

Die Blaufärbung der scharlachroten Blüten von *Salvia splendens* nach rascher kurzer Erwärmung

Von

Josef GICKLHORN

(Aus dem Pflanzenphysiologischen Institut der Universität Wien)

Eingelangt am 11. August 1954

FITTING 1912: 84 hat Beobachtungen mitgeteilt, die für vielerlei Fragen der Pflanzenphysiologie, Biochemie, Zellforschung und auch der systematischen Botanik von besonderem Interesse sind. Es war der erstmalige und experimentell begründete Nachweis, daß lebende, durch Anthokyan gefärbte Blüten bloß durch rasches Erwärmen fast momentan und umkehrbar ihre Farbe ändern können. Als günstigste, sogar einzig geeignete Versuchsobjekte erkannte FITTING die Blüten von *Erodium gruinum* und *Erodium ciconium*, die bei gewöhnlicher Temperatur blau sind. „Unterhalb 16—20° C ändert sich die Blütenfarbe nicht wesentlich . . . Oberhalb 16—20° C entspricht jeder Temperatur ein besonderer Farbton der Blüten. Er ist bei niederen Temperaturen blau, bei höheren weinrot, rosa, endlich fast weiß. Ändert man die Temperatur plötzlich, so beginnt beinahe augenblicklich ein Farbumschlag, und zwar wird die alte Farbe, die den tieferen Temperaturen entspricht, viel langsamer zurückgewonnen, als sie bei entsprechender Erwärmung verloren ging. Es dauert umso länger, bis bei Abkühlung die alte Farbe zurückkehrt, je länger die Blüten erwärmt worden waren.“

Der „momentane“ Farbumschlag erfolgt nach FITTINGS Beobachtungen ungefähr binnen 1—3 Sekunden, wobei für eine deutlich merkbare Farbenänderung im Vergleich zu den Kontrollblüten schon ein Temperatursprung um bloß 3—5° C genügt. FITTING berichtet weiter, daß die blauen Kronblätter der beiden *Erodium*-Arten nach Abtötung durch Chloroformdämpfe oder heißen Wasserdampf die gleiche Farbänderung erfahren, wenn auch langsamer. Damit ist bewiesen, daß diese Umfärbung nicht an das lebende Plasma gebunden ist, sondern daß es sich um eine umkehrbare chemische Reaktion (oder um reversible Reaktionsfolgen) handeln muß. Dafür spricht auch, daß wässrige und alkoholische Anthokyanlösungen ebenfalls Farbumschläge bei Temperaturänderungen zeigen.

Die vergleichende Prüfung der Blüten verschiedener Pflanzen, und zwar sowohl verschiedener Arten als auch Gattungen, Familien und Ordnungen brachte ein unerwartetes Resultat. „So viele blau-, violett-

und rotblühende Pflanzen ich auch untersucht habe, niemals ist mir, mit Ausnahme eben von *Erodium gruinum* und *E. ciconium* bei Erwärmung auf nicht tödliche Temperaturen, etwa 40—43° C, eine auffällige Farbenänderung bemerkbar geworden, selbst nicht bei violett oder blaublühenden Geranien . . . Umso merkwürdiger ist es, daß es nicht wenige Blumen gibt, deren Extrakte noch viel auffälligere, reversible Farbänderungen bei Erwärmung zeigen, als die von *Erodium gruinum* und *E. ciconium*“ (FITTING 1912: 92—93).

FITTINGS Versuche fanden bisher anscheinend nur in Beobachtungen von MOLISCH 1921 ein Gegenstück. Sie beziehen sich auf die rasche Farbänderung lebender Blüten von *Ipomoea purpurea*, die ihre blaue Farbe schon durch die Spuren an Kohlensäure, welche ein Wassertropfen enthält, nach Rot ändern. Dieser Farbumschlag erfordert allerdings nicht wenige Sekunden, sondern etwa 2—4 Minuten. Aber auch MOLISCH 1921: 61—62 hebt ausdrücklich hervor: „Ich habe bisher keine andere Pflanze gefunden, deren Anthokyan-führende Blüten eine solche, unter den geschilderten Verhältnissen eintretende Farbenwandlung zeigen . . . Es ist aber möglich, daß sich die Erscheinung auch noch bei anderen Pflanzen vorfindet, am ehesten in der Familie der Convolvulaceen.“

