

Untersuchungen über die Entwicklungsgeschichte des Farbstoffes in Pflanzenzellen.

Von **Dr. Adolf Weiss,**

k. k. o. ö. Professor der Botanik an der Universität in Lemberg.

(Mit 4 Tafeln.)

(Vorgelegt in der Sitzung vom 19. April 1866.)

II.

Ich habe in den Schriften der kais. Akademie 1864, Bd. 49, die Entwicklungsgeschichte des orangerothen ungelösten Farbstoffes, wie er so häufig bei reifenden Pericarprien auftritt, gegeben. Die nachfolgenden Untersuchungen, eine Fortsetzung der bereits veröffentlichten, dürften noch einige Schritte weiter in der Erkenntniß der Formverhältnisse und der Entstehung sowohl dieses als einer zweiten Reihe von Farbstoffen in Pflanzenzellen führen.

Die Methode der Untersuchung ist dieselbe geblieben; ich habe auch in den nachfolgend mitgetheilten Fällen die Präparate stets ohne Hinzufügung von Wasser betrachtet, weil sonst gerade hier, wo so häufig Plasmabläschen zur Beobachtung kommen, ein Factor mit ins Spiel gebracht werden würde, der zu den gröhsten Fehlschlüssen führen könnte.

Bei der Zartheit und Kleinheit der Objecte, die das Studium der Pflanzenfarbstoffe dem Anatomen bietet, müssen häufig Vergrößerungen in Anwendung gebracht werden, die man noch vor Kurzem als unzulässig oder wenigstens als überflüssig bezeichnete; ich meine die Vergrößerungen über 500 und 1000 hinaus, welche durch die neuesten stärksten Immersionssysteme von Hartnaeck und Hasert factisch erst den Wissenschaften nutzbar gemacht wurden und bei denen der geübte Beobachter selbst bei 500- bis 1000maliger Linearvergrößerung und mehr, Bilder von einer Schärfe, Reinheit und Helligkeit erhält, die das Erkennen gewisser äußerst zarter Details, die schwächeren Vergrößerungen völlig unzugänglich und doch oft so wichtig für eine richtige Deutung des beobachteten Objectes sind, auf das Glücklichste ermöglichen. Die Grenze des deutlich Erkenn-

baren ist durch sie um ein ganz enormes Stück hinausgerückt worden, und sie werden stets als Beginn einer neuen Epoche in der Mikroskopie betrachtet werden müssen. Das Erfassen der Natur protoplasmatischer Gebilde kann nur durch sie zum Abschlusse gelangen, da bei der immensen Kleinheit der Objecte die Gestaltverhältnisse, denen man sonst billig erst in zweiter Linie Rechnung tragen kann, hier in den Vordergrund treten müssen.

Durch mit großer Sorgfalt ausgeführte Zeichnungen der instructivsten Fälle suchte ich die Objectivität meiner Schlüsse zu erweisen und durch genaue Abmessungen der Größe der beobachteten Formen ist gegenüber der Figuren, bei denen schon des Details wegen das Einhalten einerlei Maßstabes nicht gut zu realisiren gewesen wäre, ein festes Maß gewonnen, das die Größenvergleichen unabhängig von denselben leicht möglich macht.

Meine im ersten Theile erhaltenen Resultate und Schlüsse haben sich vollständig bestätigt und ich konnte dieselben in vielen Punkten noch erweitern und erhärten.

Im Anschlusse an die Bd. XLIX der Sitzungsberichte der kais. Akademie der Wissenschaften von mir veröffentlichten Untersuchungen beginne ich mit dem gelb- oder orangerothem Farbstoffe im Pflanzenreiche.

I. Orange.

Während bei den Beerenfrüchten, welche im Reifen eine rothgelbe Farbe annehmen, diese, wie ich nachwies, durch mehr oder weniger intensiv rothgelb oder gelbroth gefärbte Farbstoffkörner oder Bläschen, deren Inhalt diese Körner ausmachen, oder durch orange gefärbte spindel- oder birnförmige Farbstoffgebilde hervor gebracht wird, tritt bei den anderen Pflanzenorganen z. B. bei den orange gefärbt Blumenblättern und Perigonem, bei Pflanzenhaaren u. dgl., wie Hildebrand¹⁾ bereits für die Blüthen zeigte, die gelbrothe Farbe sehr häufig als Mischfarbe auf, hervor gebracht durch einen die Zellen erfüllenden gelosten rothen (meist violetten oder carminrothen) Farbstoff und darin suspendirte chrom- bis goldgelb gefärbte Körner oder Bläschen. Dieß ist z. B. der Fall bei vielen

¹⁾ Hildebrand. Die Farben der Blüthen. (Pringsheim's Jahrbücher für wissenschaftl. Botanik, III. Bd., S. 59 ff.)

Perigon- und Korollblattzellen von *Hemerocallis fulva*, *Gazania splendens*, von vielen *Tydaea*-Arten, *Aeschinanthus ramosissimus*, *Canna*- und *Geum*-Arten, *Potentilla resplendens*, *Lilium bulbiferum*, *Hieracium*-Arten u. s. w.; in den Haaren der Blumenblätter von *Gaillardia aristata* u. s. w.

Interessant ist da der häufige Wechsel, den die Lage der gelben Farbstoffgebilde sowie ihre Gestalt in verschiedenen tiefen Schichten des Organes oder an verschiedenen intensiv gefärbten Stellen durchlaufen.

So erscheinen in der Nagelpartie des Blumenblattes von *Tugetes*-Arten an der Oberfläche der Oberseite die Papillen der Oberhaut und die unmittelbar darunter liegenden Zelllagen mit gelöstem violetten Zellsafte und gelbbraunen Körnern, die nächsten Schichten mit farblosem Zellsafte und eben diesen Farbstoffkörnern, und endlich die Epidernis der Blumenblattunterseite und die ihr zunächst anliegenden Zellschichten mit farblosem Zellsafte und goldgelben Körnern. Bei *Hemerocallis fulva* erscheinen die spindelförmigen Farbstoffgebilde fast nur in den langgestreckten Zellen, während die kugeligen Formen sich vorwiegend in den mehr quadratischen Zellen finden; in ganzen Zellreihen liegen sie stets mit ihrer Längsaxe parallel der Längsrichtung der Zelle, in anderen stets der Quere nach u. dgl., Lagerungsverhältnisse welche, wie ich glaube, wohl meist durch die Richtung der ursprünglich in der Zelle kreisenden Plasmaströme bedingt wurden, die aber immerhin durch ihre auffallende Constanz Beachtung verdienen.

Mehr gelb gefärbten Partien des Blumenblattes fehlt häufig der gelöste rothe oder violette Farbstoff und die gelben Farbstoffgebilde liegen im farblosen Zellsafte, so bei *Aeschinanthus ramosissimus*, *Hemerocallis fulva*, *Gazania splendens*, *Tydaea*-Arten u. s. w.

Fast nicht minder häufig wird indeß die gelbrothe Farbe durch ebenso gefärbte Farbstoffgebilde bedingt, die stets in einem farblosen Zellsafte liegen. Dies ist der Fall z. B. im Blumenblatte vieler *Glaucium*-Arten, bei *Calendula officinalis*, *Cucurbita pepo* u. A.

Sehr selten wird das Orange hervorgebracht durch chromgelbe Farbstoffgebilde, die in einem gelösten rothen Farbstoffe sich befinden, z. B. bei einigen *Tydaea*-Arten oder durch im durchfallenden Lichte entschieden Rosa gefärbte Formen im farblosen Zellsafte, z. B. bei *Lycopersicum esculentum*, oder endlich durch gelbe Farbstoffformen

im farblosen Zellsafte, abwechselnd mit Zellen erfüllt von gelöstem rothen Farbstoffe ohne gelbe Gebilde.

Die Gestalt der Farbstoffgebilde, die eine orange Farbe hervorrufen, sei es nun, daß sie in gefärbtem oder aber in farblosem Zellsafte liegen, ist, wenn sie nur etwas größere Dimensionen besitzen, fast nie die Körnerform, wie sie etwa bei *Gazania splendens* vorkommt, sondern meist spindelförmig, birn- oder biskotenförmig u. s. w. mit ungleich vertheilten Pigmentintensitäten, auch variiert sie, wie die Entwicklungsgeschichte zeigt, mit dem Alter des Organes in dem sie vorkommen. Die kleinen oder kleinsten Formen sind hingegen fast stets sphärisch auch wohl kugelig gestaltet.

Die Größe derselben wechselt von dem Unmeßbaren bis zu 0.0005 Millim., 0.002 Millim. bis 0.008 Millim. Durchmesser für runde, und 0.005—0.08 Millim. Länge für spindelförmige Gestalten.

Die Structur derselben anlangend, zeigen bei hinreichend starken Vergrößerungen selbst die kleinsten noch ihre Zusammensetzung aus lauter einzelnen größeren und kleineren Körnern, so wie die ungleichmäßige Vertheilung des Pigmentes an und in denselben.

Die Anwendung chemischer Reagentien sowie das Studium ihrer Entwicklung geben noch weitere Aufschlüsse über dieselben; doch lasse ich zunächst die einzelnen Beobachtungen folgen und resumire dieselben in Verbindung mit meinen früheren erst am Schlusse.

Cucurbita pepo L.

(Fig. 1—5.)

Die orange Farbe der Blumenblätter der Pflanze wird hervorgebracht durch zahlreiche, kugelige rothgelb gefärbte Körner, die in mit farblosem Zellsafte gefüllten Zellen liegen. Da sich dieselben Farbstoffkörner genau ebenso in den die Blumenblätter stellenweise überziehenden Haaren finden und die Entwicklung derselben in beiden Fällen völlig die Gleiche ist, will ich zur Betrachtung die Haarzellen wählen, weil da die Vorgänge sich schärfer ausprägen, da man durch keinerlei Präparation dieselben zu stören und die Störung wieder zu eliminiren braucht.

Die ausgebildeten Farbstoffkörner lagern sich in den Zellen der Haaren, oft wurmförmig gekrümmten Keleh- oder Blumenblatthaare meist entweder in Klumpen um den dadurch verdeckten Cytoblasten (Fig. 5c), oder bilden in dichter Reihe die Begrenzungszonen des

centralen Plasmas (Fig. 5a) und nur einzelne liegen zerstreut im übrigen Raume der Zelle.

Ihre Farbe ist eine intensiv rothgelbe; ihr Durchmesser variiert zwischen 0·0012 Millim. und 0·0023 Millim., und eine Körnung ist an ihnen nur sehr schwer wahrzunehmen.

Verfolgt man an ganz jungen Haaren die Entstehung dieser Farbstoffkörner, so zeigt sich, daß die jugendlichsten Stadien der Zelle wohl reichlich Protoplasma und zuweilen auch durch Kupfervitriol oder Kali ¹⁾ entschieden nachweisbaren Zucker, doch keinerlei körnige Gebilde führen (Fig. 4a). In nur etwas erwachsenen Zellen treten im Protoplasma einzelne kleine, farblose Körner auf (Fig. 4b), die an Größe zunehmen und dann durch Jodlösung die Blaufärbung deutlich erkennen lassen (Fig. 1, Fig. 2a). Um diese Amylumkörner lagert sich eine zuerst sehr blaßgrün gefärbte Hülle (Fig. 4c, Fig. 2b), bis endlich alle Körner mit grünem Pigmente überzogen sind (Fig. 4d, Fig. 2c). Dieses Pigment ist indeß nie tiefgrün und Zusatz von Jodlösung bläut die Körner augenblicklich. Es ist also bei der Entstehung der Chlorophyllkörner in diesen Haaren die Bildung des Amylums das primäre und erfolgt nicht erst secundär durch die Thätigkeit des schon gebildeten Chlorophyllkornes. Die im centralen Plasma gebetteten Chlorophyllkörner ändern hierauf nach und nach die Farbe ihres Pigmentes, es wird blaß oehergelb, während die peripherischen noch grün sind (Fig. 3), bis endlich die sämtlichen Chlorophyllkörner blaßgelb gefärbt erscheinen. Jodlösung färbt sie da noch immer durch das Pigment hindurch, sogleich blau, es muß daher dasselbe nur eine ganz außerordentlich kleine Dicke der Anlagerung besitzen. Nach und nach nehmen diese metamorphosirten, oder nach Sachs degradirten ²⁾ Chlorophyllkörner indeß an Intensität der Farbe zu und gehen durch Goldgelb in's Rothgelbe über, ohne an Größe irgendwie merklich zu- oder abzunehmen ³⁾. In neben- oder vielmehr über einander stehenden Zellen eines und desselben Haares kann man gewöhnlich die unteren bereits mit ausgebildetem Chlorophyll erblicken, während andere erst Amy-

1) Sachs J., Sitzungsber. d. kais. Akademie Bd. 36. 1859, und Flora 1862, Nr. 19.

2) Manchmal lagert sich das grüne Pigment auch auf einzelne, wiewohl selten, in den Haarzellen vorkommende Krystalldrüsen ab, was den Anfangs außerordentlich überraschenden Anblick schön grüner Krystalle in Pflanzenzellen gewährt.

3) Sachs, Experimentalphysiologie der Pflanzen. Leipzig, 1863. S. 329 ff.

lumkörner besitzen und wieder anderen, noch jüngeren Zellen auch dieses fehlt und noch nicht gebildet ist (Fig. 4 *a, b, c, d*; Fig. 2 *a, b, c*)¹⁾.

Jodlösung färbt die ausgebildeten Farbstoffkörner schön grün. Kalilösung ändert an ihrer Farbe nichts.

In den Blumenblättern ist die Entwicklung des Farbstoffes genau dieselbe, nur daß bei dem Umstande, als im Haare stets nur Eine, gleichsam isolirte Zelle zur Betrachtung kommt, die durch keine etwa ober oder unter ihr liegende verdeckt wird, sich die Vorgänge bei der Entstehung derselben weit vollkommener, bestimmter und leichter eruiren lassen.

Aeschinanthus ramosissimus Wallr.

(Fig. 6–9.)

Die Zellen der Blumenblätter sind hier entweder von einem gelüsten rothen Zellsafte erfüllt, in welchem sich orange gefärbte, mannigfach gestaltete Farbstoffgebilde vorfinden (Fig. 7) oder es liegen dieselben in Zellen mit farblosem Zellsafte (Fig. 6).

Bei keiner Pflanze, die ich zu untersuchen Gelegenheit hatte, lassen sich sowohl Entwicklungsgeschichte als Structurverhältnisse des Farbstoffes so schön und leicht verfolgen, wie bei dieser *Gene- racee*, da schon die Größe, in welcher er auftritt, die Beobachtung außerordentlich begünstigt.

Der fertige Farbstoff erscheint in den mannigfaltigsten Gestalten, die oft sämmtlich in einer einzigen Zelle sich auffinden lassen und im Allgemeinen entweder rundliche oder gestreckte Formen umfassen. Bei den runden (Fig. 8 *a*) ist das Pigment stets nur an der Peripherie vorhanden, während die Mitte leer bleibt, wie es aus der Entwicklungsgeschichte derselben auch naturgemäß folgt. Oft haben diese runden Formen einen schnabelartigen Fortsatz (Fig. 8 *b*) oder es treten Zwillingsgestalten auf, bestehend aus zwei runden oder elliptischen, durch einen Pigmentstrang verbundenen Farbstoffgebilden (Fig. 8 *d*), oder endlich, es haben runde Formen zwei mehr oder weniger gegen einander geneigte Fortsätze, welche das Ganze zweispitzig machen (Fig. 8 *e*). Ansehblassend daran erscheinen läng-

¹⁾ Man vergleiche darüber meine Untersuchungen über Pflanzenhaare, welche eben in Karsten's „botan. Untersuch.“ Heft 3 erscheinen, u. z. Taf. I.

liche Gestalten (Fig. 8 *c*), die häufig wieder entweder einen (Fig. 8 *c'*) oder zwei, meist gegenüberstehende Fortsätze haben (Fig. 8 *f*), auch wohl Andeutungen von Zwillingsformen (Fig. 8 *d'*). Dabei geschieht es sehr häufig, daß das ganze Gebilde nicht geschlossen, sondern nur zusammengerollt erscheint und dieß mehr oder weniger stark (Fig. 8 *c'*, *c''* und *d'*), so zwar, daß oft nur mehr wurmförmige Gebilde erscheinen (Fig. 8 *c''*). Endlich treten noch Verwachsungen (Verschmelzungen) der mannigfachsten Art in Erscheinung (Fig. 8 *g*), deren Product oft außerordentlich größere und abenteuerlich gebaute Farbstoffeonelemente sind (Fig. 6). Genetisch lassen sich indeß sämtliche Formen auf die runde zurückführen, durch deren Streckung die länglichen (Fig. 8 *c*) und wenn die runden Fortsätze hatten, die spindelförmigen (Fig. 8 *c'f*) hervorgehen. Die Combination zweier runden endlich gibt die biskotenförmigen Gestalten (Fig. 8 *d, d'*). In der Wirklichkeit kommen indeß derlei Streckungen und Wachsthum selten vor, meist wird die Gestalt des fertigen Gebildes in ihrer Totalität bereits durch das primäre Amylumkorn bedingt.

Die Größe der erwähnten Formen ist ziemlich verschieden. Bei den runden variiert der Durchmesser zwischen 0.003 Millim. und 0.013 Millim., bewegt sich indeß meist um 0.003 — 0.005 Millim. herum. Die gestreckten Formen erreichen häufig eine Länge von 0.05 — 0.07 Millim., auch wohl noch mehr.

Was ihre Structure betrifft, so läßt bereits eine mäßige Vergrößerung erkennen, daß sie ganz und gar aus zahllosen größeren und kleineren gelbgefärbten Körnern bestehen. Sie erscheinen dabei aber stets sehr scharf contourirt und haben in ihrem ganzen Habitus überraschend viel Ähnlichkeit mit den Farbstoffgebilden, welche ich bei der reifen Beere von *Solanum capsicastrum* beschrieb ¹⁾.

Jodlösung färbt sie grün.

Kalilösung läßt sie umgeändert; sie verschwinden bei Wasserzusatz.

Verfolgt man das Auftreten des Farbstoffes bis in die jüngsten Stadien der Blumenblätter, wo sie ihn also noch lange nicht führen, so findet man die Zellen reichlich Plasma führend, mit farblosem Zell-

¹⁾ Untersuchungen über die Entwicklungsgeschichte des Farbstoffes in Pflanzenzellen. Sitzungsber. der kais. Akademie der Wiss. 1864. Bd. 49. Taf. III, Fig. 22.

safte und in ihm suspendirten zahlreichen farblosen Körnern, die bei Zusatz von Jodlösung sogleich ihre Amylumnatur verrathen (Fig. 9a). Etwas später sieht man um diese Amylunkörnchen sich einen Hof von Plasma lagern, der gar bald sich mattgelb zu färben beginnt (Fig. 9b). Sorgfältige Betrachtung zeigt, daß während der Plasmaballen an Farbintensität immer mehr zunimmt, das umschlossene Amylunkorn immer kleiner und kleiner wird (Fig. 9c, d) und endlich ganz verschwindet (Fig. 9e). Die rasche Abnahme, welche das wandständige Protoplasma der Zelle während dieser Vorgänge in ihrem Innern erleidet, wird man begreiflich finden, wenn man bedenkt, wie viel davon zur Bildung der Plasmaballen um die einzelnen, zahlreichen Amylunkörner verwendet werden muß.—Oft fließen die Höfe zweier nebeneinander liegenden Stärkekörner zusammen (Fig. 9f) und es entstehen so (Fig. 9g) nach ihrer Resorption die biskotenförmigen, bereits früher erwähnten Gebilde (Fig. 8d, d). Es muß noch bemerkt werden, daß während des Verlaufes dieses Entwicklungsvorganges sich der anfangs schlecht begrenzte Pigmentballen successive immer schärfer und bestimmter contourirt (Fig. 9b—h).

Der oben beschriebene Vorgang, der sich auch bei der Entstehung der Farbstoffgebilde in den Zellen des Perigons von *Canna*-Arten u. a. recht gut verfolgen läßt, führt unwillkürlich zu der Vermuthung, das Amylum werde zur Bildung des eigentlichen Pigmentes verwendet, welches dann von dem Protoplasma ebenso aufgenommen wird, wie etwa ein Cochenille-Extract, den man damit in Berührung bringt. Der einzige Umstand, daß diese Farbstoffgebilde noch sehr wachsen, nachdem das ursprüngliche Amylunkorn schon längst resorbirt ist, scheint gegen diese Annahme zu sprechen, doch wenn man bedenkt, daß wie die Beobachtung thatsächlich lehrt, zunächst nicht sämmtliche in der Zelle liegende Amylunkörner sich mit einem Plasmahofe umgeben, also immer eine Anzahl derselben in Reserve bleibt, daß ferner eine geringe Intensitätsabnahme des Pigmentes, wie sie stattfinden müßte, wenn dasselbe beim Wachsen des Farbstoffgebildes sich auf einer größeren Oberfläche vertheilen muß, wohl kaum so sehr in die Augen fallen würde, daß sie ohne weiteres zu erkennen wäre, da ja die Farbintensität dieser Gebilde überhaupt nicht bei allen die gleiche ist, wenn man, wie gesagt, dieß alles genau erwägt, so wird man schwerlich darin einen ernstlichen Einwurf erblicken. Übrigens dürften jene zahlreichen neueren Untersuchungen,

welche eine Umsetzung der Stärkekörner in andere Substanzen theils erwiesen, theils in hohem Grade wahrscheinlich machten, ebenfalls nur zur Bestätigung der aus den eben mitgetheilten Beobachtungen sich aufdrängenden Annahme dienen, daß das Pigment, welches die ursprünglich farblosen Plasmaballen färbt, nichts anderes als ein Umsetzungsproduct der Stärkekörner sei.

