Beitrag zur Morphologie und Entwickelungsgeschichte der Stärkekörner von Pellionia Daveauana.

Von

Arnold Dodel.

Hierzu Doppeltafel V u. VI.

Schon vor mehreren Jahren entdeckte ich gelegentlich einer Voruntersuchung mikroskopischen Demonstrationsmateriales in den saftigen Stengeln von Pellionia Daveauana so auffallend schön entwickelte Stärkebildner von lebhaft grüner Farbe, dass ich seither immer wieder für die mikroskopischen Uebungskurse auf jene Pflanze griff und in diversen Jahrgängen meine eigenen Untersuchungen an derselben weiterführte. Vor fünf Jahren fertigte ich dann eine grosse Tafel für die Vorlesung an, worauf ich die hauptsächlichsten Entwicklungserscheinungen der Stärkebildner und der Stärkekörner genannter Pflanze in anschaulichen Figuren illustrirte. Nachdem ich mich allseitig in der einschlägigen Litteratur umgesehen, gelangte ich zu der Einsicht, dass die grünen, frischen Stengel von Pellionia Daveauana ganz entschieden die günstigsten Objecte für das Studium der Stärkekörner und der Stärkebildner abgeben und alle bis jetzt bekannt gewordenen und zum gleichen Zwecke empfohlenen Gegenstände an Ausgiebigkeit lehrreicher Erscheinungen überragen. Da diese Pflanze — zu den Urticeen Ostasiens gehörend — im Warmhaus eines jeden botanischen Gartens sich leicht einbürgern lässt (im botanischen Garten zu Zürich wuchert sie an diversen Stellen des Orchideenhauses) — und da sie als perennirende Kriechpflanze während des ganzen Jahres das für unsere Zwecke nothwendige Material in Masse abgeben kann: so verdient sie in hohem Grade zunächst die Aufmerksamkeit aller jener Botaniker, welche mikroskopische Uebungs- und Demonstrationskurse zu leiten haben. Die Stärkekörner und Stärkebildner von Pellionia Daveauana haben aber auch noch ein allgemein morphologisches und physiologisches Interesse: sie scheinen in hohem Grade

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05170-0271-3

geeignet zu sein, uns bei weitergehenden Untersuchungen endlich der Lösung jener Hauptfrage, ob die Stärkekörner durch Intussusception oder aber durch Apposition wachsen, nahe zu bringen. Ich habe beim Studium dieser Objecte, mit dem ich mich diesen Herbst (1891) zum letzten Mal längere Zeit abgegeben habe, die Ueberzeugung gewonnen, dass die Stärkekörner im Stengel von Pellionia ganz entschieden durch **Apposition** wachsen. Anders sind die Entwickelungsorscheinungen gar nicht zu verstehen, wie wir dieselben in den beiden, diesem Aufsatz beigegebenen Tafeln mit peinlichster Sorgfalt dargestellt sehen. Es ist kaum zu zweifeln, dass selbst der geniale Urheber der Intussusceptionstheorie angesichts der fraglichen Objecte die Wahrscheinlichkeit der Apposition zugeben würde.

Die angeführten Thatsachen mögen entschuldigen, dass ich es wage, zur Illustration dieser kleinen Abhandlung sogar eine Doppeltafel zu beanspruchen. Gute Abbildungen sind ja zumeist lehrreicher, als lange Texte. In Folgendem werde ich mich darauf beschränken, nur das wesentlichste der sichtbaren Erscheinungen herauszuheben und die daraus zu ziehenden Schlüsse bloss nur anzudeuten.

Der Stengel unserer Pflanze ist schlank, ohne secundäres Dickenwachsthum, alternirend beblättert (die Blätter beinahe stiellos, also fast sitzend und zweizeilig angeordnet) und weil kriechend und dicht der Unterlage aufliegend, in älteren Internodien bewurzelt und im Ganzen spärlich verzweigt. Der Querdurchmesser eines ausgewachsenen Internodiums beträgt 3 — 4 mm. Während die hinteren, alten Stengeltheile nach völliger Entstärkung absterben, werden die vorderen, jüngeren Theile und Zweige selbständig. Dichte, wulstige Rasen dieser Pflanze bedecken die Unterlage vollständig und es bilden die wirr durcheinander gewirkten Stengeltheile mit den jüngeren und älteren Zweigen derart ein chaotisches Durcheinander, dass es schwer hält, längere Stengel- oder Zweigstücke unversehrt herauszulösen, um so mehr, als die Verholzung der Stengelgewebe eine minime und das ganze Organ sehr brüchig ist.

Der Stengelquerschnitt durch ein oberes, noch ganz junges Internodium zeigt im parenchymatischen Grundgewebe, das nur einige wenige, in einen Kreis geordnete, aber von einander völlig getrennt bleibende Fibrovasalbündel einschliesst, zahlreiche Stärkekörner meist mit anhängenden Chloroplasten verschiedener Gestalt und diverser Grösse. Ganz in der Nähe der Fibrovasalbündel und im ganzen Markkörper sind diese Stärkekörner am schönsten und gleichartigsten entwickelt, während gegen die Peripherie des Querschnittes hin die Grösse

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05170-0272-9

der Stärkekörner, wie auch die Grösse der Chloroplasten rasch abnimmt.

Ich habe in Taf. V Fig. 1—39 aus einem Längsschnitt in der Nähe der Stengelspitze die hauptsächlichsten Formen von Stärkekörnern und jungen Chloroplasten dargestellt. Fig. 40—70 zeigen die etwas weiter gediehenen Stärkekörner auf dem (zähflüssigen, fadenziehenden Schleim führenden) Querschnitt eines kräftig entwickelten Internodiums. Manche dieser Stärkekörner haben schon eine ansehnliche Grösse erreicht (Fig. 55, 56, 57, 60, 61, 62 und 63), wie eine Vergleichung mit dem bei Korn 45 liegenden Zellkern *N* lehrt.

