

Farbstoffe der Pflanzen

Autor(en): **Rauh, W.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Prisma : illustrierte Monatsschrift für Natur, Forschung und Technik**

Band (Jahr): **4 (1949)**

Heft 3

PDF erstellt am: **11.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-653592>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Farbstoffe der Pflanzen

Immer aufs neue gerät in Begeisterung, wer das Glück hat, im Frühsommer über den bunten Teppich einer alpinen Matte schreiten zu können. Aus dem satten Grün der Gräser leuchten in allen Abstufungen und Variationen die weißen, gelben, roten, blauen Farbflecke der unzähligen Alpenwiesenblumen. Im Zusammenklang mit der grandiosen Szenerie des Hochgebirges und dem tiefblauen Himmel entsteht ein Farbenspiel, das in seiner ganzen Schönheit

Alle diese Farben sind – mit Ausnahme des Weiß – Bestandteile der lebenden Zellen.

Entsprechend dem Zustand, in dem sich die Farbstoffe in ihnen befinden, werden zwei Gruppen unterschieden: einmal Farbstoffe, die an besondere Farbstoffträger des Protoplasmas, an „Plastiden“ gebunden sind – hierher gehören der grüne Farbstoff, das Chlorophyll, das orange-farbene Karotin und das gelbe Xanthophyll – und zweitens



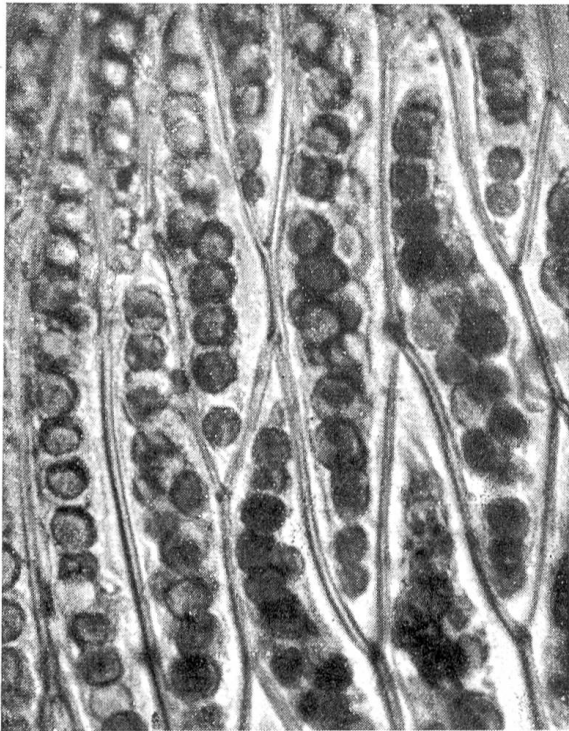
Reifende Tomaten als Beispiel der Umwandlung von Chloroplasten in Chromoplasten

kein Maler, kein noch so gutes Farbfoto einzufangen vermögen. Untersuchen wir aber, worauf diese Farbenpracht zurückzuführen ist, so kommen wir zu dem überraschenden Ergebnis, daß die Natur das alles mit nur geringen und recht einfachen Mitteln erreicht. Die ungeheure Farbenmannigfaltigkeit läßt sich nämlich auf die wenigen reinen Farbtöne Grün, Gelb, Blau, Rot und Weiß zurückführen.

Farbstoffe, die sich in gelöster Form im Saft der Zellvakuole finden. Hier sind die roten, blauen und violetten Farben aus der Gruppe der Anthocyane und die gelben Flavonole zu nennen.

Die wichtigste und weitaus vorherrschende Farbe im Pflanzenreich, die zugleich den meisten Pflanzen ein Leben überhaupt erst ermöglicht, ist das Grün. Da es sich vor

allein in den Blättern findet, wird es auch als Blattgrün oder *Chlorophyll* (chloros = grün, phyllos = Blatt) bezeichnet. Es ist in den Chlorophyllkörnern oder Chloroplasten lokalisiert, die Differenzierungen des Protoplasmas sind und sich im Protoplasmaschlauch der Zellen in so großer Zahl finden, daß das an sich farblose Gewebe dem Auge einheitlich grün erscheint. Nach Form und Größe sind diese Chloroplasten außerordentlich verschieden;