Der Farbstoff bildet sich demnach bei *Aeschinanthus rumosissimus* nicht erst durch eine Umfärbung von Chlorophyll, da dieses hier gar nicht auftritt, sondern unmittelbar um die im Zellsafte zerstreuten und bei der Entwicklung desselben nach und nach verschwindenden Amylumkörner.

Daß sich das Protoplasma gerade um die Amylumkörner und nicht an beliebigen anderen Partien des Zellraumes zusammenballt, wenn die Lebensvorgänge in der Zelle es einmal zur Dislocation zwingen, ist am Ende schon durch die einfache Molecularattraction derselben begreiflich.

Die Fortsätze, welche so viele der Farbstoffgebilde zeigen (Fig. 8 *b, c, e, f*) und deren ich im ersten Theile dieser Untersuchungen bereits gedachte, verdanken wohl am wahrscheinlichsten zarten Plasmafäden, welche öfters früher auch in Bewegung waren, ihren Ursprung wenigstens scheinen directe Beobachtungen bei *Canna*-Arten (Fig. 11 *b, c, d*) darauf hinzuweisen.

Beim Absterben des Blumenblattes treten ebenso wie bei Anwendung eines Druckes alle Erscheinungen auf, welche ich bei reifen Pericarpn bereits beschrieben habe ¹⁾.

Canna indica L.

(Fig. 10 und 11.)

Die Farbe der ausgebildeten Blumenblätter ist schön mennigroth. In den Zellen der Oberhaut und unmittelbar unter ihr erscheinen gelborange gefärbte Farbstoffkörner zumeist in einem gelösten violett oder carminroth tingirten Zellsafte, seltener in Zellen mit farblosem Inhalte (Fig. 10). Das Mesophyll führt die genannten Farbstoffkörner stets in ungefärbtem Zellsafte.

Der Durchmesser der Zellen, bei denen das erstere stattfindet, variiert gewöhnlich zwischen 0·013—0·042 Millim., der der Körner

¹⁾ Weiss, l. c.

ist fast constant 0.0032 Millim. Sie sind rund und beinahe ausnahmslos nur matt contourirt, chrom- bis goldgelb gefärbt.

Verfolgt man die Entwicklungsgeschichte, so findet man bei ganz jungen, noch im Knospenzustande befindlichen Blumenblättern Zellen mit farblosem Zellsafte, welche im Centrum meist eine Anzahl krystallähnlicher Gebilde haben, und zerstreut im Lumen mehr oder weniger zahlreiche Amylumkörnchen.

Um diese Stärkekörner beginnt sich in einem etwas späteren Stadium eine feinkörnige farblose Materie zu lagern (Fig. 10 *a*) in Gestalt eines dieselben ganz umfassenden Hofes. Daß diese Materie Protoplasma sei, lehrt nicht nur ihr ganzes Aussehen, sondern auch der Umstand, daß man in vielen Fällen noch das Abgehen von Plasmaströmen (meist ruhenden) an ihnen wahrnehmen kann (Fig. 11 *b, c, d*). Dieser Hof ist anfangs nur als matte Flocke zu erkennen, doch bald verdichtet er sich mehr und mehr und erscheint an seiner äußeren Peripherie ziemlich scharf begrenzt (Fig. 11 *a*). Nun fängt er auch an sich ganz blaß gelblich zu färben (Fig. 11 *b*) und diese Färbung nimmt an Intensität immer mehr zu (Fig. 11 *c, d*), während zu gleicher Zeit sich die äußere Contour immer schärfer abhebt und das Amylumkorn immer kleiner und kleiner wird (Fig. 11 *a, b, c, d, e*), bis es endlich ganz verschwunden ist (Fig. 11 *f*). In diesem Stadium ist die Intensität des Pigmentes (eigentlich des gefärbten Plasmas), die des völlig entwickelten Blumenblattes (Fig. 10) und die körnige Beschaffenheit des Plasmas völlig erkennbar, nur daß es nicht mehr farblos, sondern gelb gefärbt erscheint.

Die Substanz des ursprünglichen Amylumkornes, dessen successive Absorption genau Schritt mit der Erhöhung der Intensität des sich färbenden Plasmas hält, ist daher im Zelleben verwendet worden, und es liegt da sicher der Schluß nahe, daß sie das Mittel der Färbung wurde, das heißt, daß das eigentliche Pigment, durch welches sich das Plasma, welches ballenartig um das Amylumkorn sich lagerte, färbte, ein Umsetzungsproduct dieses Stärkekornes selber sei.

Jodlösung färbt den entwickelten Farbstoff grün.

In den oberflächlichen Blumenblatttheilen, welche nebstdem einen gelösten violetten Farbstoff enthalten, tritt derselbe, wenn auch äußerst blaß, bereits sehr frühe auf, und während er successive an Intensität der Färbung zunimmt, gehen mit den die Zellen erfüllenden

Amylumkörnern genau dieselben Metamorphosen vor sich, welche ich eben beschrieben habe ¹⁾.

Auch hier geht demnach der Bildung des Farbstoffes keine Chlorophyllbildung voraus.

Tagetes erecta L.

(Fig. 12–17.)

Die dunkelbraunrothen Partien am Nagel des Blumenblattes enthalten goldgelbe bis braunrothe Farbstoffkörner in einem gelösten violetten Zellsafte. Die schwefelgelben Partien des Blumenblattes aber einen farblosen Zellsaft mit chromgelben bis goldgelben Farbstoffkörnern. Es kommen im Blumenblatte der Pflanze überhaupt Zellen vor: *a*) mit farblosem Zellsafte und chromgelben, *b*) mit farblosem Inhalte und gelbbraunen, *c*) mit farblosem Zellsafte und braunrothen Farbstoffkörnern, endlich *d*) Zellen erfüllt mit gelöstem violetten Zellsafte und gelbrothen Farbstoffkörnern. Alle diese Arten kommen aber nie vermischt vor, sondern bilden stets nur die Zusammensetzungsstücke größerer Blattpartien. So erscheinen in der Nagelpartie des Blattes an der Oberfläche der Oberseite die Epidermispapillen (Fig. 13) und die Zellschichten unmittelbar darunter mit gelbbraunen Körnern und gelöstem violetten Zellsafte, die nächstfolgenden Schichten mit farblosem Zellsafte und gelbbraunen Körnern, und endlich die Epidermis der Blumenblattunterseite und die ihr zunächst angrenzenden Schichten mit farblosem Zellsafte und gelb bis goldgelb gefärbten Körnern.

An der Spitze des Blumenblattes, wie überhaupt bei den dem unbewaffneten Auge schwefelgelb erscheinenden Partien desselben ist zumeist farbloser Zellsaft und gold- oder chromgelbe Körner (Fig. 12) oder gelöster gelber Zellsaft mit gelben Körnern vorhanden.

Der Durchmesser der Körner variirt von 0.0018 Millim. — 0.0036 Millim. — 0.005 Millim. und sie erscheinen bei starken Vergrößerungen sämmtlich gekörnt, oft sehr grobkörnig (Fig. 16) oder aber mit einem intensiver gefärbten Ringe (Fig. 14), oder endlich mit ganz ungleich an der Peripherie vertheilten Farbstoffintensitäten (Fig. 17). In den schwefelgelben Blattpartien sind die Körner meist

¹⁾ Zellen, denen die gelben Farbstoffgebilde gänzlich fehlen, und die daher lediglich den gelösten rothen Farbstoff enthalten, kommen ebenfalls vor.

viel größer und zeigen an ihrem Rande eine perlenartige Einfassung von größeren Körnchen (Fig. 15), die an der Peripherie wie Knöpfchen vorstehen. Eben solche Körnchen sind vereinzelt in der Zelle selbst in der heftigsten Molecularbewegung begriffen.

Jodlösung färbt die Farbstoffgebilde grün.

Geum montanum L.

(Fig. 18 und 19.)

In ganz jungem Zustande enthalten die auf das Zierlichste ausgebuchteten Zellen im Blumenblatte der Pflanze einen farblosen Zellsaft und ziemlich zahlreiche, sehr blaßgrün gefärbte Chlorophyllkörner. Das Pigment derselben fängt im weiteren Verlaufe des Wachsthumes der Zellen an sich immer intensiver gelb zu färben, und es tritt zu gleicher Zeit an die Stelle des farblosen Zellsaftes ein mattrosa gefärbter auf.

Im völlig entwickelten Zustande des Farbstoffes erscheint der Zellsaft der Zellen blaßroth gefärbt, die Farbstoffgebilde theils rund, theils spindel- oder halbmondförmig, auch wohl birnförmig gestaltet und goldgelb tingirt (Fig. 18).

Die runden und spindelförmigen kommen vorwiegend getrennt in den Zellen vor, so daß wohl öfters beide vereint in einer und derselben Zelle erscheinen, meistentheils indeß die einzelnen Zellen abwechselnd entweder vorwiegend runde, oder vorwiegend gestreckte Formen enthalten (Fig. 18)¹⁾.

Der Durchmesser der runden steigt bis zu 0.004 Millim., die Länge der gestreckten Formen bis 0.014 Millim., ihre Breite variirt zwischen 0.001 und 0.002 Millim. Die ersteren haben das Pigment meist nur an der einen oder an zwei einander gegenüber liegenden Seiten (Fig. 19 a), die spindel- und birnförmigen meist an den beiden verschmälerten Enden etwas dichter abgelagert (Fig. 19 b, d), alle erscheinen bei starken Vergrößerungen als Conglomerate feiner Körner, die ungleich dicht gelagert sind, so daß man sie keinesfalls als Bläschen, wie ich solche im I. Theile dieser Untersuchungen

1) Möglicherweise ist dies indeß nur scheinbar, denn bei dem Umstande als man die spindelförmigen ganz gut als spätere Entwicklungsarten der runden betrachten könnte, wäre das Vorkommen von vorwiegend runden Formen in einer Zelle eben nur ein Beweis, daß in ihr die Entwicklung derselben später erfolgte als in einer vorwiegend gestreckte Formen enthaltenden Zelle.

definiert habe, auffassen kann. Unter günstigen Umständen, welche die volle Kraft des Instrumentes anzuwenden gestatten, erkennt man selbst bei den kleinsten bei angemessenen Vergrößerungen, daß farblose Körner von einem feinkörnigen gelben Pigmente eingeschlossen sind. (Fig. 19 e.)

Mit Jodlösung werden sie sämmtlich grün gefärbt.

Gazania splendens Less.

(Fig. 20—24.)

Das Blumenblatt der Pflanze hat bekanntlich am Grunde eine schwarze Binde (wenigstens erscheint sie dem freien Auge schwarz) und darin weiße Tupfen, der übrige Theil der Blumenblattfläche ist schön orange-gelb gefärbt.

Diese verschiedenen Farben werden hervorgerufen durch Combinationen eines gelösten violetten Farbstoffes mit chrom- bis braun-gelb gefärbten Farbstoffkörnern. Die dem freien Auge schwarz gefärbten Stellen enthalten nämlich in den Zellen unter der Oberhaut einen sehr intensiven, gelösten violetten Zellsaft, in welchen gelbbraune, große, runde Farbstoffkörner dicht an einander liegen (Fig. 22). Wo die schwarze Binde aufhört, wird das Violett immer schwächer (Fig. 21), bis in den gelb gefärbten Partien des Blumenblattes farbloser Zellsaft und in demselben liegende, äußerst zahlreiche, große, chromgelbe bis braungelbe Farbstoffkörner auftreten. Gegen das Weiß zu wird ebenfalls der gelöste violette Farbstoff immer bläßer, dabei die Farbe der Körner immer matter, bis endlich die weißen Stellen des Blumenblattes diese Körner farblos in ungefärbtem Zellsafte enthalten (Fig. 20).

Die einzelnen Körner liegen gewöhnlich so dicht an einander in den Zellen, daß sie sich abgeplattet haben, ohne sich indeß zu berühren, was zu dem Schlusse berechtigt, sie seien durch eine besondere Substanz, die sich zwischen ihnen ausbreitet und wohl Protoplasma ist, von einander gehalten.

Der Durchmesser derselben beträgt meistens 0.008 Mm.

Jodlösung färbt die gelb bis braungelb gefärbten Körner schön grasgrün (Fig. 23).

Kalilauge greift sie nicht an; in derselben gekocht, erscheint der Inhalt der Zellen goldgelb und die Farbstoffkörner sind meist zu zwei großen braungelben Kugeln coagulirt (Fig. 24).

Amylumspuren sind auf Zusatz von Jodlösung selbst nach dem Kochen mit Kali in den Farbstoffkörnern nicht nachzuweisen, und da die ganz jungen Blumenblätter an der Stelle des Farbstoffes amyllumhaltiges Chlorophyll besitzen, dessen Pigment sich allmählig in die gelbe Farbe umwandelt, dürfte das Amylum vielleicht auch hier zur Bildung des Pigmentes verwendet worden sein.

Gaillardia aristata Pursh.

(Fig. 25.)

In den Blumenblättern der Pflanze ist der Farbstoff in chromgelben, im durchfallenden Lichte ins Bräunliche spielenden Körnern vorhanden, welche fast durchgehends äußerst klein sind und in heftiger Molecularbewegung sich befinden.

Jodlösung färbt sie blaugrün, ohne daß sie die Raschheit ihrer Bewegungen verlieren und sie sind sämmtlich stark doppellichtbrechend.

In den Zellen der Blüthenhaare erscheint ein blaßrother gelöster Farbstoff und in demselben zahllose, theils spindelförmige Farbstoffgebilde, die unregelmäßig in den Zellen vertheilt sind (Fig. 25).

Die Entwicklung derselben habe ich nicht beobachtet.

Lilium bulbiferum L.

(Fig. 26, 27.)

Die Zellen des Perigons, in denen später ein gelöster rother Farbstoff auftritt, in welchem sich gelbe runde und spindelförmige Farbstoffgebilde befinden, sind im jugendlichen Zustande von einem farblosen Zellsafte erfüllt, führen reichlich Protoplasma und einen großen runden Cytoblasten; zahlreiche farblose Körner, die bei der Behandlung mit Jodlösung ihre Amyllumnatur verrathen, treten allmählich in ihnen auf.

Kali färbt in diesem Stadium den Inhalt der Zellen stets mehr oder weniger gelb.

Mit Kupfervitriol und Kali läßt sich in ihnen immer mehr oder weniger Zucker nachweisen.

Die Amylunkörner wachsen nun rasch weiter und werden beträchtlich zahlreicher. Kali färbt nur mehr einzelne Fetzen des Zellsaftes gelb und es tritt successive ein gelöster rother Zellsaft, zuerst äußerst blaß erscheinend, auf, der an Intensität immer mehr zunimmt,

während zu gleicher Zeit sich ein feinkörniges gelbes Pigment um und auf die Amylumkörner niederzuschlagen beginnt¹⁾.

Bis dahin sind diese Stärkekörner noch ebenso zahlreich vorhanden wie in der ganz jungen Zelle. Das Pigment nimmt an Intensität rasch zu, das Amylum verschwindet allmählig und die fertigen Farbstoffgebilde (Fig 26) erscheinen entweder rund, oder spindel- oder birnförmig u. dgl. (Fig 26 a). Manchmal sind sie etwas hellgelber gefärbt und dabei meist beträchtlich größer (Fig. 27 a, b, c, d, e). In Zellen, wo nur spindelförmige vorkommen, gruppieren sie sich oft auf die allerzierlichste Weise (Fig. 27 f).

Der Durchmesser der runden ist 0.0027 Millim., die Länge der gestreckten 0.008, ihre Breite 0.002 Millim. im Durchschnitte.

Bei hinreichend starken Vergrößerungen erkennt man auch hier die Körnung und unregelmäßige Vertheilung des Pigmentes (Fig. 26 a, Fig. 27 a—e).

Das allmähliche Verschwinden des Amylums beim Auftreten des Pigmentes läßt auch hier, wo der Farbstoff ohne vorhergegangene Chlorophyllbildung entsteht, die Bildung dieses Pigmentes durch Stoffmetamorphose des Amylums wahrscheinlich erscheinen.

Am Grunde des Perigons, das zum Theile noch zur Zeit der vollen Blüthe zahlreiches Chlorophyll in den Regionen der Hauptnerven führt, ist im jugendlichen Zustande fast das ganze Gewebe von amyumbältigen Chlorophyllkörnern mit mattgrünem Pigmente besetzt. Hier erfolgt die Bildung des Farbstoffes durch Farbenwandlung dieses grünen Pigmentes in goldgelb, und da in diesen Partien später nach keinerlei Methode Amylum durchwegs²⁾ nachgewiesen werden kann, dürften die Amylumeinschlüsse der Chlorophyllkörner zur Bildung des Pigmentes verwendet worden sein. Dieses doppelte Bilden des Farbstoffes in demselben Blattorgane kommt überaus häufig vor, zunächst fast bei allen fleischigen gelbrothen Blüten.

Jodlösung färbt die Farbstoffgebilde grün.

Mit Kali gekocht und hierauf mit Jodlösung behandelt, ist nur spärlich Amylum nachzuweisen, das früher so massenhaft vorhanden war.

1) Wahrscheinlich, wie bei *Canna* etc. zuerst Plasma, das sich indeß äußerst rasch gelb färbt.

2) An manchen Körnern zeigen sich allerdings noch Amylumspuren nach Behandlung mit Kali, doch nur eben Spuren.

Schwefelsäure färbt die Farbstoffgebilde schön gelbgrün, ohne sie im Äußeren wesentlich anzugreifen, wenn das Reagens verdünnt angewendet wurde.

Mit Salpetersäure behandelt, werden sie zunächst lichtblau und gehen durch violett-grüngelb ins Farblose über, ohne daß sich anfangs Gestalt und Größe derselben ändert.

Die runden sowohl als die spindelförmigen Farbstoffgebilde sind stark doppeltlichtbrechend.

Glaucium fulvum Sm.

(Fig. 28.)

Als Repräsentant einer zahllosen Menge gelbroth oder rothgelb gefärbter Perigone und Blumenblätter mögen die Blüten von *Glaucium fulvum* Erwähnung finden. Der Farbstoff besteht hier aus orange gefärbten dicht an einander liegenden kugeligen Körnern, die von unmeßbarer Kleinheit bis zu einem Durchmesser von 0·0005 Millim. bis 0·002 Millim. variiren und meistens in heftiger Molecularbewegung begriffen sind (Fig. 28), die bei *Calendula officinalis*, *Hieracium*-Arten u. a. oft in ein wahrhaft tolles Gewimmel ausartet.

Wegen der Kleinheit dieser Körner, die noch dazu in Folge ihrer kugeligen Gestalt die stärksten Vergrößerungen nicht mit Erfolg anwenden lassen, ist über sie nicht viel zu sagen. Sie sind durchwegs gekörnt und das Pigment entsteht in den meisten Fällen durch Farbenänderung des grünen Farbstoffes der ehemals die Zellen erfüllender Chlorophyllkörner, die dann auch in jungen Stadien die Blumenblätter gewöhnlich mattgrün erscheinen lassen. Daraus erklärt sich das abermalige Ergrünen gelber Blumenblätter in den Herbaren, wie dies *Lotus corniculatus* u. a. so häufig zeigen.

Als Bläschen, und zwar als Farbstoffbläschen kommen diese runden Körner ziemlich häufig vor.

Hemerocallis fulva L.

Die rothen Partien von der Mitte und Spitze der oberen Seite des Perigons enthalten violetten gelösten Farbstoff und gelbe spindelförmige, zweispitzige Farbstoffgebilde von meist 0·014 Millim. Länge und 0·001—0·002 Millim. Breite.

Die Zellen am Grunde des Perigons bestehen aus gestreckten und mehr quadratischen Zellen, erfüllt mit farblosem Zellsafte, in

welchem sich theils runde, theils zweispitzige Farbstoffgebilde befinden. Meist kommen die spindelförmigen nur in den gestreckten Zellen vor, während die runden sich vorwiegend in den mehr rundlichen oder quadratischen Zellen vorfinden. Mehrentheils sind sie etwas größer als die eben genannten, da der Durchmesser der runden in der Regel 0·004 Millim. beträgt und die Länge der gestreckten Formen sich bis 0·02, ihre Breite meist auf 0·002—0·0025 Millim. beziffert.

Die Zellen welche unmittelbar unter der Oberhaut liegen, sind gestreckt und enthalten beinahe ausnahmslos nur spindelförmige Gestalten, die indeß bei einigen Zellen vorwiegend der Länge, bei anderen vorwiegend der Breite nach liegen und diese Lagerung im ganzen Zellraume, ja in ganzen Zellreihen beibehalten. Ihre Länge beträgt hier zwischen 0·03—0·05 Millim., ihre Breite variirt zwischen 0·001—0·002 Millim., sie gehören daher zu den längsten überhaupt beobachteten.

Jodlösung färbt die genannten Gebilde sämmtlich grün.

Die Art der Entwicklung habe ich bei dieser Pflanze nicht verfolgt.

Capsicum annum L. α) *indicum*.

