

43. M. Möbius: Das Anthophaein, der braune Blütenfarbstoff.

Eingegangen am 12. October 1900.

Als ich in diesem Sommer bei der Untersuchung der schwarzen Flecke auf den Blüten von *Vicia Faba* L. die Zellen mit einem braunen Zellsaft erfüllt fand, war mir diese Erscheinung neu, und da ich darüber nur in der älteren Litteratur kurze Angaben gefunden habe¹⁾, so scheinen mir einige Mittheilungen über die Natur dieses braunen Farbstoffs und über die Weise, wie die schwarze Färbung jener bekannten Flecke erzeugt wird, nicht überflüssig zu sein.

Was zunächst das Morphologische betrifft, so bezeichnet bereits CLAMOR MARQUART in seiner Schrift über die Farben der Blüten (Bonn 1835, S. 80) „die schwarzen Flecke an den Flügeln der Blume von *Vicia Faba* als ein auffallendes Beispiel, welches sich mit keinem der eben angeführten von schwarzer Blütenfärbung vereinigen lässt“, er giebt aber zunächst nur an, dass die Flecke unter dem Mikroskop schwarzbraun erscheinen und beschäftigt sich dann mit den chemischen Eigenschaften des Farbstoffes, auf die wir erst später eingehen wollen. MARQUART's Beschreibung scheint F. HILDEBRAND nicht gekannt zu haben, als er seine anatomischen Untersuchungen über die Farben der Blüten veröffentlichte (PRINGSHEIM's Jahrbücher für wissensch. Botanik 1863, Bd. III). In dieser Arbeit wird nur in einer Anmerkung erwähnt (S. 66), dass das schwarze Ansehen der Flecke auf den Blütenblättern von *Vicia Faba* eine Folge davon sei, dass hier die Zellen mit dunkelbraunem Saft erfüllt sind²⁾. Spätere Angaben über diesen Punkt sind mir nicht bekannt geworden, und meine Untersuchung hat Folgendes ergeben.

Ein Querschnitt durch die betreffende Stelle zeigt uns drei bis

1) Die Angabe in meinem Aufsatz über Farben in der Pflanzenwelt (Naturwissenschaftliche Wochenschr. 1900, Bd. XV, S. 173), dass das Schwarz durch dunkelvioletten Zellsaft hervorgerufen werde, ist leider durch einen Irrthum veranlasst gewesen.

2) HOFMEISTER hat, als er diese Angabe in sein Handbuch der physiologischen Botanik Bd. I, Lehre von der Pflanzenzelle, S. 379, aufnahm, irrthümlicher Weise diese Flecke mit denen auf den Stipulen verwechselt und sagt, dass letztere, also die bekannten Nectarien, durch braunen Zellsaft entstehen. Dieselben sind aber, wie man schon mit bloßem Auge sieht, violett gefärbt, und diese Färbung wird auch durch das gewöhnliche Anthocyan hervorgerufen, indem die hier dicht gedrängt stehenden Drüsenhaare in ihren Köpfchen und Stielen einen röthlich-violetten Zellsaft enthalten.

fünf Lagen von Mesophyll, dessen Zellen rundlich und quergestreckt sind und grössere Interzellularräume zwischen sich lassen, und auf beiden Seiten eine Epidermis mit papillenförmig verlängerten Zellen. Die Membranen dieser Zellen haben auf den freien Kegeln die feine Streifung, welche man nicht selten an derartigen Epidermiszellen bei Blumenblättern findet.

Auf der Aussenseite, die der morphologischen Unterseite des Blattes entspricht, sind die Papillen länger und gleichmässiger als auf der Innenseite, und auf der ersteren sind fast alle Zellen mit braunem Saft erfüllt, während auf der Innenseite gefärbte Zellen mit farblosen vermischt sind. Die Zellen des Mesophylls sind allenthalben farblos. In den Epidermiszellen finden wir nur einen dünnen, besonders an der Spitze der Papille hervortretenden protoplasmatischen Wandbeleg, der die grosse centrale Vacuole mit dem braunen Farbstoff umschliesst, also ganz wie bei Zellen, die Anthocyan führen. Die Färbung des Saftes bei durchfallendem Lichte ist ein Olivenbraun, welches ziemlich mit No. 39 in SACCARDO's bekannter Chromotaxie übereinstimmt oder zwischen dieser No. 39 und No. 9, also zwischen olivaceus und umbrinus steht.

