© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Über die Beziehungen der Anthocyanbildung zur Winterhärte der Pflanzen.

Von

G. Tischler.

In einer anregenden Studie hat Bitter[1]) vor kurzem auf das relativ häufige Vorkommen von „Dichroisten" bei den Blütenpflanzen hingewiesen und, wie schon vor ihm namentlich Korschinsky und de Vries, wahrscheinlich gemacht, daß wir es hier recht oft mit völlig samenbeständigen Rassen, mit „elementaren Arten" zu tun haben. Doch scheint bisher noch kein Fall beschrieben zu sein, wo die Rotfärbung für die Gesamtökologie der Pflanze von wesentlichem Nutzen geworden ist.[2]) Nur hat Bitter bemerkt, daß eine rotstenglige Rasse von *Xanthium italicum* Moretti „rascher wächst und eher zur Blüte und zur Fruchtreife gelangt als die grüne" und er beabsichtigt, diesem wachstumsfördernden Einfluß des roten Pigments auch bei anderen Pflanzen noch weiter nachzugehen.[3])

Bei meiner morphologisch-biologischen Bearbeitung der *Berberidaceen* in Englers Jahrbüchern[4]) habe ich darauf aufmerksam gemacht, daß mir bei dem in den Heidelberger Schloßanlagen kultivierten Exemplare von *Nandina domestica* besonders auffiel,

---

[1]) Bitter, Dichroismus u. Pleochroismus als Rassencharaktere. (Festschrift z. P. Aschersons siebzigstem Geburtstage. Berlin 1904.)

[2]) Auch Buscalioni u. Pollacci haben in ihrem jüngst veröffentlichten großen Werke (Le antocianine e il loro significato biologico nelle piante. Atti dell' istituto botanico dell' Università di Pavia. II serie Vol. VIII. p. 135—511. Milano 1904), in dem mit bewunderungswürdigem Fleiße in 866 Nummern die Literatur aufgeführt ist, einen dem hier zu beschreibenden analogen Fall nicht angegeben.

[3]) Gerade das Gegenteil, daß nämlich die roten Varietäten langsamer als die grünen wachsen, glaubte übrigens Jumelle (cit. bei Busc. u. Poll. p. 215) gefunden zu haben. Griffon wies dann das Unrichtige dieser Anschauung nach.

[4]) Tischler, Die *Berberidaceen* und *Podophyllaceen*. Versuch einer morphologisch-biologischen Monographie (Habil. Schrift. Heidelberg). (Englers Jahrbücher. Bd. 31. 1902. p. 683—684.)

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

wie die Knospen und jungen Blätter der im Frühjahr neu austreibenden Zweige leuchtend rot gefärbt sind und dies vor allem im Jahre 1901 nach einem für uns ungewöhnlich strengen Winter der Fall war.

Ich habe damals die Bemerkung unterlassen, daß die Pflanze ursprünglich einer rotblättrigen Rasse angehört, daß aber eben durch die besonders große Kälte der zweiten Winterhälfte (das Minimum betrug im Januar (5) —11,5 °, Februar (21) —15,5 °, ja noch im März (27) —5,2 °[1]) der größte Teil der oberirdischen Äste abfror und die neu austreibenden zwar noch die blutroten jungen Triebe besaßen, im übrigen aber die Rotfärbung ihrer Blätter später verloren. Wir haben hier eben einen Fall von Atavismus vor uns, der auch sonst gerade häufig durch starke Fröste hervorgerufen wird.[2]) Vollkommen ist dieser Rückschlag aber nicht, denn der grünen Rasse fehlt, wie ich erst viel später erfuhr, eine so intensive Anthocyanbildung während der Entwicklung durchaus. Übrigens zeigten auch die erwachsenen Teile doch noch überall Spuren von Rotfärbung.

Nandina ist eine in Japan endemische Pflanze. ein niedriger Strauch, der schon seit langer Zeit in Japan und China in den Gärten allgemein kultiviert wird. Der einheimische Name lautet „Nanten", und in dem bekannten gärtnerischen Buche: Honzō Zufu, das noch vor der Einführung der wissenschaftlichen Botanik in Japan verfaßt ist, haben wir 41 mit besonderen Namen bezeichnete „Varietäten" aufgeführt.[3]) Um so wunderbarer ist es. daß in all den floristischen späteren wissenschaftlichen Aufzählungen der japanischen Pflanzen beginnend mit der des alten Thunberg 1784 bis zu denen von Franchet und Savatier 1875 und Tokutaro Ito u. Matsumura 1900 von einer solchen Formenmannigfaltigkeit niemals die Rede ist[4]). Es ist nun wohl auch fraglich, ja nicht einmal wahrscheinlich, daß auch nur der größte Teil von ihnen wirklich konstante Rassen darstellt. So wird dies nach de Vries[5]) wohl nicht der Fall sein bei vielen „bunten" Formen. Aber bei einem Blick auf die Abbildungen und noch mehr bei Übersetzungen der — natürlich

---

[1]) Nach: Jahresberichte für Meteorologie und Hydrographie im Großherzogtum Baden.

[2]) Noch jüngst ist dieser Atavismus beschrieben worden von Hilbert. Über sprungweise Variation beziehungsweise Atavismus in der Pflanzenwelt. (Hier auch weitere Literatur.) (Schriften d. phys.-ökon. Ges. Königsberg. Bd. 42. 1901. p. 65.)

[3]) Einem meiner Zuhörer. Herrn Dr. Ginzo Uchida aus Tokyo, bin ich für seine liebenswürdige Übertragung der japanisch geschriebenen Namen in das lateinische Alphabet, sowie für kurz resumierende Angaben der Tafelerklärungen zu bestem Dank verpflichtet (Honzō Zufu. Abt. Sōmoku-Kinyō-Shū. Bd. 6. Teil 2. Blatt 13—18).

[4]) Dagegen sind im „Catalogus primarius" des „Fruticetum Vilmorinianum". Paris 1904 noch als besondere Rassen *N.* d. *tenuifolia* und *denudata major* und *minor* (ohne nähere Angaben unterschieden.

[5]) de Vries, die Mutationstheorie. Bd. I. p. 597. Leipzig 1901.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

noch recht primitiv gehaltenen — Erklärungen fällt es doch auf, daß der Pleochroismus eine große Rolle spielt.

Debeaux[1]) gibt an, daß *Nandina* zwar noch in Shanghai, wo die Minimaltemperatur im Winter —13 ⁰ C beträgt, gut fortkommt, aber nicht mehr in Tientsin z. B., da die hier nicht selten vorhandenen Kältegrade von —17 bis 19 ⁰ nicht mehr ertragen werden können.

Bei einem Besuche der Gartenanlagen auf der Insel Mainau im Bodensee (Pfingsten 1903) hatte ich Gelegenheit, ein Exemplar von *Nandina* zu sehen, das zu einer rein grünen Rasse gehörte. Die jungen Knospen und Blätter waren nämlich nur schwach rosa angehaucht, die älteren Blätter alle rein grün. Das Merkwürdigste an diesem vermutlich dichroistischen Paar war aber jedenfalls das, daß, wie Herr Garteninspektor Nohl mir mitteilte, alle von ihm im Laufe der Zeit kultivierten rein grünen Exemplare, und das seien im ganzen schon 100 Stück zweijährige Pflanzen und 12 ältere Exemplare, die er aus Oberitalien bezogen hätte, nicht winterhart gewesen seien und eingegangen wären; das einzige von mir gesehene Exemplar könne auch nur durch starke Bedeckung im Winter erhalten werden.

Diese Auskunft stand im strikten Gegensatz zu unseren Heidelberger Erfahrungen. Trotz der mancherlei strengen Winter war vor 1901 unser Strauch nie erheblich vom Froste mitgenommen worden, wenn auch mitunter ein Teil der Äste erfror. Durch neu ausschlagende Triebe war der Verlust aber auch in diesem ungünstigen Jahre bald gedeckt, und häufig trägt der Strauch selbst Blüten und Früchte.