Untersucht man die Frucht zur Zeit, wo sie noch sehr klein und grün ist, so findet man die Zellen außerordentlich reich an Protoplasma, durchaus mit farblosem Zellsafte, und in denselben zahlreiche Chlorophyllkörner. Unter ihnen erscheinen später hie und da Zellen, die einen sehr blaßen, gelösten, violetten Farbstoff führen, und diese Zellen werden immer zahlreicher, der Farbstoff immer intensiver, bis die betreffende Partie dem freien Auge ganz schwarz erscheint. Diese scheinbar schwarze Farbe, welche die Frucht an vielen Stellen als Übergangsfarbe annimmt, ist indeß nicht in den Oberflächenzellen enthalten, denn macht man in dieser Zeit einen Querschnitt durch die Frucht, so zeigen sich von Außen nach Innen genommen folgende scharf geschiedene aufeinanderfolgende Gewebzonen, n. z. 1. die Oberhaut; 2. ein bis zwei Zellreihen mit farblosem Zellsafte und wenig Chlorophyll, in welche sich nur hie und da eine Zelle mit gelöstem violetten Farbstoffe hineinerstreckt; 3. zerstreute Zellen, auch ganze Zellenreihen mit gelöstem mehr oder weniger intensivem violetten Farbstoffe, zwischen ihnen einzelne Zellen mit farblosem Inhalte; 4. zahlreiche Zellschichten mit ungefärbtem Zellsafte und sehr viel

Chlorophyll; 5. Zellenreihen mit farblosem Zellsafte und äußerst wenig Chlorophyll, dagegen mit sehr viel Amylum, und endlich 6. die innere Oberhautauskleidung. Die Mehrzahl aller dieser Zellsysteme ist dickwandig und porös verdickt.

Der gelöste violette Farbstoff rüthet sich nun mehr und mehr und die Chlorophyllkörner fangen in sämtlichen Gewebzonen an ihr Pigment in Gelb umzuwandeln. Dadurch erscheint die Frucht an jenen Stellen dem freien Auge schmutzigbraun gefärbt ¹⁾.

Die gelbe Farbe des Pigmentes der nun zu Farbstoffkörnern gewordenen Chlorophyllkörner wird immer intensiver, dabei verschwindet nach und nach der gelöste violette Farbstoff immer mehr aus den Zellen, bis endlich nur hier und da eine damit vorkommt, sobald einmal die Frucht dem freien Auge mattgelb erscheint.

Das Pigment wird endlich hochorange und die einzelnen Farbstoffkörner erscheinen unter starken Vergrößerungen gekörnt.

Ihre Gestalt ist stets rund oder wenigstens nahezu rund, ihre Größe übersteigt selten 0.003 Millim.

Jodlösung färbt sie grün.

In der Literatur hegegen wir von Versuchen über die Entwicklung des orangerothen Farbstoffes nur den Beobachtungen die Trécul ²⁾ an der Frucht von *Arum italicum* gemacht hat.

Nach ihm entsteht zunächst eine homogene orange-gelb gefärbte Schichte an der Wandung der Zellen (Fig. 33, 1 a), die nach und nach in Körner zerfällt (Fig. 33 a, b, c, d, f). Sind die Farbstoffkörner in ihrer Entwicklung bereits etwas vorgeschritten, so existirt kein Amylum mehr in den Zellen. Das Zerfallen dieser gelben Schichte in Körner geschieht nach ihm in der Weise, daß die äußerst zarten Körnehen allmählig wachsen, bis sie die Gestalt von secundären Bläschen angenommen haben. Die Membran dieser Bläschen ist stets ungefärbt.

Trécul glaubt, daß derlei Farbstoffgebilde anfangs ganz mit gefärbtem Plasma gefüllt sind und daß bei ihrem Wachstume das

¹⁾ Da die beschriebenen Vorgänge (wohl in Folge der verschiedenen Insolation, Beschattung durch die eigene Pflanze etc.) an verschiedenen Stellen der Frucht nicht gleichzeitig vor sich gehen, kommt es, daß dieselbe zu einer gewissen Zeit ganz gelleckt ist, indem einzelne Partien grün, andere schwarz, andere bereits braun oder gelb erscheinen.

²⁾ Annales des sciences natur. Ser. IV, Tom. X. 1858, S. 153 und Taf. V, Fig. 30 — 35.

Plasma an der Wand des Bläschens zurückbleibe, und zwar entweder in ihrem ganzen Umfange oder theilweise, und daß dieses Protoplasma zuletzt auch eine innere Membran abscheide ähnlich der äußeren. Er glaubt einen Beweis dafür darin zu finden, daß im Spätherbste diese *Pellicula* in den Bläschen von *Lycium vulgare* nicht existirt, denn zu jener Zeit ist die färbende Membran durch das ganze Bläschen verbreitet. Sind diese Bläschen völlig entwickelt, so reißt ihre Membran an der dünnsten Stelle, die meist ungefärbt ist und es entstehen die spindelförmigen Gebilde. Oft (*Asparagus officinalis*) scheinen sie sich indeß aus Einzelkörnern, die verschmelzen, zu bilden.

Ich habe Trécul's Beobachtungen nicht wiederholt, allein die Bildung einer inneren Membran bei Farbstoffgebilden nie beobachtet; sie erscheinen mir selbst membranlose, aus Körnern zusammengesetzte Massen, welchen ich den Namen Bläschen nicht zusprechen kann, oder höchstens in einigen seltenen Fällen vindiciren würde. Es dürften demnach auch die gelben Farbstoffgebilde bei *Arum italicum* nur Conglomerate einzelner Körner sein, die weder eine innere noch eine äußere Membran besitzen. Daß durch das Zerreißen der dünnsten Stelle aus rundlichen Formen spindelförmige zweispitzige entstehen, kann man ziemlich häufig beobachten und die Mehrzahl derselben bildet sich ganz sicher auf diese Weise.

II. Gelb.

Rein gelber Farbstoff kommt in den Pflanzenzellen meistens in der Form von runden Körnern vor, seltener in Gestalt von spindel-, birn- oder halbmondförmigen Gestalten, wie ich solche beim orangen Farbstoffe bereits beschrieben habe. Sehr selten tritt er gelöst auf, und es war dafür nur die gelbblühende Varietät der *Dahlia variabilis* bekannt.

Ich fand gelösten gelben Farbstoff außer bei *Dahlia variabilis* auch in den Blumenblättern von *Althaea Sieberi*, in den Blütenhaaren von *Antirrhinum majus* und *Delphinium formosum*, desgleichen bei *Polemonium coeruleum* und *Linaria bipartita*, in den Blumenblättern von *Tagetes*-Arten, in den Haaren junger Knospen und Stengel von *Cucurbita pepo*, in den Haaren der Kelchblätter von *Edwardsia grandiflora* und *Brachysema acuminata*, in den Narbenhaaren von *Pentstemon Cobaea* und *nitidum*, in den Fruchtknotenhaaren von *Digitalis lutea* u. a. Bei Haarzellen kommt er im

Gauzen überhaupt nicht so gar selten vor. Ob man indeß hier stets von einer wahren Lösung sprechen kann, bleibt dahingestellt, da man bei Anwendung von sehr starken Vergrößerungen und schiefem Lichte nicht selten in einzelnen Fällen äußerst zarte Punkte wahrzunehmen glaubt, was bei so vielen gelösten blauen und rothen Farbstoffen unter keinen Verhältnissen gelingt.

Wo der Farbstoff nicht gelöst auftritt, ist die Gestalt der Träger desselben meistens die runde oder sphäroidale und nur selten treten sie als spindelförmige, zweispitzige Gebilde auf, wie solche beim orangen Farbstoffe die häufigsten waren. Fast ausnahmslos bei allen schwefelgelb blühenden Ranunculaceen, Compositen, Cruciferen, Irideen, Liliaceen, Borragineen, Labiaten, Papilionaceen, Rossaceen und Scrophularineen etc. erscheint der gelbe Farbstoff in Form von Körnern, die meist außerordentlich klein auf das dichteste die Zellen erfüllen, in denen sie durch die stete Molecularbewegung, in welcher sie sich befinden, getrieben, meist ein wahres Gewimmel von Punkten darstellen, an denen sich wenig oder gar keine Details erkennen lassen.

Die Größe dieser runden Körner, als der am häufigsten vorkommenden, variiert vom Unmeßbaren, selbst unter den stärksten Vergrößerungen (2000 im Durchmesser und darüber) eben nur punktförmig erscheinenden bis zu einem Durchmesser von 0.001 Millim. bis 0.003 Millim., den sie selten überschreiten. Bei den zweispitzigen Gebilden, wie solche mit chromgelber Farbe wohl auch gefunden werden, steigt die Größe beträchtlich, ebenso bei jenen runden Formen die mit den erwähnten spindelförmigen vereint in den Zellen vorkommen und wie diese das Pigment bei starken Vergrößerungen gekörnt und ungleichmäßig vertheilt erkennen lassen. Der Durchmesser der runden variiert da zwischen 0.002—0.006 Millim., die Länge der gestreckten Formen zwischen 0.005 und 0.019 Millim., ihre Breite zwischen 0.0008 und 0.003 Millim. ¹⁾ Größere solide Körner gibt Hildebrand bei *Edwardsia grandiflora* und *Gillia tricolor* an; gelbe Farbstoffgebilde als Bläschen bei *Hibbertia dentata* und *Dillenia scandens*. Bei *Sternbergia lutea* soll der Farbstoff nach ihm nur an die Membran der Bläschen gebunden sein. Ich habe seine Beobach-

¹⁾ Hildebrand (Pringsheim's Jahrbücher III. 59. ff.) fand sie bei *Eranthis hiemalis* 0.004 Millim., bei *Gimon trigynum* 0.004—0.008 Millim. groß.

tungen nicht wiederholt, würde indeß das letztere für unwahrscheinlich halten. Sehr interessante gelbe Farbstoffgebilde hat Trécul ¹⁾ bei *Solanum Berteri* beschrieben, eine Pflanze, die mir bisher nicht zur Verfügung stand, daher ich auch seine Beobachtungen nicht controliren konnte und mich begnügen muß, sie anzuführen.

Von Strukturverhältnissen läßt sich an den runden Körnern meist gar nichts erniren, als daß man durch den Verfolg ihrer Entwicklungsgeschichte und manchmal auch in späteren Stadien ihre Amylumunterlage durch Jodlösung oder Jodlösung und Kali nachweisen kann. Bei den spindelförmigen Formen hingegen begünstigt ihre bedeutendere Größe die Beobachtung, und da zeigt sich ihre völlige Analogie mit den von mir bereits beschriebenen und abgebildeten Formen des gelbrothen Farbstoffes. Es ist auch hier das Pigment ein körniges, und man darf es nach seiner Entwicklung und seinem Verhalten gegen chemische Reagentien auch hier als ein gelbgefärbtes Plasma auffassen, das sein Pigment durch Stoffmetamorphose eines in der Zelle bereits vorhandenen Stoffes (des Amylums zunächst) erhielt.

Selten wird durch chromgelbe Farbstoffgebilde in einem gelösten rothen Zellsafte das Orange als Mischfarbe hervorgebracht ²⁾, wie dies unter Anderem bei *Tydaea*-Arten und nach Hildebrand bei *Eccremocarpus scaber* und *Zinnia elegans* vorkommt; in den meisten Fällen erscheinen chromgelbe Farbstoffgebilde in ungefärbtem Zellsafte.

Ich wähle, wie beim Orange Farbstoffe, auch hier aus zahlreichen Beobachtungen nur einen Repräsentanten jedes einzelnen Vorkommens.

Adonis vernalis L.

(Fig. 31.)

Die gelben Farbstoffkörner der Blumenblattzellen (Fig. 31) sind meist sehr klein, die größeren Körner erscheinen im durchfallenden Lichte stets farblos und bleiben es auch nach der Behandlung mit Jodlösung.

Der Durchmesser steigt bis 0.0015 Millim.

Jodlösung ändert an der Farbe des Farbstoffes nichts.

¹⁾ Trécul (Annales des sciences natur. 1858. X. 133).

²⁾ Meist sind es eben gelbgefärbte Farbstoffgebilde, welche Orange hervorrufen.

Kali macht ihn nach längerer Einwirkung etwas verblässen.

Benzol läßt ihn völlig ungeändert.

Im Knospenzustande, zur Zeit wenn der Farbstoff noch nicht gebildet ist, enthalten die Zellen zahlreiche sehr kleine Chlorophyllkörner von blaßgrüner Farbe. Durch Umwandlung ihres Pigmentes in Gelb färben sich die Blumenblätter nach und nach intensiv schwefelgelb.

Tydaea hybr. gigantea V. Houtte.

(Fig. 29 und 30.)

In den schwefelgelben Partien des Blumenblattes ersehen wir runde, spindel-, hirn- oder biskotenförmige Farbstoffgebilde in farblosem Zellsafte suspendirt (Fig. 29).

Ihre Größe beträgt im Mittel 0·0085 Millim. in der Länge und 0·0018 Millim. in der Breite.

In den roth gefärbten Theilen der Koralle kommen rein chromgelbe zweispitzige Farbstoffgebilde in gelöstem rothem Farbstoffe vor (Fig. 30); ein Fall der zu den Seltenheiten gehört.

Der Durchmesser der runden beträgt hier 0·0054 Millim., die Länge des spindelförmigen schwankt zwischen 0·005 und 0·019 Millim., ihre Breite zwischen 0·0009 und 0·0027 Millim.

Jodlösung färbt sowohl die im farblosen als die im gefärbten Zellsafte liegenden gelbgrün.

Kali verändert sie nicht, färbt aber den Zellinhalt gelb.

Auch bei ihnen ist das Pigment ungleich vertheilt und bei den spindelförmigen meist in den spitzen Winkeln viel dichter vorhanden. Hartnack's Immersionssysteme lösen es auch hier in unzählige äußerst kleine und zarte Körnchen auf.

Die Entwicklung dieser Farbstoffgebilde dürfte wohl analog den ähnlichen bereits beschriebenen Formen vor sich geben; ich habe dieselbe nicht verfolgt.

Antirrhinum majus L.

(Fig. 32 und 33.)

Die ganz abnorm gebildeten Haare am Grunde der Blumenblätter der Pflanze enthalten einen gelösten gelben Farbstoff. Derselbe ist im jugendlichen Zustande des Haares nicht vorhanden, es führt dasselbe zu jener Zeit nur Protoplasma und hie und da einzelne

Chlorophyllkörner. Im erwachsenen Zustande enthalten die Haare einen eisengrünenden Gerbstoff und der gelöste gelbe Farbstoff ist meist in dem bis 0.16 Millim. Durchmesser haltenden Köpfchen am intensivsten vorhanden. Das ganze Haar ist einzellig und eine Verlängerung einer gewöhnlichen Oberhautzelle, die im ausgebildeten Zustande des Haares ebenfalls den gelösten gelben Farbstoff zeigt. Es enthält zahlreich Protoplasma, wie die im Inneren desselben kreisenden Plasmaströme beweisen (Fig. 32) und mächtige Cuticularknoten, welche ein unregelmäßig sternförmiges Ansehen haben.

Auch beim gelben Farbstoffe begegnen wir in der Literatur nur den Untersuchungen, die Trécul¹⁾ über die Entwicklung desselben bei *Solanum Berteri* veröffentlichte. Nach ihm ist dort der Ursprung des gelben Farbstoffes ein farbloses Plasmabläschen, dessen Plasma durch Vacuolenbildung allmählig an den Rand gedrückt wird (Taf. IV, Fig. 50—55); nun sieht man in diesem Plasma gelbe Körner und sekundäre Bläschen entstehen (ibid. Fig. 56), die ebenfalls eine feine Körnung zeigen. War das Plasma nur ungleich, etwa an zwei oder mehr Stellen der Peripherie vertheilt, so nehmen die sekundären Bläschen auch nur diese Stellen ein, war es so ziemlich gleichmäßig verbreitet, so entstehen die sekundären Bläschen an der ganzen inneren Peripherie des primären Bläschens. Bilden sich im Protoplasma des ursprünglichen Bläschens keine Vacuolen oder sind dieselben nur unbedeutend, so entstehen die sekundären Bläschen nicht an der Peripherie, sondern zerstreut im Inhalte des Mutterbläschens. Diese sekundären Bläschen erzeugen wieder gelbe Kügelchen, welches wahrscheinlich Bläschen der dritten Generation sind, deren Kleinheit aber nicht gestattet, das Innere zu sehen.

Trécul's Beobachtungspflanze stand mir nicht zur Verfügung, doch dürfte der ausgezeichnete Beobachter die Entwicklung in ihren Hauptzügen sicher richtig skizziert haben; zu bedauern ist nur, daß des übrigen Zellsaftes und der etwa in ihm enthaltenen Körner nicht gedacht wurde, aus denen sich vielleicht ein objectiverer Schluß über den Entwicklungsvorgang hätte ziehen lassen.

1) Annales des sciences naturelles. Sér. IV. Tom. X. p. 133. tab. IV. Fig. 50 ff.

III. Grün.

Gelöst kommt die grüne Farbe wohl am seltensten von allen Pflanzenfarben vor. Bei Sporenpflanzen, besonders Algen, habe ich wohl öfters entschieden gelösten grünen Farbstoff in der einen oder anderen Zelle bemerkt, doch bei Samenpflanzen ist dies sehr selten.

Ich fand gelösten grünen Farbstoff in den Haaren von *Goldfussia glommerata*, wo er häufig die Endzelle zum Theile erfüllt (Fig. 34).

In Farbstoffbläschen kommt er, wie wir später sehen werden, öfters vor (Fig. 44, s, z, D, E, Fig 45 p).

Hildebrand gibt ihn bei der grünblüthigen Varietät von *Medicago sativa* an.

Noch mehr verbesserte optische Hilfsmittel werden ihn vielleicht in allen diesen Fällen als nur suspendirt erkennen lassen.

IV. Roth.

A. Hochroth, Mennigroth, Feuerroth.

Bei der leider in Bezeichnung einer Farbe etwas unvollkommenen Farbensprache die wir besitzen und welche ihre Analogien, von denen sie ihre Namen nimmt, nicht immer sonderlich passend wählt, ist es schwer die zahlreichen Nuancen von Roth im Pflanzenreiche auch nur annähernd zu gruppiren. Anatomische Merkmale würden da wohl den besten Eintheilungsgrund abgeben, da indeß dieselben so oft dem Zeugnisse des unbewaffneten Auges widersprechen, will ich mich vor der Hand an die gangbaren, wenn auch unpraktischen Ausdrücke halten.

Mennigroth erscheint im Pflanzenreiche, soweit meine Beobachtungen reichen, fast stets als Mischfarbe, hervorgebracht durch einen gelösten rothen, violettrothen oder violetten Zellsaft und mehr oder weniger gelben Körnern oder spindelförmig etc. geformten Farbstoffgebilden, wie sie beim orangen Farbstoff vorkommen. Das Auftreten dieser gelben Farbstoffgebilde zusammen mit einem gelösten rothen oder violetten Zellsafte gibt ein so charakteristisches Roth, das man bei einiger Übung stets auf den ersten Blick selbst mit unbewaffnetem Auge zu erkennen im Stande ist, ob sie vorhanden sind oder nicht.

Hochroth und Feuerroth kommen meist gelöst vor, manchmal wohl auch als Mischfarbe von gelben ungelösten Farbstoffgebilden und einem gelösten rothen oder violetten Zellsafte hervorgebracht. Hildebrand (l. c.) gibt bei *Adonis autumnalis* dunkelrothe Körnchen von 0.004 Millim. Durchmesser an, desgleichen bei *Verbena chamaedrifolia*.

B. Carmin- oder Rosenroth.

Diese eigenthümliche mit keiner andern leicht zu verwechselnde Farbe tritt bereits in mehrfacher Form auf. In der weitaus überwiegenden Anzahl von Fällen kommt rosenroth freilich eben nur gelöst vor, doch sind die Ausnahmen hievon nicht gar selten, wo es in Gestalt von kugeligen (Fig. 39) oder flockenartigen Fetzen (Fig. 38) oder aber in Gestalt von rundlichen, spindel- oder birnförmigen Formen (Fig. 35) auftritt. Immerhin gehört es nicht gelöst zu den Seltenheiten und war auch bisher völlig unbekannt geblieben. In Farbstoffbläschen habe ich es öfters gefunden.

Ich will einige der von mir gefundenen Fälle genauer detailliren, indem ich von jedem einen Repräsentanten gebe.

Lycopersicum esculentum Mill.

(Fig. 35–37.)

Das Fruchtfleisch der ganz jungen grünen Frucht enthält große 0.15—0.3 Millim. Durchmesser haltende Zellen, in denen zahlreiche 0.0026 — 0.0033 Millim. große Chlorophyllkörner sich befinden, welche bei hinreichend starken Vergrößerungen nie scharf contourirt erscheinen und deutlich ihre einzelnen Zusammensetzungskörnchen zeigen (Fig. 37). Es scheinen eben nur durch ein Bindemittel, das recht wohl wieder nichts anderes als Protoplasma sein kann, verbundene Einzelkörnchen zu sein, da sie sich bei leichtem Drucke ganz leicht von einander trennen.