Fig. 78—107 illustriren ganz ausgewachsene Stärkekörner aus dem mit Pikronigrosin behandelten Querschnitt eines völlig entwickelten, kräftigen Internodiums. Die Körner 90—94 und 102—107 liegen in den zugehörenden Mutterzellen. Bei manchen Stärkekörnern dieser Gruppe (88—107) sind die grünen Plasmakörper durch die Präparation verloren gegangen. Der zähe fadenziehende Schleim frischer Quer- oder Längsschnitte ist für die Untersuchung dieser Objecte an frischem Material insofern günstig, als die den Stärkekörnern anhaftenden Chloroplasten meistens von diesem zähflüssigen Schleim umspühlt bleiben, selbst wenn die Schnitte Stunden lang in Wasser unter Deckglas liegen. Die Objecte degeneriren also nicht so leicht, sondern bleiben wohl im frischen Präparat noch Stunden lang am Leben, nachdem sie unter das Mikroskop gebracht wurden. Dagegen ist derselbe zähflüssige Schleim ein widerwärtiges Hemmniss bei Anwendung von gelösten Farbstoffen oder andern Agentien. Müssen die Schnitte oft hin- und hergezerrt werden, so findet man häufig fast alle Chloroplastenkörper von ihren Stärkekörnern abgelöst, wie dies in den letztangeführten Figuren der Fall.

In alten z. Th. schon entblätterten Stengelstücken findet man nebst den gewöhnlichen Stärkekorntypen oft ganz abenteuerliche Gestalten, wie in der Gruppe 108—124, wo No. 120 geradezu ein Monstrum von Gestalt und Grösse darstellt.

In alternden, bewurzelten Stengeltheilen, deren Blätter schon längst ihre Functionen eingestellt haben und verschwunden sind, findet man auch alle Auflösungsstadien der Stärkekörner. Zur vorläufigen Orientirung vergleiche man die in Fig. 125—144 dargestellten primären Abschmelzungsstadien mit den weitergeschrittenen Auflösungserscheinungen, wie sie in Fig. 145—173 zur Anschauung gebracht sind.

Die Form der Stärkekörner im Stengel von Pellionia variirt

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05170-0273-4

beträchtlich und ist in den verschiedenen Altern der Körner sehr verschieden: Alle Stärkekörner beginnen als kleine Kugeln, die entweder mitten im kugeligen oder ovoiden Chloroplasten, oder in letzterem excentrisch, oft zu zwei oder mehreren unter der Peripherie des grünen Plasmakornes auftreten. Vgl. Fig. 2, 3, 4, 7, 9, 11 mit Fig. 30, 31, 32, 33, 35 und 35a.

Sobald die Stärkekörner aber jene Grösse erreicht haben, welche das Platzen des grünen Stärkebildners veranlasst, verändert sich die Form des kugeligen Stärkekornes; letzteres beginnt nun ein vorwiegend einseitiges Wachsthum in dem Sinne, dass es auf der dem Chloroplasten anliegenden Seite den hauptsächlichsten Zuwachs erhält, indess der freiliegende, nicht von grüner Plasmaschicht bedeckte Theil langsamer und später gar nicht mehr wächst. Die vorher kugeligen Stärkekörner werden alsbald eiförmig (Fig. 45, 46, 49, 51, 52, 53), oft auch bohnenförmig (Fig. 57, 60), später dick keulenförmig (Fig. 90—107) und manche von ihnen nehmen im weiteren Verlauf oft ganz abenteuerliche Gestalt an: Schinkenform (Fig. 61, 91, 100, 107, 118), Cylindergestalt mit unregelmässigen Krümmungen, Stiefelform und warzige Kartoffelknollengestalt. Alle diese diversen Gestalten erscheinen als Resultat des Wachsthums durch Apposition. Beim Durchmustern eines jüngeren, aber kräftig entwickelten Stengelquerschnittes kann dem Beobachter nicht entgehen, dass eine Wechselbeziehung zwischen Form und Gestalt des wachsenden Stärkekornes einerseits und der Art der Anlagerung des grünen Stärkebildners anderseits existirt und dass bei monströsen Stärkekörnern die Form des Ganzen bedingt wird durch die Anzahl und durch die Grösse der dem Stärkekorn anhaftenden Chloroplasten.

Nägeli hat in seiner akademischen Abhandlung gegen Schimper's bekannte Arbeit aus dem Jahr 1881 die Function der „Stärkebildner" noch als „ziemlich problematisch" bezeichnet und die Annahme, dass die Stärkekörner vom Stärkebildner aus neue Schichten aufgelagert bekommen, energisch von der Hand gewiesen: „Wäre es der Fall, so müsste zwischen der Gestalt des Stärkebildners und der Gestalt der Stärkekörner, inbegriffen den Bau derselben, eine bestimmte Beziehung bestehen. Es müsste die Gestalt des Kornes eine andere sein, je nachdem sein Bildner klein und rundlich, oder grösser und scheibenförmig, oder stäbchenförmig ist. Man könnte selbst die Gestalt des Stärkekornes geometrisch construiren, die aus einem Stärkebildner von bestimmter Form unter der Voraussetzung

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05170-0274-0

entstände, dass das Wachsthum an der Anheftungsstelle am intensivsten sei und von da allmählich abnehme. Gehen wir umgekehrt von dem Stärkekorn aus, so würde dieses eine andere Gestalt seines Bildners erwarten lassen, je nachdem dasselbe cylindrisch ist oder kegelförmig mit kreisförmigem Querschnitt und mit dem Kern im dünnen Ende, oder zusammengedrückt mit dem Kern im schmalen Ende, oder keilförmig mit verdicktem schmalem Kernende und breitem kantenförmigem hinteren Ende" (S. 426 des Separatabdr. von Nägeli, Ueber das Wachsthum der Stärkekörner durch Intussusception).