Die Minimal-Temperaturen für Mainau und Heidelberg sind dabei annähernd gleich. Um überhaupt einmal in einer botanischen Zeitschrift anzugeben, welches die niedrigsten Kältegrade in den beiden am günstigsten gelegenen größeren Gärten Deutschlands[2]) in den einzelnen Wintern sind, mögen folgende Zahlen genannt sein:[3])

vom Winter 97/98 bis zum Winter 02/03 waren sie für Heidelberg —8,1 ⁰ (Dez.), —7,5 ⁰ (März), **—11,7** ⁰ (Dez.), **—15,5** ⁰ (Febr.), —4,8 ⁰ (Dez.), —10,5 ⁰ (Dez.) und für Meersburg nahe bei Mainau: —7,6 ⁰ (Febr.), —10,2 ⁰ (Febr.), — **12,2** ⁰ (März), — **15,8** ⁰ (Jan.), —6,7 ⁰ (Febr.), **—11,8** ⁰ (Jan.).

Bei einem Besuche der großen Baumschule in Plantières bei Metz zeigte mir Herr Jouin, der Verwalter der „Pépinière Si-

---

[1]) Debeaux. Contributions à la flore de la Chine. (Act. de la soc. Linnéenne de Bordeaux. Sér. 4 T. III. 1879. ref. B. Jahrb. 1879. II. p. 465.)

[2]) In beiden Gärten werden seit einer Reihe von Jahren Versuche über die Winterhärte, namentlich von immergrünen Hölzern angestellt; über die Erfahrungen aus Heidelberg siehe die jährl. Berichte der D. dendrologischen Gesellschaft von Pfitzer.

[3]) Jahresberichte für Meteorologie u. Hydrographie etc. Leider sind für die Insel Mainau selbst keine Angaben vorhanden. Ich habe daher die Zahlen aus dem unmittelbar daneben gelegenen Meersburg gesetzt. Für die Mainau dürften sich die Temperaturen noch ein wenig günstiger stellen.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

mon Louis frères", ein Exemplar von *Nandina*, das selbst bis zu —18 ° C. ertragen hat. Dies gehörte auch wieder wie unser Heidelberger, der anthocyanreichen Rasse an! Auch fragte ich noch, um die Erfahrungen einer großen mittelfranzösischen Baumschule, in der winterharte *Nandinen* verkauft werden, mit unsern vergleichen zu können, bei Herrn Barbier in Orléans an und erhielt die liebenswürdig erteilte Antwort, daß alle von ihnen kultivierten *Nandinen* „les feuilles rougeâtres" hätten und dort winterhart wären.

Daß es sich bei den roten und grünen Formen der *Nandina* nicht nur um Standortsvarietäten handle, beweist außer den Angaben der Baumschulen auch noch ein Versuch, den Herr Nohl die Güte hatte auszuführen. Er berichtet darüber im Nov. 1904: „Ich habe mir dieses Frühjahr wieder drei *Nandina* schicken lassen und zwar diesmal aus Orléans, und die jungen Blätter dieser Pflanzen sind, ganz übereinstimmend mit Ihren Erfahrungen, noch jetzt (15. Novbr.) schön rot gefärbt, während bei meiner älteren Pflanze aus Italien die jüngsten Blattriebe grün, die halbentwickelten Blätter nur blaß rötlich sind."

Auch der etwa zu erhebende Einwand, daß die Decke im Winter bei der grünen Rasse nur die sonst vielleicht im Frühjahr eintretende Anthocyanbildung unterdrückt hielte, wird hinfällig, da mir Herr Nohl weiterhin schrieb: „Auf Ihre Anregung hin nahm ich dieses Frühjahr von der *Nandina* die Decke schon Mitte März weg, als von einem Triebe noch nichts zu sehen war; trotzdem bemerkte ich, daß die jungen Blätter nur leicht rötlich waren, als sie sich entfalteten[1])."

Nun war die grüne Rasse stets aus Italien bezogen worden. Daß aber auch hier wie in den übrigen Mittelmeerländern, wo die Pflanze kultiviert wird, es meist die rote Rasse ist, geht aus einem Briefe des Herrn Dr. Dieck-Zöschen hervor, der mir auf eine Anfrage berichtete, daß er sowohl in Sizilien, Spanien, Portugal wie auch in Tunis, Algier und Marokko sich nur entsinne, die rote Varietät gesehen zu haben. Also wir dürfen auch nicht etwa schließen, daß alle in Frankreich und Deutschland kultivierten Individuen infolge ihres nördlichen Standortes in ihren Organen besonders viel Anthocyan entwickelten, dagegen alle im Süden gewachsenen grün blieben. — Wir haben es vielmehr nach den übereinstimmenden Berichten der praktischen Botaniker mit zwei samenbeständigen Rassen zu tun, die sich aus „inneren Ursachen" als solche entwickelt haben, und von denen eben meist nur die rote Rasse kultiviert wird. Das Interessante und wie ich glaubte Neue unserer eben mitgeteilten Erfahrungen besteht nun darin, daß die eine — nämlich die pigmentreiche — mit dem Auftreten des Blattrotes gleichzeitig die Fähigkeit erworben hat, tiefere Temperaturen zu ertragen, als die andere, rein grün gebliebene.

[1]) Dies habe ich jetzt gleichfalls bei der grünen Rasse gesehen (April 1905).

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Doch wenn auch eine Tatsache von der wissenschaftlichen Botanik noch nicht beachtet wurde, so pflegen häufig schon gärtnerische Praktiker damit völlig vertraut zu sein. Um nun vielleicht noch Analoga zu unserem Falle erfahren zu können, schrieb ich an zwei Botaniker, die als Leiter von großen Gärten häufig mit der Praxis in Berührung kommen, mit der Bitte um Auskunft; es waren dies Exz. Fischer v. Waldheim in St. Petersburg und der schon einmal genannte Herr Dr. Dieck, Besitzer des „National-Arboretums" in Zöschen bei Merseburg. Beiden Herren bin ich für die liebenswürdig erteilte Antwort zu großem Danke verpflichtet. Der erstere schrieb:

„Über die Widerstandsfähigkeit gegen Winterkälte von der Blutbuche — *Fagus sylvatica atropurpurea* ist mir von glaubwürdiger Seite mitgeteilt worden, daß dieselbe in der Nähe der Stadt Reval im Park zu Schloß Fall prächtig gedeiht, wo große, sehr alte Exemplare stehen, während die typische grüne Art die Winter dort nicht aushält. Ein ähnlicher Fall mit der Blutbuche ist in Dorpat, wo im Garten des „Handwerker-Vereins" ein 4—5 Meter hohes Exemplar steht, vor länger als 30 Jahren angepflanzt ist und üppig gedeiht, während die Anpflanzungsversuche mit der gewöhnlichen Art immer mißglückten und die Exemplare bis auf die Schneedecke zurückfroren."

Herr Dr. Dieck schrieb mir folgendes:

„Daß rote Varietäten härter sind als grüne Stammformen, kommt auch anderweit vor. So ist z. B. der rote *Acer polymorphum* bei mir absolut hart und erträgt selbst —25 ⁰ R (also $31^1/_4$ ⁰ C), während die grünen Varietäten schon bei ca. 20 ⁰ R. (also 25 ⁰ C) zurückfrieren. Vielleicht ermöglicht die starke Ablagerung roten Farbstoffes in meinem *Malus Niedzwetzkyana* gleichfalls, daß er im westlichen Sibirien noch hoch hinauf sich wild vorfindet. Auch *Prunus Pissardi*, die rote Form des *Prunus cerasifera* aus Persien ist bei Petersburg noch hart. Die roten Pfirsiche habe ich hier auch noch nicht abfrieren sehen. Endlich ist es eine mit rötlichen Trieben und Blättern versehene *Rubus*art, *R. Melanolasius*, die in Brit. Nordamerika von allen *Rubus*-Arten am weitesten nach Norden geht."

Zu den letzten Ausführungen wäre noch zu bemerken, daß Wulff[1]) ganz allgemein bei Pflanzen der Polarländer, Kerner v. Marilaun[2]) bei solchen der Alpengipfel ein häufiges Auftreten von Anthocyan konstatiert hat. Wir kommen darauf noch weiter unten zurück.