Um nun zu erklären, wie durch diesen bräunlichen Saft das samtschwarze Aussehen zu Stande kommt, ist Folgendes in Betracht zu ziehen. Zunächst wird durch die papillenförmige Gestalt der Epidermiszellen die Dicke der Farbstoffschicht, durch die man hindurchsieht, vergrössert, sodann sieht man gegen einen dunkelen Hintergrund, der von der gefärbten Epidermis der Innenseite gebildet wird, und drittens wird die Dunkelheit verstärkt durch den Schatten, den die Papillen in die Zwischenräume und auf die benachbarten Zellen werfen. Trotzdem genügen meiner Ansicht nach diese Umstände nicht ganz zur Erklärung, und es muss an der eigenthümlichen Natur des Farbstoffes selbst liegen, dass er auch in dünner Lösungsschicht das Licht stark absorbirt, wie das die künstlich hergestellten Auszüge zeigen.

Bevor wir auf diese eingehen, sei noch kurz die Entwicklungsgeschichte besprochen. In jungen Knospen, an denen die Krone noch kürzer als der Kelch ist, erscheint die erstere grünlich, und es lassen sich auch unter dem Mikroskop in den Zellen der Flügel kleine Chlorophyllkörnchen beobachten. Später treten zunächst feine bräunliche Streifen an der Innenseite der Flügel und später nach aussen die Flecke auf, die aber anfangs nur bräunlich gefärbt sind und erst allmählich in's Schwarze übergehen.

In diesem Zustande, in welchem die Flecke noch bräunlich aussehen, findet man in den schon papillenförmig gewordenen Zellen eine grössere Anzahl von kugeligen Vacuolen, von denen die meisten farblos sind und nur eine oder einige den Farbstoff enthalten. In den dazwischen liegenden feinen Plasmasträngen sind kleine Körnchen vor-

handen, die den Resten der Chlorophyllkörner entsprechen dürften. Etwas später sieht man dann meistens eine grosse Farbstoffvacuole in jeder Zelle, die aber von jener nicht ganz ausgefüllt wird, sondern noch viele kleinere farblose Vacuolen enthält. Ob dieselben schliesslich im Plasma resorbirt werden, oder sich mit der grossen Vacuole vereinigen, wage ich nicht zu entscheiden. Sicher ist, dass die Lösung in den Farbstoffvacuolen mit dem Heranwachsen der Knospen dunkler wird; der Fleck ist schon ganz schwarz, wenn auch die Flügel noch von der Fahne gedeckt sind.

Uebrigens muss hier noch hinzugefügt werden, dass an der geöffneten Blüthe die schwarzen Flecken einen braunen Rand besitzen und dass auch auf der Innenseite der Fahne feine braune längsverlaufende Streifen auftreten. Entsprechend der Verschiedenheit zwischen den schwarzen und braunen Stellen sind auch die anatomischen Unterschiede: am Rande der schwarzen Flecke der Flügel werden die Epidermiszellen niedriger, die Papillen verschwinden ganz, und im weissen Theile sind die Zellen, im Querschnitt gesehen, ganz flach. Von oben betrachtet, haben die Farbstoffzellen innerhalb des schwarzen Flecks einen rundlich - polyëdrischen Umriss, nach dem Rande zu werden sie länglicher und bekommen gebuchtete Wände. An den erwähnten braunen Streifen des Vexillum sind die Zellen nicht papillenförmig, sie erscheinen von oben langgestreckt mit etwas ausgebuchteten Längswänden und stossen mit kurzen Querwänden an einander. Auch aus dieser Vergleichung ergiebt sich, dass die papillöse Gestalt der Zellen an der Hervorrufung der äusserlich schwarzen Färbung betheiligt ist, obwohl der Farbstoff selbst nur braun ist.

Diesen braunen Farbstoff in den Zellen prüfte ich nun zunächst mikrochemisch mit einigen der gewöhnlichen Reagentien. Mit Ammoniak und Kalilauge tritt keine wesentliche Veränderung ein, das ganze Gewebe wird durch diese Alkalien gelblich gefärbt und dadurch bekommt auch der Farbstoff einen mehr gelblichen Ton. Dagegen wird durch Säuren die Färbung etwas dunkler, durch Essigsäure mehr umbrabraun, durch Salzsäure und Schwefelsäure findet eine starke unregelmässige Contraction des Zelleninhaltes statt unter Dunkelwerden des braunen Saftes. Jodlösung bleibt ohne Einwirkung auf den Farbstoff.