Nägeli verneinte damals, dass diese Wechselbeziehungen zwischen Stärkebildner und Stärkekornform existire. Seither sind jedoch zahlreiche Beweise trotzdem für jene Wechselbeziehung erbracht wurden. Und was Nägeli in den eben angeführten Worten gefordert hat, das ist just beigebracht worden. Der vorliegende Fall bei Pellionia könnte im Sinne der Nägeli'schen Forderungen nicht günstiger gedacht werden.

Die Stärkebildner im Stengel von Pellionia Daveauana sind ganz regelrecht entwickelte Chlorophyllkörner von ursprünglich kugeliger oder ovoider Gestalt (vgl. Fig. 1, 2, 7, 40). Die massenhaft auftretende Stärke in den Stengeln dieser Pflanze kann nur zum kleinsten Theil als Assimilationsprodukt der Chloroplasten des Stengels betrachtet werden, sie ist vielmehr zum grössten Theil als Assimilationsprodukt der grünen Laubblätter, als „gewanderte" und hier in den Chloroplasten des Stengels wieder abgelagerte Reservesubstanz, als Depótstärke zu betrachten. Wir haben es hier also mit Chloroplasten zu thun, die, wie Schimper in anderen Fällen gezeigt hat, zweierlei Functionen zugleich dienen: einmal der Assimilation und sodann der Stärkebildung aus gewanderten, anderswo erzeugten Assimilationsprodukten.

Das im Innern eines Chloroplasten des Pellioniastengels (central oder excentrisch auftretende) Stärkekorn wächst alsbald so stark, dass der Chloroplast zersprengt wird und das kugelige Stärkekorn an einer Seite aus dem klaffenden Riss des nun kappenförmig gewordenen Stärkebildners herausschaut (Fig. 4, 5, 6, 8, 9, 11, 12, 14, 17, 18, 19, 23, 24, 26, 27, 40, 41, 50, 52, 64).

Nicht selten treten an zwei oder mehr Stellen zu gleicher Zeit kugelige Stärkekörner aus dem Innern des Chloroplasten heraus (Fig. 30, 31, 32, 35, 35a, 36). Dann resultiren zusammengesetzte Stärkekörner, welche einen gemeinsamen Ernährer, einen plattenförmigen Chloroplast an sich haften haben (Fig. 36, 110, 111, 112, 115, 117, 119, 134, 135, 136, 137, 139).

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05170-0275-6

Die weiterwachsenden Stärkekörner bleiben mit dem zerissenen, kappenförmigen Chloroplasten in innigem Zusammenhang und wachsen nun am intensivsten dort, wo die Kappe des grünen Stärkebildners am mächtigsten ist, d. h. dort, wo der geometrische Mittelpunkt des kappenförmigen Plasmakörpers liegt. Es ist indessen hervorzuheben, dass diese mächtigste Partie des Chloroplasten sich oft weit hinaus gegen den blassgrünen Rand der Kappe erstreckt, so dass letztere oft nur wie eine flach gewölbte breite Platte mit schmalem dünnem Saum erscheint. Dieser Saum selbst ist oft gefranst und läuft so zart in den farblosen Theil der nächsten Umgebung aus, dass man kaum mehr eine scharfe Grenze erkennen kann.

Bei den noch nicht ganz ausgewachsenen Stärkekörnern enthält der lebhaft grüne Stärkebildner in seiner mittlern, mächtigsten Partie oft einen anscheinend kugeligen, farblosen Körper, über dessen Natur ich nichts mitzutheilen habe (Fig. 50, 60, 61). Oft sind sogar zwei oder mehrere solcher farbloser Körper im Chloroplasten vorhanden (Fig. 109, 128).

Im Uebrigen erscheint der kappenförmige grüne Stärkebildner homogen. Er dürfte indess ein geeignetes Object zur Untersuchung von Stroma und Grana (Schimper) abgeben, da er an seinem dünnen Rande in eine so feine Schicht ausläuft, dass dort Stroma und Grana wohl leicht von einander zu unterscheiden sein dürften.

Die Frage, ob das Stärkekorn von Pellionia nur vom anhängenden Chloroplast ernährt werde oder nicht, veranlasste mich zur Untersuchung dieser Gebilde auf eine allfällig vorhandene, continuirliche Plasmahülle. Die Resultate dieser Untersuchung sind in den Figuren 71—87 graphisch zur Anschauung gebracht: es sind halberwachsene Stärkekörner aus einem Stengelquerschnitt von Alcoholmaterial. Dieses Stengelstück hatte durch mehrmonatliches Liegen in absolutem Alcohol durchaus ganz entfärbte Stärkebildner. Die Querschnitte wurden in destill. Wasser ausgewaschen, dann in sehr verdünnte, wässerige Methylviolettlösung gebracht und nach etlichen Stunden untersucht. Bei denkbar günstigster Beleuchtung und mit Zuhilfenahme des Apochromat 0,4 (Zeiss) gelang es mir, ausserhalb der stark gefärbten Chloroplasten noch weit ausgebreitete Plasmahäutchen auf der Oberfläche der Stärkekörner zu sehen (Fig. 73, 75, 76, 81, 83, 85, 87).