Herr Prof. Saposhnikov, Direktor des botanischen Gartens der Universität Tomsk, war außerdem so freundlich, auf eine diesbezügliche Anfrage mir mitzuteilen, daß er noch keine Er-

---

[1]) Wulff. Botanische Beobachtungen aus Spitzbergen. Lund 1902. cit. Küster. Pathologische Pflanzenanatomie. p. 58. Jena 1903.

[2]) Kerner v. Marilaun. Pflanzenleben. Bd. I. p. 364 — 365 Leipzig 1888.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

fahrungen in bezug des Aushaltens roter Rassen im Winter habe, doch wolle er auf meine Anregung hin Versuche darüber anstellen. Hier liegen offenbar sehr günstige klimatische Verhältnisse für unsere Frage vor, wie aus folgender Stelle des Briefes von Herrn Prof. Saposhnikov hervorgeht: „Wir haben in Sibirien überhaupt sehr wenige Laubhölzer, nur Birken, Pappeln u. Weiden. Breitblättrige Baumformen, welche im botanischen Garten akklimatisiert sind, gehen sehr schlecht fort; *Acer*- und *Ulmus*-Formen frieren z. B. jeden Winter ab.“ Ein günstiges Versuchsobjekt wäre vielleicht *Acer platanoides* resp. dessen rote Rasse *Acer Schwedleri* (von welcher Heidelberger Samen nach Tomsk geschickt sind); beide sind in St. Petersburg noch winterhart.

Ich glaube, es ist somit unzweifelhaft festgestellt, daß zum mindesten in einigen Fällen die „rote Varietät“ winterhärter ist als die „grüne.“ (Ich wage nach den wenigen Beispielen allerdings nicht zu behaupten, daß dies allgemein zutrifft.) Diese Tatsache ist von erheblichem pflanzengeographischen Interesse, ebenso wie sie für die Lehre von dem Entstehen neuer Arten Wichtigkeit erhält. Nehmen wir mit de Vries an, daß die roten samenbeständigen, elementaren Arten wohl auf dem Wege der Mutation entstanden sind, so fällt der etwa als möglich anzusehende Satz: Die Pflanzen hätten sich durch das Hervorbringen von rotem Pigment dem Klima „angepaßt“, von selbst. Daß mitunter der Standort Rotfärbung hervorrufen kann, werden wir besonders bei Besprechung der Kerner'schen Versuche sehen; doch sind die auf solche Weise entstandenen Arten nicht samenbeständig und haben nichts mit unseren zu tun. Wir bleiben vielmehr dabei, daß aus uns zunächst „unerklärlichen“ Gründen einmal oder öfter sich „mit einem Sprunge“ die Fähigkeit der Rotfärbung in allen oberirdischen Teilen eingestellt habe; daß die roten Formen den grünen gegenüber im Vorteil sind, was Ertragen von tiefen Temperaturen anlangt, wird dann erst sekundär von Bedeutung. De Vries betont noch ganz ausdrücklich,[1]) daß durch Akklimatisation allein wohl keine neuen elementaren Arten hervorgegangen seien.

Die Frage, die sich für uns nun ergibt, wie hängt das Auftreten von Anthocyan und das Ertragen tieferer Temperaturen mit einander zusammen, ist durchaus nicht einfach zu lösen. Wir hätten dabei folgende beiden Möglichkeiten zu erwägen.

Entweder kann das Anthocyan direkt auf die Frosthärte einwirken (etwa als Schutz gegen die Kälte oder auch zu intensive Beleuchtung), oder es wird zugleich mit der Rotfärbung der Organe eine andere Ausbildung oder Verteilung der Nährstoffe hervorgerufen und dies ist dann der für unsere Frage bedeutsame Faktor.

---

[1]) l. c. I. p. 71.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Die über das Anthocyan handelnden Arbeiten sind in dem sehr verdienstvollen Werke von Buscalioni und Pollacci[1]) vor kurzem erst zusammengefaßt. Außerdem lehren uns auch einige Handbücher[2]) der letzten Jahre die Wichtigkeit und Bedeutung der Rotfärbung kennen. Allerdings ist noch nirgends eine befriedigende Erklärung gegeben worden und, wie ich gleich vorwegnehmen will, sollen auch in vorliegender Abhandlung zunächst nur die bislang gefundenen Resultate sine ira et studio beleuchtet werden.

Darf man also, um nun mit unseren Erwägungen zu beginnen, das Anthocyan als direkten Schutz gegen die Kälte auffassen? Stahl[3]) hat bekanntlich gezeigt, daß das rote Pigment die Fähigkeit besitzt, die einfallenden Licht- in Wärmestrahlen umzusetzen. Aber ein dauernder Wärmeschutz kann damit nicht verbunden sein, da der erhöhten Absorption von Wärmestrahlen auch eine gesteigerte Emission entspricht.

Nun könnte man aber meinen, daß in den anthocyanreichen Zellen eben durch den gelösten Farbstoff ein erhöhter osmotischer Druck herorgerufen wird, der gegen die niederen Temperaturen schützend wirkt. Eine solche Vermutung ist auch[4]) ausgesprochen worden. Aber einmal würde dies gerade nach den Ausführungen von Mez[5]) eher schaden als nützen und dann wissen wir aus Pfeffers Pflanzenphysiologie[6]), daß selbst eine starke Erhöhung der Turgeszenz der Zellen nur eine minimale Herunterdrückung des Gefrierpunktes veranlaßt. Schon die Erfahrungen von Buscalioni und Pollacci[7]) sprechen dabei kaum für eine nennenswerte Erhöhung des osmotischen Druckes. Auch ich kann gleiches für *Nandina* anführen. Versetzte ich dünne Blattquerschnitte in eine 2,5 % KNO_3-Lösung, so sah ich allerdings, daß dabei die Schwammparenchymzellen bereits plasmolysiert wurden, bei den das rote Pigment führenden Palisadenzellen dagegen noch keine Plasmolyse erfolgte; diese trat vielmehr erst bei 3 % Lösung ein. Aber einmal ist diese Konzentrationserhöhung des Zellsaftes in letzteren recht unbedeutend und dann sah

---

1) l. c.

2) Kohl, Untersuchungen über das Carotin. Leipzig 1902. Küster, l. c. p. 38, 58; Berthold, Untersuchungen zur Physiologie der pflanzlichen Organisation. II. 1. p. 78 ff. Leipzig 1904; Haberlandt, Physiologische Pflanzenanatomie. 3. Aufl. p. 108. Leipzig 1904; Czapek, Biochemie der Pflanzen. I. p. 468. Jena 1905.

3) Stahl, Über bunte Laubblätter. (Ann. du Jard. bot. du Buitenzorg. Vol. XIII. 1896.)

4) Busc. u. Poll. l. c. p. 209: „Forse con più ragione si può ammettere col Göppert, che l'antocianina abbia lo scopo di abbassare il punto di congelazione."

5) Mez, Neue Untersuchungen über das Erfrieren eisbeständiger Pflanzen. (Flora. Bd. 94. 1905.)

6) Pfeffer, Pflanzenphysiologie. Bd. II. p. 313. Leipzig 1904.

7) Busc. u. Poll. l. c. p. 387. Denn daß in den roten Zellen „il coefficiente osmotico presenta un valore alquanto (v. m. gesp.) più elevato" als in den anthocyanarmen, besagt natürlich nicht viel.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

ich auch, daß bestimmte anthocyanerfüllte Zellen des Schwammgewebes in der Nähe der Gefäßbündel bei 2,5 % schon Plasmolyse zeigten.

Wenn das Anthocyan demnach ohne Bedeutung als Kälteschutz ist, so hat man doch daran gedacht, daß es einen Schirm gegen allzu intensives Licht abgeben könne. So glaubte wenigstens Kerner v. Marilaun[1]) seine Funde erklären zu dürfen, daß von all den Tieflandpflanzen, die er in seinem Alpengarten in einer Höhe von 2195 m kultivierte, nur diejenigen gut fortkamen, die hier Rotfärbung annahmen, (z. B. *Satureja* im Gegensatz zu *Linum*). Und für diese Lichtschirmtheorie ist sodann noch namentlich Kny[2]) eingetreten.