Chloroplasten in den Blattzellen des Leubtmoores *Sphistostega*

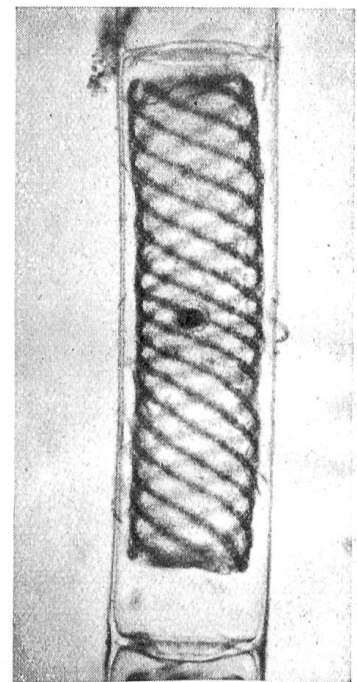
bei den höheren Pflanzen sind es zahlreiche kleine, linsenförmige Scheiben mit einer durchschnittlichen Größe von 5 μ ; bei vielen Algen treten sie oft nur in Einzahl auf und sind von becher-, tafelförmiger Gestalt oder besitzen wie bei der Schraubenalge *Spirogyra* die Form eines Spiralfandes. Bei starker Vergrößerung lassen sie eine farb-

lose protoplasmatische Grundmasse, das Stroma, erkennen, in das scheibenförmige farbstoffhaltige Körnchen, die Granae, eingelagert sind. Zerreibt man grüne Blätter mit Quarzsand und versetzt den Gewebebrei mit 96prozentigem Alkohol, so wird als Farbstoff das Rohchlorophyll ausgezogen (extrahiert), ein Gemisch von grünen und gelben Farbstoffbestandteilen oder Komponenten.

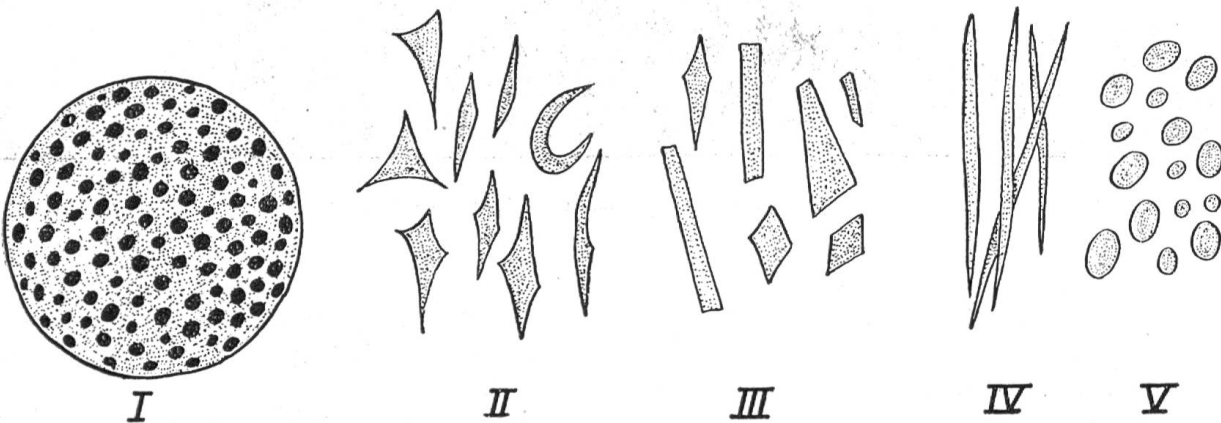
Man kann sich davon leicht durch einen einfachen Versuch überzeugen: Hängt man in diese Rohchlorophylllösung einen Streifen Filtrierpapier, so steigt sie kapillar empor, wobei ein gelber Saum über einem grünen erscheint. Durch geeignete Trennungsmethoden kann man weiter zeigen, daß sich sowohl der gelbe als auch der grüne Farbstoff in zwei weitere Komponenten zerlegen lassen: der eine der gelben ist das Karotin ($C_{40}H_{56}$), das der weit verbreiteten Gruppe der Karotinoide angehört, und seinen Namen der Karotte, aus der es erstmalig gewonnen wurde, verdankt. Es verleiht vielen Blumenblättern und reifenden Früchten die charakteristische dunkelgelbe bis orangefarbene Farbe. Das Karotin absorbiert (verschluckt) vor allem das blaue Licht des Spektrums; es ist daher orange gefärbt.

Der zweite gelbe Chloroplastenfarbstoff ist das Xanthophyll ($C_{40}H_{56}O_2$). Infolge Absorption des äußersten Blauviolett erscheint das Xanthophyll hellgelb.