Diese und andere — hier wegen Platzmangel nicht widergegebene — Figuren aus dem Methylviolettpräparat zeigen, dass junge bis halberwachsene Stärkekörner im Stengel von Pellionia neben dem kappenförmigen Chloroplasten an ihrer Oberfläche noch von einer

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05170-0276-2

unmessbar feinen Schichte farblosen Plasmas umgeben sind, während an ganz grossen, völlig ausgewachsenen Stärkekörnern diese continuirliche Plasmahaut zu fehlen scheint. Ich lasse die Frage jedoch offen, ob die Stärkekörner während ihrer ganzen Entwickelungszeit bis zum völligen Auflösen ihres Körpers ringsum von einer Schicht lebendigen Plasmas eingehüllt bleiben. Die Abschmelzungserscheinungen, von denen ich unten reden werde, machen diese Annahme in bejahendem Sinne fast nothwendig.

Häufig beobachtet man halberwachsene und bis zur Maximalgrösse herangebildete Stärkekörner verschiedener Gestalt, welche zwei oder mehr lebendige Chloroplasten führen (Fig. 118, 120, 121, 128, 141, 142, 153). Für diese Erscheinung sind zum vornherein zwei Erklärungen möglich: Es wäre denkar, dass zwei oder mehrere ursprünglich getrennte, selbständige Chloroplasten im Verlauf der Entwickelung eines Stärkekornes zu gemeinsamer Arbeit zusammentreten, wie für ähnliche Fälle Schimper die Annahme ausgesprochen hat. Wenn wir jedoch die Art und Weise des Aufplatzens der ursprünglich kugeligen oder ovoiden jungen Chloroplasten beim Weiterwachsen ganz junger Stärkekörner (Fig. 1—70), wenn wir die verschiedenartigen dabei zu Tage tretenden Formen der Chloroplastenkappen, der grünen schildförmigen oder gürtelförmigen (Fig. 109, 110, 117, 119) Plasmaplatten mit in Betracht ziehen und deren vielgestaltige Zwischenformen wohl beachten, so kommen wir zur zweiten Annahme, dass die Mehrheit der einem Stärkekorn anhaftenden Chloroplasten auf die Zweitheilung eines ursprünglich einzigen grünen Stärkebildners zurückzuführen ist. Es kommt nämlich vor, dass ein im Centrum eines kugeligen Chloroplasten entstehendes Stärkekorn bei allseitig gleichartigem Wachsthum schliesslich die ganze Masse des kugeligen Stärkebildners durch einen ringförmigen Riss in zwei fast gleichgrosse oder ganz gleichgrosse Kappen zersprengt, welch letztere dann erst nur noch an einer kleinen Stelle in Zusammenhang bleiben, wobei aber beide Kappen mit ihren concaven Innenflächen der gewölbten Oberfläche des wachsenden Stärkekornes aufliegen bleiben und nach und nach beim Weiterwachsen des Stärkekornes aus einander gedrängt werden. Ueberdies lehrt ein Blick auf die verschiedenen Entwickelungsformen der lebendigen grünen Stärkebildner in den uns vorliegenden Figuren 1—70 und 108—175, die alle in derselben Vergrösserung hergestellt wurden, dass die Chloroplastenkappen, die grünen Schilder, Gürtel und Platten der Stärkebildner unverkennbar mit Wachsthum begabt sind, dass sie fortwährend an Masse zunehmen, so lange das Stärkekorn wächst,

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05170-0277-8

Diese grünen Stärkebildner im Pellioniastengel verhalten sich ähnlich, wie die typischen Chlorophyllkörner, welche ja ebenfalls Wachsthum und Fortpflanzung durch Zweitheilung zeigen. Je mehr diese Stärkekörner wachsen, desto mehr nimmt auch die Flächenausdehnung der Stärkebildner zu. Erscheinungen von unverkennbarer Zweitheilung des stärkebildenden Chloroplasten sind bei halb- und fast ganz ausgewachsenen Körnern gar nicht selten anzutreffen.

Mit der Zweitheilung des Stärkebildners ist dann auch eine **monströse Weiterentwickelung des Stärkekornes eingeleitet.** Wenn das halb oder ganz erwachsene Stärkekorn des Pelliniastengels nur einen Chloroplasten besitzt, so erscheint derselbe in den meisten Fällen als mehr oder weniger grosse, grüne Kappe, welche demjenigen Pol des ovoiden oder keuligen oder cylindrischen Stärkekornes anhaftet, der dem Kernende mit dem Schichtencentrum gegenüber liegt. Das Korn wächst dann nur noch an jenem einen Pol. — Sobald aber eine Zweitheilung des Chloroplasten stattgefunden hat, so beginnt die Zeit des weiteren Zuwachsens an zwei Stellen der Oberfläche des Kornes; jeder Chloroplast repräsentirt eben den Bildungsheerd neuer Theile, welche an die schon vorhandenen von Seiten des grünen Stärkebildners angelagert werden. Es bilden sich unter jeder Chloroplastenkappe oder grünen Platte neue Stärkemassen, die den älteren in Gestalt von Warzen, Hügeln, hornartigen Auswüchsen u. dgl. mehr angelagert werden.

Die diesbezüglichen Erscheinungen sind so vielgestaltig, dass sie in Worten kaum werden erschöpfend behandelt werden können. Ich verweise daher auf die mit dem Prisma angefertigten, genauen Figuren, namentlich auf Fig. 92—124. Das in Fig. 120 dargestellte, einer warzenbedeckten Kartoffel ähnlich sehende Stärkekorn besitzt sogar drei Chloroplasten und besass deren gewiss mehrere, wie aus seiner Configuration errathen werden muss. Auf den der Beobachtung zugänglichen Seiten dieses Stärkekornes finden sich nicht weniger als zehn warzenförmige Zuwachspartien, deren jede einst von einem Chloroplast bedeckt gewesen sein muss. Dieses Korn besass in Wirklichkeit eine Ausdehnung von $103^1/_2$ Mikromillimeter im grössten Durchmesser und seine Entwickelungsgeschichte ist unschwer aus seiner Gestalt und aus dem Verlauf der Schichtensysteme zu erkennen, ganz so, wie es Nägeli als Gegner der Appositionstheorie von dem Wiederbegründer der letzteren gefordert hat.