Da auf diesem Wege keine charakteristische Reaction zu erreichen war, handelte es sich nun darum, eine Lösung herzustellen und diese in ihren optischen und chemischen Eigenschaften zu prüfen. CLAMOR-MARQUART giebt (l. c.) an, dass sich die Flecke durch Weingeist, Aether und Wasser nicht ausziehen lassen, dass vielmehr im Weingeist oder Aether der ganze Flügel eine schwarzbraune Färbung annimmt. Dieser Autor verweist auf die Untersuchung von SCHÜBLER und sagt ganz richtig, dass sich die von letzterem angegebenen Reac-

tionen gar nicht auf die schwarzen Flecke, sondern auf den farblosen Extractivstoff der weissen Theile dieser Blumen beziehen (SCHÜBLER¹⁾) nämlich will durch Uebergiessen der Flügel aus der Blüthe von *Vicia Faba* mit Weingeist eine schwach gelbliche Tinctur erhalten haben, und die in der beigefügten Tabelle angegebenen, sehr wenig charakteristischen Reactionen beziehen sich auf diese Tinctur. Ich will deshalb nur bemerken, dass ich die MARQUART'sche Angabe über die Unlöslichkeit in Alkohol und Aether bestätigt finde, nicht aber die Schwärzung des ganzen Blattes in diesen Flüssigkeiten.

Setzt man ganze Blüthen in Alkohol, so werden die weissen Theile natürlich durchsichtig, die schwarzen Flecke und braunen Streifen aber bleiben erhalten. Beim Erwärmen der Blüthen in Wasserstoffsperoxyd tritt eine Schwärzung der weissen Theile ein, wie dies bei manchen Zellen mit farblosem Saft stattfindet²⁾, wobei die betreffenden Theile zuerst eine rothbraune Färbung annehmen. Die dieser Reaction zu Grunde liegende Substanz wurde nicht näher untersucht, da sie mit dem dabei unverändert bleibenden braunen Farbstoff nichts zu thun hat.

Die chemischen Untersuchungen, welche Herr cand. chem. E. EBLER mit mir auszuführen die Freundlichkeit hatte, ergaben Folgendes:

In kaltem Alkohol bleiben die Blättchen mit den schwarzen Flecken tagelang unverändert, auch kochender Alkohol zieht den Farbstoff nicht aus, vielmehr tritt eine unter dem Mikroskop in den Zellen wahrnehmbare Gerinnung ein.

Aether, Chloroform und Benzin verhalten sich wie Alkohol. In Kalilauge färbt sich das Blättchen gelblich, der schwarze Fleck bleibt. Ebenso verhält sich Borsäure.

Die gewöhnlichen Mineralsäuren ziehen ebenso wenig den schwarzen Flecken aus.

Kocht man einige Blättchen mit Wasser, so erhält man eine braune Lösung. Um von derselben eine grössere Menge herzustellen, wurden von ca. 150 Blüthen die Flügel abgetrennt, zerkleinert und mit 150 *ccm* destillirten Wassers 1½ Stunden unter Rückfluss gekocht. Nach dem Abfiltriren erhielten wir eine klare, braunschwarze, schon in dünner Schicht undurchsichtige Flüssigkeit.

Aus dieser Lösung kann der Farbstoff mit Alkohol wieder niedergeschlagen werden, wenn man eine geringe Menge derselben mit viel absolutem Alkohol mischt und längere Zeit stehen lässt. Auch kann

1) Untersuchungen über die Farben der Blüthen und einige damit in Beziehung stehende Gegenstände (SCHWEIGGER's Journal für Chemie und Physik. Bd. 46, 1826, S. 285—324).

2) Vergl. A. ZIMMERMANN, Botanische Mikrotechnik (Tübingen 1892) S. 95.

der Farbstoff aus der Lösung ausgesalzen werden, z. B. durch Kochsalz, schwefelsaure Magnesia, Calciumchlorid.

Zusatz von Ammoniak oder Kalilauge verändert die Lösung nicht und giebt auch beim Erwärmen keinen Niederschlag. Aus der alkalisch gemachten Lösung geht beim Schütteln mit Aether nichts in diesen über.

Durch Säuren dagegen erhält man beim Erwärmen einen braunschwarzen flockigen Niederschlag und zwar sowohl durch Essigsäure, als auch durch Mineralsäuren (Salz-, Salpeter-, Schwefel-, Chromsäure). Als wir ca. 50 *ccm* der Lösung mit Zusatz von etwas Schwefelsäure gekocht und die Flüssigkeit von dem erhaltenen braunschwarzen Niederschlag abfiltrirt hatten, bekamen wir ein hellgelb gefärbtes Filtrat, das einen auffallenden Geruch nach Bittermandelöl besass und deshalb eine genauere Untersuchung verdienen würde.