In den lebenden Chloroplasten werden



Zelle der Schraubenalge *Spirogyra* mit spiralförmigen Chloroplasten

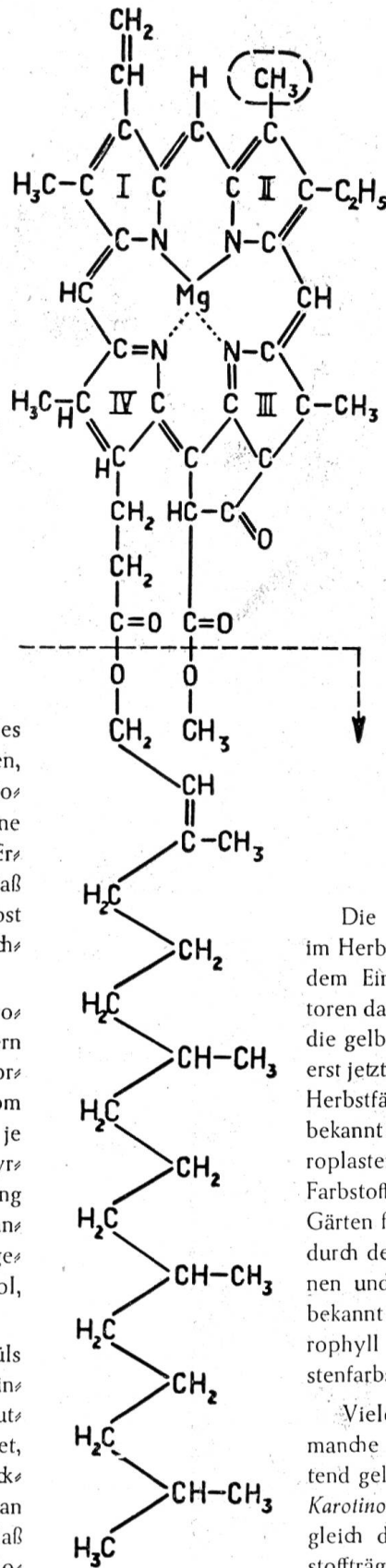


I Feinbau eines Chloroplasten (nach Heitz), Granae schwarz, Stroma punktiert. II bis V Chromoplasten aus dem Fruchtfleisch von *Crataegus* (II), aus der Wurzel der Möhre (III), aus den Blütenblättern von *Strelitzia* (IV), aus den Blütenblättern der gelben Lupine (V)

die beiden gelben Farbstoffe überlagert vom grünen Chlorophyll. Auch dieses ist chemisch keine einheitliche Verbindung, sondern ein Gemisch des blaugrünen Chlorophyll a ($C_{55}H_{70}O_5N_4Mg$) und des gelbgrünen Chlorophyll b ($C_{55}H_{70}O_6N_4Mg$). Es gibt nun eine ganze Reihe von Pflanzen, die nur das Chlorophyll a besitzen, wie die Blaualgen, Braunalgen und Rotalgen und die Nestwurzorchidee; bisher ist aber keine Pflanze bekannt geworden, die nur Chlorophyll b besitzt. Nach statistischen Untersuchungen ist die Zahl der Chlorophyll a Moleküle annähernd doppelt so groß wie diejenige des Chlorophyll b, und die Zahl der Gesamchlorophyll Moleküle beträgt in normalgrünen Blättern die zwei bis vierfache Menge der gelben Chloroplastenfarbstoffe. Das Chlorophyll absorbiert vor allem den langwelligeren roten Teil des Spektrums und außerdem einen Teil des blauen Lichtes. Nur ein Teil des grünen Lichtes wird durchgelassen; doch ist die Absorption des Grün, verglichen mit den anderen Farben, am geringsten. Bei Bestrahlung mit ultraviolettem Licht zeigt das Chlorophyll eine prachtvolle tiefrote Fluoreszenz, eine Erscheinung, die so charakteristisch ist, daß damit in stark verdünnten Lösungen selbst noch geringe Mengen von Chlorophyll nachgewiesen werden können.

Die Struktur des komplizierten Chlorophyll Moleküls ist von den Chemikern Willstätter, Stoll und Fischer aufgeklärt worden: an ein zentrales Magnesiumatom grenzen vier Stickstoffatome, die mit je vier Kohlenstoffatomen Fünfer-Ringe, Pyrrolringe bilden, die zu einem Porphinring zusammenschließen. Diesem ist eine zwanzig C-Atome enthaltende Seitenkette angehängt, die von einem ungesättigten Alkohol, dem Phytol, gebildet wird.

Der Aufbau des Chlorophyll Moleküls ist insofern interessant, als sich der Porphinring in ganz ähnlicher Form im roten Blutfarbstoff, dem Hämoglobin, wiederfindet, nur sind beim Hämoglobin die vier Stickstoffatome nicht an Magnesium, sondern an Eisen gebunden. Man glaubte früher, daß Eisen auch am Aufbau des Chlorophyll Moleküls beteiligt sei, und zwar schloß man das aus der Beobachtung, daß Pflanzen bei eisenfreier Ernährung nicht ergrünen, sondern gelb bleiben. Diese Annahme hat sich