Doch mußte diese Theorie fallen, seitdem Engelmann[3]) gezeigt hat, daß gerade die für die Assimilation wesentlichen Strahlen ungehindert das Anthocyan passieren und die absorbierten Strahlen umgekehrt ohne wesentliche Bedeutung für die Photosynthese sind. Neuerdings neigen allerdings sowohl Berthold[4]) als auch Buscaliom u. Pollacci[5]) dazu, sie für einen gewissen Umfang wenigstens bestehen zu lassen. Und die Angaben von Müller-Thurgau[6]), daß starke Besonnung im Winter von Nachteil für die Pflanzen ist, sind wie ähnlich lautende Beobachtungen vieler Praktiker wohl auch noch nicht genügend gewürdigt.

Aber das Résumé der beiden italienischen Autoren auf pag. 277 ihres Werkes, daß das Anthocyan „avrebbe in certi casi indubbiamente[7]) la funzione di proteggere, a guisa di schermo o di filtro colorato, i cloroplasti da un'eccessiva radiazione" ist jedenfalls z. Zt. noch unberechtigt.

Dabei bleibt doch die Tatsache durchaus bestehen, daß speziell niedere Temperaturen[8]) und Licht die Anthocyanbildung hervorzurufen vermögen oder doch wenigstens Stoffe, die ihrerseits das Entstehen des Pigments bedingen. Aber diese Regel gilt nicht ausnahmslos. Unter gewissen Umständen können gerade hohe Temperaturen das Auftreten des Anthocyans begünstigen[9]). Ferner sah Zopf[10]) in den lebenslang dem Licht entzogenen Wurzeln von *Parietaria diffusa* den roten Farbstoff

---

[1]) Kerner v. Marilaun, l. c. p. 364—365.

[2]) Kny, Zur physiologischen Bedeutung des Anthocyans. (Atti del Congr. bot. internaz. 1892).

[3]) Engelmann, cit. bei Stahl l. c. p. 149—150.

[4]) Berthold, l. c. II. p. 83.

[5]) Busc. u. Poll., l. c. p. 205—206.

[6]) Müller-Thurgau, Über das Gefrieren und Erfrieren der Pflanzen. II. Tl. (Landw. Jahrb. Bd. 15. 1886. p. 510—512.)

[7]) gesperrt von mir.

[8]) Wir brauchen nur an die bekannte Rotfärbung vieler immergrüner Blätter im Winter zu denken!

[9]) Busc. u. Poll., l. c. p. 210—211.

[10]) Zopf, Über die Gerbstoff- und Anthocyanbehälter der *Fumariaceen*. (Bibl. botan. Bd. I. 1886. Heft 2. p. 29.)

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

erscheinen; gleiches gilt für *Beta vulgaris*. Und Berthold[1]) erwähnt, daß die Blattscheiden von *Zea Mays* „eine quer oder vielmehr schräg verlaufende Bänderung" erkennen lassen, „die den bei Tage und Nacht entstandenen Zuwachszonen entspricht. Die bei Nacht hervorgetretenen haben dauernd mehr Farbstoff"[2]).

Da wir somit nicht den Nutzen uns erklären können, welchen das Anthocyan an sich für die Winterhärte der Pflanzen hat, so hätten wir die zweite oben ausgesprochene Möglichkeit zu erwägen. Finden sich in den roten und grünen Rassen etwa Verschiedenheiten in der Verteilung der Nährstoffe? Zu diesem Zwecke wollen wir bei den vier Dichroistenpaaren, die mir von den vorher genannten hier in Heidelberg zur Verfügung standen, nämlich *Prunus cerasifera*, *Acer palmatum (= A. polymorphum)*, *Fagus silvatica* und endlich *Nandina domestica*, genauere Untersuchungen vornehmen, wie in der kritischen Zeit, also im Winter, die Nährstoffe in Zweigen und Winterknospen verteilt sind. Solche Forschungen haben schon A. Fischer[3]), namentlich aber Berthold[4]) und seine Schüler für eine Reihe von Pflanzen angestellt. Im Gegensatz zu ihnen kommt es uns nicht auf die Unterschiede an, die in den einzelnen Jahreszeiten dabei vorhanden sind, sondern gerade nur auf die Verteilung im Winter.

Es wurden stets nach Möglichkeit gleich starke und gleich alte (ein- oder zweijährige) Zweige miteinander verglichen, die Schnitte dabei etwa aus der Mitte der Internodien, nicht weit von der Spitze des Triebes entfernt, aber nie unmittelbar an dieser selbst und schon immer weit im ausgewachsenen Gewebe genommen. Weiterhin muß ich hier noch bemerken, daß ich mich auf Konstatierung des Vorkommens von Stärke, Zucker, Gerbstoff und Fett, wie genannte Autoren, beschränkte. Für diese kennen wir ja bereits vorzügliche mikrochemische Nachweis-Methoden[5]).

1. *Prunus cerasifera* u. *Pr. Pissardi*.

Der Stamm besitzt unter der Korkschicht ein Rindenparenchym, dessen äußerste Zellreihen mit Chlorophyllkörnern versehen sind. Den folgenden fehlen diese; hier fallen aber beträchtliche Mengen von Kalkoxalatdrusen auf; das Gewebe ist

---

[1]) Berthold. l. c. II. p. 12. Siehe auch namentlich die Angaben auf p. 190, sowie Pfeffer. l. c. Bd. I. p. 497.

[2]) Hier wäre auch noch daran zu denken, daß vielleicht doch am Tage gewisse chromogene Substanzen in den betreffenden Organen erworben werden. Siehe dafür Beispiele bei Buscalioni u. Pollacci, p. 202 ff.

[3]) Fischer, A., Beiträge zur Physiologie der Holzgewächse. (Pringsheims Jahrbücher. Bd. 22. 1891.)

[4]) l. c. Bd. I. II.

[5]) Jod, Kupfersulfat und kochende Kalilauge (freilich sollen, wie neuerdings angegeben wird, die damit erhaltenen Resultate nicht eindeutig sein), $K_2Cr_2O_7$ und Alkanna-Tinktur.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

ziemlich locker. Auf die Gefäßbündelzone folgt ein Mark mit deutlicher Differenzierung einer besonderen „Markgrenze".

Stärke fehlt der ganzen äußeren Rinde im Winter, nur hier und da sieht man größere und kleinere Körnchen in geringer Zahl. Dagegen sind die Markstrahlen und die Markgrenze sehr stärkereich, während das Markinnere sich nicht mit Stärke angefüllt hat. Nur einmal sah ich dicht unterhalb einer Winterknospe die Speicherung auch etwas weiter nach innen vorgeschritten. (Merkwürdigerweise fehlte mehrjährigen Asten die Stärke zuweilen auch an der Markgrenze.) — In den Holzzellen findet sich gewöhnlich keine Stärke, außer in den an die Markgrenze anschließenden Partien, die allerdings meist ganz angefüllt waren.

Zucker wurde ziemlich viel in der äußeren Rinde gefunden, ebenso in den Markstrahlen und in dem Holze; dagegen fehlte er völlig dem Mark.

Gerbstoff war ungewöhnlich viel in der äußeren Rinde. Eisenchlorid färbte sie insgesamt tiefschwarz, mit Kaliumbichromat war die Verteilung des Tannins besser zu sehen, Markstrahlen und -Grenze wiesen gleichfalls viel Gerbstoff auf, während im Markinnern nur wenige bestimmte Zellen solchen enthielten.

Fett fehlte der Rinde und den Markstrahlen fast völlig; nur das Plasma wurde mit Alkanna-Tinktur schmutzig-rot gefärbt. Im Marke zeigten sich dagegen winzige Tröpfchen in dem charakterischen Hellrot.