Die oben bezeichnete Lösung wurde nun auch mit einem einfachen orthoskopischen Spectralapparat geprüft. Bei einer Spaltweite, bei der die FRAUNHOFER'schen Linien gerade unsichtbar werden, zeigen sich keine Absorptionsbänder, sondern es verschwindet mit zunehmender Dicke der Schicht der Lösung zunächst das blaue Ende des Spectrums, und es tritt eine, wie es scheint, gleichmässige Absorption des ganzen Spectralbandes vom blauen nach dem rothen Ende ein, so dass letzteres zuletzt verschwindet, wenn die Schicht ganz undurchsichtig wird.

Durch diese optischen und chemischen Reactionen scheint mir der Farbstoff genügend charakterisirt zu sein, um ihn von anderen Pflanzenfarbstoffen zu unterscheiden und ihm einen neuen Namen, als welchen ich Anthophaein vorschlagen möchte, zu geben.

Von HANSEN's Anthochlor¹⁾, dem in Lösung vorkommenden gelben Farbstoff der Blüten und Früchte, unterscheidet sich das Anthophaein, abgesehen von der Farbe, durch die leichte Löslichkeit des ersteren in Alkohol, ist demselben aber im optischen Verhalten ähnlich, indem „das Spectrum der alkoholischen Lösung des Anthochlors keine Bänder besitzt, sondern nur eine diffuse Absorption des blauen Endes zeigt.“

Grössere Aehnlichkeit hat das Anthophaein mit dem Phycophaein nach der Charakterisirung desselben durch SCHÜTT (Berichte der deutschen botan. Gesellsch. 1887, Bd. V, S. 259—274).

„Die optischen Eigenschaften des Phycophaeins bestehen in einem gleichmässigen Ansteigen der Absorption beim Fortschreiten vom rothen zum blauen Ende des Spectrums. Da Absorptionsmaxima fehlen, so dient als Characteristicum nur die Curve. Das Phycophaein ist leicht löslich in Wasser (namentlich in heissem), wenig löslich

1) A. HANSEN, Die Farbstoffe der Blüten und Früchte. Würzburg 1884, S. 7.

in wässerigem Alkohol, unlöslich in Alkohol, Aether, Schwefelkohlenstoff, Benzol, Benzin, fettem Oel. Es wird durch Säuren mehr oder minder vollkommen aus seiner wässerigen Lösung gefällt, unvollständig auch durch Natronlauge durch Ammoniak und Salze der Alkalien dagegen nicht. Salze der alkalischen Erden und Erden fällen es.“

Das Anthophaein unterscheidet sich also von dem Phycophaein natürlich zunächst durch die ganz andere Art des Auftretens in der Pflanze, indem ersteres im Zellsaft von Blüten gelöst vorkommt, letzteres mit dem Chlorophyll zusammen an die Chromatophoren der Braunalgen gebunden ist, sodann chemisch durch die geringere Löslichkeit in Wasser (unlöslich in kaltem Wasser) und dadurch, dass es von Alkalisalzen aus der wässerigen Lösung gefällt wird. — Während das Phycophaein für eine ganze Pflanzenklasse charakteristisch ist, dürfte die Verbreitung des Anthophaeins eine sehr beschränkte sein, noch mehr als die des Anthochlors, und zwar schon aus dem Grunde, weil braune Blüten an und für sich selten sind. Bei den meisten derselben wird bekanntlich das braune Aussehen durch das Auftreten von Chlorophyll oder Anthoxanthin neben Anthocyan hervorgerufen, wodurch im Auge eine bräunliche Mischfarbe entsteht. Freilich lässt sich bei genauerer Betrachtung, besonders mit der Lupe, schon erkennen, ob es sich um wirkliches Braun oder um eine Mischung handelt, denn in letzterem Falle tritt der rothe Ton des Anthocyans doch immer hervor. Gleichmässig braun gefärbte Blätter habe ich an den Blüten von *Delphinium triste* gefunden, das seinen Namen von dem düstern Aussehen der Blüthe mit ihren bräunlichen petaloiden Kelchblättern hat. Die mikroskopische Untersuchung ergab nun auch, dass hier die Epidermiszellen mit olivenbraunem Zellsaft (SACCARDO No. 39) erfüllt sind. Da die Zellen nicht papillenförmig ausgestülpt, sondern flach sind, so bildet die Farbstofflösung nur eine dünne Schicht, und deswegen sieht die Blüthe viel heller aus, als die schwarzen Flecke an der Blüthe von *Vicia Faba*. Ferner sind in den äusserlich schön blauen Blüten von *Delphinium elatum* und *D. Donkelari* (unter letzterem Namen wird eine dem ersteren sehr ähnliche Pflanze im Frankfurter botanischen Garten gezogen) die in Nektarien umgewandelten Kronenblätter braun und an den Spitzen fast schwarz gefärbt: auch hier finden wir als Ursache das Anthophaein und eine papillenförmige Ausbildung der Epidermiszellen an den dunkelsten Stellen.