In noch jüngeren Stadien, wo die Frucht ganz licht (weiß) grün erscheint, zeigen sich in den Zellen nur zahlreiche größere oder kleinere Amylumkörner, welche nur hie und da von einem ganz lichtgrün erscheinenden Pigmente überzogen sind. Der Längsdurchmesser dieser Amylumkörner, die dem Verlaufe ihrer Schichten nach denen von *Solanum tuberosum* gleichen, variirt zwischen 0.0033 und 0.015 Millim. und darüber. —

Behandelt man solche bereits mit Chlorophyll erfüllte Zellen mit Kali, wäscht sorgfältig aus und bringt Jodlösung dazu, so zeigt sich am auffälligsten der enorme Amylumgehalt derselben.

Dieses bei jungen Früchten im centralen Theile vorzüglich angehäuften Amylum verschwindet nach und nach, während statt seiner eigenthümliche, im durchfallenden Lichte blaß-carminroth gefärbte Farbstoffgebilde auftreten, die nicht selten eine ganz beträchtliche Größe erreichen (Fig. 35).

Sie sind außerordentlich zart, vielleicht Bläschen mit gelöstem rothem Farbstoffe erfüllt und ballen sich um den Cytoblasten meist zu dichten festen Klumpen. Im Samenbreie erscheinen sie mit zahllosen Farbbläschen.

Die Gestalt derselben ist sehr verschieden. Bald sind sie kugelig (Fig. 36 *a*), bald dreieckig (Fig. 36 *b*), bald fadenförmig (Fig. 36 *c*), bald spatelförmig (Fig. 36 *d*), bald spindelförmig (Fig. 36 *e*) gestaltet.

Ihre Größe varürt wie ihre Gestalt. Der Durchmesser der runden Formen beträgt zwischen 0·0018—0·0023 Millim., die Länge der gestreckten Gestalten varürt zwischen 0·009 — 0·03 Millim., in der Mehrzahl der Fälle ist sie 0·027, oder 0·022, oder 0·0145, oder endlich 0·009 Millim.; ihre Breite schwankt von 0·0004 — 0·0015 Millim.; die Zellen in denen sie vorkommen, halten gewöhnlich 0·26 Millim. im Durchmesser.

Jodlösung färbt sie sogleich grün. Nach längerer Einwirkung werden sie schmutzig grün — gelbgrün.

Kali zeigt keinerlei Einwirkung auf dieselben.

Columnne Schiediana Schlecht.

(Fig. 38.)

Im Innern der Zellen der Haare der Pflanze tritt neben gelöstem rothem Farbstoffe sehr häufig ein ungelöster rosenrother auf, der sich gewöhnlich als mehr oder weniger gerundeter Klumpen in der Mitte der Zelle befindet (Fig. 38 *a*), oder aber in Gestalt von Körnern und gestreckten Conglomeraten die Zelle durchzieht (Fig. 38 *b*). Diese Coneremente sind in jugendlichen Zellen nicht vorhanden und bilden sich erst in älteren Stadien derselben aus. Sie ruhen gewöhnlich in Plasmapartien, wie denn überhaupt ein äußerst complicirtes System der lebhaftesten Protoplasmaströme die Zellen selbst dann

noch durchzieht, wenn ihre Verdickungsschichten bereits in großer Mächtigkeit sich abgelagert haben und zahlreiche, bei Haargebilden überhaupt nur selten auftretende Porenanäle zeigen (Fig. 38). Diese Plasmaströme reißen die Chlorophyllkörner u. s. w. mit sich fort, und zwar mit solcher Heftigkeit, daß diese das Plasma wie der Kiel eines Schiffes vor sich stoßen und in zwei bis drei Secunden häufig den Raum von 0.001 Zoll durchlaufen.

In Berührung mit der Luft bläuen sich diese carminrothen Farbstoffgebilde und ziehen bei sehr alten Haaren mehr ins Mennigrothe über und legen sich in Gestalt von Fetzen an die Wandungen der Zelle an.

Mit Jodlösung behandelt coagulirt der Farbstoff zu größeren Kugeln und Klumpen, behält indeß seine Farbe bei und zeigt die heftigste Molecularbewegung.

Schwefelsäure zerstört den Farbstoff nicht, er coagulirt bei Berührung mit derselben zu Kugeln.

Salpetersäure führt ihn ins Mennigrothe, ohne ihn zu zerstören oder zum Coaguliren zu bringen.

Salzsäure macht ihn sogleich coaguliren, ohne indeß seine Farbe zu zerstören.

Königswasser färbt ihn mennigroth, worauf er coagulirt.

Chlorwasser entfärbt ihn nicht, doch gerinnt er bei Behandlung mit demselben zu Kugeln.

Carminroth gefärbte Farbstoffkugeln, die oft zu dreißig und mehr eine einzelne Zelle erfüllen, kommen bei *Passiflora limbata* vor (Fig. 39), ebenso in den Köpfchenhaaren von *Geum*-Arten: als Bläschen treten isolirte carminrothe Farbstoffbläschen nicht selten auf, weniger häufig kann man carminrothe Farbstoffkugeln im Inhalte größerer Mischbläschen beobachten, wie dieß z. B. bei *Passiflora angustifolia* (Fig. 45 f) vorkommt.

Die Entwicklungsgeschichte dieser Kugeln der Passiflorabeeren muß ich indeß später gesondert behandeln, da sie eine ganz eigenenthümliche Specialität dieser Beerenfrüchte sind. Sie seien daher hier nur des Zusammenhanges wegen erwähnt.

V. Violett.

Den Übergang von Roth zu Blau macht die violette Farbe, welche in den Pflanzenzellen, wie die carminrothe, fast stets gelöst auftritt. Während indeß letztere, wo sie vorkommt, dem freien Auge

auch stets als carminroth oder roth überhaupt erscheint, ist violett jener Farbstoff, der am meisten von allen das unbewaffnete Auge trägt, wiewohl auch grün nicht selten keineswegs durch grünen Farbstoff (Chlorophyll) hervorgebracht wird 1).

Zunächst ist fast alles, was dem freien Auge an Blumen u. dgl. schwarz erscheint, hervorgerufen durch intensiven, gelösten, violetten Farbstoff. Dies ist der Fall bei den schwarzen Flecken der Perigone von *Iris susiana*, bei *Tulipa*-Arten, bei *Gazania ringens* und *splendens*, bei *Arum dracunculus* u. s. w., wie denn überhaupt Schwarz als solches in Blattorganen der Pflanze niemals auftritt, wie ich bei der Besprechung dieser Farbe ausführlicher erörtern werde. Auch alle jene zahllosen Beerenfrüchte, welche wie *Solanum nigrum*, *Atropa belladonna* etc. schwarz erscheinen, sind eigentlich nicht Träger eines schwarzen, sondern eines violetten, selten blauen Pigmentes.

Eben so wird, wie wir bereits gesehen haben, der orangenfarbige Farbenton in der Mehrzahl der Fälle durch einen gelösten violetten Farbstoff hervorgerufen, kurz es spielt die violette Farbe im Reiche der Blumen und Früchte eine ganz ausgezeichnete Rolle.

Er ist es hauptsächlich, der die Mehrzahl der Bläschengebilde in Pflanzenzellen begleitet.

Wie erwähnt, tritt derselbe meist gelöst auf, doch finden sich hin und wieder Fälle, wo er ungelöst sich vorfindet und nur dieser will ich hier gedenken. Man hat sich dabei sehr vor Täuschungen in Acht zu nehmen. Es gerinnt nämlich der gelöste rothe Farbstoff der Pflanzenzellen an der Luft sehr häufig zu blauen oder violetten Körnern, die man dann als gewöhnlich in den Zellen auftretend betrachten würde, während sie doch nur ein Product der Präparation und der dadurch bewirkten Berührung mit atmosphärischer Luft sind.

Als krümmliche Masse kommt der violette Farbstoff bei vielen Passiflorabeeren, unter anderen bei *Passiflora acerifolia* vor (Fig. 41). Ausserordentlich häufig tritt er indeß dort, wo er sich

1) Der Blumenblattsaum von *Gentiana acaulis* erscheint dem freien Auge schön grün, während die Untersuchung im Mikroskope Zelllagen mit gelöstem blauem Farbstoff zeigt, unter denen sich Zellen mit gelbem Farbstoffe befinden. Das Grün ist daher hier Mischfarbe.

gelöst vorfindet, als Farbstoffbläschen¹⁾ auf und zwar gewöhnlich bei jenen Pflanzen, welche zugleich zahlreiche Chlorophyllbläschen in ihrem Zellsafte enthalten.

Ich habe mich bemüht in einer früheren Arbeit das Auftreten von Bläschen im Zellsafte zunächst aus dem Studium der Entwicklungsgeschichte des ungelösten gelbrothen Farbstoffes reifender Pericarprien zu constatiren und für diese Gebilde den Namen Chlorophyll-, Farbstoff- und Amylumbläschen vorgeschlagen, da es geboten schien, dieselben von den factischen Amylum-, Chlorophyll- und Farbstoffkörnern zu scheiden und mit einem eigenen Namen zu belegen. Ich habe bereits damals nachgewiesen, daß diese Bläschen ein selbstständiges Leben im Innern der Pflanzenzelle führen, und meine bisherigen Beobachtungen haben alles, was ich damals sagte, völlig bestätigt. Auch beim violetten Farbstoffe sind es vorzüglich reife Pericarprien, welche diese Bläschen in den Zellen des Fruchtfleisches besonders schön enthalten und hier wiederum die Beerenfrüchte vieler *Solanum*- und *Passiflora*-Arten, bei denen ich sie am aller schönsten auffand. Da bei letzteren indeß der Farbstoff so eigenthümliche Erscheinungen bietet, daß er eine gesonderte Behandlung erfordert, will ich hier die Passiflorabeeren nur so weit in den Kreis der Betrachtung ziehen, als es sich um die Chlorophyll- und Farbstoffbläschen derselben handelt. Der Übersichtlichkeit wegen werde ich die Pflanzen, welche ich besonders hervorhebe, einzeln behandeln.

Convallaria majalis L.

(Fig. 40.)

Unmittelbar unter der Epidermis des Stengels findet sich eine Schicht gestreckter Zellen, welche größere oder kleinere violette Farbstoffkugeln enthalten (Fig. 40), wohl auch violett gefärbte anders gestaltete Farbstoffconeremente.

Im ausgebildeten Zustande werden diese Farbstoffkugeln durch Jodlösung roth gefärbt, eine Röthung, welche auch die Cytoblasten ergreift.

1) So oft ich von Farbstoff- oder Chlorophyllbläschen, überhaupt von Bläschen spreche, sind jene Gebilde gemeint, welche ich im ersten Theile dieser Untersuchungen (l. c.) als solche beschrieb und definirte, keineswegs aber die Bläschen vieler anderer Autoren.

Mit Salpetersäure behandelt, dehnt sich die durch das Reagens roth gewordene Farbstoffkugel zunächst etwas aus, zieht sich aber sogleich auf ein beträchtlich kleineres Volumen zusammen. Nach längerer Einwirkung des Reagens wird der Farbstoff immer bläßer und es bleibt von der großen, anfänglich fast schwarzen Farbstoffkugel nur eine blaßrothe Hülle zurück. Die Cytoblasten werden beim Beginne der Einwirkung der Salpetersäure ebenfalls roth gefärbt.

Salzsäure verhält sich gegen dieselben wie Salpetersäure.

Schwefelsäure greift die Farbstoffkugeln äußerst rasch und heftig an, sie zerfließen im Zellsafte und verschwinden endlich ganz.

Solanum nigrum L.

(Fig. 42; Fig. 43 a—n; Fig. 44 a—u, p q.)

Ist die Beerenfrucht der Pflanze noch ganz jung, weißgrün gefärbt, so findet sich im Inhalte der Zellen fast nur Amylum vor, auf welches sich hie und da eine ganz geringe Menge von Chlorophyllpigment angelagert hat. Beim fortschreitenden Wachstume wird die Beere völlig grün und es zeigen sich größere 0.01—0.015 Millim. im Durchmesser haltende, mit grünem Pigmente überzogene Amylumconeremente in den Zellen, und es fängt hie und da eine dieser Zellen mit gelöstem, äußerst blaßviolett gefärbtem Zellsafte zu erscheinen an. Die Zahl der Zellen, in welchen derselbe nun rasch aufeinander auftritt, sowie die Intensität des Farbstoffes nehmen immer mehr zu, bis endlich die Beere durch die Wirkung desselben dem freien Auge völlig schwarz erscheint. Die Zellelemente sind da meist 0.1 Millim. lang und enthalten einen intensiv violetten Farbstoff, zahlreiche Chlorophyllkörner und nicht selten blaue oder violette ungelöste Farbstoffconeremente (Fig. 42). Zugleich sind eine Menge Chlorophyll- und Farbstoffbläschen im Innern derselben entstanden. Daß diese im Grunde generisch von den Zellen durchaus nicht verschieden seien, beweist auf das Schlagendste die von mir gemachte Beobachtung, daß in der reifen Beere die Membran der Zellen durchaus nicht aus einer festen consistenten Haut bestehe. Im Gegentheile, die Wandung erscheint sehr häufig ganz flüßig und in Bewegung begriffen, so zwar, daß sogar die Chlorophyllkörner der einen Zelle in die andere übergeführt werden (Fig. 46 von *Solanum melongena*) und die Contouren der Zellen überhaupt in einem Zustande großer Veränder-

lichkeit sich befinden. Durch das Strömen des umhüllenden Plasma's und durch das oftmalige Stauen desselben durch Chlorophyllkörner wird nämlich nicht selten auch die Gestalt und Größe der Zelle beträchtlich alterirt, wie man dieß ohne Mühe wahrnehmen kann. Betrachtet man nun eine solche der bisherigen Zellsprache nach membranlose Zellyerbindung, deren einzelne Elemente wir factisch als Zellen bezeichnen müssen, und hält daneben eines der sogleich zu beschreibenden Bläschen (Fig. 45 *d*, ebenfalls von *Solanum melongena*), so wird man keinen Augenblick im Zweifel sein können, daß beide Gebilde ganz derselben Gattung angehören.

Was nun zunächst die Chlorophyllbläschen der Fruchtfleischzellen von *Solanum nigrum* betrifft, so erscheinen sie zuerst als farblose Bläschen (Fig. 43 *a*) von selten über 0.004 Millim. Durchmesser, welche bald gröber gekörnt erscheinen (Fig. 43 *a'*). Einzelne dieser Körnchen kann man oft durch eine sehr verdünnte Jodlösung als Amylum nachweisen (Fig. 43 *b*). Nun erscheinen äußerst zarte, zerstreute grüne Körnchen im Innern des Bläschens (Fig. 43 *c*) und eine entstehende Vacuole drängt sie mit dem Plasma an die Peripherie des Bläschens (Fig. 43 *d*). Die Zahl dieser grünen Körner, die man füglich als grügefärbtes Plasma bezeichnen kann¹⁾, nimmt nun rasch zu und sie gruppiren sich zu sehr schlecht contourirten blaßgrünen Ballen (Fig. 43 *e*), welche eingebettet in der Plasmamasse liegen. Diese Ballen grenzen sich nun im Verlaufe des Wachstumes immer mehr ab (Fig. 43 *f, g*), bis sie endlich zu fertigen Chlorophyllkörnern geworden sind (Fig. 43 *h, i, j*). Bei diesen Vorgängen ist das Plasma fast ganz verbraucht worden und unkleidet gewöhnlich nur mehr in einer schmalen Zone die Peripherie des Bläschens. Die so entstandenen Chlorophyllkörner gruppiren sich nach dem Verschwinden des Plasma's häufig auch im Centrum des Bläschens (Fig. 43 *i, j*), nicht selten stehen sie über die Peripherie, von Plasma umhüllt, heraus (Fig. 43 *h*). Auf eben diese Weise entstehen die Chlorophyllkörner auch in Farbstoffbläschen (Fig. 44 *a, m, g*), die man dann füglich Mischbläschen nennen könnte und die wir später betrachten wollen.

1) Vielleicht entsteht auch das grüne Pigment durch Stoffmetamorphose des Amylums in *b*, denn später (*c, d* etc.) läßt sich Stärke nicht mehr nachweisen, sie verschwindet mit dem Auftreten des grünen Pigmentes.

Neben diesen Chlorophyllbläschen, welche rundliche Chlorophyllkörner enthalten, kommen bei *Solanum nigrum* auch in Massen jene sonderbaren, schon von Hartig, Trécul und Maschke bemerkten halbmondförmigen Chlorophyllanlagerungen vor, wie ich sie Fig. 43 *n* abbilde. Ihre Entstehung aus Plasma kann man genau verfolgen. — In einem anfangs ganz von Plasma erfüllten Bläschen (Fig. 43 *a*) zieht sich dasselbe (vielleicht durch Vacuolenbildung getrieben) in einen Meniskus an der Peripherie zurück (Fig. 43 *k*). Dieser Meniscus ist anfangs völlig farblos, doch bald bemerkt man, daß er sich mattgrün zu tingiren beginnt (Fig. 43 *l*) und die Intensität des Grün wird rasch immer stärker (Fig. 43 *m*), bis endlich eine schmale, halbmondförmige peripherische Zone des Bläschens intensiv grün gefärbt erscheint (Fig. 43 *n*). Es sind die Menisken von der Seite gesehen, das Chlorophyll derselben ist also factisch grün gefärbtes Plasma.

Die Contour des Bläschens läßt sich indeß stets ihrer ganzen Länge nach verfolgen. Meistentheils kommen diese eigenthümlichen Bläschengebilde nicht einzeln vor, sondern im Inhalte größerer Bläschen zu mehreren gruppiert (Fig. 44 *g, h, i, k*). Sie bilden sich da folgendermaßen. Nachdem das Plasma des ursprünglichen Bläschens (Fig. 43 *a*) durch Vacuolenbildung oder Molecularattraction gezwungen sich an den peripherischen Theil zurückgezogen hat (Fig. 44 *K*), entstehen in demselben Plasmaballen, deren Plasma sich ebenfalls an die Peripherie zurückzieht und so secundäre Bläschen bildet, die genau den früher beschriebenen (Fig. 43 *k*) gleichen und deren Plasma sich nach und nach grün färbt. Zuweilen erfolgt in einem solchen Bläschen nicht die Bildung von Chlorophyll, sondern eines Krystalles oder vielmehr einer Krystalldruse (Fig. 44 *h* bei *c*), ein Fall, den ich indeß nur äußerst selten beobachtete. Oft bleiben die so entstandenen secundären Chlorophyllbläschen an der Peripherie des primären Bläschens gedrängt (Fig. 44 *h*) und das Mutterbläschen wächst bis zu einer ganz beträchtlichen Größe heran, ohne daß dessen Plasma verbraucht wird, häufig indeß verschwindet nach und nach das Plasma und die secundären Chlorophyllbläschen gruppieren sich im Centrum des Mutterbläschens (Fig. 44 *g*). Mit Hartnack's Immersionssystemen sieht man diese Chlorophyllbläschen als Conglomerate zahlloser größerer oder kleinerer Körner.

Die Größe der runden in den Chlorophyllbläschen auftretenden Chlorophyllkörner ist verschieden und variiert nach Alter etc. zwischen 0.0026, 0.0033, 0.0032 und 0.013 Millim., wo die einzelnen Zahlen die am häufigsten beobachteten Größen darstellen.

Amylumbläschen sind in den Zellen des Fruchtfleisches nur selten vorhanden und erscheinen da fast stets zu mehreren, als secundäre Bläschen eingeschlossen in einem größeren primären (Fig. 44 e). Die Entstehung derselben konnte ich nicht genügend ermitteln, doch dürfte sie analog der Chlorophyllbläschen vor sich gehen. Der Durchmesser der eingeschlossenen Amylumkörner übersteigt selten 0.003 Millim., und man kann durch vorsichtiges Anwenden einer schwachen Jodlösung sie leicht an ihrer blauen Farbe erkennen (Fig. 44 e), nur muß man bei der Reaction wie überhaupt bei Anwendung aller Reagentien auf diese Bläschengebilde mit der größten Vorsicht vorgehen, schon deshalb weil durch den Strom der Flüssigkeit das Bläschen gleich weiter geführt wird und daher leicht entweichen kann. — Neben dem Auftreten als secundäre Bläschen treten Amylumkörner auch isolirt in Bläschen auf, doch meist zu mehreren. Das primitive Bläschen, aus welchem überhaupt jedes Bläschen seinen Anfang nimmt, erscheint, wie erwähnt, bald grob gekörnt (Fig. 43 b); einzelne dieser Körner wachsen an Größe und lassen sich oft schon in sehr frühen Stadien direct als Amylum nachweisen. Nun tritt meist Vacuolenbildung ein und die fortwährend wachsenden Körner legen sich gewöhnlich zu dreien und vieren aneinander (Fig. 44 n) und liegen eingebettet im peripherischen Plasma. Mit dem Verschwinden desselben lagert sich allmählich ein feinkörniges grünes Pigment zwischen die Verbindungsstellen der Einzelkörner (Fig. 44 l), überzieht sie endlich völlig und das Amylumbläschen hat sich zu einem Chlorophyllbläschen metamorphosirt.

Farbstoffbläschen sind im Zellsafte ebenfalls nicht selten. Sie entstehen wie die früheren aus einem ursprünglich farblosen Plasmabläschen (Fig. 43 a), dessen Plasma sich an die Peripherie der einen Bläschenseite zurückgezogen hat (Fig. 44 k). Im plasmafreien Inhalte tritt nun ein, zunächst äußerst blaß erscheinender gelöster violetter Farbstoff auf, der an Intensität immer mehr zunimmt und häufig im peripherischen Plasma noch einzelne Vacuolen füllt (Fig. 44 e). Dieses Plasma verschwindet nun immer mehr, bis endlich ein oft sehr intensiv gefärbtes violettes Bläschen sich gebildet

hat (Fig. 44 I), das oft einen Durchmesser bis zu 0.08 Millim. erreicht. Sind neben der Hauptvacuole noch größere oder kleinere Vacuolen im peripherischen Protoplasma entstanden, die sich nach und nach mit violetter Farbstoffe füllten, so liegen nach dem Verschwinden des Plasma's oft zwei bis fünf und mehr violette Farbstoffkügelchen in einem einzigen Mutterbläschen beisammen (Fig. 44 d, f).