Auch von den Winterknospen will ich kurzgehaltene Angaben machen. Auf eine Reihe Tegmente folgen die jungen Blattanlagen. Stärke findet sich im Dezember sowohl in den Deckblättern als auch — nicht übermäßig viel — etwas unterhalb des Vegetationskegels, ebenso neben den gerade angelegten Gefäßbündelsträngen, die in die jungen Blätter hineingehen. Zucker sah ich etwas in den innersten Tegmenten, auch stellenweite in den Laubblättern, immer aber nur wenig. Gerbstoff ist besonders viel in der Epidermis sowie in vielen Mesophyllzellen der Knospenschuppen enthalten, findet sich aber auch in den jungen Blättern, vorzugsweise in der Epidermis und neben den Gefäßbündeln. Fett sah ich in winzigen Tröpfchen etwas mehr dicht unterhalb des Vegetationspunktes, sonst nur spurenweise. Die Verteilung des Kalkoxalates interessiert uns nicht besonders für unsere Frage, trotzdem mag hervorgehoben werden, daß, abgesehen von dem „Oxalatnest" A. Fischers, in den Tegmenten recht viel Drusen abgelagert waren.

Prunus Pissardi unterscheidet sich anatomisch nicht von der grünen Rasse. Nur führen auch in den Zweigen die äußersten Schichten Anthocyan und darauf folgen noch ein bis zwei mit einem nur gelblich gefärbten Zellsaft.

Die Verteilung der Nährstoffe war im wesentlichen die gleiche. Aber ich fand die Stärke im Mark ausnahmslos auf die Markgrenze beschränkt, hier fehlte sie in den von mir ge-

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

sehenen Schnitten dann aber niemals. Vor allem fiel mir auf, daß erheblich mehr Fetttröpfchen und auch viel größere in den Zellen des Markes lagen; auch war das Rindenplasma mit Alkannin dunkler gefärbt. (Ich halte es nicht für überflüssig, zu bemerken, daß das Material von beiden Rassen gleiche Zeit in der gleichen gesättigten Alkannin-Lösung gelegen hatte.)

Bei den Winterknospen trat als Unterschied gegen vorige nur die reichlichere Ausbildung von Anthocyan in den Tegmenten hervor; auch die jungen Blätter- und Blütenanlagen hatten gewisse pigmentreiche Zellen. Zu bemerken ist vielleicht noch besonders, daß der Tanningehalt in beiden Rassen annähernd derselbe war.

2. *Acer palmatum (polymorphum).*

Schon Berthold[1]) hat über *Acer Pseudoplatanus* ausführlich berichtet, worauf ich zum Vergleiche mit unserer Art verweisen will.

Korkbildung fehlte noch den von mir untersuchten Zweigen: auf eine mit dicker Cuticula versehene Epidermis folgten einige Schichten Collenchym, das dann in gewöhnliches Rindenparenchym überging. Vor dem Phloëm befinden sich mächtige Sklerenchymfaserbeläge. Das Mark zeigt eine schön abgesonderte Markgrenze; außerdem fallen gewisse stärker verdickte mit reichem Inhalt versehene Zellen in ihm auf, die es meist in unregelmäßigen Strängen durchsetzen.

Im Gegensatz zu *Prunus* fand ich regelmäßig in den alleräußersten Zellschichten Stärke angehäuft. Diese war auch nicht verschwunden, als am 1. und 2. Januar eine sehr starke Kälte plötzlich einsetzte (Minimum ca. — 15° C.!). Dagegen fand sich im übrigen Parenchym nur ganz gelegentlich ein Stärkekorn vor. Markstrahlen, Markgrenze sowie die eben näher bezeichneten stärker verdickten Zellen des Markinnern waren in ziemlicher Menge mit Amylum erfüllt. Auch führten einige Ersatzfasern des Holzes Stärke, aber niemals besonders viel.

Zucker wurde nur wenig konstatiert; er fand sich in der Rinde, etwas mehr in Holz und Markstrahlen in geringem Maße und wechselnder Verteilung.

Gerbstoff war leicht in der Rinde in ziemlicher Quantität nachzuweisen, auch Markstrahlen, Markgrenze und die stärkeführenden Zellen im Marke ließen mit $K_2 Cr_2 O_7$ gut Tanninreaktion erkennen.

Fett endlich wurde nach 15stündigem Einlegen der zuvor gespaltenen Zweigstücke in konz. Alkanninlösung in meist winzig kleinen, manchmal auch ein wenig größeren Tröpfchen allenthalben im Mark gesehen. Auch manche Holzzellen führten etwas Fett. Sonst schien es ganz zu fehlen.

---

[1]) Berthold, l. c. I. p. 102 ff., p. 111 ff.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Von den Winterknospen wäre zu erwähnen, daß Stärke unterhalb des Vegetationskegels und längs den Nerven der jungen Blätter abgelagert war, Gerbstoff desgleichen in Mengen in der Epidermis der Knospenschuppen, aber auch sonst im Mesophyll, oft in Reihen von Zellen, auch unter dem Vegetationskegel in der Nähe des „Oxalatnestes". Fetttröpfchen sah ich — sie schienen hier ohne große Bedeutung — in den Tegmenten, auch sonst spurenweise, dagegen wieder mehr am Vegetationspunkte. Merkwürdig war mir nur, daß in den Haaren, die die jungen Blätter zum Schutze in großer Menge umgeben, ziemlich reichliche Fetteinlagerungen vorhanden sind. Auch Zucker wurde nur hier und da konstatiert[1]).

Die rote Rasse zeigte natürlich im großen und ganzen ein ähnliches Verhalten in der Verteilung der angegebenen Nährstoffe, aber es machte den Eindruck, als ob die Ernährung eine bessere gewesen war, denn die Reservestoffe, vor allem die Stärke, waren in größerer Menge vorhanden. Was letztere angeht, so wiesen namentlich die Ersatzfasern des Holzes viel mehr von ihr auf; auch im Marke war die Stärkeansammlung eine reichlichere.

Epidermis und die äußersten Collenchymschichten führten hier wieder, wie auch die rote Rasse von *Prunus*, Anthocyan: die Stärkequantität dieser Zellen war gleich der in den entsprechenden der grünen Varietät.

Bei den Winterknospen wäre nur etwa hervorzuheben, daß sich in den Tegmenten viel rotes Pigment, namentlich in deren Epidermis abgelagert findet.

3. *Fagus silvatica.*

Die beiden Rassen der Buche konnte ich um den 10. Januar untersuchen. Es ist bekannt, daß die Blutbuche häufig Äste ausbildet, die mehr oder weniger rein grün sind. Ebenso soll oft aus den Samen die grüne Rasse hervorgehen; doch spricht de Vries[2]) die Vermutung aus, daß dies Resultat vielleicht durch unbeabsichtigte Kreuzung mit Pollen von der grünen Form erzielt sein könne.

Ich wählte natürlich Zweige von möglichst rein roten Formen. Trotzdem sah ich nicht, daß, wie bei *Prunus* und *Acer*, die äußersten Zellschichten Anthocyan führten.

Über den anatomischen Bau der Buche finden wir ausführliche Angaben bei de Bary[1]).

Stärke war ziemlich viel im ganzen Marke, das aus gleichförmigen Zellen besteht, ebenso in den Markstrahlen und den

---

[1]) Siehe dagegen Berthold, l. c. I. p. 107 für *Acer pseudoplatanus*: Zucker reichlich im oberen Teile der Knospenschuppen. — Für diesen Ahorn findet sich eine detailliertere Beschreibung des Verhaltens der Winterknospen in Bd. II. p. 212—213.

[2]) de Vries, l. c. I. p. 139,

[3]) de Bary, Vergleichende Anatomie der Vegetationsorgane. Leipzig 1877.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Ersatzfasern des Holzes. Der Rinde schien sie völlig zu fehlen.

Zucker konnte ich sehr viel in der Rinde und dem Phloëm, weniger im Holze nachweisen, im Marke nur in etwas größeren Quantitäten an der Markgrenze.

Gerbstoff lag viel in der äußeren Rinde, den Markstrahlen und im Marke. Dabei konnte man hier gut sehen, daß gerade in denselben Zellen davon viel angesammelt ist, in welchen auch viel Stärke war. In meist ziemlich geringem Maße und nur stellenweise hatte die Tanninreaktion in den Ersatzfasern des Holzes Erfolg.