Die Blüten dieser drei Pflanzen unterscheiden sich also von allen übrigen durch die Geschwindigkeit, mit der Farbenänderungen erfolgen, namentlich im Vergleich mit den bereits zahlreichen Beispielen, die MOLISCH 1930, 1931 und in jüngster Zeit VOGEL 1950 erwähnt haben. In diesen Fällen handelt es sich aber durchgehends um einen Farbenwechsel, der sich allmählich im Verlaufe der normalen Blühdauer vollzieht, so daß es viele Stunden bis Tage dauert, ehe ein Farbenkontrast vom Öffnen der Blütenknospe bis zum Welken oder Abfallen der Kronblätter scharf hervortritt. Für die nachfolgenden Ausführungen können wir auch diese Fälle unberücksichtigt lassen.

Eine gewisse Ausnahmestellung beanspruchen jene Fälle, über die ebenfalls MOLISCH 1931 ausführlicher berichtet hat. Es ist eine *Myosotis*-Art, (*M. dissitiflora*-Perfektion), die bei einer Temperatur bis etwa 7° C rot blüht, bei höherer Temperatur in einem Warmhaus mit ca. 28—30° C blaviolett oder blaßblau. Ähnlich ist es bei den im Warmhaus getriebenen lilafarbenen Fliederarten und -rassen, die dann weißblühend werden. Am bekanntesten ist wohl *Primula sinensis* geworden, die bei Zimmertemperatur (18—20° C) oder im Kalthaus rot oder rosa ist, bei höherer Temperatur dagegen rein weiß. Auf diese Beispiele wird regelmäßig in Lehrbüchern und Ausführungen zu Fragen der Erblehre hingewiesen, um die Notwendigkeit einer Unterscheidung zwischen genotypisch und phaenotypisch bedingten Merkmalen klar zu machen.

Auf die manchmal recht auffallenden Farbumschläge nach Abtöten gefärbter Blüten sei hier bloß hingewiesen. Vgl. MOLISCH 1889, 1930, 1931.

Nebenbei erwähnt seien jedoch die Versuche von EISLER & PORTHEIM 1914 über die Veränderung von Bakterienfarbstoffen, besonders von *Bacillus prodigiosus* und *B. violaceus*, wozu längst bekannt war, daß Kulturen dieser Bakterien bei höherer Temperatur nahezu farblos werden im Vergleich zu jenen bei Zimmertemperatur mit Kolonien von blutroter, bzw. violetter Farbe und überdies die intensivste Farbstoffbildung im Dunkeln erfolgt. Weiters erinnere ich an die Beobachtungen von PORTHEIM 1914, 1915 über die Farbenänderung von Anthokyanlösungen aus verschiedenen Pflanzen bei Temperaturen zwischen 0 bis 100° C.

Völlig anders ist natürlich die Sachlage bei dem Farbenwechsel von Blüten oder wässrigen Extrakten aus Blüten nach Einwirkung von Alkalien oder Säuren, seien diese nun gelöst oder in Dampfform angewendet. Diese Fälle beweisen nur den Indikatorcharakter von Anthokyanen, die je nach der aktuellen Reaktion (p_H) einen Farbumschlag von tiefem Blau oder Violett bis hellem Gelb aufweisen.

Aus diesen flüchtig skizzierten Hinweisen auf bereits vorliegende Studien ist ersichtlich, daß Temperatur-abhängige, reversible, förmlich schlagartig eintretende Umfärbungen des Anthokyans in lebenden Blüten äußerst selten sind und bisher nur wenige Versuchspflanzen unter vielen tausend Blütenpflanzen sie aufweisen.