Chlorophyll a. Beim Chlorophyll b tritt an Stelle des oben umrandeten CH_3 die Aldehydgruppe $-CH=O$

jedoch als irrig erwiesen. Eisen ist nicht im Blattfarbstoff, sondern in den farblosen Teilen der Chloroplasten enthalten und dient nur als Katalysator beim Aufbau des Chlorophylls. Trotz allem bleibt die interessante Tatsache bestehen, daß der wichtigste Pflanzenfarbstoff, das Chlorophyll, mit dem wichtigsten tierischen Farbstoff, dem Hämoglobin, chemisch nahe verwandt ist. Das Chlorophyll ist die Substanz, durch deren Existenz das tierische und pflanzliche Leben erst ermöglicht wird. Mit Hilfe des Chlorophylls ist der pflanzliche Organismus unter Mitwirkung der Sonnenenergie in der Lage, aus anorganischer Substanz, Kohlensäure und Wasser, organische Substanz aufzubauen, zu synthetisieren, ein Vorgang der als Assimilation bekannt ist. Die gebildete organische Substanz dient der Pflanze zunächst zum Aufbau der eigenen Organe, die dann vom tierischen Organismus aufgenommen werden und umgesetzt das tierische Leben erst möglich machen.

Die prachtvolle Gelbfärbung des Laubes im Herbst kommt dadurch zustande, daß unter dem Einfluß erbgebundener (endogener) Faktoren das Chlorophyll abgebaut wird, während die gelben Komponenten erhalten bleiben und erst jetzt in Erscheinung treten. Die schöne rote Herbstfärbung, wie sie vom wilden Wein her bekannt ist, beruht darauf, daß die gelben Chloroplastenfarbstoffe von wasserlöslichen roten Farbstoffen überdeckt werden. In Anlagen und Gärten findet man häufig Ziergehölze, die sich durch den Besitz von gelben Blättern auszeichnen und die als Gold- oder „Aurea-Formen“ bekannt sind. Bei diesen wird nur wenig Chlorophyll gebildet, so daß die gelben Chloroplastenfarbstoffe die Farbe des Laubes bedingen.

Viele Blumenblätter, reife Früchte und manche Wurzeln, wie die Möhre, zeigen leuchtend gelbe bis orange-rote Farbtöne, die von Karotinoiden genannten Stoffen herrühren, die gleich dem Chlorophyll an bestimmte Farbstoffträger, die Chromoplasten, gebunden sind. Diese sind nach Bau und Zahl ähnliche Gebilde wie die Chloroplasten der höheren Pflanzen. In dem farblosen Stroma der Grundsubstanz der Plastiden findet sich das Pigment in Tropfen-



Oben: Rote und gelbe Anthocyane bedingen die Blütenfarbe der Wunderblume *Mirabilis jalapa*



Links: Im Zellsaft gelöste Flavonole sind die Farbstoffe der gelben Dahlie

oder Körnchenform. Die Form der Chromoplasten ist außerordentlich variabel. Sie sind entweder rund oder platten sich bei dichter Lagerung vieleckig, polygonal, ab. In anderen Fällen nehmen sie durch Schwund ihrer Substanz spitze und eckige Formen an; häufig ist die langgestreckte Spindelform, wie sie sich in besonders schöner Form in den Blütenblättern der Scitaminee *Strelitzia regina* finden. Chromoplasten können sich zu grünen Chloroplasten umbilden, indem zusätzlich Chlorophyll ausgebildet wird; wächst eine Möhre am Licht, so ergrünen die dem Licht ausgesetzten Teile der Wurzel. Umgekehrt können aus Chloroplasten durch Abbau des Chlorophylls Chromoplasten entstehen; es wurde darauf schon bei der Herbstfärbung hingewiesen. Das gleiche ist der Fall bei allen gelben Blütenblättern und Früchten. Diese sind im jungen Zustand grün gefärbt, und erst bei der Entfaltung oder beim Reifeprozess treten durch Abbau der grünen Chloroplastenfarbstoffe die gelben in Erscheinung. Lamarck's Satz, daß gelbe Blumenblätter und gelbe reifende Früchte sich in demselben physiolo-



Das Rot der *Justitia carnea* wird durch rotes Anthocyan verursacht!

gischen Zustand wie die Herbstblätter finden, nämlich in einem absterbenden Zustand, der sich in einer Verfärbung der Chloroplasten zu gelben und roten Chromatophoren kundtut, ist neuerdings durch die Untersuchungen von Seybold bestätigt worden. Die ganze Farbenmannigfaltigkeit vom Grün zum Gelb läßt sich also auf einen einheitlichen Nenner bringen, indem sie schließlich nur auf einen verschieden starken Abbau des Chlorophylls in den Chloroplasten zurückgeht.

Chemisch sind die Karotinoide stark ungesättigte Kohlenwasserstoffe mit Terpencharakter, die sich aus Isoprenresten aufbauen, an deren Enden aromatische Sechserringe stehen.