Was das Fett anlangt, so wurden zwar durch Alkannin im Plasma der Mark- und Rinden-Zellen winzig kleine Tröpfchen in großer Menge gefärbt, doch waren diese nur schmutzig rot, hatten also nicht die typische Fettfarbe wie z. B. bei *Prunus Pissardi*. Die fettähnlichen Substanzen, die so das Plasma durchsetzen, sah ich häufig in solcher Menge, daß z. B. in den stärkeführenden Zellen die Stärkekörner in den Maschen eines rotkörnigen Gerüstes zu liegen schienen.

Von den Winterknospen wäre als auffällig die große Zahl von Tegmenten hervorzuheben, deren Zellen fast ohne jeden Inhalt sind. Sie kommen für die Nahrungsspeicherung somit gar nicht, vielmehr nur für den Schutz der jungen Blätter in Betracht. Von Inhaltsstoffen fielen nur Kalkoxalatkrystalle auf.

Wie auch bei den anderen der untersuchten Winterknospen findet sich Stärke wieder ziemlich viel ein Stück unterhalb des Vegetationspunktes, oft zusammen mit Oxalatdrusen in derselben Zelle; ebenso wie in den allerinnersten Tegmenten (nur sehr wenig) und etwas in den Blattanlagen. Die Blätter sind übrigens durch ungewöhnlich viele Haare geschützt, so daß sie von außen starken Sammetglanz aufweisen. Zucker war kaum vorhanden, merkwürdigerweise erhielt ich regelmäßig kleine Cu_2O-Kryställchen in den Haaren nahe ihrer Basis; gerbstoffführende Zellen sah ich stellenweise in den jungen Blättern, Fett wie bei den vorigen beiden Arten.

Bei der roten Rasse fällt wieder auf, daß erheblich mehr Stärke im Marke angesammelt ist als bei der grünen. Die Zellen strotzten förmlich davon. Mit Jod erhielt man meist eine fast gleichmäßige schwarze Färbung. Dabei war der Unterschied so stark ausgeprägt, trotzdem ich natürlich Sorge trug, von der grünen Rasse Zweige zu nehmen, die unter möglichst guten Belichtungsverhältnissen gewachsen waren.

Von der Verteilung der übrigen Nährstoffe in Stamm oder Winterknospe wäre nichts zu erwähnen. Auf die Tatsache, daß einzelne Zellen der Rinde ganz auffallend viel Zucker enthalten, darf man nicht viel Gewicht legen, weil die Mengen überhaupt sehr unregelmäßig sind.

Jetzt wollen wir endlich zu der Pflanze übergehen, die unseren Ausgangspunkt bildete, nämlich zu

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

4. *Nandina domestica.*

Leider sind, wie wir gleich sehen werden, die Untersuchungen hier nicht lückenlos[1]). Mir standen zur Verfügung:

a) grüne Rasse (von Pallanza),
b) ehemals rote, durch Abfrieren der früheren Zweige und Wiederausschlagen grün gewordene Rasse (von Heidelberg).
c) rote Rasse (von Orléans),
d) rote Rasse (von Pallanza).

Gleich von der grünen Rasse von Pallanza konnte ich den Stamm nicht auf die Verteilung der Nährstoffe untersuchen, da an dem einzigen Exemplare nur ein Hauptstamm ohne jede Seitenzweige war, den ich nicht opfern wollte.

Die Blätter waren rein grün, mit nur stellenweise rötlichem Tone. Eine mikroskopische Untersuchung ergab, daß nur wenig anthocyanführende Epidermiszellen vorhanden waren. Den Palisaden fehlte dagegen der rote Farbstoff. Die Assimilation ist im Winter nur sehr gering und die Nährstoffverteilung im Stamm muß bei Eintritt der kalten Jahreszeit ziemlich beendigt sein. Wenigstens zeigten mir die Blätter, die ich auf das Vorhandensein von Stärke untersuchte, nachdem ich den Chlorophyllfarbstoff durch Alkohol ausgezogen und sie dann für ca. 15 Stunden in eine Jodlösung getan hatte, nur ganz vereinzelte Körner, gleichgültig ob ich die Blätter am Mittage oder in den späteren Nachmittagsstunden einlegte. Auch Zucker wurde nur spurenweise gesehen, etwas reichlicher nur um die Gefäßbündel und in den Schließzellen der Spaltöffnungen. Dagegen fand sich Gerbstoff in ziemlich viel Palisaden- und Epidermiszellen: dabei waren die Nachbarzellen oft ohne Tannin. Von dem Schwammparenchym fielen nur wenige Zellen durch ihren Gerbstoffreichtum auf.

In den starken, äußerlich wie Seitenzweige aussehenden Blattstielen, fand ich ziemlich viel Zucker im Marke, Stärke nur wenig an der Markgrenze.

Unsere Heidelberger *Nandina* aus den Schloßanlagen zeigte an starken Seitenzweigen Mitte Dezember bestenfalls in allen Zellen des homogenen Markes etwas Stärke, die aber nie das ganze Lumen erfüllte; auch in den Markstrahlen war ihre Menge nicht sehr groß, in dem Holze fehlte sie beinahe ganz. In einem anderen Falle mangelte die Stärke fast völlig, dafür war überall auch im Marke sehr reichlich Zucker, d. h. die Verhältnisse lagen hier ganz ähnlich und dieser Zweig entsprach physiologisch dem vorhin geschilderten Blattstiele. Sonst, wenn nämlich Stärke im Marke war, wurde Zucker in geringeren Mengen nur im Holz, in den Markstrahlen, etwas mehr in der äußeren

[1]) Vielleicht kann ich in einigen Jahren auf die Erfahrungen, die wir mit den erst im letzten Sommer und Herbst bezogenen Pflanzen machen werden, zurückkommen. Bezüglich des genauen anatomischen Verhaltens s. Citerne, Berbéridées et Erythrospermées. Thèse. Paris 1892.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Rinde nachgewiesen. Mehr Zucker fand sich auch hier wieder in den Blattstielen.

Sodann existieren in der äußeren Rinde bestimmte stark tanninhaltige Zellen, vor allem in der Fortsetzung der Markstrahlen im Phloëm. Fett war nur spurenweise in Holz und Mark.

Die Blätter unterschieden sich, soweit ich sah, nur in der Dicke von der grünen Rasse aus Pallanza. Die Maße folgen im Zusammenhange weiter unten. Anthocyanführende Zellen traten etwas reichlicher auf als bei jener, fanden sich insbesondere auch unter dem Palisadengewebe.

Ein starker Unterschied macht sich, wie wir schon am Eingange dieser Arbeit sahen, dagegen im Frühjahr beim Austreiben der Knospen bemerkbar. Die jungen Triebe sind ganz dunkelrot gefärbt, während die der reingrünen Rasse nur blaß rötlich sind. Ich darf vielleicht gleich hier anführen, daß, wenn in dem Auftreten des Anthocyans eine Schutzvorrichtung zu sehen ist, diese bei der Entfaltung der sehr empfindlichen jungen Blättchen von *Nandina* sehr am Platze wäre. Die Minimal-Temperaturen im April, in welchem Monate die Knospen gewöhnlich austreiben, waren nämlich[1]) für die Jahre 1896—1903 — 2,0, — 0,2, — 0,2, — 0,2, — 3,5, + 0,3, + 0,3, — 0,5 ⁰ C., somit nicht immer sehr günstige. Speziell für das Blatt, dessen auffallend lange Entfaltungsdauer ich früher[2]) beschrieb (20. IV. — 13. V.), sind noch die Daten von Interesse, daß am 19. April eine Minimum-Temperatur von + 0,3 ⁰, am 5. Mai noch von + 5 ⁰ C. war. In diesem Zusammenhange darf auch eine Notiz bei Buscalioni u. Pollacci[3]) genannt werden: „Secondo il Mez, l'arrossamento di molte germoglie nati un po'presto, dipenderebbe appunto dal trovarsi le piante in cattive condizioni di esistenza, poichè le gemme che si aprono in primavera avanzata, non passano più per un periodo antocianino". Hier sieht man also direkt, daß, wenn wegen der Temperatur ein „Schutz" der Knospen nicht mehr nötig ist, auch eine Rotfärbung unterbleibt! —