Mischbläschen, d. i. solche, welche nebst einem Farbstoffe, gleichgiltig ob gelöst oder ungelöst, noch Chlorophyll- oder Amylumkörner und Bläschen, wohl auch beide enthalten, sind von allen die zahlreichsten. Sie bilden sich meist in der Art, daß nach der Anlagerung des Plasma's an die Peripherie des Bläschens sich im Plasma in der bereits beschriebenen Weise die Chlorophyllkörner bilden, während zu gleicher Zeit in den Vacuolen ein gelöster violetter Farbstoff auftritt (Fig. 44 m, p). Nach dem Verschwinden des Plasma's liegen dann Chlorophyllkörner und violette Farbstoffbläschen im Innern eines und desselben Mutterbläschens (Fig. 44 a). Seltener geschieht es, daß während die Bildung von Chlorophyllkörnern im peripherischen Plasma vor sich geht, sich ein gelöster gelber Farbstoff oder Öl im plasmafreien Theile des Bläschens bildet (Fig. 44 b). Nicht häufig finden sich in solchen Mischbläschen im peripherischen Plasma neben Chlorophyllkörnern auch die oben erwähnten halbmondförmigen Chlorophyllbläschen vor (Fig. 44 i), ebenso ist das Auftreten zahlreicher Vacuolen von größeren Dimensionen, die sich successive mit violetter Farbstoffe füllen, schon seltener zu beobachten (Fig. 44 p): dagegen kommt der Fall, wo in einem Bläschen von meist größeren Dimensionen sich im peripherischen Plasma zahlreiche secundäre Chlorophyllbläschen bilden, während der plasmafreie Inhalt sich violett färbt, ziemlich häufig vor (Fig. 44 k). — Die Entstehung aller dieser Formen ergibt sich von selbst aus der bereits mitgetheilten Entwicklungsgeschichte der Chlorophyll- und Mischbläschen.

Behandelt man die beschriebenen Bläschen vorsichtig mit Jodlösung, so gelingt zunächst fast immer die Blaufärbung der Amylumkörner in denselben vollkommen, nach längerer Einwirkung einer stärkeren Lösung gerinnt das Plasma und färbt sich goldgelb, während das Bläschen sich contrahirt und zusammenfällt (Fig. 44 q).

Solanum nigrum ist die einzige Pflanze, deren Bläschengebilde, wenn auch mannigfach verkannt und mißdeutet, doch wenigstens

übereinstimmend von mehreren Anatomen gewürdigt worden sind. In der That drängen sie sich auch bei dieser Pflanze völlig von selber dem Beobachter auf. Die Angaben von Hartig, Trécul, Karsten und Maschke sind dabei zunächst zu berücksichtigen; was von anderen (Cohn, Boehm etc.) über Bläschengebilde geschrieben wurde, ist lediglich Wiedergabe der Arbeiten von Mohl und Naegeli, die ich im ersten Theile dieser Untersuchungen anführte.

Hartig¹⁾ hat die Bläschengebilde der Beerenfrucht wohl zuerst eingehender behandelt und recht hübsch abgebildet, wenn man sich auch mit seiner Theorie der Entstehung nicht einverstanden erklären kann. Um das Verständniß seiner Terminologie zu erleichtern, beziehe ich mich auf meine Figuren so oft es nöthig ist. Hartig unterscheidet im Fruchtsafte der Beeren von *Solanum nigrum* folgenden Inhalt:

1. Kugelrunde, klarhäutige Zellen²⁾ von $\frac{1}{600}$ — $\frac{1}{20}$ Par. Linien Durchmesser, zum Theile mit carminrothem Saft gefüllt. Die einfachsten und kleinsten sind so zart, daß man das Vorhandensein einer einschließenden Haut nur aus der Form und scharfen Begrenzung der Zelle erkennen kann (es sind dies etwa Formen, wie ich sie Fig. 44 H, I abbilde). Jod färbt die Haut braun, Alkalien lösen sie; in Säuren erhält sie sich und zieht sich zusammen, nach einmaligem Austrocknen läßt sie sich durch Anfeuchten nicht wieder herstellen. Es ist eine einfache Ptychodezelle³⁾. Andere lassen aus dem hellen Saume, der den rothen Zellsaft begrenzt, auf eine Verdickung der Zellhaut schließen (?). Gleichzeitig spaltet sich (?) der die rothe Flüssigkeit begrenzende Lichtring immer mehr, bis sich die ursprünglich einfache Zelle in zwei in einander geschachtelte zarthäutige Zellen gespalten hat. Nennen wir diese, sagt Hartig, die innere und äußere Ptychode⁴⁾. In den durch die Spaltung hervorgebrachten Räumen entsteht der Ptychode-Saft. In ihm bilden

¹⁾ Hartig, Th., Das Leben der Pflanzenzelle. Berlin, 1844. S. 8 ff und Taf. I.

²⁾ Ich führe meist Hartig's Worte an, und da bedeutet Zelle eben nur die von mir beschriebenen Bläschengebilde.

³⁾ Hartig's Ptychodezellen und meine Bläschen sind demnach synonym.

⁴⁾ Diese innere Ptychode ist nichts anderes als die innere Contour des wandständigen Plasma's, z. B. a in meiner Fig. 43. 1; der Ptychodesaft das Plasma der Bläschen, welches demnach Hartig zuletzt entstehen läßt.

sich Bläschen ¹⁾ (die *a* in meiner Fig. 44 *o*) Ptychodebläschen aus. An einer Stelle ihres Mantels bildet sich sodann ein punktförmiges Fleckchen, welches allmählich größer wird und sich sodann bestimmt grün zeigt. Mitunter scheint der Ptychodesaft selbst eine grünliche Färbung zu enthalten. In einem Bläschen können sich auch mehrere Ablagerungsstellen der grünen, gelben (*Cucurbita melopepo*), rothen (*Lonicera grata*) oder blauen (*Rubus fruticosus*) Substanz zeigen. Diesen Farbstoff nennt Hartig Euchrom, die Zellen, welche ihn abscheiden, Euchromzellen. Die Verwandtschaft desselben mit Chlorophyll schließt er aus ihrem Verhalten gegen Säuren. Aus dem Umstande, daß die Ptychodebläschen sich später theilweise mit demselben rothen Zellsafte füllen, den die Ptychodezelle enthält ²⁾, schließt Hartig, daß es junge Fortpflanzungszellen sind (?).

2. Kreisrunde klarhäutige Zellen von $\frac{1}{300}$ — $\frac{1}{100}$ Par. Linien Durchmesser ohne gefärbte Säfte, die sich allein durch eine überwiegende Entwicklung der Euchrombläschen bis zur Ausfüllung des ganzen Raumes, wahrscheinlich unter Compression des inneren Ptychodeschlauches von den erstgenannten Zellen unterscheiden.

Grösstentheils besteht hier die ganze Zellenbrut aus Euchromzellen, nur hie und da geben sich unregelmässig beigemengte Zellen durch ihren rothen Saft als Fortpflanzungszellen zu erkennen (meine Fig. 44 *a*). Noch seltener sind solche mit Zellbrut ³⁾ erfüllte Zellen, in denen die Zahl der Fortpflanzungszellen ⁴⁾ überwiegend ist (meine Fig. 44 *p*).

Durch Abschnürung der inneren Ptychode können sich nach ihm diese Ptychodezellen vermehren; diese Abschnürung geht meist von derjenigen Stelle aus, an welcher die von Euchromzellen umgebene Metacardzelle ⁵⁾ lagert (meine Fig. 44 *z* und Fig. 45 *h, c*). So dankenswerth ein Theil dieser Beobachtungen ist, so wenig wird man die Schlüsse daraus billigen können, da selbst die von Hartig mit-

¹⁾ Hartig's Bläschen sind Vacuolen — entschiedene Hohlräume.

²⁾ D. h. daß sich die Vacuolen eines Farbstoffbläschens mit Farbstoff füllen (meine Fig. 44 *c, m*, Fig. 45 *e*).

³⁾ D. i. Chlorophyllkörner oder Bläschen.

⁴⁾ D. i. Farbstoffkörner oder Bläschen.

⁵⁾ D. i. Cytoplast.

getheilten Abbildungen sich seiner Anschauungsweise nimmermehr fügen.

Trécul¹⁾ hat, wie ich im ersten Theile meiner Arbeit²⁾ bereits erwähnte, ausführlich über Bläschengebilde in Pflanzenzellen geschrieben, unter andern auch über die von *Solanum nigrum* und bildet auch die Entwicklungsstadien derselben ab. Seine Untersuchungen über diesen Gegenstand gehören zu den vortrefflichsten, die der ausgezeichnete und unermüdete Beobachter veröffentlichte. Nach ihm entstehen die halbmondförmig aussehenden Chlorophyllbläschen im Fruchtsafte von *Solanum nigrum* aus einem anfangs körnigen Kügelchen von 0.000—0.0175 Millim. Durchmesser. An einer Stelle der inneren Peripherie desselben entsteht ein linsenförmiges Scheibchen (*caréole*), das anfangs ungefärbt und gekörnt wie der übrige Inhalt ist (meine Fig. 4 a), später grobkörniger wird und sich nach und nach grün färbt (Fig. 5 a; Tab. IV), wenn auch anfangs nur sehr blaß. Von der Seite gesehen, ist dieses Scheibchen halbmondförmig. Meist ist aber das Bläschen zusammengesetzter und enthält 2—20 und mehr secundäre Bläschen, wohl auch einen großen Zellkern (Fig. 12). Bei vielen solchen zusammengesetzten Bläschen (meinen Mischbläschen) sind 1—2 secundäre Bläschen vorhanden, erfüllt mit Rosa (wohl Violett?) Farbstoff (Fig. 15, 19), bei andern überwiegen diese Rosabläschen (Fig. 21) oder sind allein da (Fig. 20). Man könnte nun, meint Trécul, diese zusammengesetzten Bläschen für junge Zellen halten, entstanden durch freie Zellbildung, dann müßten indeß die primären Bläschen ebenfalls Zellen sein. Immerhin sieht man daraus, daß ein unmerklicher Übergang zwischen diesen Bläschengebilden und den eigentlichen Zellen existirt. Diese Bläschen sind nach Trécul wohl sämmtlich entstanden in Zellen, welche später resorbirt wurden, oder, besser gesagt, in einer durch die Resorption der Mutterzellen geschaffenen Flüssigkeit. — Die rothen Bläschen bei *Solanum nigrum* erscheinen nach Trécul (l. c. p. 159) zur Zeit der Fruchtreife, ist sie vorüber, so verschwindet der rothe Saft und wird ersetzt durch sehr kleine blaue Körnchen, es entstehen indeß dazwischen noch immer rothe Bläschen.

¹⁾ Annales des Sciences nat. IV. Sér., Tom. X. 1858. p. 126 ff. und tab. IV.

²⁾ Sitzungsber. 1864, XLIX.

Die schönen Beobachtungen von Trécul werden durch meine eigenen völlig bestätigt, wenigstens was die Entstehung der eigenthümlich halbmondförmigen Chlorophyllbläschen betrifft; denn die der anderen von mir beschriebenen Bläschen in den Beeren von *Solanum nigrum* hat Trécul nicht gegeben.

Maschke¹⁾ bildet (Fig. 14—20 etc.) aus der reifenden Frucht von *Solanum nigrum* eine Anzahl Chlorophyllbläschen ab, die er Zellenschläuche nennt, da er sie als metamorphosirte Zellkerne ansieht. Ich hebe aus seiner Arbeit nur das für uns Wesentliche heraus und werde mich daher nicht in eine Kritik seiner zahlreichen Excurse vertiefen können.

Die Existenz einer Membran an diesen Zellkernschläuchen schließt Maschke aus der Gleichmäßigkeit ihrer Ausdehnung und ihrer scharfen Grenze, und glaubt aus dem reichlichen Vorhandensein von Pectin in den Früchten von *Solanum nigrum* schließen zu können, daß sie hauptsächlich Pectin oder wenigstens einen löslichen aufquellenden Schleim besitzen. Zur Zeit der Fruchtreife, sagt Maschke, fangen sie an sich zu röthen und schreiten darin bis zu einem gewissen Grade fort. Nach ihm (S. 196) verwandelt sich das gewiß schon hüllartige Kernkörperchen eines Cytoblasten (= sein Parablast) als sichtbarer Urquell aller in der Zelle auftretenden morphologischen Gebilde²⁾ durch Ausdehnung³⁾ und Wachstum seines Inhaltes und seiner Membran, indem es sich selbst verjüngt in einen Zellkern; die Membran des Zellkernes dehnt sich zu einem Zellkernschlauche aus, während die in ihm befindlichen ebenfalls hüllartigen Parablasten in Schleim-, Amylum-, Chlorophyll- und Ölbläschen⁴⁾ etc. übergehen. Das Kernkörperchen kann sich nun auch theilen; die Theile, zu Zellkernen entwickelt, erfüllen dann in grosser Menge den Zellkernschlauch; zerplatzt dieser Schlauch, so können die frei gewordenen Zellkerne sich zu neuen

1) Maschke O., Über einige Metamorphosen in den Zellen der reifenden Frucht von *Solanum nigrum*. Botan. Zeitung. 1859, S. 193 ff. und Taf. X.

2) Chlorophyllbläschen, wie ich sie definirte; Maschke versteht etwas Anderes darunter.

3) Der Beweis hiefür dürfte wohl schwer zu führen sein.

4) Maschke's Chlorophyll-Amylumbläschen etc. sind die Chlorophyll-Amylumkörner etc. von mir und Anderen, so oft daher im folgenden Referate von Bläschen die Rede ist, sind sie in Maschke's. nicht in meinem Sinne gemeint.

Zellenschläuchen umbilden. Geht keine Theilung des Kernkörperchens vor sich, so kann der Zellkernschlauch sich zu einem Primordialschlauche (?) oder nackten Zelle dadurch umändern, daß sich eines der Schleimbläschen zu einem großen Volumen ausdehnt und dadurch den Zellkern und die übrigen Bläschen an die Wandung der nun fertigen nackten Zelle schiebt, wobei dann der Zellkern in einer centralen Stellung verbleiben kann“. —

Maschke schließt ferner aus seinen Beobachtungen, daß die Chlorophyllkörner der Frucht von *Solanum nigrum*, die er Chlorophyllbläschen nennt, eine deutliche Membran besitzen, gehe man in der Fruchtreife eine Stufe rückwärts und untersuche den Zellinhalt von weißlich grünen Früchten, so sieht man die entsprechenden Chlorophyllbläschen schwach grün oder gar nicht gefärbt; ihr Verhalten gegen Jod ist ganz so, als enthielten sie nur Amylum¹⁾. Er glaubt daher (S. 202), daß die Chlorophyll erzeugenden Amylumbläschen wirklich eine Proteinsubstanz oder eine Proteinverbindung innerhalb einer Membran abgelagert enthalten, und daß diese es sei, welche nach und nach unmittelbar in Chlorophyll übergehe.

Die Entstehung der von mir sogenannten Chlorophyllbläschen, die nach dem Gesagten mit dem was Maschke Chlorophyllbläschen nennt, durchaus nicht zu verwechseln sind, da Maschke's Chlorophyllbläschen eben nur meine Chlorophyllkörner sind, denkt sich Maschke folgendermaßen: — für den Fall, wo sich nur Ein Chlorophyllkorn im Chlorophyllbläschen befindet (etwa meine Fig. 44 v) „ist das componirte Amylumbläschen von zwei zarten aneinanderliegenden Hüllen gebildet, von denen die äußerste durch Vermehrung einer Zwischensubstanz (?) sich als der betreffende Schlauch²⁾ abhebt“. Zeigen sich mehrere Chlorophyllbläschen in dem Schlauche, so wird die bei den Zellen ganz allgemein verbreitete Einschachtelung noch deutlicher. Der Schlauch hat dann für die in ihm befindlichen Chlorophyllbläschen denselben morphologischen Werth wie die Membran der einzelnen Chlorophyllbläschen für die von ihm umschlossenen Amylumbläschen.

Auch die Chlorophyllbläschen, deren Chlorophyll die eigenthümliche halbmondförmige Anlagerung besitzt, bildet Maschke ab

¹⁾ In der That sind es auch nur Amylunkörner.

²⁾ Das ist die Membran meiner Chlorophyllbläschen.

(Fig. 15—19, Fig. 44—47). Ihre Entwicklung, die er, wie er gesteht, nicht verfolgen konnte, glaubt er dadurch erklären zu können, daß seine componirten Amylonbläschen „unter ihrer allgemeinen Hülle die Zwischensubstanz nur in einem sehr geringen Maße vermehrt haben, so daß also ein so weites Abheben derselben wie früher nicht erfolgen konnte. Gehen nun die eingeschlossenen Chlorophyllbläschen durch Entwicklung eines Schleimkörpers (?) ihrem letzten Entwicklungsstadium entgegen, so müssen endlich die erwähnten Gebilde entstehen“. —

Schließlich resumirt Maschke seine Beobachtungen in folgenden acht Sätzen:

1. Das Chlorophyll ist das Umwandlungsproduct einer Proteinstanz oder Proteinverbindung, die — wenigstens bei den höher organisirten Pflanzen — in einem Bläschen innerhalb seiner Membran deponirt ist; das Bläschen kann ursprünglich noch Amylum enthalten oder nicht 1).

2. Die Entstehung des Chlorophylls im Amylonbläschen und die Entstehung des Amylons im Chlorophyllbläschen sind unabhängig von der Substanz des schon vorhandenen Chlorophylls oder Amylons.

3. Entsteht Chlorophyll in einem componirten Amylonbläschen, so hebt sich eine allgemeine Hülle mehr oder weniger ab, indem sich eine hinter ihr liegende Zwischensubstanz bald stärker, bald schwächer vermehrt 2).

4. Von der allgemeinen Hülle sind außer seiner Zwischensubstanz kleinere componirte Amylonbläschen umschlossen.

5. Die kleineren componirten Amylonbläschen bestehen ebenfalls aus einer Hülle, die nur die einfachen Amylonbläschen und die chlorophyllerzeugende Proteinstanz umschließt 3).

6. Nach, oder vielmehr schon während der Bildung des Chlorophylls entwickeln sich, wie es scheint, in seiner Masse kleine Körnchen (Schleimkörnehen). Die einfachen Amylonbläschen werden absorhirt ohne merkliche Vermehrung des Chlorophylls.

1) Aus Maschke's Zeichnungen dürfte eher das Entgegengesetzte folgen

2) Gegen diese Erklärung sprechen Maschke's Abbildungen selbst auf das Deutlichste.

3) Auch dies findet keine Begründung in den mitgetheilten Beobachtungen und Zeichnungen

7. In dem Chlorophyllbläschen entstehen ein oder mehrere Schleimkörperchen (Schleimbläschen), die, ähnlich wie bei der Entwicklung der nackten Zelle aus einem Zellkernschlauche, durch ihr Wachstum die Chlorophyllmasse bei Seite schieben.

8. Das Chlorophyll verschwindet endlich in den Bläschen, indem an derselben Stelle eine farblose, granulöse Masse zurückbleibt.

Wie man sieht, hat der fleißige Beobachter wohl mehrere Formen von Chlorophyllbläschen gesehen, dieselben jedoch irrig gedeutet, wie die Untersuchungen von Hartig, Trécul und mir nachweisen. Der Hauptgrund liegt hier darin, daß es Maschke nicht gelang, die Entwicklungsgeschichte derselben zu beobachten, und daß seine allererste Voraussetzung, nämlich die Entstehung derselben aus den Kernkörperchen eines Cytoblasten 1) eine völlig unhaltbare ist 2).

Solanum melongena L.

(Fig. 44 *a, r-z, A-II*, Fig. 45 *a-d*, Fig. 46.)

Die Zellen der reifen Beere sind mit einem gelösten violetten Farbstoffe erfüllt, der zahlreiche Bläschengebilde enthält. Das allmähliche Auftreten des Farbstoffes sowohl als der Farbstoffbläschen beim Reifen der Frucht ist dem Vorgange bei *Solanum nigrum* völlig analog. Auch bei den Zellen dieser Pflanzen erscheint die Membran zu einer gewissen Zeit flüssig und die Chlorophyllkörner und Bläschen werden durch die Bewegung, in welche das die Zellumgrenzung bildende Plasma schon durch die Flüssigkeit, in der das Präparat liegt, versetzt wird, gar häufig aus einer Zelle in die andere geführt (Fig. 46), wie sich denn auch die Contour derselben oft beträchtlich ändert. In diesem Zustande sind die factischen Zellen den Mischbläschen (Fig. 45 *a, d*) selbst bis auf die Größe völlig analog.

Die Chlorophyllbläschen der Zellen, welche wie bei *Solanum nigrum* und anderen von mir bereits erwähnten Fällen aus einem kleinen Plasmabläschen entstehen (Fig. 44 *G*), bilden sich ent-

1) Ich sage stets Cytoblast, da der Ausdruck Zellkern als völlig unpassend doch einmal fallen gelassen werden muß.