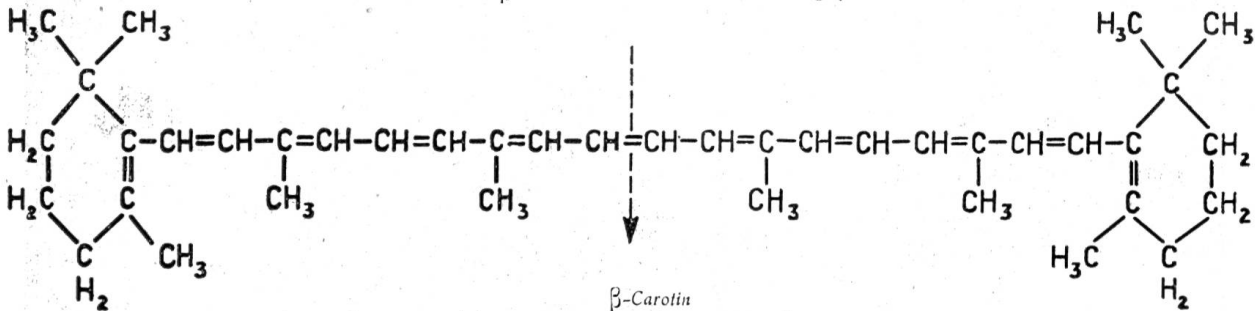
Bisher sind etwa zwanzig natürlich vorkommende Karotinoide bekannt geworden. Wegen ihrer Löslichkeit in Fetten werden sie auch als Lipochrome bezeichnet. Die

beiden wichtigsten natürlichen Karotinoide sind das Lykopen und das Karotin. Lykopen ($C_{40}H_{56}$) bedingt die rote Farbe der Tomate, der Hagebutte und der Vogelbeere. Mit Lykopen isomer, also aus der gleichen Zahl von C- und H-Atomen aufgebaut, ist das Karotin, das im Jahre 1831 von Wackenroder als erstes Karotinoidpigment aus der Möhre isoliert wurde und dem die ganze Gruppe ihren Namen verdankt. Karotin gehört zu den verbreitetsten Farbstoffen; außer in den Chloroplasten kommt es in den Chromoplasten zahlreicher Blütenblätter und Früchte vor, und ist außerdem im tierischen Organismus im Fett, in der Milch und im Blutserum vorhanden. Karotin tritt in drei Isomeren auf, als α , β , γ -Karotin. Eine besondere Rolle von ihnen spielt das β -Karotin, das vom Organismus unter Wasseranlagerung in zwei Moleküle Vitamin A gespalten wird. β -Karotin wird deshalb auch als Provitamin A bezeichnet.

Vom Karotin leiten sich weitere gelbe Farbstoffe ab, die sich durch den Gehalt von Sauerstoff unterscheiden und in den Sammelbegriff der Phytoxanthine zusammengefaßt werden. Hierher gehören: Xantophyll ($C_{40}H_{56}O_2$), der zweite gelbe Chloroplastenfarbstoff der Blätter. Isomer damit ist das Zeaxanthin, das zuerst aus der Fruchtschale des Maiskornes isoliert wurde, sich als Ester aber auch in Blüten und Früchten findet. Ebenfalls ein Ester des Zeaxanthin ist das Physalein, das den lebhaft gefärbten Kelchen der Judenkirsche (*Physalis alkekengi*), den Früchten des Pfaffenhütchens (*Econymus europaea*) und den Beeren des Sanddorns (*Hippophaë rhamnoides*) die charakteristische

phäinidin zurückführen: Pelargonidin liegt als Diglukosid Pelargonin in der Scharlachpelargonie und der orange-farbenen Dahlie vor. Derivate des Cyanidins sind das Cyanin, der Farbstoff der roten Rose, der roten Kaktus-dahlie und der blauen Kornblume, ferner das Makocyanin, der Farbstoff der schwarzen Kirsche, das Prunicyanin, der rote Pflaumenfarbstoff. Derivate des Delphinidins sind das Delphinin, der Farbstoff des blauen Rittersporns, das Violanin, der Farbstoff des violetten Stiefmütterchens, das Petunin, der Farbstoff der Petunie und das Malvin, der Farbstoff der roten Malven.