Aus der Gestalt der Stärkekörner, aus dem Schichtenverlauf der-

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05170-0278-3

selben und aus der jeweiligen Lage des oder der anhaftenden Chloroplasten ergibt sich bei Pellionia weiterhin mit Evidenz, dass die grünen Stärkebildner während des Wachsens der Stärkekörner an der Oberfläche der letzteren häufig ihren Ort wechseln. Dass sie aus ihrer ursprünglichen Lage fortwährend verschoben werden müssen, liegt auf der Hand. Dass sie häufig scheinbar — aber auch nur scheinbar — ihren Ort lange Zeit beibehalten, ist in allen jenen Fällen Thatsache, wo sie constant an dem Pol haften, welcher dem Kernende gegenüber liegt. Nicht selten treffen wir aber im Stengelquerschnitt von Pellionia grosse Stärkekörner, wo die Chloroplasten von dem ihnen typisch zukommenden Anheftungsort verschoben erscheinen, entweder auf die eine oder andere Stelle der Längsseite, oder gar in eine Vertiefung an der Oberfläche des Kornes — ja sogar verschoben an den Kernpol, wo sie doch regelrechterweise gar nicht vorkommen sollten. Ein Blick auf den Schichtenverlauf und auf die allfällig vorhandenen Unebenheiten der Stärkekornoberfläche belehrt aber alsbald darüber, welchen Weg der Stärkebildner bei der Verschiebung eingeschlagen hat. Und nichts ist leichter als aus all diesen Erscheinungen ein Bild davon zu gewinnen, wo und wie lange der grüne Stärkebildner vor Beginn seiner Wanderung zuletzt gelegen, und welchen Weg er zuerst eingeschlagen und welche allfällige längere oder kürzere Aufenthalte er auf seiner Wanderschaft gemacht hat. Ueberall dort, wo ein grüner Stärkebildner längere Zeit an der Oberfläche eines wachsenden Kornes gehaftet hat, finden wir warzenförmige oder kugelige Erhöhungen, grosse bei längerem Aufenthalt, kleinere bei kürzerem Aufenthalt des Stärkebildners.

Die Wanderung des grünen Stärkebildners längs der Oberfläche eines Stärkekornes ist wahrscheinlich nicht eine active, sondern eine passive. Im Anfang, wenn die Stärkekörner einer Zelle noch jung, zumeist kugelig sind, haben sie im Innern der Parenchymzelle reichlich Platz genug und berühren sie sich nicht oder nur in seltenen Fällen. Die Parenchymzelle wächst aber in der Folge nicht in dem Maass, wie die von ihr beherbergten Stärkekörner. Letztere kommen daher beim weiteren Wachsen häufig mit einander in Berührung (man vgl. die Zelle mit den Körnern 64—70 und die beiden Zellen mit den Körnern 91—107). Die auf einander stossenden gross gewordenen Stärkekörner werden daher in manchen Fällen bei fortgesetztem Wachsthum sich drücken, resp. reiben. Es ist leicht ersichtlich, dass unschwer eine Verschiebung der grünen Plasmakappen hiebei stattfinden

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05170-0279-2

wird und dass letztere oft in ältere Vertiefungen oder gar an das zuerst entstandene Kernende gerathen können, wohin sie eigentlich im Sinne ihrer Entwickelungsgeschichte gar nicht gehören. Ebenso leicht ist einzusehen, dass bei solchen Vorgängen gelegentlich eine grosse Plasmakappe mechanisch, also passiv, in zwei Stärkebildner getheilt werden kann, wie denn wohl auch sehr häufig der gross gewordene Stärkebildner anscheinend durch sein eigenes Produkt, d. h. durch die sich mehr und mehr ausdehnende Stärkekornmasse passiv gedehnt und schliesslich in zwei oder gar drei und mehr Theile getrennt wird (vgl. Fig. 35a mit Fig. 120 und 142).

Die Schichtung der Stärkekörner von Pellionia wird erst relativ spät wahrnehmbar. Die jungen Körner, so lange sie noch kugelig oder schwach ovoid erscheinen, zeigen noch keine Schichtung, sondern erscheinen homogen (vgl. Fig. 1—70). An alten, ausgewachsenen Stärkekörnern sind die Schichten ohne alle Anwendung von Reagenzien meist deutlich zu sehen, zumal auf halber Länge des keuligen oder walzenförmigen Kornes. Recht deutlich und zahlreich erscheinen die Schichten nach Zusatz von Pikrinsäure, selbstverständlich auch in Schnitten, die mit Pikronigrosin gefärbt wurden, wie dies bei dem durch Fig. 90—107 illustrirten Präparat geschehen ist. Auffallend ist der Umstand, dass derjenige Theil des Kernendes, welcher dem jungen Korn im kugeligen Zustand entspricht, ungeschichtet erscheint (also der älteste Theil), ähnlich demjenigen Theil, der zu allerletzt gebildet wurde und daher noch mehr oder weniger vom grünen Stärkebildner bedeckt erscheint.