2) Man vergleiche betreffs Bläschengebilden auch Maschke's an instructiven Beobachtungen reiche Arbeit: Über den Bau und die Bestandtheile der Kleberbläschen in *Bertholletia*. Bot. Zeitg. 1859. S. 469 ff.

weder dadurch, daß das Plasma sich an einer Stelle zusammenballt und grün wird (Fig. 44 *v*), oder daß sich durch Zurückdrängen desselben in einen peripherischen Ring (Fig. 44 *r*, *C*), in welchem zuerst farblose Körner (Amylum?) entstehen (Fig. 44 *r*), die sich vergrößern (Fig. 44 *C*) und endlich grün werden (Fig. 44 *s*, *E*), die Chlorophyllkörner individualisieren. Nicht selten kommt es indeß im ganzen Verlaufe des Bläschenlebens nicht zur Entwicklung von Chlorophyll, das Bläschen bleibt stets Plasma-bläschen, in dessen peripherischem Plasmaringe höchstens Vaeualenbildung stattfindet (Fig. 44 *o*). Fermenten, in denen das Chlorophyll sich halbmond- oder linsenförmig in Bläschen gruppiert, wie dies so häufig bei *Solanum nigrum* vorkommt, gehören bei *Solanum melongena* zu den Seltenheiten (Fig. 44 *D*), dagegen erreichen die Chlorophyllbläschen eine oft erstaunliche Größe, die nicht selten 0.1 Millim. übersteigt (Fig. 45 *b*). Der Durchmesser der Chlorophyllkörner dieser Bläschen ist selten größer als 0.0083 Millim. Es erscheinen dieselben stets grob gekörnt, doch mit wenigen Ausnahmen im ausgebildeten Zustande scharf begrenzt.

Die Farbstoffbläschen, welche hier gewöhnlich einen gelösten violetten Farbstoff enthalten, entstehen aus einem Plasma-bläschen, das im jugendlichen Zustande gleichmäßig mit Protoplasma erfüllt ist (Fig. 44 *G*). Dieses kann nun allmählich aus dem Inhalte verschwinden und statt seiner ein gelöster violetter Farbstoff auftreten, der anfangs sehr blaß erscheint (Fig. 44 *H*), sich aber immer intensiver färbt (Fig. 44 *I*), bis es endlich oft fast schwarz violett geworden ist (Fig. 44 *Y*). Oft wird indeß das zuerst gleichmäßig vertheilte Plasma an die Peripherie gedrängt (Fig. 44 *K*) und im plasmafreien Inhalte tritt ein blaßvioletter Farbstoff auf (Fig. 44 *A*), der nach und nach intensiver wird (Fig. 44 *F*), und da Bläschen von meist 0.0027 Millim. Durchmesser erfüllt. Man sieht daraus, daß in einem gewissen Stadium des Bläschens (Fig. 44 *K*) sich dasselbe entweder zum Chlorophyll- oder Amylum- oder Farbstoffbläschen entwickeln kann, je nachdem die Umstände das eine oder das andere begünstigen. In dem peripherischen Plasmaringe der Farbstoffbläschen entstehen öfters auch Chlorophyllkörner- und Bläschen und wandeln dasselbe dann zu einem Mischbläschen um.

Die Mischbläschen sind je nach der Farbe des Farbstoffes, den sie gelöst enthalten, verschieden. In der überwiegenden Mehrzahl

der Fälle ist es ein violetter (Fig. 44 *p, w, x*, Fig. 45 *a, d*), der gewöhnlich einen peripherischen Meniscus von Protoplasma freiläßt, in welchem sich das Chlorophyll befindet (Fig. 44 *w, x*, Fig. 45 *a, d*); die Entwicklung dieser Bläschen, die hier oft die enorme Größe von 0.12 Millim. Durchmesser erreichen (Fig. 45 *a*), erfolgt genau so wie ich sie bei *Solanum nigrum* angegeben habe. Oft bilden sich aber nebst dem Chlorophyllkörner im centralen Theile des Bläschens (Fig. 44 *x*) oder es liegen zahlreiche violette sphärische Farbstoffbläschen und einzelne Chlorophyllkörner mannigfach gelagert (Fig. 44 *u*), oft durch Plasmastränge getrennt in einem Mutterbläschen (Fig. 43 *z*). Es muß hier bemerkt werden, daß fast alle größeren Bläschen einen Cytoblasten in ihrem Plasma führen (Fig. 44 *w*, Fig. 45 *a*), der in ihnen als secundäres Bläschen entstand, keineswegs aber die Bildung des ganzen Bläschens etwa einleitete; hin und wieder kann man auch Formen wie Fig. 45 *c* beobachten, deren eine Hälfte einen gelösten violetten Farbstoff, die andere aber farblosen Inhalt und Chlorophyll enthält.

Häufig ist jedoch bei den Mischbläschen von *Solanum melongena* der plasmafreie Inhalt von einem gelösten, blaßgrünen, sehr stark lichtbrechenden Farbstoffe erfüllt (Fig. 44 *s, z, D, E*). Im peripherischen Plasmatheile entstehen auch da öfter Chlorophyllkörner in der bereits beschriebenen Weise (Fig. 44 *s, E*). selten Chlorophyllbläschen, welche die bei *Solanum nigrum* angegebene eigenthümliche Form besitzen (Fig. 44 *D*), während endlich in noch anderen Fällen die Chlorophyllkörner in der zwei oder mehrere Farbstoffbläschen oder Vacuolen trennenden Plasmaschichte liegen (Fig. 44 *z*). Manchmal enthält das peripherische Bläschen statt des Chlorophylls, Amylumkörner.— Die Begrenzung der entstehenden Chlorophyllkörner ist stets verschwommen, sie erscheinen erst schärfer contourirt, wenn sie nahezu völlig ausgebildet sind.

Alle diese Bläschen sind sehr elastisch, wie man beim Durchdrängen derselben durch Hindernisse sehen kann, und die Umhüllung derselben zeigt häufig eben dieselbe fließende Bewegung (Fig. 45 *d*), wie ich sie an den Fruchtfleischzellen schon beschrieben habe (Fig. 46).

Jodlösung zerstört die Bläschen nicht, das Protoplasma derselben färbt sich goldgelb, nicht selten fallen sie dabei gleich anfangs beträchtlich zusammen.

Kali macht den Farbstoff sogleich blau¹⁾, und zwar zuerst körnig, dann gelöst erscheinend, das Bläschen behält aber seine Gestalt noch eine zeitlang bei. Endlich dehnt es sich meist ungleichförmig aus, fällt zusammen und verschwindet.

Passiflora-Beeren.

(Fig. 43 e—y.)

Nebst den Farbstoffkugeln enthalten die Zellen der meisten Passiflorabeeren in allen Stadien ihrer Entwicklung zahlreiche Chlorophyll- und Farbstoffbläschen, deren ich bereits früher gedacht²⁾ und einige charakteristische Formen abgebildet habe. Sie wurden bisher so gut wie übersehen³⁾.

Die Chlorophyllbläschen treten sehr häufig als secundäre Bläschen im Innern eines größeren auf (Fig. 43 f, g); sie entstehen stets aus einem kleinen Protoplasmabläschen (Fig. 43 r), dessen Inhalt allmählich grobkörnig wird (Fig. 43 s), bis endlich in ihm die Chlorophyllkörner ausgebildet sind (Fig. 43 n, q und frühere Abhandlung Taf. III. Fig. 27 a, b, l, m, h) oder aber indem das Plasma sich als Linse an die Peripherie zurückzieht und diese Linse sich allmählich immer mehr grünt (Fig. 43 y), bis das Chlorophyll ganz intensiv gefärbt ist (Fig. 43 w und frühere Abhandlung Fig. 27 m). Meist sind die in den Bläschen enthaltenen Chlorophyllkörner länglich rund (Fig. 43 p, i, g), doch nicht selten sieht man lediglich stabförmige Gebilde in einem Chlorophyllbläschen (frühere Abhandl. Fig. 27 a) runde Formen abwechselnd mit stabförmigen und gekrümmten halbmond förmigen Gestalten (frühere Abhandl. Fig. 27 b).

Gestalten wie bei *Solanum nigrum* (Fig. 43 w) gehören zu den Seltenheiten. Häufig erscheinen im Bläschen die einzelnen Chloro-

¹⁾ Dasselbe geschieht auch bei der Berührung mit atmosphärischer Luft.

²⁾ Sitzungsber. d. kais. Akad. der Wissensch. 1864. XLIX. und Fig. 27, a—m.

³⁾ Böhm, J. (Sitzungsber. der kais. Akad. der Wissensch. XXIII, S. 37). der über Passiflorabeeren und deren Farbstoff schrieb, gedenkt ihrer nur im Schlußsatze seiner Arbeit als „zellkernähnlicher Gebilde, die unwillkürlich an die Blutkörperchen haltenden Zellen der Milz. mit denen sie zweifelsohne gleichen Ursprung haben. erinnern“. Es sind ihm daher dieselben, trotz ihres allgemeinen Auftretens nicht weiter aufgefallen, wie schon die Worte, die er ihnen widmet, und der Vergleich mit den Blutkörperchen haltenden Milzzellen beweist. Auch die Entwicklung des Farbstoffes hat er nicht gegeben.

phyllkörner durch Plasmastränge verbunden (frühere Abhandlung Fig. 27 *h*), welche ganz ruhenden Plasmaströmen gleichen und das Bläschen in seinem Totalanblicke völlig einer Zelle ähnlich machen. Runde Zusammenballungen von Chlorophyll erscheinen oft von ganz beträchtlicher Größe (Fig. 45 *n, q*) und könnten öfters secundäre Chlorophyllbläschen sein, die in ihrem ganzen Inhalte grüngefärbtes Plasma enthalten. Stets erscheint das Chlorophyll grob gekörnt und an durch Ätheranwendung erleichteten Körnern kann man durch vorsichtige Behandlung mit Jodlösung die größeren Amylum einschlässe sehr hübsch als blaue Körner erkennen (Fig. 45 *x*). Manchmal liegen fertig gebildete Chlorophyllkörner in einem mit gelösten und nur bei Anwendung aller Kunstgriffe in schiefem Lichte äußerst fein gekörnten grünen Farbstoffe erfüllten Bläschen (Fig. 45 *p*).

Die Farbstoffbläschen entstehen wie die Chlorophyllbläschen aus einem farblosen Protoplasmabläschen, in welchem sich der gelöste violette Farbstoff zuerst sehr blaß (Fig. 45 *t*), und zwar im ganzen Inhalte, dann immer intensiver zeigt (Fig. 45 *m*), bis eine oft nahezu schwarz gefärbte Kugel daraus geworden ist, oder es entstehen Vacuolen im primären Plasmabläschen (Fig. 45 *l*) und diese Vacuolen füllen sich mit Farbstoff (Fig. 45 *e*), wobei oft intensiver gefärbte Farbstoffballen im Innern der Hauptvacuole liegen (Fig. 45 *e*). Im wandständigen Plasma kann zu gleicher Zeit die Bildung von Chlorophyll vor sich gehen und so das Bläschen zum Mischbläschen machen.

Die Mischbläschen sind bei Passiflorabeeren neben den Chlorophyllbläschen die zahlreichsten und enthalten gewöhnlich gelösten violetten Farbstoff und Chlorophyllkörner oder Bläschen (Fig. 45 *o, g, h*). Die Entwicklung derselben geschieht in der von mir bereits beschriebenen Art und Weise. Sie enthalten häufig einen Cytoblasten im Innern (Fig. 45 *g*), auch Amylum- und Chlorophyllkörner kommen zusammen in einem Bläschen vor (Fig. 45 *i*), oder violett gefärbte Körner mit Chlorophyllkörnern gemischt (frühere Abhandl. Fig. 27 *d*).

Ölbläschen, die im Centrum einen großen Öltropfen haben, beobachtete ich ebenfalls (Fig. 45 *k*).

VI. Blau.

Der blaue Farbstoff von Blumenblättern und Früchten tritt fast immer gelöst auf. Die Fälle, wo man ihn bisher ungelöst kannte, sind sehr selten. Am längsten ist er bei *Strelitzia reginae* bekannt. Trécul gibt ihn bei *Atropa belladonna* und *Solanum guineense* Hildebrand bei *Tillandsia amonea* an. Unger endlich machte genauer auf die blauen Farbstoffkugeln in den Zellen reifer Passiflorabeeren aufmerksam.

Als Farbstoffbläschen habe ich ihn bei Passiflorabeeren öfter gefunden (Fig. 45 *u*, *v* frühere Abhandl. Fig. 27 *i*). Er erscheint da stets feinkörnig und entsteht in einem ursprünglich farblosen Plasmabläschen (Fig. 45 *r*), dessen Plasma sich nach und nach blau färbt.

Die oben angegebenen Fälle: *Strelitzia reginae*, *Tillandsia amonea* etc. werde ich später mit Bezug auf ihre bis nun nicht gekannte Entwicklungsgeschichte genauer erörtern, wo ich von den blauen Farbstoffkugeln der Passiflorabeeren zu sprechen habe, dermalen will ich nur jener Fälle gedenken, wo ich blauen Farbstoff ungelöst auffand und sich derselbe bezüglich seiner Entwicklungsgeschichte wesentlich verschieden von den später speciell zu betrachtenden verhält.

Krümmlichen, ultramarin- oder indigblauen Farbstoff fand ich bei *Passiflora acerifolia* (Fig. 48) und *Passiflora alata* (Fig. 47). In vielen Passiflorabeeren scheint er zuerst als krümmlich violetter Farbstoff aufzutreten (Fig. 41), der sich erst später blau färbt. In jungen Zellen ist er niemals vorhanden und tritt zuerst als zartes, gleich anfangs intensiv blau oder violett gefärbtes Krümmchen auf, welches bald durch Ansetzung neu entstandener Krümmchen zu dendritenartigen Figuren sich gruppirt. Nicht wesentlich davon verschieden sind die blauen strahligen Concremente, die man häufig in den Zellen der reifen Frucht von *Solanum nigrum* findet (Fig. 42 *b*), nur daß diese nach der Fruchtreife sich erwiesenermaßen aus den violetten Farbstoffbläschen (Fig. 42 *a*) bilden, dadurch, daß der rothe Saft derselben durch blaue Krümmchen ersetzt wird.

Eine ganz eigenthümliche Gestaltung von ungelöstem blauem Farbstoffe fand ich in der Blüthe verschiedener Delphinium-Arten, und zwar besonders schön bei

Delphinium elatum L.

(Fig. 49—54.)

Der ungelöste blaue Farbstoff in den lasurblau gefärbten Blumenblättern der Pflanze erscheint da in Form der zierlichsten, äußerst feinstrahligen, größeren oder kleineren Federehen (Fig. 54 *a—f*) oder hautartigen Gebilden (Fig. 54 *g*). Verfolgt man die Entstehung derselben, indem man die Blumenblätter vom jüngsten Knospenzustande an untersucht, so findet man zuerst farblosen Zellsaft und reichliches Protoplasma in den Zellen, welche später die blauen Farbstoffgebilde enthalten (Fig. 49). Nach einiger Zeit tritt ein äußerst blauer gelöster, violetter Farbstoff auf (Fig. 50), während das Protoplasma anfängt, weniger zu werden. Von anderweitigen Körnern oder Bläschen ist in den Zellen keine Spur vorhanden. Ist der violette Farbstoff entstanden, so zeigt sich plötzlich an einer Stelle des Zellraumes ein äußerst zartes, intensiv ultramarinblau gefärbtes, außerordentlich kleines Federehen (Fig. 51, Fig. 54 *a*), welches sich bald durch Ansetzen von blauen, nadelartigen Gebilden zu vergrößern beginnt (Fig. 54 *b, c, d, e*) und zur Zeit der vollen Blütenentwicklung der Pflanze als mannigfach gestalteter, strahliger, oft bis 0.07 Millim. großer Ballen oder Scheibe meist die Mitte der Zelle einnimmt (Fig. 52). Häufig sind diese Gebilde hautartig ausgebreitet, sehr flach und erscheinen wie von Adern durchzogen (Fig. 54 *g*). In diese hautartigen Formen gehen die Federehen (Fig. 54 *a—f*) in ihrem Alter stets über.

Mit Hartnack's Immersionssystemen sieht man das ganze Gebilde sogleich in zahllose blaue Körnchen zerlegt.

Der Umstand, daß mit dem Wachsen des Federehens das Plasma der Zelle rasch zu schwinden beginnt und daß keinerlei Körnergebilde (Chlorophyll, Amylum u. dgl.) in den Zellen vorkommen, dürfte mit der für protoplasmatische Gebilde so charakteristischen körnigen Structur derselben wohl die Vermuthung rechtfertigen, daß dieser blaue Farbstoff eben nur blaugefärbtes Plasma sei, in der Art, wie wir Chlorophyll als grüengefärbtes Plasma bezeichnen können. Für blaue Farbstoffbläschen zeigt die Entwicklungsgeschichte, wie ich sie oben schilderte, es wäre also die Analogie ein weiterer Wahrscheinlichkeitsgrund für die obige Annahme.

Fängt die Pflanze an abzublühen, so erscheinen schon mit freiem Auge in dem Ultramarinblau der Blüthe rothe Flecken. Untersucht man die betreffenden Zellen, so findet man, daß der früher beschriebene blaue, federartige Farbstoff in Gestalt vielfach verstrickter violetter Fäden im Innern derselben liegt (Fig. 53 *a, b*). Meist geschieht diese Umwandlung derart, daß bei den erwähnten hautartigen Formen (Fig. 54 *g*), in welche endlich alle Federchen übergehen, die Adern immer stärker hervortreten, während die dazwischen liegenden Theile verblaßen, der blaue Farbstoff sich immer mehr röthet (Fig. 53 *a*), die Körnung nach und nach verschwindet mit dem Verblaßen der hautartigen Theile, und endlich tief violett gefärbte Fäden zurückbleiben (Fig. 53 *b*), deren Hauptausdehnungen die bereits im blauen Gebilde erscheinenden Adern sind. Der Zellsaft, welcher früher einen gelösten Farbstoff enthielt, ist mittlerweile farblos geworden. Der Durchmesser (Breite) der Fäden beträgt bis 0.0009 Millim.

Jodlösung macht die Fäden nach und nach farblos.

Kali färbt die blauen Gebilde schön grün, den Zellsaft gelb, die Federchen zerfließen indeß rasch im Inhalte der Zelle.

Resumirt man in Kürze die gewonnenen Resultate vorliegender Untersuchungen, so ergibt sich etwa Folgendes:

1. Die gelbrothe (orange) Farbe erscheint im Pflanzenreiche nie gelöst, sondern entweder als Mischfarbe eines gelösten violetten Zellsaftes und goldgelber, selten chromgelber Farbstoffgebilde, oder aber hervorgebracht durch gelbrothe Farbstoffkörner in farblosem Zellsafte. Die gelben Farbstoffgebilde machen oft den Inhalt von Farbstoffbläschen aus.

2. Die gelbe Farbe erscheint selten gelöst; meist wird sie hervorgerufen durch kleine, intensiv gelb gefärbte runde Farbstoffkörner, seltener durch spindelförmige, zweispitzige Farbstoffgebilde, beides in farblosem Zellsafte und kommt auch als Farbstoffbläschen vor.

3. Die grüne Farbe wird nur sehr selten durch gelösten grünen Farbstoff erzeugt, meist ist sie das Product der Anlagerung eines grünen körnigen Pigmentes auf Amylum und bildet so die Chlorophyllkörner, welche sehr häufig den Inhalt von Bläschen — Chlorophyllbläschen ausmachen.

4. Die hoch-, feuer- oder mennigrothe Farbe ist fast immer gelöst vorhanden, oder nur Mischfarbe, hervorgebracht durch einen gelösten rothen oder violetten Zellsaft und goldgelbe Farbstoffgebilde. Als Farbstoffbläschen habe ich sie nicht beobachtet.

5. Die carmin- oder rosenrothe Farbe ist fast immer gelöst, selten in Flocken oder Kugeln oder in spindelförmigen Farbstoffgebilden auftretend. Als Farbstoffbläschen ist sie sehr häufig.

6. Die violette Farbe erscheint gewöhnlich gelöst, doch auch als krümmliche Masse oder in Gestalt von Farbstoffkugeln. Sie ist hauptsächlich durch Bläschengebilde ausgezeichnet.

7. Die blaue Farbe erscheint gelöst, oder als krümmliche Masse, oder als Farbstoffkugel oder Federehen, auch als Farbstoffbläschen.

8. Die Entwicklung der die Farbe in allen diesen Fällen hervorrufenden Farbstoffe geschieht, wenn sie ungelöst sind, nur auf zweifache Weise, und zwar *a)* entweder durch Umwandlung des grünen Pigmentes der in den jungen Zellen vorhandenen Chlorophyllkörner in dem betreffenden Farbstoff, d. i. durch die von Sachs sogenannte Degradation des Chlorophylls oder *b)* dadurch, daß sich um die Amylumkörner junger Zellen Plasmaballen lagern, und während diese ersteren immer nach und nach verschwinden, ein Pigment diese Ballen immer intensiver färbt.