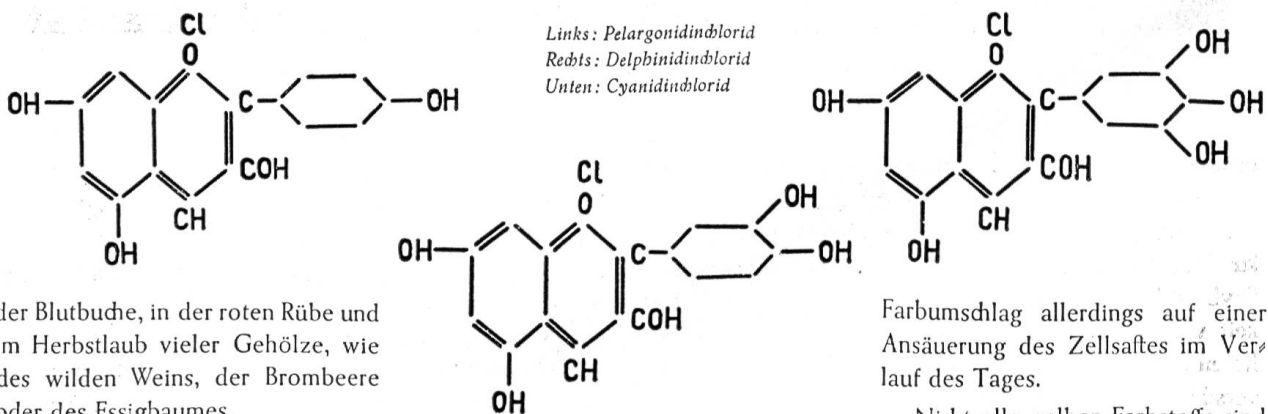
Bei ↓ wird β -Carotin in zwei Moleküle Vitamin A gespalten



Farbe verleiht. Die gelbe Farbe des Stiefmütterchens wird durch das Violaxanthin ($C_{40}H_{56}O_4$) und die rote Farbe der Paprikafrüchte durch das Kapxanthin ($C_{40}H_{58}O_3$) hervorgerufen.

Die Vertreter der zweiten großen Gruppe von Farbstoffen sind nicht an Chloroplasten gebunden, sondern sind im Zellsaft gelöst. Es handelt sich vorwiegend um die roten beziehungsweise blauen Anthocyane und die gelben Flavonole. Die Anthocyane treten vornehmlich als Blütenfarbstoffe auf, worauf schon ihr Name (anthos = Blüte; cyanos = ultramarinblau) hindeutet. Außerhalb der Blüten finden sie sich in den Blättern des Rotkohls, der Bluthasel,

Die Anthocyane bilden im Zellsaft, vorwiegend der Epidermiszellen, klare Lösungen, die in saurer Lösung leuchtend rot, in basischer Lösung blau und in neutraler Lösung violett erscheinen. Man darf daraus nicht den Fehlschluß ziehen, daß der Zellsaft in allen roten Blüten sauer, in allen blauen Blüten alkalisch reagiere. Beim Vergißmeinnicht, bei der Frühlingsplatterbse und beim Lungenkraut, die mit roter Farbe aufblühen und mit blauer Farbe abblühen, wird der Farbumschlag durch andere Faktoren bedingt. Bei der blauen Zierwinde (*Ipomoea purpurea*) dagegen, deren Blüten am Morgen sich mit tiefblauer Farbe öffnen und die am Abend mit rot abblühen, beruht der



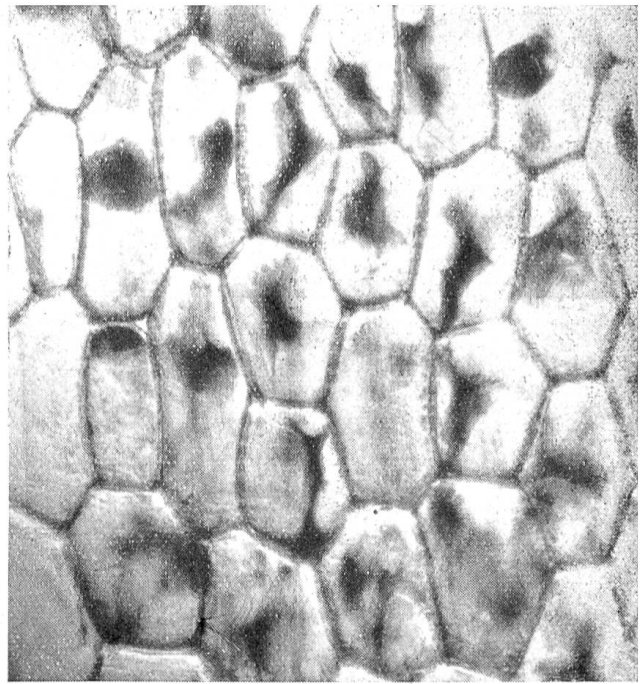
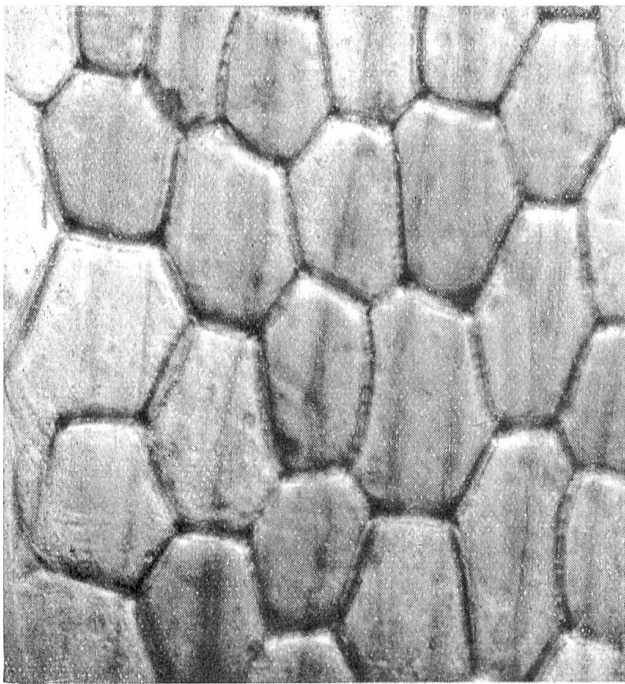
der Blutbuche, in der roten Rübe und im Herbstlaub vieler Gehölze, wie des wilden Weins, der Brombeere oder des Essigbaumes.