Alle meine Figuren, die ich am Prisma mit peinlichster Genauigkeit nach ihrem Schichtenverlauf naturgetreu herzustellen bemüht war, weisen darauf hin, dass bei langgestreckten Stärkekörnern von Pellionia die vielen Schichten im mittleren Theil durchaus kappenartig über einander liegen und keine einzige dieser Schichten continuirlich über den Stärkekern verläuft. Sie haben durchaus die Gestalt des jeweilen, bei der Bildung und Ablagerung ihrer Substanz vorhanden gewesenen kappen- oder plattenförmigen Stärkebildners.

Ganz auffallende Erscheinungen sind mit der in der lebenden Pflanze statthabenden Auflösung der Stärkekörner von Pellionia verbunden.

In ganz alten, bald dem Absterben verfallenden Stengeltheilen, die in dieser Zeit gewöhnlich schon alle Blätter verloren haben, kann man leicht alle Auflösungsstadien in wenigen Zellen aus Schnitten diverser benachbarter Internodien antreffen.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05170-0280-3

Das Auflösen alter Stärkekörner im Stengel von Pellionia ist sichtlich ein **Abschmelzungs**-Vorgang mit Formveränderungen, die unwillkürlich an diejenigen Gestaltsveränderungen erinnern, welche wir bei eintretendem Thauwetter an dicken Eiszapfen wahrnehmen, die frei von den Dächern herunterhängen und schliesslich als spitze Nadeln oder griffelartige Stäbchen im letzten Stadium des Schmelzens zu Boden fallen.

Der Auflösungsprocess beginnt an der **ganzen** Oberfläche der vielgestaltigen Körner, also auch an jenen Stellen, welche vom grünen Stärkebildner mit kappenartig oder plattenförmigem Protoplasma bedeckt sind, und er schreitet gleichmässig mit entsprechenden Niveauveränderungen der Oberfläche immer weiter, bis vom ursprünglich walzenförmigen Stärkekorn nur noch eine dünne Nadel (Fig. 149, 153a), vom schinkenförmigen, dickkeuligen Korn nur noch ein dünnes knochenartiges Stück oder eine kleine Keule mit nadelartigem Anhang und vom eiförmigen Stärkekorn nur noch ein kleines Zäpfchen übrig bleibt, bis auch diese letzten Reste schmelzend verschwinden und nur noch den grünen Stärkebildner in Gestalt eines kugeligen oder eiförmigen Chlorophyllkornes zurücklassen (vgl. Fig. 156, 157, 159, 161, 162, 169, 171, 172, 173).

Die stärkebildenden Chloroplasten bleiben während des ganzen Abschmelzungsprocesses der Stärkekörner den letzteren dicht anhaften, müssen also Hand in Hand mit den Formveränderungen des Stärkekornes fortwährend ebenfalls ihre Form modificiren. Stärkebildner von ursprünglich flacher Kappengestalt nehmen unter Umständen scharf zugespitzte Hohlkegelgestalt (Nachtmützenform) an — Fig. 149 —, oder sie werden zu grünen Gürteln oder zierlichen Kapuzen (Fig. 164, 165, 149, 150), die sich im letzten Auflösungsstadium des umklammerten Stärkekornes vollständig zusammenschliessen zu einem hohlkugeligen Körper, der dann noch einige Zeit den letzten Rest des Stärkekornes umschliesst und somit wieder bei jener Gestalt anlangt, die der grüne Stärkebildner im Anfang seiner Produktion zeigte (Fig. 169—171).

Dabei trifft man gar nicht selten Abschmelzungsstadien älterer Stärkekörner, an denen die Chloroplasten ersichtlich ihre Thätigkeit wieder aufgenommen haben, nachdem schon ein grosser Theil des alten Kornes allseitig durch Abschmelzen an Masse eingebüsst hat. Man kann hier also von intermittirender Thätigkeit des Stärkebildners reden. Fig. 125—144 zeigen die ersten Abschmelzungsstadien erwachsener Stärkekörner mit solchen intermittirend

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05170-0281-9

schaffenden Chloroplasten. Da sehen wir dann auf demselben alten Stengelquerschnitt Hunderte von theilweise abgeschmolzenen Stärkekörnern, an deren reducirter Oberfläche durch die wiedererwachte Thätigkeit des Stärkebildners neue Theile in Gestalt von Hügeln, Warzen, Kegeln u. s. w. aufgelagert erscheinen (Fig. 128, 137, 140, 144, **174, 175**). Der Schichtenverlauf im alten, theilweise geschmolzenen Theil eines solchen Kornes und die Lage des zugehörigen Chloroplasten, verbunden mit der Configuration der Ansatzstelle des neuen, zugewachsenen Theiles — alle diese Momente zusammengenommen, belehren alsbald darüber, dass wir es mit alten und mit neuen Theilen eines und desselben Kornes zu thun haben, welches in seinem Schicksalsgang bereits eine Periode der Auflösung oder unter Umständen sogar mehrere solcher Perioden zu verzeichnen hat. Ich habe bei meiner Untersuchung eine grosse Zahl solcher Produkte intermittirender Thätigkeit von Stärkebildnern beobachtet und gezeichnet, und ich glaube, dass es keine sprechenderen Belege für die Appositionstheorie des Wachsens der Stärkekörner geben kann, als es diese Amylumsonderlinge von Pellionia sind.

Noch sei erwähnt, dass ich unter zahllosen Stärkekörnern mit Abschmelzungserscheinungen nur zwei Mal je einem Korn begegnet bin, welches nebst den Anzeichen von Auflösung mittels Abschmelzens auch Kanalbildung zeigte: es sind die beiden in Fig. 145 und 146 dargestellten Körner, jenes mit verzweigten Porenkanälen, dieses mit einer bohrlochartigen Vertiefung am breiteren und dickeren Theil.