Bei der roten *Nandina* von Orléans zeigte mir ein Schnitt durch einen jungen Zweig, daß namentlich die Stärkeansammlung im Stamme eine viel beträchtlichere ist als bei der grün gewordenen Heidelberger: Mark und Strahlen waren ganz vollgestopft damit; auch die Holzfasern enthielten viel Amylum. Leider stand mir ein anderer Zweig zur Untersuchung nicht mehr zur Verfügung und es ist wohl nicht wahrscheinlich, daß ein so starker Unterschied wie in meinen zum Vergleich herangezogenen Trieben überall zu konstatieren sein wird. Aber nach den Erfahrungen, die wir bei den drei anderen hier durchgenommenen Dichroisten gewannen, meine ich doch, mit einer gewissen Berechtigung auch hier ganz allgemein sagen zu

[1]) Jahresbericht f. Meteorologie etc. l. c.
[2]) l. c. p. 684.
[3]) Busc. u. Poll., l. c. p. 266.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

dürfen, daß die rein rote Rasse eine bessere Anhäufung von Reservestoffen im Winter zeigt. Für die übrigen Inhaltsbestandteile vermag ich keine Unterschiede gegen die vorige anzugeben, außer daß Zucker im Marke fehlte. Doch sahen wir ja schon oben, daß wir den zuckerreichen Zweig nicht einfach mit anderen vergleichen können.

Die Blätter hatten von den untersuchten Stoffen am meisten Tannin, wie auch vorhin die grünen. Fast alle Palisadenzellen waren zudem hier mit Anthocyan erfüllt (nur selten finden sich einige pigmentfreie darunter), ebenso ein großer Teil der beiderseitigen Epidermen und bestimmte um die Gefäßbündel angeordnete Zellen des Schwammgewebes. Das Vorkommen von Tannin und Anthocyan deckt sich aber nicht ganz miteinander, insofern, als in einem nicht geringen Teile des Schwammparenchyms mit $K_2Cr_2O_7$ gleichfalls der typische Niederschlag entstand.

Durch Einlegen in Jod überzeugte ich mich auch hier, daß im Winter die Assimilation des Blattes für die Ernährung der Pflanze nicht von großem Werte sein kann.

Die rote *Nandina* von Pallanza ergab in den Blättern keine Unterschiede gegen die von Orléans bezogene Pflanze. Den Stamm konnte ich leider nicht näher untersuchen.

Zum Schluß seien noch einige Angaben über die Dickenverhältnisse der Blätter gegeben, die uns zeigen werden, daß auch hierin sich die zartere Konstitution namentlich der grünen italienischen *Nandina* besonders ausprägt. Ich hatte früher (an Herbarexemplaren) die Blattdicke auf 0,27 mm angegeben. Bei den vier mir jetzt lebend zur Verfügung stehenden Exemplaren wurde diese nicht ganz erreicht. Es maßen nämlich:

die	grüne	von	Pallanza	0,18	mm	im	Durchschnitt,
„	„ (atav.)	„	Heidelberg	0,23	„	„	„ [1]),
„	rote	„	Orléans	0,23	„	„	„
„	„	„	Pallanza	0,26	„	„	„

Ziehen wir nun die Folgerungen aus unseren Darlegungen über die Verteilung der vier untersuchten Nährstoffe im Winter, so haben wir zunächst zu betonen, was ja eigentlich von vornherein sehr wahrscheinlich war, daß im allgemeinen in beiden Rassen Übereinstimmung herrscht[2]). Und es ist wohl bis auf weiteres nicht anzunehmen, daß bezüglich der noch sonst vor-

[1]) Diese Blätter erfrieren nach unseren Erfahrungen bei ca. — 10° C.

[2]) Berthold hält es nicht für unmöglich (l. c. II. p. 171), daß das Gleichgewicht der Inhaltsstoffe sehr von Individuum zu Individuum variiere. Mag dies auch zuweilen zutreffen (so in dem angeführten Beispiele von *Acer* mit den auffallend tanninreichen und -armen Exemplaren), als allgemein giltige Regel wäre es erst noch zu erweisen. Daß die Blutvarietäten, weil sie (d. h. ihre Blätter) reich an Gerbstoff sind, dafür verhältnismäßig arm an Stärke sein könnten, ist in dieser Allgemeinheit, also den Stamm

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

handenen Stoffe es sich anders verhalten wird. Um so mehr müssen wir hervorheben, daß die roten Rassen durchweg ein wenig besser ernährt schienen. Dabei bliebe noch zu untersuchen, ob nicht die drei zuerst studierten Pflanzen an der nördlichen Grenze ihrer Verbreitung — in Heidelberg sind stets beide Rassen winterhart — noch stärkere Differenzen aufweisen.

Damit können wir an eine Erfahrung anknüpfen, die schon lange von gärtnerischer Seite bekannt war und die sich bei Müller-Thurgau[1]) publiziert findet. „Je besser die überwinternden Teile der Pflanze im Herbste mit Reservestoffen versehen sind, desto eher werden sie im allgemeinen dem Frost zu widerstehen vermögen," Mez[2]) will dies für seine neue Theorie über das Erfrieren und den Schutz dagegen durch möglichst frühzeitige Eisbildung verwerten. Es ist hier nicht der Ort, die Ausführungen dieses Autors eingehender zu besprechen; ich glaube nur, daß er die genannte Beobachtung wenigstens mit Unrecht als für sich günstig deutet. Ebenso widerspricht sie aber auch nicht seiner Theorie. Wenn Mez das weitere Vordringen der „Fettbäume" nach Norden hin im Gegensatz zu den „Zucker- oder Stärkebäumen" mit der Tatsache in Einklang bringt, daß erstere „thermisch-aktive", letztere „thermisch-passive" Substanzen angespeichert enthalten, so ist einmal wohl die ökologische Bedeutung des Freiwerdens der Krystallisationswärme beim Gefrieren in der ersten Gruppe überschätzt, da es sich um viel zu kleine Wärmemengen handelt, als daß sie praktisch in Betracht kommen könnten[3]).

Jedenfalls hat er übersehen, wenn er sagt: „In der Anhäufung größerer Mengen thermisch-aktiver Reservestoffe kann der Grund gesehen werden, weshalb gut genährte Bäume widerstandsfähiger sind gegen Frost als schlecht genährte" und dabei auf das eben angegebene Citat von Müller-Thurgau verweist, daß dieser durchaus nicht nur von thermisch-aktiven, sondern überhaupt von Reservestoffen spricht. Wie wir aber fanden, ist nun bei *Acer* und *Fagus* gerade mehr Stärke, also ein „thermisch-passiver" Stoff in der winterhärteren Rasse vorhanden; nur bei *Prunus cerasifera* ist es mehr Fett, also eine „thermisch-aktive" Substanz. Allerdings haben beide Rassen ja viel Zucker in der Rinde, aber darin verhielten sie sich annähernd gleich[4]).

---

mit einbegriffen, sicher nicht richtig. Doch war diese Fragestellung von Berthold durchaus nicht ohne Berechtigung. Wenn es sich wirklich einmal um wesentliche Nährstoffe handeln sollte, so könnte daran gedacht werden, es mit unserer Ansicht über deren Bedeutung für die Winterhärte in Einklang zu bringen.

[1]) Müller-Thurgau, l. c. p. 545—546.

[2]) Mez, l. c. p. 121—122.

[3]) Übrigens spricht Mez selbst schon solche Bedenken aus l. c. p. 122.