Die Anthocyane sind Glukoside, in denen an Zucker (Glukosen und Hexosen) aromatische Farbstoffkomponenten, die Anthocyanidine, gebunden sind. Beim Erhitzen mit 20prozentiger Salzsäure zerfallen sie in Zucker und Anthocyanidinchlorid.

Die ganze Reihe der Anthocyanidine läßt sich auf die drei Stammsubstanzen Pelargonidin, Cyanidin und Del-

Farbumschlag allerdings auf einer Ansäuerung des Zellsaftes im Verlauf des Tages.

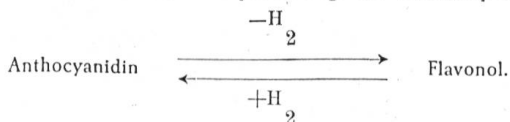
Nicht alle gelben Farbstoffe sind an Chromatophoren gebundene Karotinoide und Xantophylle. Es gibt auch eine Reihe von gelben im Zellsaft gelösten Farbstoffen. Diese sind in selteneren Fällen wohl gelbe Anthocyane wie bei der orangefarbenen Dahlie, vermutlich auch beim gelben Alpenmohn und der gelben *Mirabilis Jalapa flores lutea*; weitaus häufiger sind die gelben Flavonole. Sie finden sich nicht nur in den Blüten,



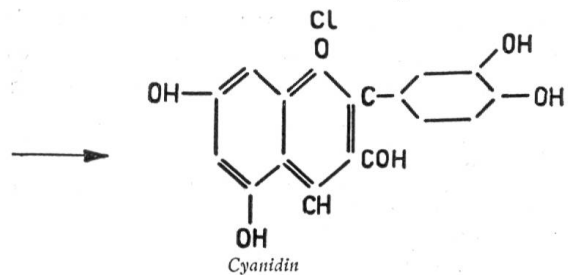
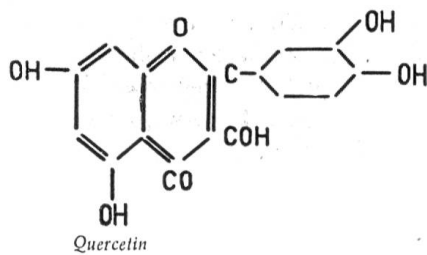
Epidermiszellen von *Rhoeodiscolor*. Die Zellen sind homogen mit violetterm Anthocyan erfüllt (links), Plasmolisierte Zellen (rechts). Das Anthocyan erfüllt jetzt nur die kontrahierte Vakuole

sondern auch in den Stämmen verschiedener Bäume. Die nordamerikanische Färbereiche (*Quercus tinctoria*) enthält das Flavonol Quercetin, einen in der Woll- und Seidenfärberei verwandten Farbstoff; auch im Holz der Gelbholz- Maulbeere (*Morus tinctoria*) findet sich ein gelbes Flavonol.

Flavonole und Anthocyane sind chemisch nahe miteinander verwandt. Die Flavonole entstehen durch Dehydrierung aus den Anthocyanidinen und umgekehrt entstehen aus Flavonolen durch Hydrierung die Anthocyanidine:



Das erklärt auch die Tatsache, daß sich in vielen Gattungen Arten mit gelben Flavonolen und solche mit roten oder blauen Anthocyanidinen finden. Als Beispiele hierfür seien erwähnt: Die gelben *Primula elatior* und *Primula auricula* neben der roten *Primula farinosa*; der gelbe Eisenhut *Aconitum lycoctonum* neben dem blauen *A. Napellus*; die gelben Enziane *Gentiana lutea* und *G. punctata* neben den blauen *G. acaulis*, *G. asclepiadea* und *G. verna* u. a. Die nahe chemische Verwandtschaft zwischen Flavonolen und Anthocyanen geht



weiter aus der Beobachtung hervor, daß die gelben Blüten des Baumwollstrauches tief schwarzrot verblühen. Meist finden sich in gelben Blüten neben Flavonolen aber auch noch Karotinoide, so bei der dunkelgelben *Primula elatior*.