Die Auflösung der Pollioniastärke findet ohne Zweifel durch die Einwirkung des als Diastase bezeichneten Fermentes statt. Krabbe hat in seiner Untersuchung über das Diastaseferment (in Pringsh. Jahrb. f. w. Botanik Band XXI) eine Anzahl von Experimenten mitgetheilt, welche darauf hindeuten, dass Diastase nicht durch geschlossene vegetabilische Membranen hindurchwandern kann, ebenso wenig als Diastase im Stande ist, Stärkekörner auszulaugen. Der genannte Autor hält dafür, dass die Diastase ein Colloidkörper sei, dessen Moleküle zu grösseren Verbänden (Micellen) derart vereinigt sind, dass von einem Durchgang derselben durch die intermicellaren Interstitien der Stärke und der Cellulose keine Rede sein könne. — Eine gelegentliche Beobachtung bei Pellionia scheint diese Annahme ebenfalls zu bestätigen und könnte wohl als Ausgangspunkt einer Reihe weiterer Experimente dienen. Auf dem Querschnitt durch ein altes, aber immerhin noch lebendiges Stengelstück von Pellionia fand ich die Stärkekörner in den Parenchymzellen von Rinde und Mark zum

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05170-0282-4

Theil halb, zum Theil fast ganz aufgelöst. Nur in einigen wenigen Zellen der Rinde des Stengels sah ich die Stärkekörner noch in ihrer Maximalgrösse, intakt — und die Zellen daher noch dicht erfüllend. Der Contrast zwischen diesen mit grossen Amylumkörnern vollgepfropften Zellen einerseits und den rings anliegenden entstärkten Zellen desselben Gewebes anderseits war so frappant, dass er zu genauerer Untersuchung des Falles herausforderte. Es ergab sich, dass diese Sonderlinge von Stengelzellen durch eine Adventivwurzel getödtet wurden, als diese die Parenchymrinde des mütterlichen Organes durchbrach. Es geschah dies offenbar zu einer Zeit, als alle Rindenparenchymzellen des betreffenden Stengelstückes ihren Maximalgehalt an Stärke besassen. Seit dem Tod jener an die Peripherie der Adventivwurzel grenzenden Stengelzellen wurde offenbar in den benachbarten lebendigen Parenchymzellen des Mutterorganes die Stärke in gewohnter Art aufgelöst, während in den wenigen getödteten Zellen der Auflösungsprocess unterblieb. Hier war das Cytoplasma todt, es waren auch die Stärkebildner abgestorben, farblos; in den todten Zellen wurde also keine Diastase gebildet und weil die ursprünglich vorhandenen Stärkekörner in den todten Zellen unverändert blieben, indess die Stärkekörner der unmittelbar angrenzenden lebendigen Zellen sich auflösten, so bleibt kein anderer Schluss übrig, als: Die Diastase, welche in den lebendigen, stärkeführenden Zellen gebildet wird und dort die Amylumkörner auflöst, vermag nicht durch die allseitig geschlossene Membran hinüber zu diffundiren in andere Zellen; sie muss also an Ort und Stelle, in jeder Zelle gebildet werden, wo sie Stärkekörner aufzulösen hat.

Eine Reihe anderer Fragen, die ich hier nicht berühren konnte, mögen weiter ausgedehnte Untersuchungen beantworten, welche einer meiner Praktikanten begonnen hat und mit der nöthigen Muse demnächst zu Ende führen wird.

Zürich, 5. Januar 1892.

Erklärung der Figuren.

Tafel V und VI.

Zum Zwecke der Vereinfachung der Citate im Text sind die sämmtlichen Stärkekornfiguren in fortlaufender Nummerreihe bezeichnet worden. Alle Figuren 578 Mal vergrössert.

Fig. 1—39. Junge Stärkekörner mit Chloroplasten aus einem Längsschnitt in der Nähe der Stengelspitze. Objecte mit Osmiumsäure fixirt.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05170-0283-0

Fig. 40—70. Etwas weiter entwickelte Stärkekörner untermischt mit noch ganz jungen — aus einem kräftigen Internodium des beblätterten Sprosses. (Objecte mit Osmiumsäure fixirt.) Die Chloroplastenklappen in schönster Entwickelung. Bei *N* ein Zellkern.

Fig. 71—87. Halbausgewachsene Stärkekörner mit den anliegenden Chloroplasten und feinen Plasmahäutchen aus dem Querschnitt eines Stengelstückes, das etliche Monate in absolutem Alkohol gelegen hatte. Die Schnitte wurden mit verdünnter Methylviolettlösung tingirt, wobei die Chloroplasten und die feinen Plasmahäutchen sich intensiv färbten. Zeichnungen nach dem Prisma: Zeiss'scher Apochromat 4,0; Compensationsocular 12.

Fig. 88—107. Ganz ausgewachsene Stärkekörner aus einem völlig entwickelten, kräftigen Internodium. Die Querschnitte mit Pikronigrosin versetzt; Schichtung sehr deutlich. Bei der Präparation verloren manche Stärkekörner die zugehörenden Chloroplasten. Vergrösserung mit denselben optischen Hilfsmitteln wie Fig. 71—87.

