- „ 9. Zwei reife Antheridien derselben Art: a mit normal-symmetrischer, b mit abnorm-symmetrischer Basalzelle.



- Fig. 10. Entleertes Antheridium derselben Art. Eine Specialmutterzelle ist im Innenraum zurückgeblieben.
- „ 11. Antheridium-Anlage von *Asplenium alatum*. Erst die untere Ringzelle ist abgegliedert. Ihr Zellkern lag links und war ohngefähr bei mittlerer Einstellung deutlich.
- „ 12. Wie vorige.
- „ 13. Etwas weiterer Entwicklungszustand. Die obere Zelle hat sich in eine flach-glockenförmige Aufsenzelle und die Centralzelle getheilt (a und b, wie bei 2).
- „ 14. Die Glockenzelle ist schon in die zweite Ringzelle und die Deckelzelle getheilt; die Centralzelle ist noch ungetheilt. (Nach Behandlung mit Ätzkali und Salzsäure.)
- „ 15. Etwas älterer Zustand. Die Centralzelle ist schon in 8 Zellen getheilt, von denen nur 4 sichtbar. (Behandlung, wie bei 14.)
- „ 16. Reifes Antheridium mit 3 Ringzellen. Die mittlere Ringzelle ist der unteren schief aufgesetzt, so daß deren eine Seite von der Umhüllung der Specialmutterzellen ausgeschlossen ist.
- „ 17. Entleertes Antheridium mit 3 Ringzellen; in jeder derselben ist ein kugeligter Zellkern deutlich sichtbar.
- „ 18. Junges Antheridium von *Cibotium Schidei* von oben gesehen. Die Centralzelle ist in 4 Quadranten zerfallen, von denen 2 schon wieder getheilt sind; der Deckel besteht aus 2 Zellen. (Nach Behandlung mit Ätzkali und Salzsäure gezeichnet.)
- „ 19. Junges Antheridium, von der Seite gesehen. Die Centralzelle ist noch ungetheilt. — Durch ein Versehen des Lithographen ist der Kreis, in welchem sich die untere trichterförmige Scheidewand an die Außenwand anlegt, etwas zu tief gerückt.

Sämmtliche Figuren sind mit der *Camera* entworfen und 325 mal vergrößert.