Als Besonderheit sei noch erwähnt, daß bei manchen Primelarten, so bei Mehlprimel und Aurikel, das Flavonol in farblosen Kriställchen einen Überzug an den Laubblättern, Kelchblättern und Blütenstielen bildet.

Das Weiß, wie es sich in vielen Blüten – bei der weißen Narzisse, weißen Lilie, bei Amaryllis, Schneeglöckchen und weißer Seerose und in weißbunten, panaschierten Blättern findet, hat in den meisten Fällen eine rein physikalische Ursache. Die weiße Farbe kommt nämlich dadurch zustande, daß in den betreffenden Organen die Ausbildung des Pigmentes unterbleibt. Die Zellen des Gewebes schließen aber nicht lückenlos aneinander, zwischen ihnen finden sich luftgefüllte Räume, die Interzellularen. Da nun an der eingeschlossenen Luft das eingestrahelte Licht total reflektiert wird, erstrahlen die an sich farblosen Gewebe in einem reinen Weiß. Es liegt hier das gleiche Phänomen wie bei der weißen Farbe des Schnees vor, die einzelnen farblosen Schneekriställchen schließen zwischen sich Luft ein, an der ebenfalls eine totale Reflektion des einfallenden Lichtes erfolgt. Entfernt man

aus einem weißen Blumenblatt die Luft durch Ausaugen mit der Luftpumpe und läßt dafür Wasser eindringen, so werden die Gewebe durchsichtig farblos; in der Natur erfolgt dieser Vorgang beim Abblühen der Schwertlilien. Es



Nicht ein Farbstoff, sondern die zellige Struktur ist für das Weiß der Amaryllis verantwortlich, deren rote Streifen von rotem Anthocyan gebildet sind

schließt dies natürlich nicht aus, daß weiße Blüten dennoch Farbstoffe enthalten, die dann aber in der farblosen „Leukoverbindung“ vorliegen.

Neben den reinen Farben weiß, gelb, rot und blau gibt es noch eine Reihe von *Mischfarben*, von denen in erster Linie Braun zu nennen ist. Es findet sich in den Blüten mancher Varietäten des Stiefmütterchens, in den Blüten von *Gentiana pannonica*, *Epipactis rubiginosa* und in den Blättern der Blutbuche und Bluthasel. Die braune Farbe wird durch eine Kombination von mehreren Farbfaktoren bewirkt. Beim braunen Stiefmütterchen werden die tiefer im Gewebe liegenden Chromoplasten von den mit blauem Zellsaft erfüllten Epidermiszellen überlagert; bei der Blutbuche und Bluthasel entsteht die braune Farbe durch Überlagerung der Chloroplasten mit rotem Anthocyan.

Zusammenfassend können wir feststellen, daß, obwohl der große Farbreichtum in der Natur mit allen seinen Nuancierungen sich auf verhältnismäßig wenig Farbstoffe zurückführen läßt, die Natur von diesen nicht starr und schematisch Gebrauch macht; etwa in der Form, daß alle gelben Farben durch Karotinoide erreicht werden, sondern die Pflanz-

ze schöpft die ihr innewohnenden Möglichkeiten nach allen Seiten hin aus, indem sie den gleichen Farbeffekt mit ganz verschiedenen Farbstoffen erreicht. Das deutet auch darauf hin, daß die Pflanzenfarben, die sich ja vorwiegend in den Blüten, also in den der Fortpflanzung dienenden Organen finden, nicht primär zu dem Zweck ausgebildet worden sind, die zur Bestäubung notwendigen Insekten anzulocken, sondern daß viele Farbstoffe – von den Chloroplastenfarbstoffen abgesehen – wohl Stoffwechselprodukte sind, die erst sekundär in den Dienst der Bestäubung gestellt worden sind. Wir finden nämlich rote Anthocyane in recht auffälliger Weise auch bei windblütigen Pflanzen, zum Beispiel im weiblichen Zapfen vieler Koniferen, bei denen sie keineswegs die Rolle der Insektenanlockung übernehmen.

Prof. Dr. W. Raub, Heidelberg.

Die farbigen Abbildungen sind Reproduktionen, die nach Original-Farbvergrößerungen des Agfa-Color-Negativ-Verfahrens hergestellt worden sind. Die Anfertigung der Vergrößerungen übernahm Dr. Ulm, Heidelberg.