Es ist daher begreiflich, daß KARRER 1932: 942 vom Standpunkt des Chemikers die angeführten Beispiele in seinem zusammenfassenden Bericht über Anthokyanen eigens hervorhebt. „Von besonderem Interesse erscheinen die bekannten Farbumschläge von Rot über Violett nach Blau, soweit sie natürlich in der Pflanze vor sich gehen, z. B. die verschiedene Blütenfarbe von *Myosotis* und *Pulmonaria* und die verschiedene Blütenfarbe in Abhängigkeit von der Temperatur...“

Wenn ich hier kurz einige Notizen zu neuen eigenen Beobachtungen vorlege, dann bestimmen mich dazu wesentlich zwei Überlegungen: Nachweisbar und oft ist für den Erfolg einer wissenschaftlichen Arbeit die Kenntnis eines besonders günstigen Versuchsobjektes entscheidend und ferner ist es für den Unterricht oder in praktischen Übungen immer wünschenswert, mit allgemein bekannten und leicht erreichbaren Pflanzen einprägsame Versuche auszuführen, die einfach, verläßlich, rasch und billig vor den Augen des Beobachters anzustellen sind.

Eigene Beobachtungen

Mein Versuchsobjekt war fast ausschließlich¹⁾ *Salvia splendens* („der glänzende Salbei“), und zwar verwendete ich hauptsächlich den Blütenkelch, weil die Kronblätter allzu hinfällig sind. Bekanntlich wird *Salvia splendens* aus der sehr artenreichen Gruppe nicht heimischer Salbei-Arten bei uns überall kultiviert. Der Bau der Blüten dieser Labiate kann als bekannt vorausgesetzt werden. In öffentlichen Garten- und Parkanlagen wird sie hauptsächlich für Einfassungen von Blumenbeeten verwendet oder in Rabatten angepflanzt. Die Kultur dieser Salbei-Art ist sehr einfach und über Einzelheiten geben VILMORIN 1875 und BONSTEDT 1932 ausführlich Auskunft. Im Hinblick auf die nachfolgend mitgeteilten eigenen Beobachtungen scheint es mir jedoch besonders bemerkenswert, daß von der leuchtend scharlachrot blühenden *S. splendens* auch drei anders gefärbte Varietäten gelegentlich gezüchtet werden: eine var. (forma) *violacea* mit violetten Blüten, eine var. *atri-purpurea* mit dunkel purpurvioletten Blüten und eine var. *alba* mit weißer Blüte, und zwar sowohl des Kelches als auch der Korolle. — Das von mir verwendete Versuchsmaterial stammte hauptsächlich aus dem botanischen Garten der Universität Wien, aber auch aus Privatgärten von Blumenfreunden.

1. Versuch im Freiland. Von einer brennenden Zigarette wird die locker sitzende Asche abgeklopft, das glimmende Zigarettende nach oben gehalten und darüber der glockenförmige, dünnhäutige, scharlachrot gefärbte Kelch einer abgetrennten *Salvia*-Blüte gehalten, doch ohne ihn direkt zu berühren. Förmlich schlagartig ändert sich die rote Farbe nach dunkelviolett, das stark blautichig ist. Entfernt man die Blüte von dem glimmenden Zigarettende, dann kehrt ebenso plötzlich die normale scharlachrote Farbe wieder. Der Farbenumschlag ist mit unscharfer Grenze auf jene Stellen beschränkt, welche der Glimmzone einer Zigarette am nächsten kommen. An derselben Blüte kann der überraschende Farbenwechsel mit gleicher Stärke mehrmals wiederholt werden.

Dieser Freilandversuch ist selbstverständlich noch nicht eindeutig; denn es könnte sich ebenso um Wirkung höherer Temperatur handeln als auch um den Einfluß alkalisch reagierender Dämpfe aus dem Tabakrauch. Die Entscheidung ist leicht zu fällen.

