

Ueber die Verbreitung des Carotins im Pflanzenreiche.

Von

Tine Tammes,

Assistentin am botanischen Laboratorium der Universität Groningen.

(Hierzu Tafel VII.)

Einleitung.

Wenn man die Litteratur und die Lehrbücher der letzten Jahrzehnte nachschlägt mit der Absicht sich ein klares Bild von unseren Kenntnissen über die pflanzlichen gelben oder rothen Plastidenfarbstoffe und deren Beziehungen zu einander zu schaffen, wird man erstaunt sein von der grossen Menge entgegengesetzter Meinungen bei verschiedenen Autoren. Wohl auf kaum einem anderen Gebiete der Botanik herrscht so wenig Uebereinstimmung wie hier und die meisten Forscher sind bei ihren Untersuchungen dieses Gegenstandes zu verschiedenen Resultaten gelangt. Dies rührt ohne Zweifel zum grossen Theil daher, dass fast niemals die verschiedenen Untersucher sich mit Farbstoffen aus denselben Pflanzen oder Pflanzentheilen beschäftigten, so dass ein Vergleich mit den Resultaten anderer von vorne herein fast immer ausgeschlossen war. Auf diese Weise sind viele Untersuchungen entstanden über das Carotin aus der Wurzel von *Daucus Carota*, über den gelben Begleiter des Chlorophylls und über die Farbstoffe aus Blüten, Früchten, aus gelbbunten, herbstlich vergilbten und etiolirten Blättern. Jeder Forscher findet andere Stoffe, die sich entweder optisch oder chemisch ein wenig verschieden verhalten von denjenigen, welche andere Autoren beschrieben.

Bei diesen Untersuchungen hat man im Allgemeinen zwei Methoden gefolgt. Ein Theil der Forscher beschäftigte sich hauptsächlich mit den physikalischen Eigenschaften, zumal dem optischen Verhalten, indem andere mehr die chemischen Eigenschaften studirten. Sowohl bei der optischen als bei der chemischen Untersuchung wurden meistens die Farbstoffe aus den Pflanzentheilen extrahirt und in verschiedenen Lösungsmitteln untersucht, nur sehr selten wurden lebende Objecte bei den Versuchen verwendet. Hieraus erklärt sich theilweise die grosse Verschiedenheit der Resultate, weil besonders bei der spectral-

analytischen Untersuchung das Lösungsmittel Einfluss auf das Absorptionsspectrum ausübt.

Die erste, mehr ausführliche, spectralanalytische Studie war von Kraus¹⁾ über das Chlorophyll, die Farbstoffe von etiolirten Pflanzen und von Blüten, und die ersten chemisch-anatomischen Arbeiten über die Farbstoffe von Blüten und Früchten waren von Marquart²⁾ und Weiss³⁾. Seitdem ist eine überaus grosse Zahl von spectralanalytischen und chemischen Untersuchungen über die Farbstoffe publicirt, und es ist nicht meine Absicht, von diesen eine vollständige Uebersicht zu geben. Die vorliegenden Untersuchungen stehen grossentheils vereinzelt, fast ohne Zusammenhang mit anderen da, und besonders gilt dies für die älteren Bestrebungen auf diesem Gebiete. Es würde daher die Besprechung der Litteratur grossentheils eine blosser Aufzählung der verschiedenen, nach einander gefundenen Resultate sein müssen und es würde nicht möglich sein, eine ausführliche, übersichtliche Darstellung von dem gegenwärtigen Stande unserer Kenntnisse zu geben. Ich verzichte also darauf und werde im Folgenden nur diejenigen Arbeiten besprechen, welche mit meiner eigenen Untersuchung im nächsten Zusammenhang stehen. Nur eines möchte ich als Gesamtresultat meiner Litteraturstudie hervorheben; dass sich nämlich die Ansichten in bestimmter Hinsicht im Laufe der Zeit erheblich geändert haben.

In den älteren Arbeiten findet man im Allgemeinen das Bestreben, eine sehr grosse Zahl verschiedener Farbstoffe zu unterscheiden. Ich führe als Beispiel Sorby⁴⁾ an, der die Zahl der Pflanzenfarben, mit Inbegriff der löslichen Farbstoffe, auf mehrere Hundert veranschlagte. Die Forscher betrachteten den kleinsten Unterschied in den beobachteten Eigenschaften als genügend, um den Farbstoffen verschiedene Namen beizulegen. Aus dieser Zeit rühren also die vielen Namen her, welche die Litteratur so beschwerlich machen. Viele dieser Namen sind nur von einem einzigen Forscher benutzt, so dass, wie Tschirch es in seiner Arbeit „Untersuchungen über das Chlorophyll“⁵⁾ thut, nothwendig wird, auch die Namen der Autoren hinzuzufügen

1) Kraus, Zur Kenntniss der Chlorophyllfarbstoffe und ihrer Verwandten, 1872.

2) Clamor Marquart, Die Farben der Blüten, 1835.

3) Weiss, Untersuchungen über die Entwicklungsgeschichte des Farbstoffes in Pflanzenzellen. Sitzungsbericht der k. Akad. der Wiss., Wien, Bd. L. Erste Abth. 6 und Bd. LIV. Erste Abth. 7.