HILDEBRAND (l. c.) berichtet schon, dass die braune Färbung der Blütenblätter einiger Arten von *Delphinium* durch braunen Zellsaft hervorgebracht wird, und HOFMEISTER giebt (l. c.) noch genauer an, dass in den Corollenblättern von *Delphinium elatum* ein brauner Farbstoff in gelöstem Zustande vorhanden ist.

Ausser diesen Beispielen, die sich also schon als bekannt heraus-

gestellt haben, kann ich nur noch eines anführen, nämlich die Blüthe von *Coelogyne Massangeana* Reichb. fil., deren gleichmässiges Braun mir an der im Frankfurter Palmengarten gezogenen Pflanze sofort auffiel im Gegensatz zu den bei *Oncidium*-, *Odontoglossum*- und *Epidendron*-Arten u. a. häufig auftretenden braunen Flecken, deren Ursache auf einer Mischung im oben angedeuteten Sinne beruht. Da mir eine Blüthe zur Untersuchung in zuvorkommender Weise überlassen wurde, so konnte ich mich durch das Mikroskop überzeugen, dass die braune Farbe durch unser Anthophaein erzeugt wird, das sich an den betreffenden Stellen, besonders des Labellums, in den Epidermiszellen vorfindet und bald in dunkleren, mehr in's Röthliche, bald in helleren, mehr in's Gelbliche spielenden Tönen auftritt¹⁾.

Von braunen Blüthen, bei denen zwei Farbstoffe vorhanden sind, die zusammen im Auge den Eindruck braun hervorrufen, führt CLAMOR MARQUART an: *Calycanthus floridus*, *Arum divaricatum*, *Veratrum nigrum*, *Aristolochia glauca*, *Lotus Jacobaeus*; HILDEBRAND beschreibt mehr oder weniger ausführlich: *Scopolia atropoides*, *Asarum*, *Anona triloba*, *Calycanthus floridus*, *Cypripedium pubescens*, *Muscari comosum*, *Cheiranthus Cheiri*, *Tagetes pumila*, *Coreopsis delphiniifolia*, *Tropaeolum minus* (braune Varietät) *Adonis vernalis*, *Bletia Tankervilleae*, *Lotus Jacobaeus*, *Viola tricolor*; ich möchte noch hinzufügen ausser den erwähnten Orchideen *Scrophularia nodosa* und *Ribes grossularia*. (Vergl. auch meinen oben citirten Aufsatz über die Farben der Pflanzen).

Kommt also das Anthophaein auch in braunen Blüthen nur selten vor, so würde doch noch die Frage entstehen, ob nicht der Farbstoff braun gefärbter Früchte und Samen, die ja häufiger gefunden werden, mit jenem identisch oder wenigstens verwandt ist. Ueber die betreffenden Farbstoffe ist noch wenig bekannt, und ich habe nicht beabsichtigt eine eingehendere Untersuchung und Vergleichung anzustellen. Theilweise dürften diese braunen Farbstoffe, wie z. B. in der äussersten Korklage auf der Oberfläche der Mispelfrüchte mehr mit den Phlobaphenen verwandt sein. Noch näher zu untersuchen wäre auch die braune Farbe gewisser Orobanchen: die beabsichtigte Untersuchung konnte ich im Sommer nicht mehr ausführen, weil wegen der vorgeschrittenen Jahreszeit kein Material zu erhalten war, und ich verspare mir dieselbe für das nächste Jahr.

1) DIPPEL führt in seinem „Mikroskop“ 2. Theil, 2. Abtheilung, S. 106 an, dass sich brauner Farbstoff in den Blüthen einiger *Delphinium*-Arten und von *Vicia Faba* vorfindet. (Nachträgliche Anmerkung.)

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft](#)

Jahr/Year: 1900

Band/Volume: [18](#)

Autor(en)/Author(s): Möbius (Moebius) Martin

Artikel/Article: [Das Anthophaein, der braune Blütenfarbstoff. 341-347](#)