2. Versuch im Freiland. Wenn mit einem Brennglas (z. B. einer Brille oder einer Leselupe) an einem sonnigen Tag der Strahlenkegel auf die Blüte gerichtet und diese in die Nähe eines Brennpunktes gerückt wird, dann erfolgt auch rasch und lokal begrenzt die erwähnte Violettgefärbung, die bei Entfernung der Blüte (oder des Brennglases)

¹⁾ Da alle übrigen (16) *Salvia*-Arten sich anders verhielten, will ich diese hier nicht einzeln anführen.

ebenso schnell zurückkehrt als sie eingetreten ist. Das ist wohl ein Beweis dafür, daß an dem Farbumschlag eine Wärmewirkung zumindest mitbeteiligt ist, da ja diesmal jeder chemische Einfluß durch Tabakrauch ausgeschlossen ist. Das gleiche Ergebnis erhält man im Laboratorium, wenn man einen Glas- oder Metallstab einseitig kräftig erhitzt und, von den kalten Stellen beginnend, den Blütenkelch langsam über das heiße Ende hinführt. Die scharlachrote Färbung wird dabei zunehmend dunkler und geht bei entsprechend höherer Temperatur in ein Blauviolett über.

3. Versuch. Wird eine Blüte in ein Becherglas gelegt und in dieses Tabakrauch geblasen, dann erfolgt keine Umfärbung, zumindest nicht während etwa 15—30 Minuten (!).

4. Versuch. Der Einfluß sprunghafter Temperaturänderung kann ebenso klar gezeigt werden, wenn man eine einzelne Blüte oder einen ganzen Blütenstand durch den heißen Luftstrom über der Flamme eines Bunsenbrenners zieht. Diese Versuchsvariation erfordert allerdings einige Übung und sei hier nur deshalb erwähnt, weil sie analog der Wirkung einer glimmenden Zigarette zu beurteilen ist.

5. Versuch. Taucht man einen einzelnen Blütenkelch oder einen ganzen Blütenstand in Wasser von ungefähr 50—70° C, so erfolgt augenblicklich ein Farbumschlag zunächst nach Dunkelrot, das innerhalb von 3—6 Sekunden in ein reines Violett übergeht. Nach raschem Herausnehmen und Abkühlen der Versuchspflanze an der Luft kehrt die normale scharlachrote Farbe längstens binnen 30 Sekunden wieder.

6. Versuch. Taucht man ganze Blüten in heißes Wasser und beläßt sie darinnen, dann kommt es nach dem schon erwähnten Farbumschlag rasch zu einer völligen Entfärbung der Blüten, ohne daß das heiße Wasser durch gelöstes Anthokyan auffallend stärker rot gefärbt würde. Selbst in der Schichtdicke eines Becherglases von 3 cm Durchmesser ist nur eine schwache Rosafärbung zu bemerken. Die Lösung ist vollkommen klar, die Blüten haben ihre Farbe verloren.

7. Versuch. Wird diese Anthokyanlösung — sei es langsam oder rasch — bis zum Sieden erwärmt, dann tritt keine Farbenänderung auf. Diese Anthokyanlösungen zeigen also außerhalb der Blüte keinerlei Farbenwechsel. Durch Zusatz von Ammoniak, Kalilauge oder Natronlauge, tropfenweise von einer $n/10$ -Lösung beigelegt, tritt eine klare Gelbfärbung des Blütenextraktes ein; beim Erwärmen ändert dieser seine Farbe nicht.

8. Versuch. Werden mehrere Blütenkelche mit einem scharfen Messer in feine Streifen geschnitten und diese in einem Becherglas mit 96% kaltem Alkohol übergossen, dann tritt innerhalb von 30 Minuten eine intensive Gelbfärbung des Alkohols ein, begleitet von einer zunehmenden Entfärbung der Schnitte. Bei Erwärmung des Alkohols bis zum Sieden erfolgt kein Farbumschlag.

9. Versuch. Nach Übergießen einer größeren Masse feingeschnittener Blütenkelche mit kaltem Wasser erhält man eine zunehmend stärker sich rotfärbende Anthokyanlösung, die bei langsamem Erwärmen immer tiefer violett wird und beim Abkühlen allmählich die ursprüngliche Farbe wieder annimmt.