9. Das die Plasmaballen färbende Pigment ist kaum anders als durch Stoffmetamorphose des Amylums entstanden.

10. Wenn auch die ursprüngliche Gestalt der Unterlage zunächst die Form des zukünftigen Farbstoffgebildes bestimmt, so ist dieselbe anfangs doch heinahe immer rund und die zweispitzigen eigenthümlichen spindelförmigen Gestalten entstehen durch Zerreißen runder Formen an ihrer dünnsten Stelle.

11. Die zweispitzigen Farbstoffgebilde haben häufig farblose schleimige Fortsätze, welche oft mehrere verbinden.

12. Diese Fortsätze sind die Reste ursprünglicher Plasmastränge (Ströme).

13. Das Amylum in Chlorophyllkörnern bildet sich dort, wo sich aus der Degradation des Chlorophylls Farbstoffe ergeben, nicht erst später im Chlorophyllkörner aus, sondern ist stets zuerst vorhanden; das grüne Pigment lagert sich auf schon gebildete Stärkekörner nicht umgekehrt, daß schon gebildete Chlorophyllkörner in

ihrem Innern Amylumkörner erzeugen. Das Pigment kann daher auch in diesem Falle als Stoffmetamorphose des Amylums entstanden sein.

14. Alle ungelösten Pflanzenfarben haben eine körnige Structur und können als Plasmagebilde betrachtet werden, da sie generisch von denselben nicht verschieden sind.

15. Alle ungelösten Farbstoffgebilde sind mehr oder weniger doppeltlichtbrechend, was von vorne herein ein die Annahme ungleicher Anordnung ihre Molecüle nöthig macht.

16. Die Mehrzahl der Pflanzenfarbstoffe tritt auch als Inhalt von selbstständigen Bläschengebilden auf und bildet sich und entsteht in diesen Bläschen durch die unmittelbare Thätigkeit derselben.

17. Diese Bläschengebilde kommen in den gefärbten Blumenblättern weit seltener als in gefärbten Früchten vor.

18. Die Identität der Membran dieser Bläschen mit der Membran effectiver Zellen zu einer gewissen Lebensperiode derselben, läßt sich im Fruchtfleische reifender Früchte mit Entschiedenheit nachweisen.

19. Je nach dem Inhalte dieser Bläschen müßen sie verschieden benannt werden und die Bezeichnung derselben als Chlorophyll-, Farbstoff-, Amylum-, Öl-, Krystall- und Mischbläschen dürfte die geeignetste sein.

20. Alle diese Bläschen nehmen von einem ungefärbten Plasma- bläschen ihren Ursprung.

21. Die Chlorophyllbläschen entstehen dadurch, daß im primären Bläschen sich früher zusammenballende Plasmaballen nach und nach grün färben und so zu Chlorophyllkörnern werden; die Farbstoffbläschen dadurch, daß die Vacuolen größerer Plasma- bläschen sich mit Farbstoff füllen oder daß im primären Plasma- bläschen das Plasma einem immer intensiver werdenden Farbstoffe Platz macht. Die Amylumbläschen bilden sich aus dem primären Plasmabläschen, indem zwischen den Plasmakörnchen einzelne rasch wachsende farblose Körner — Stärkeköerner — entstehen, während endlich die Mischbläschen ursprünglich Chlorophyll- oder Amylumbläschen waren, deren Plasmavacuolen sich mit Farbstoff füllten.

22. Alle diese Bläschenarten können auch als secundäre Bläschen im Inhalte von größeren Bläschen vorkommen.

23. Die Gestalt derselben ist stets vollkommen sphärisch, meist geradezu kugelig.

24. Die Größe dieser Bläschengebilde variiert von 0·0002—0·12 Millim., so daß die größeren ausgewachsenen Zellen an Größe nicht nachstehen.

25. Die Größe der Farbstoffgebilde selbst ist verschieden; bei Orange variiert der Durchmesser der runden zwischen 0·0005 — 0·008 Millim.; die Länge der zweispitzigen zwischen 0·005 und 0·05 Millim., ihre Breite zwischen 0·001 und 0·0025 Millim.; bei Gelb schwankt der Durchmesser der runden (unmeßbare Körner ausgeschlossen bei allen Farben) zwischen 0·001 und 0·006 Millim.; die Länge der spindelförmigen zwischen 0·005 und 0·019 Millim.; ihre Breite zwischen 0·0008 und 0·008 Millim.; bei Roth endlich ist der Durchmesser der runden 0·002—0·003 Millim.; die Länge der spindelförmigen 0·009 — 0·03 Millim., ihre Breite 0·0004 — 0·0015 Millim. Im Allgemeinen schwankt der Durchmesser der runden Formen vom Unmeßbaren bis zu 0·008 Millim., ihre Breite zwischen 0·0004 und 0·003 Millim. Die Farbstoffkugeln sind natürlich herein nicht mit inbegriffen und erreichen oft weit höhere Dimensionen.

26. Schließlich zerfallen die Farbstoffgebilde in ihre Zusammensetzungsstücke, womit gewöhnlich auch das Leben der Zellen, in denen sie sich befinden, ihr Ende erreicht hat.

Die eingehende Betrachtung, welche ich soeben den Bläschengebilden in Pflanzenzellen widmete, wird es rechtfertigen, wenn ich bei Gelegenheit der Untersuchungen über den Pflanzenfarbstoff, wo ich das Auftreten derselben in so zahlreichen Fällen nachgewiesen habe, als Anhang einige Beobachtungen zusammenfasse, welche ich am Cytoblasten, insbesondere bei meinen Studien der Pflanzenhaare machte.

Daß der Cytoblast zu den Bläschengebilden gerechnet werden müsse, daran dürfte dormalen wohl kaum mehr gezweifelt werden; ich habe noch einiges Weitere an ihm beobachtet, als ich in den Zellen junger Haare von *Hyoscyamus niger* und im Fruchtbreie von *Lycium barbarum* äußerst robusten Formen desselben hegegnete.

Der Inhalt desselben ist in den meisten Fällen eine durch Jodlösung sich goldgelb färbende feinkörnige Materie, die durch Kupfervitriol und Kali bei robusten Formen (Fig. 53—64) ohne Mühe violett gefärbt wird, die man daher mit Recht als Protoplasma in Anspruch nehmen kann. Von diesem Inhalte hebt sich eine oft beträchtlich dicke und dann mit starker doppelter Contour erscheinende Membran ab (Fig. 53—64), welche stark doppellichtbrechend ist und bei alternden Cytoblasten oft collabirt und mannigfache Faltungen zeigt (Fig. 60). Sie ist von ziemlich derber Beschaffenheit und außerordentlich elastisch, wie Anwendung von Druck auf das Deutlichste veranschaulicht. Nicht immer wird man freilich Cytoblasten finden, die dem entsprechen, was ich eben sagte, in vielen Fällen gehören sie zu den zartesten Objecten, die selbst das Wasser des Objectträgers vertilgt, doch haben sie zweifelsohne auch dort dieselbe Constitution, wie sie sich mir bei den Cytoblasten von *Hyoscyanum niger* und *Lycium barbarum* zeigte.

Durch vorsichtige Anwendung von Salpetersäure kann man den Inhalt nicht selten zur Contraction bringen, und man sieht ihn dann in Gestalt eines Säckchens im Cytoblasten liegen. Er erinnert da ganz an den sogenannten Primordialschlauch der Zellen, den man zur Erscheinung (durch Alkohol etwa) gebracht hat. Diese Contraction geschieht übrigens beim Absterben der Cytoblasten oft von selbst. (Fig. 61—63). In dem Fruchtbreie von *Lycium barbarum* habe ich derlei Cytoblasten sehr häufig beobachtet, ihr Inhalt zeigt oft Vacuolen (Fig. 62) und die doppelt contourirte äußere Haut hebt sich besonders scharf und deutlich ab (Fig. 61—63).

Mit Salpetersäure behandelt, ziehen sich robuste Cytoblasten meist gleichmäßig zusammen und werden mattgelb gefärbt, der längeren Einwirkung des Reagens widerstehen sie indeß nicht.

Salzsäure, sehr verdünnt angewendet, hat dieselben Wirkungen wie Salpetersäure.

Mit Schwefelsäure behandelt, gelingt es nicht selten den Inhalt ebenfalls wenigstens stellenweise von der Membran abzuheben, der Cytoblast quillt in Berührung mit derselben sehr rasch auf, deßgleichen das sogenannte Kernkörperchen. Eisenchlorid läßt beträchtliche Mengen von meist eisengrünendem Gerbstoffe im Inhalte des Cytoblasten nachweisen.

Dieses oben erwähnte, stets stark doppeltlichtbrechende sogenannte Kernkörperchen ¹⁾ hat bei großen Cytoblasten ganz das Ansehen eines kleinen Cytoblasten. Man kann in demselben ohne Mühe einen feinkörnigen granulösen Inhalt wahrnehmen (Fig. 53—57), ja unter günstigen Verhältnissen die Membran derselben deutlich mit doppelter Contour erblicken (Fig. 58 — 59), ich muß daher auch das sogenannte Kernkörperchen als Bläschen bezeichnen.

Ob man aus Cytoblasten, welche zwei solche Kernkörperchen mit deutlich um dieselben individualisirten doppelten Inhaltsportionen besitzen (Fig. 61), auf eine Vermehrung dieser Kernkörperchen und des Cytoblasten schließen darf, will ich nicht mit Gewißheit entscheiden. Doch macht die auffallende Übereinstimmung, welche solche Formen (Fig. 61) mit sich theilenden Zellen haben, es wahrscheinlich, daß eine etwa statthabende Cytoblastvermehrung ganz in derselben Weise wie die der Zelle vor sich gehe.

Im Innern der Kernkörperchen heben sich vom körnigen Inhalte, der wohl Protoplasma sein dürfte, ein oder mehrere größere kernartige Gebilde ab; sie werden für die Nucleoli sicher das sein, was das Kernkörperchen für den Cytoblasten und was der Cytoblast für die Zelle ist. Die Analogie ist hier eine gar so frappante. Betrachtet man nämlich robuste Cytoblasten aus jungen Haaren von *Hyoscyamus niger* (Fig. 55—60), so sieht man das Plasma derselben in einer deutlich strömenden Bewegung, die vom Kernkörperchen zur Wandung und wieder zurück ihren fortwährenden Kreislauf gerade so macht (Fig. 56, 57) wie die in den Zellen kreisender Plasmaströme. Ich habe diese interessante Beobachtung bereits vor Jahren gemacht und dieselbe 1864 ²⁾ ganz in der Kürze mitgetheilt, nachdem ich mich von ihrer Richtigkeit genau überzeugt und die Erscheinung auch anderen vorgewiesen hatte. Die Strömung dauert häufig fort, wenn man durch Zerreißen der Haarzelle den Cytoblasten isolirt hat, sie ist unbedingt der Plasmaströmung in der Zelle völlig identisch. Ein solcher Cytoblast (Fig. 53—57) macht völlig den Eindruck einer Zelle und sein

¹⁾ Der Ausdruck „Kernkörperchen“ hat etwas so durchaus Widersinniges in sich, wenn man das Gebilde nur etwas näher studirt hat, daß der Name wirklich aufgegeben werden sollte.

²⁾ Sitzungsber. d. kais. Akad. d. Wissensch. 1864. XLIX. Bd.

Kernkörperchen spielt hier eben die Rolle, welche der Cytoblast selber in der Zelle spielt, macht auch ganz den gleichen Eindruck (Fig. 55—57).

Gewöhnlich sind die Plasmaströme des Cytoblasten ruhende (Fig. 55), im Alter bilden sie oft dicke erhärtete Stränge (Fig. 58, 59), auch nimmt der ganze Cytoblast im Alter eine gelbliche Färbung an, seine Membran kann bei der Destruction der Zellen mit den anliegenden Plasmasträngen nicht selten auf das Innigste verschmelzen (Fig. 64).

Wie schwankend unser bisheriger Begriff „Zelle“ beim Studium der Bläschengebilde wird, bedarf nach dem vorstehend Mitgetheilten wohl kaum der Erwähnung; ich glaube die genaue Erforschung derselben und insbesondere des Cytoblasten wird die bereits in der Luft hängende Reformation unserer Zelltheorie bewirken helfen.

Erklärung der Abbildungen.

Cucurbita pepo L.

(Fig. 1—5.)

Fig. 1. Zellen eines jungen Haares von der Oberseite der Blumenblätter der Pflanze. Die Zellen führen reichlich Protoplasma, in welchem der Cytoblast als kleiner Plasmaballen eingebettet ist. Die farblosen Körner im Innern der Zellen sind Amylum. Vergrößerung 300mal.

Fig. 2. Endzellen eines ganz jungen Haares, ebenfalls von der Oberseite des Blumenblattes. Die obersten Zellen führen äußerst wenige Amylumkörner, deren Anzahl in den unteren Zellen steigt (*a, b*) und die sich nach und nach mit einem feinkörnigen grünen Pigmente zu beschlagen beginnen (*b, c*) bis fertige Chlorophyllkörner daraus entstanden sind. In *n* ein Cytoblast. Vergrößerung 300mal.

Fig. 3. Zwei Nachbarzellen eines desgleichen älteren Haares. Die Umwandlung des grünen Pigmentes in ein gelbrothes läßt sich hier durch alle Zwischenstadien selbst in einer und derselben Zelle verfolgen. Vergrößerung 350mal.

Fig. 4. Ein noch ganz junges Haar, von demselben Orte. In der Endzelle *a*, welche gerade im Begriffe ist, durch Scheidewandbildung in zwei zu zerfallen, sind außer reichlichem Plasma keinerlei Körner enthalten. Mehr gegen die Basis zu erscheinen bereits Amylumkörnerchen (*b*) eingebettet in das Protoplasma und diese Amylumkörnerchen werden nach und nach mit einem grünen Pigmente überzogen (*c, d*) Vergrößerung 300mal.

Fig. 5. Vollständig entwickelte Endzellen eines Haares zur Zeit der Pollenreife der Blüthe. Der Farbstoff ist da tieforange geworden und liegt in kleinen rothgelben 0.0012 — 0.0023 Millim. großen Körnern entweder den Cytoblasten einschließend (*c*) in den Zellen, oder aber er bildet dichtere Zonen an der Peripherie des centralen Plasmas. Vergrößerung 350 mal.

Aeschinanthus ramosissimus Wallr.

(Fig. 6—9.)

Fig. 6. Eine Zelle aus dem Blumenblatte der Pflanze mit farblosem Zellsafte und einigen tieforange gefärbten eigenthümlichen Farbstoffgebilden. Vergrößerung 350 mal.

Fig. 7. Eine dergleichen Zelle mit gelöstem violettem Zellsafte und tief orangerothern Farbstoffgebilden. Vergrößerung 350 mal.

Fig. 8. Die wichtigsten Formen, in denen die erwähnten rothgelben Farbstoffgebilde auftreten. Zunächst runde (*a*), sodann runde mit fadenförmigen Fortsätzen versehene (*b*); dann birnförmige (*c*), biskotenförmige (*d*) und endlich spindelförmige Gestalten (*f*, *e*), die oft in ausgerollte übergehen. Vergrößerung 500 mal.

Fig. 9. Entwicklung dieser Gebilde. Zunächst entsteht ein Amylumkorn (*a*), um welches sich ein Ring von feinkörniger gelber Materie nieder schlägt (*b*, *c*), welche an Intensität immer mehr zunimmt (*c*, *d*, *e*), während das Amylumkorn in seinen Dimensionen immer mehr schwindet (*b*, *c*, *d*), bis endlich nach gänzlichem Verbrauch des ursprünglichen Amylumkornes das Farbstoffgebilde fertig ist (*e*, *g*). Zwillings- und Drillingsgestalten kommen hierbei öfter vor (*f*, *g*, *h*). Der Durchmesser der runden Körner ist 0.0013 Millim.; die Länge der gestreckten 0.05—0.07 Millim. Vergrößerung 500 mal.

Canna indica L.

(Fig. 10—11.)

Fig. 10. Zellen aus dem Blumenblatte der Pflanze unmittelbar unter der Oberhaut. Der Zellsaft ist theils farblos, theils enthält er einen gelösten violetten Farbstoff. Der Durchmesser der gelben, runden Farbstoffkörner in demselben beträgt fast ausnahmslos 0.0032 Millim. Vergrößerung 300 mal.

Fig. 11. Entwicklung der Farbstoffkörner. Um die in jugendlichen Zellen befindlichen Amylumkörner lagert sich ein Plasmahof (*a*), der sich später mattgelb zu färben beginnt (*b*), und während diese Färbung immer intensiver wird und die Contouren sich bestimmter abgrenzen, verschwindet das Amylumkorn nach und nach (*b*, *c*, *d*, *e*), bis endlich die runden Farbstoffgebilde fertig sind (*f*). Vergrößerung 400 mal.

Tagetes erecta L.

(Fig. 12—17.)

Fig. 12. Eine Zelle aus der chromgelben Partie des Blumenblattes mit farblosem Zellsafte und Orange-Körnern, deren Größe zwischen 0.0018 bis 0.0036 Millim. variirt. Vergrößerung 250 mal.

Fig. 13. Papillen der Oberhaut der dunkelbraunroth gefärbten Nagelpartie des Blumenblattes. mit desgleichen Körnern, deren Größe zwischen 0·0015 und 0·005 Millim. schwankt. Vergrößerung 250 mal.

Fig. 14. Ein Korn der Fig. 12 mit Hartnack's syst. d'immers. betrachtet, die Körnung zur Anschauung bringend. Vergrößerung 1000 mal.

Fig. 15. Farbstoffkörner aus den schwefelgelben Blumenblattpartien, wie solche nicht selten erscheinen. Vergrößerung 600 mal.

Fig. 16. Ein Farbstoffkorn aus den Papillen der Oberhaut sehr stark vergrößert und grobkörnig erscheinend. Vergrößerung 1000 mal.

Fig. 17. Ein einzelnes Korn aus Fig. 12 mit einseitig angelagertem Pigmente. Vergrößerung 500 mal.

Geum montanum L.

(Fig. 18—19.)

Fig. 18. Einige Blumenblattzellen mit gelöstem blaßrosa Zellsafte und runden oder spindelförmigen Farbstoffgebilden, deren Durchmesser bei runden bis 0·002 Millim. steigt, während bei den spindelförmigen die Länge gewöhnlich 0·014 Millim. die Breite 0·001—0·002 Millim. beträgt. Vergrößerung 350 mal.

Fig. 19. Einzelne Farbstoffkörner sehr stark vergrößert; das Pigment erscheint körnig (*a, b, c, d*). Vergrößerung 1000 mal. Die runden erscheinen noch mehr vergrößert, matt contourirt und man sieht farblose Körner in ihrem Innern. Vergrößerung 1500 mal.

Gazania splendens Less.

(Fig. 20—24.)

Fig. 20. Eine Zelle aus dem weißen Flecke des Blumenblattes. Sie enthält runde, farblose Körner, die bis 0·008 Millim. groß sind. Vergrößerung 300 mal.

Fig. 21. Eine Zelle aus der Umgebung des schwarzen Bandes mit mattgelb gefärbten dergleichen Körnern und sehr blaß violettgem gelösten Inhalte. Vergrößerung 200 mal.

Fig. 22. Eine Zelle des schwarz erscheinenden Bandes. Die schwarze Farbe, welche das freie Auge sieht, wird hervorgebracht durch einen intensiv violetten, gelösten Farbstoff und gelbbraune bis braungelbe Körner. Vergrößerung 200 mal.

Fig. 23. Eine Zelle mit Farbstoffkörnern nach der Behandlung mit Jodlösung. Die Körner sind schön grün geworden. Vergrößerung 300 mal.

Fig. 24. Eine desgleichen Zelle mit Kali gekocht. Der Inhalt ist goldgelb geworden, die Körner zu zwei großen bräunlichen Kugeln coagulirt. Vergrößerung 200 mal.

Gaillardia aristata Pursh.

(Fig. 25.)

Fig. 25. Endzellen eines Blütenhaares der Pflanze mit gelöstem blaßrothen Inhalte und zahlreichen gelben, runden und zweispitzigen Farbstoffgebilden. Vergrößerung 300 mal.

Lilium bulbiferum L.

(Fig. 26—27.)

Fig. 26. Die gelben, spindelförmigen Farbstoffgebilde in den Zellen der Blumenblätter. Vergrößerung 250 mal.

Fig. 26. a. Desgleichen, stärker vergrößert. Das Pigment ist nicht überall gleichmäßig vertheilt. Der Durchmesser der runden variiert von 0·002 bis 0·0027 Millim. die Länge der spindelförmigen beträgt meist 0·008 Millim. Vergrößerung 500 mal.

Fig. 27. Eine Zelle des Blumenblattes (*f*) mit gelöstem rothen Zellsafte und gelben Farbstoffgebilden, die bei stärkerer Vergrößerung theils runde (*a, b*) oder birnförmige (*e*) oder spindelförmige (*c*) auch dreispitzige Gestalten (*d*) zeigen. Vergrößerung 400 mal.

Glaucium fulvum Sm.

(Fig. 28.)

Fig. 28. Eine Zelle aus dem Blumenblatte, stark ausgebuchtet, mit zahllosen, in heftiger Bewegung begriffenen orangerrothen 0·0005—0·002 Millim. großen Körnern. Vergrößerung 300 mal.

Tydaea hybrid. gigantea V. Houtte.

(Fig. 29—30.)

Fig. 29. Eine Zelle aus den schwefelgelben Partien des Blumenblattes mit farblosem Zellsafte und runden oder spindelförmigen chromgelben Farbstoffgebilden, deren Größe bei den runden meist 0·0054 Millim., die Länge der spindelförmigen 0·0054—0·011 Millim., ihre Breite zwischen 0·0009—0·0027 Millim. schwankt. Vergrößerung 320 mal.