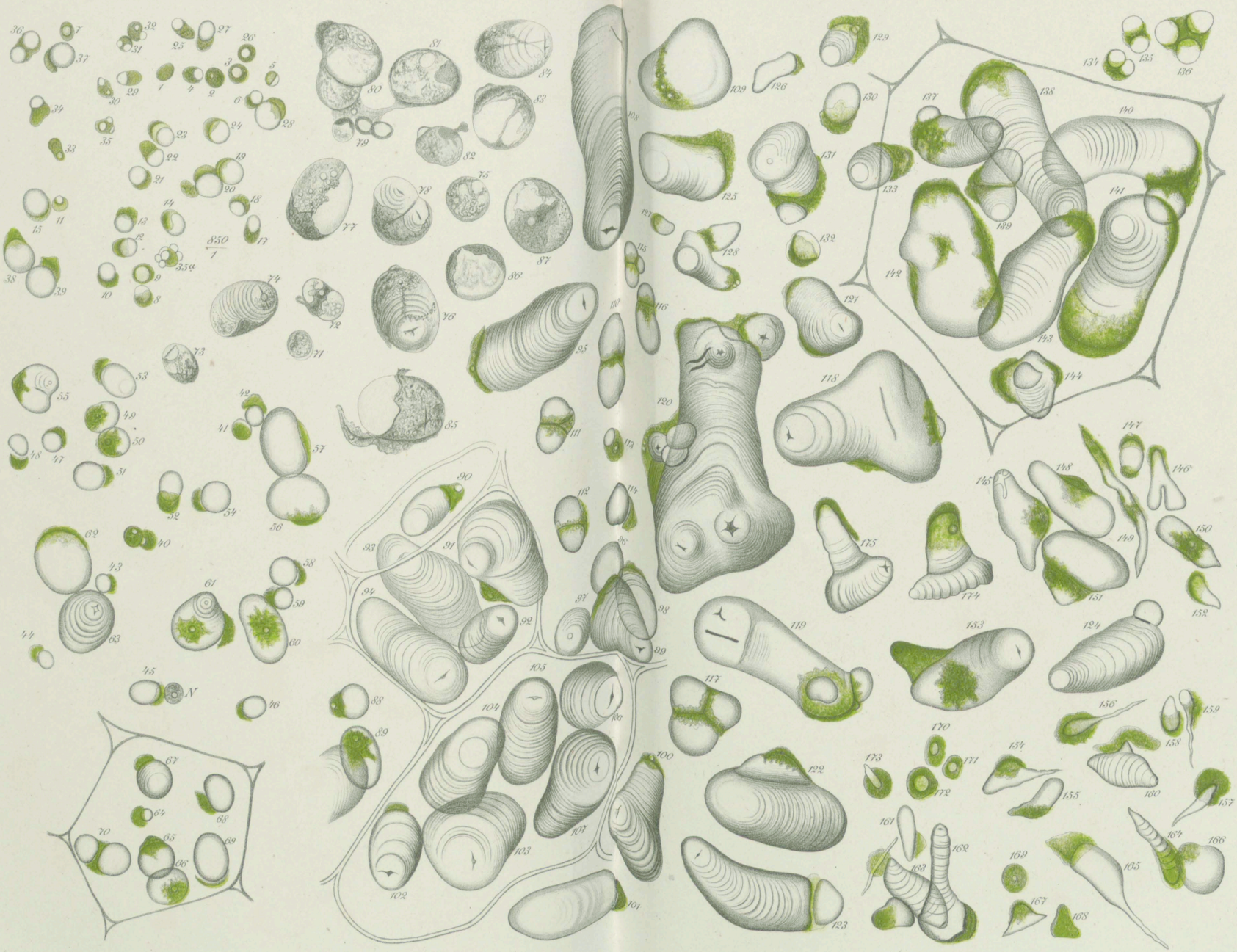
Fig. 108—124. Stärkekörner aus einem sehr alten, blattlosen Internodium. Querschnitte mit Osmiumsäure versetzt. In Fig. 120 ein monströses Stärkekorn mit drei noch anhaftenden Chloroplasten und neun warzenförmig vorspringenden Aufsätzen. Länge dieses Kornes: $103^1/_2$ Mikromillimeter. Zeichnungen nach dem Prisma; Zeiss'sche Correction F, Ocular 2.

Fig. 125—144. Primäre Abschmelzungsstadien ganz alter Stärkekörner aus einem lebenden, sehr alten, blattlosen Stengelinternodium. Die Chloroplasten oft zu 2, 3 an demselben Stärkekorn haftend, bilden intermittirend neue Stärkehügel. Objecte mit Osmiumsäure fixirt. Nach dem Prisma: Apochromat 4,0; Compensationsocular 12.

Fig. 145—173. Weit vorgeschrittene Abschmelzungsstadien der Stärkekörner eines sehr alten, blattlosen, bewurzelten Internodiums, in welchem viele Stärkekörner ganz, andere zur Hälfte, andere zu drei Viertel und andere fast ganz aufgelöst waren. Bei Fig. 145 und 146 Ausnahmsfälle mit Schmelzkanälen. Objecte mit Osmiumsäure fixirt. Nach dem Prisma. Apochromat 4,0.

Fig. 174 und 175. Zwei Stärkekörner, jedes bestehend aus zwei sehr ungleich alten Theilen, deren älterer ohne Chloroplast und stark abgeschmolzen ist, indess der jüngere Theil noch einen thätigen, grünen Stärkebildner trägt. Dergleichen Fälle waren in demselben Querschnitt durch ein sehr altes Stengelstück häufig anzutreffen. Objecte mit Osmiumsäure fixirt.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05170-0284-6



Arnold Dodel del.

W.A. Meyn lith.

Universitätsbibliothek Regensburg

urn:nbn:de:bvb:355-ubr05170-0499-8

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Flora oder Allgemeine Botanische Zeitung

Jahr/Year: 1892

Band/Volume: 75

Autor(en)/Author(s): Dodel Arnold

Artikel/Article: Beitrag zur Morphologie und Entwickelungsgeschichte der Stärkekörner von Pellionia Daveauana. 267-280