10. Versuch. Legt man Blüten oder einen ganzen Blütenstand in ein großes Becherglas und läßt aus einer CO_2 -Bombe einen CO_2 -Strom solange Zutreten, bis die Blüten mit CO_2 -Schnee bedeckt sind, so erfolgt keine Farbenänderung, weder während der Zeitdauer der Abkühlung, noch nach Erwärmung bis auf Zimmertemperatur. Die sicher abgestorbenen, erfrorenen, scharlachroten Blüten werden aber doch bei sprunghafter Erwärmung bis 50°C violett, verhalten sich also wie lebende Blüten. Das gleiche Ergebnis erhält man mit Blüten, die durch Chloroform- oder Ätherdämpfe getötet wurden. Das in der toten Zelle befindliche Anthokyan verhält sich sonach genau so wie das im lebenden Gewebe.

11. Versuch. Hängt man einen ganzen Blütenstand in einen Glaszylinder, in den man vorher einige Kubikzentimeter konzentriertes Ammoniak gegossen hat, dann tritt schon nach wenigen Sekunden eine zunehmend stärker werdende Violettfärbung auf. Sie beginnt regelmäßig an den Spitzen der Kelchzipfel und wechselt nach 5—10 Minuten in nahezu schwarzen Farbton, ähnlich der Farbe jener Rassen der Garten-Stiefmütterchen, welche durch dunkelviolettes Anthokyan fast schwarz erscheinen. Diese Umfärbung bleibt bis vier Stunden hindurch erhalten, wenn man die Blüten in Luft zurückbringt. Bei längerem Verweilen der dunkelvioletten Blüten in Ammoniakdämpfen blaßt die Färbung allmählich ab und weicht einem auffallend gelben Ton, ähnlich etwa der Farbe der Blüten des Bilsenkrautes. Ich habe bisher kein Versuchsobjekt gesehen, bei welchem die Umfärbung des Anthokyans durch NH_3 -Dämpfe derart kontrastreich, schnell und auch langandauernd zu demonstrieren wäre, so daß ich eigens auf diese Beobachtung als Vorlesungsversuch hinweisen möchte.

12. Versuch. Prüft man verschieden alte Blüten, bzw. Blütenkelche, dann ist der Farbumschlag solange festzustellen, solange überhaupt Anthokyan vorhanden ist. Die Korolle von *Salvia splendens*-Blüten fällt nach der Bestäubung und Befruchtung rasch ab, der ebenso lebhaft gefärbte Kelch bleibt dagegen lange Zeit erhalten, ehe er unter allmählicher Verfärbung nach Rotbraun vertrocknet. An alten Kelchen erfolgt ebenfalls der Farbenwechsel, jedoch immer langsamer, und ein Rückschlag nach der Farbe der lebenden Blüte bleibt oft ganz aus.

13. Versuch. In der Studie von FITTING 1912: 84 findet man den Satz: „Wenn die Sonne auf die Pflanzen scheint, so ist die Färbung der beschatteten und der besonnten Blüten von *Erodium gruinum* und

E. ciconium verschieden: erstere sind blau, letztere rötlich bis weinrot. An kalten Tagen sind die Blüten dunkelblau, an heißen weinrot.“ Eine ähnliche Beobachtung konnte ich bisher niemals machen, trotzdem ich in vielen Versuchen einzelne Pflanzen an warmen Tagen beschattete oder in einen kühlen Raum brachte. Daraus ergibt sich, daß *Salvia* im Vergleich mit *Erodium* offensichtlich viel unempfindlicher ist, was für weitere Studien teils ein Vorteil, teils ungünstig ist.

14. Versuch. Mit *Salvia coccinea* wurden wiederholt die vorher genannten Versuche zwecks Vergleich mit *S. splendens* angestellt, stets mit gleichartigem Erfolg. Die breite Unterlippe der Blüten von *S. coccinea* ist für Versuche mit rascher Erwärmung zwar besonders geeignet, doch sind die Blüten dieser Salbeiart sehr zart und hinfällig. Der Kelch ist klein und schon an der lebenden Blüte dunkelviolet gefärbt; bei Erwärmen des Kelches bleibt diese natürliche Farbe unverändert.