[4]) Dazu kommt noch, daß nach Alfr. Fischer (l. c. p. 98) im Sommer nicht weniger Glykose in der Rinde ist als im Winter; die zuvor vorhandene Stärke muß entweder aus der Rinde auswandern oder sich in einen anderen vorläufig mikrochemisch nicht nachweisbaren Körper verwandeln.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Ich meine nun, unsere Funde könnte man besser so deuten, daß man annimmt, in den roten Rassen sei das Plasma in den Zellen der überwinternden Organe besser genährt und damit — auf eine uns nicht näher bekannte Weise — widerstandsfähiger gegen die Kälte geworden. Die Ansammlung der Kohlehydrate im Marke wäre dann in erster Linie von Wichtigkeit für das Wachstum der Zweige im kommendem Frühjahr. Berthold[1]) ist jedenfalls im Recht, wenn er betont, daß die im Marke aufgespeicherten Reservestoffe dahin in gelöster Form durch die umgebenden Gewebe durchfiltrieren und erst dann ausgeschieden werden, wenn letztere völlig mit ihnen gesättigt sind. Aber daraus darf man nicht schließen, daß auch alle außerhalb des Markes gelegenen Zellen völlig mit allen in Betracht kommenden — also auch den für den Kälteschutz in erster Linie notwendigen — Stoffen gesättigt sind. Ich glaube vielmehr, aus einer stärkeren Ansammlung von Reservematerial im Mark lassen sich Rückschlüsse auf eine bessere Gesamternährung, somit auch was die schon in den Rindenzellen und dem Gefäßbündelteile verwandten Stoffe anlangt, machen. Wir operieren eben leider hier noch mit so viel Unbekannten, daß wir an die Einzelheiten uns noch gar nicht wagen dürfen. Nur in einem Falle, nämlich bei *Prunus cerasifera*, konnten wir direkt schon sehen, daß in der roten Rasse eine stärkere Einlagerung von Fettteilchen im Plasma der Rindenzellen ist als in der grünen. Ich hoffe, daß die hier vertretenen Gesichtspunkte sich als richtig erweisen werden, zumal sie an länger bekannte Funde anknüpfen[2]). Dann könnten wir vielleicht auch einmal einen Erklärungsweg für die Beobachtungen von Noll[3]) finden, der in anscheinend willkürlicher Verteilung frostharte Zweige und Knospen an Bäumen und Sträuchern sah, die im übrigen erfroren waren. Aber da wir auch dann den inneren Zusammenhang zwischen der gesteigerten Widerstandsfähigkeit und der größeren Nahrungszufuhr noch nicht einzusehen vermögen, bleiben bis auf weiteres die resignierten Worte Pfeffers[4]) zu Recht verstehen.

Zum Schluß hätten wir uns noch die Frage vorzulegen, wie die bessere Assimilation bei den roten Rassen, die wir aus der

---

[1]) Berthold, l. c. II. p. 171.

[2]) Daneben würde natürlich dem nichts im Wege stehen, daß auch noch andere ungünstige Außenbedingungen als ungenügende Ernährung geeignet sind, die Widerstandsfähigkeit gegen tiefe Temperaturen zu reduzieren (s. a. Pfeffer, l. c. II. p. 303); nur meine ich, daß sie von geringerer Bedeutung sind, vor allem aber auch häufig schon die Ernährung beeinflußt haben. Ebenso leuchtet mir die Erklärung von Mez (l. c. p. 114) sehr ein, daß zuweilen Individuen durch Herbeiführen von rascher Eisbildung in ihren Geweben denen gegenüber im Vorteil sind. bei welchen dies nicht der Fall ist, also insbesondere auch bei den in „stagnierender Luft" gewachsenen.

[3]) Noll, Über frostharte Knospen-Variationen. (Landwirtschaftliche Jahrbücher. Bd. 14. 1885. p. 707.)

[4]) Pfeffer, l. c. II. p. 317.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

größeren Anhäufung des Reservematerials erschließen müssen, mit der Anthocyanbildung zusammenhängt. Tritt das rote Pigment dabei nur als unwesentliches Nebenprodukt auf, oder aber, wirkt es, einmal in der Zelle gebildet, selbst irgendwie günstig auf die die Ernährung bedingenden Faktoren ein? Auch diese Fragen sind schon verschiedenfach diskutiert; wir finden alles Erwähnenswerte wieder in dem schon oft angeführten italienischen Werke.

Wir sahen schon auf pag. 459, daß die Rotfärbung durch Licht oder tiefe Temperaturen begünstigt wird. Es ist ein Fortschritt gegen die älteren Auffassungen, daß wir jetzt wohl allgemein diese nicht für die unmittelbaren Ursachen halten[1]. Aus den Untersuchungen von Zopf[2]) geht hervor, daß Anthocyanbildung an gewisse in der Zelle zunächst entstandene Säuren, aus denen von Overton[3]), daß sie namentlich an das Auftreten von Zucker geknüpft ist. Beziehungen zum Tannin sind weiterhin schon seit sehr langer Zeit bekannt. Da aber alle diese Substanzen in der Zelle vorhanden sein können, ohne daß Pigmentbildung erfolgt, muß noch ein unbekannter Faktor postuliert werden, den Buscalioni u. Pollacci[4]) in „oxydierenden Fermenten" sehen. Im Gegensatz zu ihnen hält Zopf[5]) für seine untersuchten Objekte einen Oxydationsprozeß für ausgeschlossen. Wie dem auch sei, darin stimmen jetzt wohl alle überein, daß eine Rotfärbung mit den z. Zt. bekannten Stoffen noch nicht erklärt wird, denn diese treten in unseren grünen Varietäten z. T. ganz in derselben Weise auf wie in den roten, und man wird sie daher auch nicht als die die Assimilation begünstigende Ursache ansprechen. Es bleibt also, denn von dem „unbekannten Faktor" müssen wir doch noch vorläufig absehen, als das Wahrscheinlichste die Tatsache bestehen, daß das Anthocyan selbst das ökologisch Wichtige für die anders geartete Regulierung der Nährstoffe ist. Und wir werden da an die von Stahl[6]) eingehend begründete Hypothese denken, daß durch die experimentell nachgewiesene Umsetzung der Licht- in Wärmestrahlen wenigstens ein vorübergehender Nutzen erzielt und die gebildete Stärke schneller gelöst und weiter transportiert wird[7]). Dem gegenüber wollen die beiden italienischen Forscher gerade durch die Anthocyanbildung eine Herabsetzung in der Assimilation verursacht wissen. Auch die Vermutung Stahls, daß die Transpiration durch die vorübergehende Nutzbarmachung der Wärmestrahlen erhöht werde, konnte von Buscalioni u. Pollacci nicht bestätigt werden.

---

[1]) Küster, l. c. p. 39.

[2]) Zopf, l. c. p. 30.

[3]) Overton, Beobachtungen und Versuche über das Auftreten von rotem Zellsaft bei Pflanzen. (Pringsh. Jahrb. Bd. 33. 1898.)

[4]) Busc. u. Poll., l. c. p. 275, 500.

[5]) Zopf, l. c. p. 30.

[6]) Stahl, l. c.

[7]) Über den eventuellen Schutz der Diastase hierbei s. Koning und Heinsius. ref. Bot. Centralbl. Bd. 98. 1905. p. 142.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Die Frage ist also durchaus noch nicht geklärt[1]). Hier aber würden die angekündigten Untersuchungen Bitters einzusetzen haben, der ja, wie wir sahen, gleich uns in dem Anthocyan einen wachstumsfördenden Faktor erblickt. Ich wollte mich hier darauf beschränken, nur die Ergebnisse der Assimilation bei den grünen und roten Rassen miteinander zu vergleichen, wie sie in der uns hier besonders interessierenden Jahreszeit, dem Winter, in der Verteilung der Reservestoffe im Stamme vorliegen.

Daß sich überhaupt hierbei gewisse Differenzen haben nachweisen lassen, scheint mir der erste Schritt zu sein, die unzweifelhafte Tatsache aufzuklären, daß manche rote Rassen winterhärter sind als die grünen.

---

[1]) S. auch Overton, l. c. p. 218. „Ob bei den rotblättrigen Varietäten verschiedener Pflanzenarten die Blattzellen mehr Zucker enthalten als diejenigen der grünen Stammformen der betreffenden Pflanzen, ist mir z. Zt. unbekannt und wäre der Untersuchung sehr wert.“ Zu erwähnen ist, daß bei einer roten Rasse von *Prenanthes purpurea* auffallend wenig Stärke in den Chlorophyllkörnern war.

Heidelberg, Botanisches Institut. Januar 1905.

15 JUN. 1905

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Botanisches Centralblatt

Jahr/Year: 1905

Band/Volume: BH_18_1

Autor(en)/Author(s): Tischler Georg

Artikel/Article: Uber die Beziehungen der Anthocyanbildung zur Winterhärte der Pflanzen. 452-471