4) Sorby, On comparative vegetable Chromatology. Proc. of the Royal. Soc. Vol. XXI, 1873.

5) Tschirch, Landw. Jahrb. 1884.

zum Bezeichnen der Körper, von welchen die Rede ist. Ich werde hier keine vollständige Aufzählung der Nomenclatur, welche sich im Laufe der Zeit bei der Studie der pflanzlichen Farbstoffe gebildet hat, geben, nur die Namen: Xanthophyll [Kraus¹⁾, Sorby²⁾], Etiolin [Pringsheim³⁾], Anthoxanthin [Marquart⁴⁾, Frank⁵⁾, Wiesner⁶⁾], Phylloxanthin [Frémy⁷⁾], Xanthin [Dippel⁸⁾, Frank⁶⁾], Erythrophyll [Bougarel⁹⁾] und Chrysophyll [Hartsen¹⁰⁾] mögen als Beispiele genügen.

Dazu kommt noch, dass dieselben Namen oft für verschiedene Stoffe benutzt werden. So umfasst die Erythrophyllgruppe von Sorby¹²⁾ die rothen und blauen Substanzen, das heisst die Farbstoffe des Zellsaftes. Bougarel¹³⁾ nennt Erythrophyll einen Begleiter des Chlorophylls in einigen Blättern, während Borodin¹⁴⁾ es als constanten Begleiter des Chlorophylls betrachtet und es zu einer seiner zwei Gruppen von krystallisirbaren Nebenpigmenten des Chlorophylls fügt. Nach Vines¹⁵⁾ dagegen ist Erythrophyll wieder der im Zellsaft gelöste Farbstoff und Frank¹⁶⁾ gibt den Namen Erythrophyll einem rothen Farbstoffe, der sich manchmal abscheidet, wenn Chlorophyll mit Säuren in Berührung kommt. Zuletzt benutzt Stahl¹⁷⁾ noch den Namen Erythrophyll zur Bezeichnung des rothen Zellsaftes im Gegensatz zu Cyanophyll dem blauen Zellsaft.

1) Kraus, l. c., pag. 93.

2) Sorby, l. c., pag. 458.

3) Pringsheim, Ueber die Absorptionsspectra der Chlorophyllfarbstoffe. Monatsber. der k. Akad. der Wiss., Berlin, Oct. 1874, pag. 632.

4) Clamor Marquart, l. c. pag. 66.

5) Frank, Lehrbuch der Botanik, I. pag. 40, 42 und 645.

6) Wiesner, Elemente der wissenschaftlichen Botanik, pag. 300.

7) Frémy, Recherches sur la matière colorante verte des feuilles. Comptes rendus. T. L, 1860, pag. 410.

8) Dippel, Einige Bemerkungen über die Gemengtheile des Chlorophylls. Flora 1878, pag. 22.

9) Bougarel, Bot. Jahresber. 1877, pag. 729. Die ursprüngliche Arbeit in Bull. d. l. Soc. Chim. de Paris, 1877, N. S. T. 27, stand mir nicht zur Verfügung.

10) Hartsen, Neue Untersuchungen über das Chlorophyll, Chem. Centralbl. 1872, pag. 525.

11) Sorby, l. c.

12) Bougarel, l. c.

13) Borodin, Ueber krystallinische Nebenpigmente des Chlorophylls. Mélanges biologiques de St. Pétersbourg, T. XI, pag. 512.

14) Vines, Text-book of Botany, pag. 114.

15) Frank, l. c. pag. 642.

16) Stahl, Ueber bunte Laubblätter.

In dieser Zeit war also jeder Forscher geneigt, den von ihm untersuchten Farbstoff für etwas anderes als die von anderen Autoren beschriebenen Farbstoffe zu halten. Nachher aber brach sich eine andere Richtung Bahn und fing man mehr an, die Farbstoffe aus verschiedenen Pflanzentheilen mit einander zu vergleichen und die Aufmerksamkeit auf die übereinstimmenden Eigenschaften zu lenken. Als Beispiel führe ich die ausführliche Arbeit von Tschirch¹⁾ an. Er untersuchte den gelben Begleiter des Chlorophylls, den Farbstoff von Blüten, von herbstlich vergilbten und etiolirten Blättern und gelangte besonders nach spectralanalytischen Versuchen zur Ueberzeugung, dass wenigstens die drei ersten dieser Farbstoffe nahe mit einander verwandt sind. Er bleibt aber noch dabei, auf Grund der von ihm beobachteten Differenzen der Spectra, eine Phylloxantin- (inclusive Etiolin), eine Xanthophyll- und eine Anthoxanthingruppe unterscheiden.

Nachher findet man in der Litteratur mehr und mehr ein Bestreben, die Farbstoffe zusammenzufassen und ihre Identität zu beweisen. Ein bedeutender Schritt in dieser Richtung rührt von Arnaud²⁾ her, indem er den Farbstoff der Mohrrübe, das Carotin als Begleiter des Chlorophylls in Laubblättern nachwies. Auch in Früchten, wie in der Tomate, fand er denselben Farbstoff.