Die angeführten und so einfachen Versuche gelingen immer, so daß sie für Vorlesungen, Übungen und Führungen von Naturfreunden durch Gärten und Gewächshäuser zu empfehlen sind.

Diskussion der Ergebnisse

Der Hauptzweck dieser Versuche ist der Hinweis auf ein neues Versuchsobjekt zum Studium temperaturabhängiger Veränderung einer Blütenfarbe. Im Vergleich zu den beiden von FITTING gefundenen *Erodium*-Arten bietet *Salvia splendens* offensichtlich wünschenswerte Vorteile. Vor allem ist sie eine langblühende Pflanze, nicht nur bezüglich der Blühdauer eines einzelnen Stockes, sondern ebenso hinsichtlich der Blühzeit, d. h. während einiger Monate. Selbst im Winter kann sie im Warmhaus blühend erhalten werden. Der Blütenstand ist reich an Einzelblüten und deren 50 bis 70 Stück sind ein Durchschnittswert. Namentlich der leuchtend scharlachrote Kelch ist ungleich widerstandsfähiger als die hinfalligen zarten Kronblätter der beiden Reiherschnabelarten. Die Aufzucht aus Samen, die zwei Jahre lang keimfähig bleiben und etwa zwei Wochen nach der Aussaat keimen, erfordert keine besondere Mühe; die Blühwilligkeit im Freiland ist vom Spätfrühling bis Spätherbst gegeben.

Ein beachtenswerter Vorzug meines Versuchsobjektes gegenüber *Erodium*-Arten ist auch darin zu sehen, daß das Anthokyan von *S. splendens* und *S. coccinea* von KARRER 1932 bereits chemisch rein dargestellt und in seiner Konstitution aufgeklärt wurde, während die Gruppenzugehörigkeit des *Erodium*-Anthokyans und seine Konstitutionsanalyse erst ermittelt werden mußte. Der rote Farbstoff, das *Salvianin*, ist nach KARRER identisch mit dem *Monardaein*. Von KARRER 1932: 944 wird als Bruttoformel $C_{27}H_{30}O_{15}$ angegeben. Es

ist ein Diglukosid der Pelargonidingruppe unter den Anthokyanen und enthält außerdem im Molekül p-Oxyzimtsäure (1 Mol) und Malonsäure (2 Mole). Nach KARRER ist Salvianin bisher nachgewiesen nur für *Monarda didyma* (Goldmelisse), *Salvia splendens* und *S. coccinea*.

Mit lebenden Blüten wurde offensichtlich nicht experimentiert und ebensowenig ist der temperaturabhängige Farbenwechsel erwähnt!

*

Von einer Erklärung der Bedingungen für den Eintritt und Verlauf der geschilderten Farbenänderung muß ich hier absehen. Sie könnte sinngemäß erst nach eingehenden mikrochemischen, zellphysiologischen und neuen chemischen Untersuchungen gegeben werden. Vor allem wäre zu prüfen, wie sich die violetten, purpurfarbenen und weißen Blüten der erwähnten *Salvia*-Rassen bei Erwärmung verhalten, ebenso der Blüten von *Monarda didyma*, die mir nicht zur Verfügung standen. Vielleicht enthalten die violetten Blüten eine „Modifikation“ des Salvianins bereits unter natürlichen Bedingungen, also dauernd jenen Zustand, den man am Anthokyan von *S. splendens* vorübergehend durch Erwärmung erreichen kann.

Es scheint mir nach verschiedenen Beobachtungen auch keineswegs sicher, daß ein Farbumschlag anthokyanhaltiger Blüten und ebenso von Roh-Anthokyanlösungen immer und ausschließlich durch experimentell ausgelöste Änderung der aktuellen Reaktion des Zellsaftes bedingt wird. Es wäre doch ebenso möglich, daß es sich im Gegensatz zu KARRERS reinem Salvianin um kolloid-chemische Vorgänge unter Änderung des Dispersitätsgrades handelt, daß Einflüsse von geändertem Salzgehalt oder verschiedene Beimischungen organischer Stoffe im Zellsaft mit entscheidend sind.