Fig. 30. Eine Zelle aus den rothgefärbten Partien des Blumenblattes, enthaltend gelösten violetten Farbstoff und gelbe Farbstoffgebilde, an Gestalt und Größe denen der gelben Blumenblattpartien völlig gleich. Vergrößerung 220 mal.

Adonis vernalis L.

(Fig. 31.)

Fig. 31. Eine Zelle des Blumenblattes. Die zahllosen runden, chromgelben Farbstoffkörner variiren im Durchmesser vom Unmessbaren bis zu 0·0015 Millim. an. Vergrößerung 300 mal.

Antirrhinum majus L.

(Fig. 32—33.)

Fig. 32. Ein eigenthümlich geformtes Haar am Grund der Innenseite der Korolle, die gelben Stellen bedeckend. Diese Haare sind mit starken Cuticularknoten besetzt, und bestehen aus einer am Ende kugelförmig aufgetriebenen Zelle. Sie sind mit gelöstem gelben Farbstoffe erfüllt. In der Figur ist ein Theil vom Innern des Köpfehens bloßgelegt und man sieht die Cytoblasten und schöne Plasmaströme. Vergrößerung 250 mal.

Fig. 33. Gestalt der Cuticularknoten dieser Haare. Vergrößerung 500 mal.

Goldfussia glommerata Hort.

(Fig. 34.)

Fig. 34. Endzelle eines Haares mit gelöstem grünen und violetten Farbstoffe. Vergrößerung 200 mal.

Lycopersicum esculentum Mill.

(Fig. 35—37.)

Fig. 35. Eine Zelle der reifen Frucht. Sie zeigt in (c) einen schönen Cytoblasten und im farblosen Inhalte zahlreiche, mannigfach geformte und im durchfallenden Lichte blaßroth gefärbte Farbstoffgebilde. Vergrößerung 220 mal.

Fig. 36. Die Farbstoffkörner der reifen Frucht. Es sind entweder runde (a) oder dreispitzige (b) oder birnförmige (e) oder spindelförmige (c) oder spaltförmige Gebilde (d) von äußerst zarter Structur. Der Durchmesser der runden beträgt 0.0018—0.0023 Millim., die Länge der gestreckten 0.010 bis 0.024 Millim., ihre Breite 0.0009—0.0013 Millim. Die Zellen, in denen sie liegen sind meist sphärisch und circa 0.26 Millim. im Diameter. Vergrößerung 500 mal.

Fig. 37. Ein 0.004 Millim. großes Chlorophyllkorn aus der noch grünen Frucht, welches seine einzelnen Zusammensetzungsstücke zeigt. Vergrößerung 500 mal.

Columna Schiediana Schlecht.

(Fig. 38.)

Fig. 38. Zwei an einander grenzende stark verdickte Mittelzellen eines Haares der Pflanze mit zierlichen Porenanälen. Die obere Zelle enthält einen blaßrosa gelösten Farbstoff und in der Mitte einen größeren sphärischen Ballen eines ungelösten carminrothen Farbstoffes (a), nebst dem Chlorophyllkörner. Die untere Zelle führt farblosen Zellsaft und der ungelöste carminrothe Farbstoff (b) ist in Form von Körnern und Fetzen in ihr enthalten. Vergrößerung 100 mal.

Passiflora limbata Ten.

(Fig. 39.)

Fig. 39. Eine Zelle aus dem Fruchtfleische der reifen Beere mit zahlreichen Farbstoffkugeln und einem bläulich gefärbten Cytoblasten. Vergrößerung 300 mal.

Convallaria majalis L.

(Fig. 40.)

Fig. 40. Eine Zelle unmittelbar unter der Epidermis des Stengels. Sie enthält zahlreiche tief violett gefärbte Farbstoffkugeln, reichlich Protoplasma, Chlorophyll und einen blaßrothen Cytoblasten. Vergrößerung 300 mal.

Passiflora acerifolia L.

(Fig. 41.)

Fig. 41. Eine Zelle des Fruchtfleisches der reifen Beere mit gelöstem und ungelöstem krümmlichen violetten Farbstoffe. Vergrößerung 300 mal.

Solanum nigrum L.

(Fig. 42, Fig. 43. a—n, q. Fig. 44. a—n.)

Fig. 42. Eine Zelle aus dem Fruchtfleische der reifen Beere. Sie enthält gelösten violetten Farbstoff, in a eine intensiv violett gefärbte Farbstoff-

kugel und in *b* einen ungelösten strahlig angeordneten indigoblauen Farbstoff. Vergrößerung 250 mal.

Fig. 43. Chlorophyllbläschen der grünen Beere. Sie nehmen von einem Plasmabläschen (*a*) ihren Ursprung, das sich gröber körnt (*a'*), Amylum (*b*), und endlich ein feinkörniges grünes Pigment bildet (*c*), das durch Vacuolenbildung an die Peripherie des Bläschens gedrängt wird (*d*), dort sich ballenartig gruppirt (*e*), immer schärfere Contouren annimmt und sich immer intensiver färbt (*f, g, h, i, j*). Die halbmondförmig angelagerten Chlorophyll enthaltenden Bläschen entstehen ebenfalls aus einem farblosen Plasmabläschen (*a*), dessen Plasma sich linsenförmig an die Peripherie legt (*k*), dort sich blaßgrün färbt (*b*) und diese Färbung immer vergrößert, sich zugleich immer schärfer contourirt (*m, n*). Vergrößerung 480 mal.

Fig. 44 (*a-n u. q*). Fertige Chlorophyllbläschen (*g, h, l*) und Amylumbläschen (*e, n*), sowie Farbstoffbläschen (*d, f*), die aus einem Plasmabläschen entstehen, dessen Inhalt sich successive violett färbt (*II, J, c*). Mischbläschen sind unter (*a, b, i, k, m*) abgebildet. Auch sie entstehen aus einem farblosen Plasmabläschen, dessen wandständiges Plasma die Chlorophyllkörner bildet, während im plasmaarmen anderen Inhalte sich ein gelöster violetter oder gelber (*b*) Farbstoff bildet. Auch ein Krystall wurde in ein secundäres Bläschen eingeschlossen beobachtet; *q* stellt ein Chlorophyllbläschen nach der Behandlung mit Jodlösung dar. Vergrößerung 480 mal.

Solanum melongena L.

(Fig. 44 *o, p-z* und *A-H*, Fig. 45 *a-d*; Fig. 46.)

Fig. 44 (*o-z*). Chlorophyll-, Farbstoff- und Mischbläschen aus der reifen Frucht. Die Farbstoffbläschen entstehen aus einem Plasmabläschen (*G*), das sich später blaßviolett färbt (*II*) und an Intensität immer zunimmt, bis es endlich tief violett geworden ist. Oft erscheint nicht der ganze Inhalt violett gefärbt; das Plasma des Bläschens ist lange an der Peripherie sichtbar (*A, F*) und dieß dann, wenn das ursprüngliche Plasmabläschen sich nicht gleichmäßig violett färbte, sondern zuerst sein Plasma sich an die Peripherie zog (*K, C*) und im plasmafreien Theile der gelöste Farbstoff auftrat (*A, F*). Dieser Farbstoff kann auch ein grüner sein (*s*). In solchen Bläschen geschieht meist die Umwandlung in Mischbläschen dadurch, daß im Plasma zuerst farblose Körner auftreten (*r, l*), auch wohl lediglich Vaeuolen (*o*) und diese Körner in der bereits erwähnten Weise zu Chlorophyllkörnern werden (*u, w, x, p, z*), auch wohl zu Chlorophyllbläschen sich gestalten (*D*). Auch hier kann statt eines gelösten violetten, ein gelöster grüner Farbstoff auftreten (*z, E, D*), das Bläschen auch öfters einen Cytoblasten enthalten (*w*). Nicht immer füllen sich indeß die Vacuolen eines Protoplasmabläschens (*o*) mit Farbstoff, häufig kommt es lediglich zur Chlorophyllbildung im Plasma (*B, t, v*), es entstehen dann nur Chlorophyllbläschen. Vergrößerung 480 mal.

Fig. 45 (*a-d*). Große Chlorophyll- und Mischbläschen derselben Pflanze; *a* enthält im peripheren Theile neben zahlreichen Chlorophyllkörnern auch einen Cytoblasten, *b* zahlreiche Vacuolen, *d* zeigt den fließenden Zustand der Bläschenmembran, durch den die Chlorophyllkörner im Umkreise weiter

geführt werden; *c* ein Doppelbläschen, einerseits gelösten violetten Farbstoff, andererseits Chlorophyllkörner enthaltend. Vergrößerung 480 mal.

Fig. 46. Eine Zelle des Fruchtfleisches der reifen Beere mit zwei Nachbarzellen. Sie haben keine starre Wandung, sondern eine flüssige (Plasma-) Umgrenzung, welche in ihrer durch mechanische Einflüsse hervorgebrachten Bewegung oft die Chlorophyllkörner der einen Zelle in die andere führt. Vergrößerung 200 mal.

Passiflora-Beeren.

(Fig. 45, *e—y*.)

Fig. 45 (*e—y*). In *e, m, t, r, v* und *w* Farbstoffbläschen der verschiedensten Form, sämtlich entstanden aus einem farblosen Plasmabläschen (*r*). Sie enthalten oft Vacuolen (*e*) und dunkler gefärbte Farbstoffballen und sind weitere Entwicklungsstadien der in *l* abgebildeten Plasmabläschen, die indeß oft auf dieser Entwicklungsstufe *l* stehen bleiben können. In *f, g, h, i, p, o, t* sind Mischbläschen abgebildet, die neben einem gelösten violetten Farbstoffe auch Chlorophyllkörner enthalten (*h, o*), wohl auch Chlorophyllbläschen und Zellkerne (*g*) oder Farbstoffkugeln (*f*), seltener Chlorophyll- und Amylumkörner neben einander (*i*) oder gelösten grünen Farbstoff (*p*). Chlorophyllbläschen haben wir in *q, u, w, y*, darunter die bei Passiflorabeeren seltene halbmondförmige Form (*w*); *x* zeigt ein Chlorophyllkorn aus einem Farbstoffbläschen nach der Behandlung desselben mit Jodlösung; in *k* ist ein Ölbläschen abgebildet. Vergrößerung 480 mal.

Passiflora alata Ait.

(Fig. 47.)

Fig. 47. Eine Zelle aus dem Fruchtfleische der reifen Beere mit krümmlichem blauen Farbstoffe. Vergrößerung 200 mal.

Passiflora acerifolia L.

(Fig. 48.)

Fig. 48. Eine Zelle aus dem Fruchtfleische der reifen Beere, ebenfalls mit krümmlichem blauen Farbstoffe. Vergrößerung 200 mal.

Delphinium elatum L.

(Fig. 49—54.)

Fig. 49. Eine ganz junge Zelle des Blumenblattes mit noch farblosem Inhalte. Vergrößerung 300 mal.

Fig. 50. Eine etwas ältere Zelle, in welcher bereits gelöster violetter Farbstoff sich zeigt. Vergrößerung 300 mal.

Fig. 51. Eine noch etwas ausgewachsenere Zelle. In dem gelösten violetten Farbstoffe zeigt sich ein äußerst zartes, blaues Federehen. Vergrößerung 300 mal.

Fig. 52. Zellen aus dem Blumenblatte der Pflanze zur Zeit der Blüthe. Der ungelöste blaue Farbstoff liegt meist in der Mitte der Zelle. Vergrößerung 300 mal.

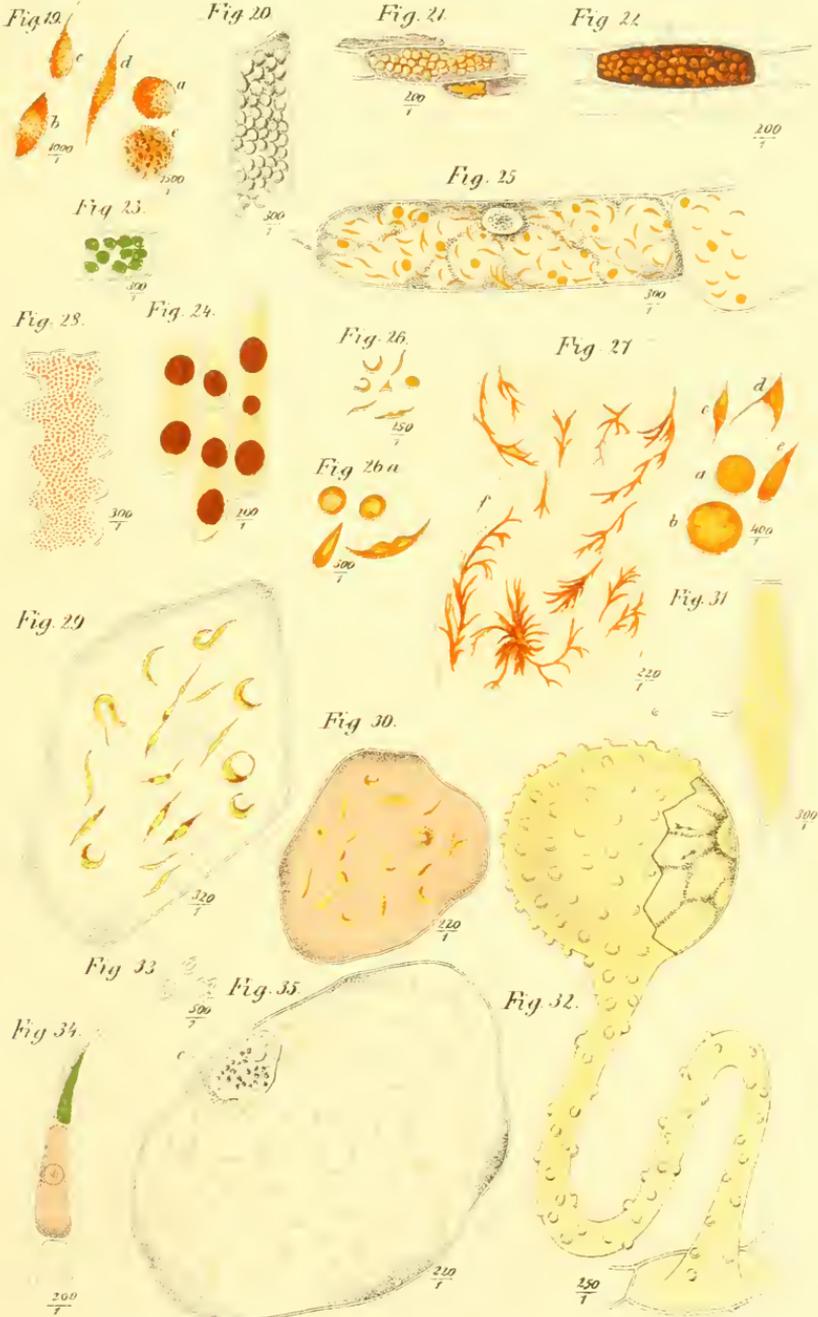
Weiß's Untersuchungen über die Entwicklungsgeschichte der Farbstoffe in den Pflanzenzellen Tafel I



A. Weiss ad nat. del. H. Sommer lith.

Aus d. k. Hof u. Staatsdruckerei.

Weiß, Untersuchungen über d. Entwicklungsgeschichte d. Farbstoffes i. d. Pflanzenzellen. Taf. II.



A. Weiß ad nat. del. H. Sommer lith.

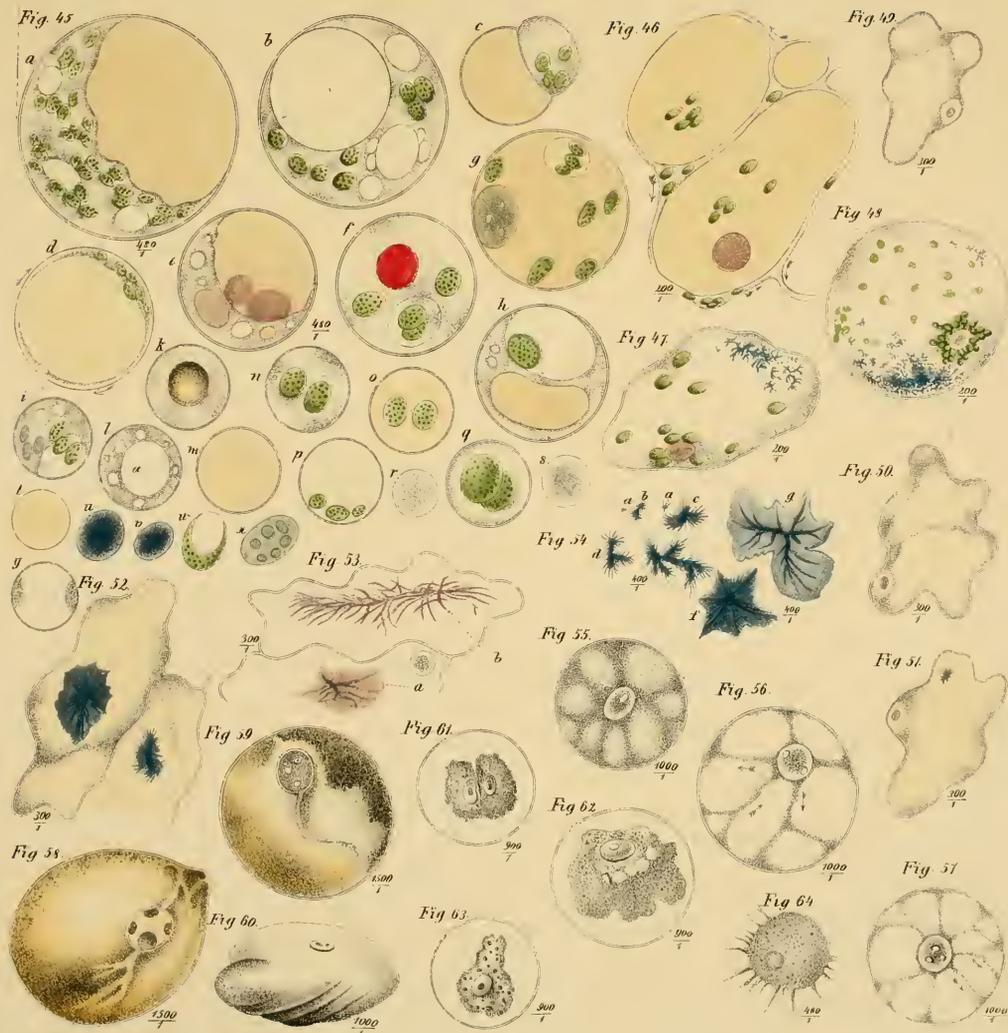
Aus d. k. k. Hof u. Stads druckerei.

Sitzungsb. der k. Akad. d. W. math. naturw. Cl. IV. Bd. I. Abth. 1866.

Weißs. Untersuchungen über d. Entwicklungsgeschichte d. Farbstoffes in d. Pflanzenzellen. Taf. III



Weiss. Untersuchungen über d. Entwicklungsgeschichte d. Farbstoffes i. d. Pflanzenzellen.



1

Fig. 53. Zellen des Blumenblattes nach dem Abblühen. Der blaue Farbstoff liegt in Gestalt wirrer violetter Fäden in den Zellen. Vergrößerung 300 mal.

Fig. 54. Entwicklung des blauen Farbstoffes. Er erscheint zuerst als kleines Federchen (*a*), das sich rasch vergrößert (*b, c, d, e, f*) und endlich ein hautartiges, aderiges Ansehen bekommt. Vergrößerung 400 mal.

***Hyoscyamus niger* L.**

(Fig. 55—60.)

Fig. 55. Ein Cytoblast aus einem jungen Haare mit ruhenden Plasmaströmen. Vergrößerung 1000 mal.

Fig. 56. Ein desgleichen Cytoblast mit strömendem Plasma. Vergrößerung 1000 mal.

Fig. 57. Ein eben solcher Cytoblast. Die Strömung des Protoplasma geht vom Kernkörperchen, das sich als entschiedenes Bläschen präsentiert, zur doppelcontourirten Wandung des Cytoblasten. Vergrößerung 1000 mal.

Fig. 58 und 59. Alte Cytoblasten. Sie sind gelblich gefärbt; das Plasma liegt oft in dicken Strängen statt der früheren Ströme in ihnen. Vergrößerung 1500 mal.

Fig. 60. Ein alter Cytoblast, dessen Membran zusammengefallen und gefaltet ist. Vergrößerung 1000 mal.

***Lycium barbarum* L.**

(Fig. 61—64.)

Fig. 61 und 63. Cytoblasten aus dem Fruchtfleische der reifen Beere. Der Inhalt hat sich zusammengezogen und liegt als Säckchen in ihnen, oft mit Vaeuolen erfüllt (62), oft im Zustande der Theilung (Fig. 61). Vergrößerung 900 mal.

Fig. 62. Ein alter Cytoblast, verschwimmend mit dem umgebenden Plasma. Vergrößerung 480 mal.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Sitzungsberichte der Akademie der Wissenschaften mathematisch-naturwissenschaftliche Klasse](#)

Jahr/Year: 1866

Band/Volume: [54](#)

Autor(en)/Author(s): Weiss Gustav Adolf

Artikel/Article: [Untersuchungen über die Entwicklungsgeschichte des Farbstoffes in Pflanzenzellen. 157-217](#)