Aus den bisherigen Beobachtungen von FITTING und meinen geht auch hervor, daß wahrscheinlich nicht eine chemische Reaktion sich abspielt, sondern Reaktionsfolgen, worauf schon FITTING 1912: 99 hingewiesen hat, wenn er von „Verschiebungen von Hydrations- und Solvatationszuständen, Komplexsalzbildungen und Hydrolysen“ spricht, dazu aber bemerkt, daß „eine Entscheidung zur Zeit unmöglich ist“. Es bleibt weiters zu untersuchen, welche Phasen chemischer oder physikalisch-chemischer Veränderungen sich bei dem Farbumschlag abspielen. FITTINGS Anspielung auf Vorgänge bei der Erregung und Erregungsleitung irgendwie gereizter Pflanzenteile ist heute nach Aufklärung wenigstens einiger Teilprozesse des Erregungsverlaufes kaum mehr anders als eine Analogie zu beurteilen.

Abschließend erinnere ich an einen Satz von MOLISCH 1921: 62. „Wenn wir bedenken, daß die Anthokyane von sehr verschiedener Art sind und in der lebenden Pflanze in verschiedener Bindung vorkommen, so finden wir es erklärlich, daß sich unter ihnen Besonderheiten

zeigen und es unter ihnen auch eines gibt, das schon *intra vitam* . . . verändert wird.“

Es bleibt nur erstaunlich, wie selten die in Rede stehende Farbenänderung vorzukommen scheint und wie wenig sie von Physiologen, Chemikern, Cytologen und Systematikern beachtet wurde.

Schriftennachweis

- BONSTEDT C. 1932. PAREYS „Blumengärtnerei“. 2. Berlin.
- EISLER M. v. & PORTHEIM L. v. 1914. Versuche über die Veränderung von Bakterienfarbstoffen durch Licht und Temperatur. Zbl. Bakteriologie etc. II, 40.
- FITTING H. 1912. Über eigenartige Farbänderungen von Blüten und Blütenfarbstoffen. Z. Bot. 4.
- KARRER P. 1932. Anthokyan. Sammelbericht in: KLEIN, Handbuch der Pflanzenanalyse. 3 (2). Organische Stoffe. Wien.
- & WIDMER R. 1929. Über Pflanzenfarbstoffe. II. u. III. Mitteil. Über das Anthokyan der Goldmelisse und Salvianin. Acta chim. helvet. 10 u. 12.
- MOLISCH H. 1889. Über den Farbenwechsel anthokyanhaltiger Blätter bei rasch eintretendem Tode. Bot. Ztg. 1889 (2).
- 1921. Über eine auffallende Farbenänderung einer Blüte durch Wasertropfen und Kohlensäure. Ber. deutsch. bot. Ges. 39.
- 1930. Als Naturforscher in Indien. Jena.
- 1931. Botanische Versuche ohne Apparate. Jena. (Besonders S. 41 bis 48).
- PORTHEIM L. v. 1914. Über den Einfluß von Temperatur und Licht auf die Färbung des Anthokyans. Anz. Akad. Wiss. Wien, math.-naturw. Klasse. 15. (Ausführliches Referat im bot. Zbl. 128: 435—436).
- 1915. Über den Einfluß von Temperatur und Licht auf die Färbung des Anthokyans. Denkschr. Akad. Wiss. Wien 91.
- VILMORIN 1875. Blumengärtnerei. Berlin.
- VOGEL S. 1950. Farbenwechsel und Zeichnungsmuster bei Blüten. Österr. bot. Z. 97. (Hier weitere Angaben über das Schrifttum zum Thema).

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Phyton, Annales Rei Botanicae, Horn](#)

Jahr/Year: 1954

Band/Volume: [5_4](#)

Autor(en)/Author(s): Gicklhorn Josef

Artikel/Article: [Die Blaufärbung der scharlachroten Blüten von Salvia splendens nach rascher kurzer Erwärmung. 315-323](#)