Auf ihn folgte eine lange Reihe von Forschern, die Farbstoffe aus wieder anderen Pflanzentheilen zum Gegenstand ihrer Untersuchungen wählten und immer mehr dazu neigten, auch diese, sei es mit dem Carotin von *Daucus Carota* oder mit einem anderen gelben Farbstoff für identisch zu erklären.

Hansen³⁾ betrachtete den Farbstoff etiolirter Blätter und einiger Blüten als identisch mit dem gelben Begleiter des Chlorophylls der Laubblätter, dem Chlorophyllgelb, wie er es nannte, und theilte schliesslich Arnaud's Meinung, dass dieses Chlorophyllgelb identisch mit dem Carotin sei. Courchet⁴⁾ kam zur Ueberzeugung, dass die Farbstoffe der Blüten und Früchte sich auf eine geringe Zahl beschränken.

1) Tschirch, l. c.

2) Arnaud, Recherches sur les matières colorantes des feuilles; identité de la matière rouge orangé avec la carotine. Comptes rendus. T. C. 1885. Ferner T. C II. 1886.

3) Hansen, Die Farbstoffe der Blüten und Früchte. 1884. — Der Chlorophyllfarbstoff und weitere Untersuchungen über den grünen und den gelben Chlorophyllfarbstoff. Arbeiten des Würzburger Institutes. Bd. III. 1888. pag. 123 und pag. 430.

4) Courchet, Recherches sur les chromoleucites. Ann. d. Sc. nat. Ser. VII. T. VII. 1888.

Er unterschied drei Gruppen: die gelben Farbstoffe, welche immer amorph sind und auf keine Weise krystallisirt werden können; die gelb-orangen und roth-orangen Farbstoffe, welche amorph oder krystallisirt vorkommen und meistens wohl krystallisirt werden können, und den Farbstoff der Plastiden aus den Blumen von Aloë. Später gelang es Immendorf¹⁾, ausser in grünen und etiolirten Blättern auch in herbstlich vergilbten Blättern Carotin nachzuweisen.

Auf diese Weise hat sich im Laufe der Zeit unsere Kenntniss über das Auftreten des Carotins ausgebreitet und hat man immer mehr Pflanzentheile gefunden, in denen dasselbe vorkommt. Als von besonderer Wichtigkeit in dieser Hinsicht muss ich die Arbeit von Schrötter²⁾ erwähnen. Dieser Forscher, dem es gelang, Carotin im Arillus von *Azelia Cuanzensis* aufzuweisen, zeigt sich besonders zur Annahme geneigt, die gelben Farbstoffe, deren Vorkommen in verschiedenen Pflanzentheilen von so vielen Autoren beschrieben wird, als eine „homologe“ Reihe zu betrachten und schlägt für alle zusammen den Namen „Lipoxanthin“ vor. Die von ihm versprochene Monographie der gelben Farbstoffe, in welcher er sich vornimmt, diese Anschauungen aus der Litteratur und durch eigene Untersuchungen zu bestätigen, ist, so viel ich weiss, nicht erschienen.

Bei verschiedenen Forschern findet man also in späteren Jahren die bestimmt ausgesprochene Ansicht, dass die gelben und rothen Plastidenfarbstoffe gar nicht so verschieden sind, wie man es früher meinte.

Auch Pfeffer sagt in seiner Pflanzenphysiologie³⁾, nachdem er den Chlorophyllgehalt der Chloroplasten besprochen hat: „daneben scheinen gelbe Farbstoffe aus der Gruppe der Carotine nie zu fehlen, die auch in etiolirten und soweit bekannt, sich auch in denjenigen Chloroplasten finden, die durch das Hinzukommen von rothen, braunen u. s. w. Farbstoffen ein anderes Colorit angenommen haben“. Und weiter (S. 298) über die gelben Farbstoffe redend, sagt er: „Die gelbrothen Farbstoffe sind zwar nach ihrem spectroscopischen und chemischen Verhalten nicht ganz identisch, doch scheinen alle dem Carotin verwandt zu sein und können vielleicht als Carotine zusammengefasst werden. Jedenfalls ist auch das typische Carotin in grünen

1) Immendorf, Das Carotin im Pflanzenkörper u. s. w. Landw. Jahrb. Bd. 8. 1889.

2) Schrötter-Kristelli, Ueber ein neues Vorkommen von Carotin in der Pflanze. Bot. Centralbl. 1895. Nr. 2.

3) Pfeffer, Pflanzenphysiologie, 2. Aufl., pag. 296.

und andersfärbigen Chlorophyllkörpern allgemein verbreitet und manche der gefundenen Abweichungen dürften wohl nur durch fremde Beimengungen bedingt sein. Wie weit das zutrifft, oder wie weit es sich bei den als Xanthophyll, Etiolin, Protochlorophyll, Haematochrom bezeichneten Körpern um besondere Carotine oder Carotinverbindungen handelt, muss die Zukunft entscheiden.“ Aber nicht nur findet man bei mehreren Forschern die Meinung, dass im Allgemeinen die verschiedenen gelben Farbstoffe alle identisch mit Carotin sein könnten, auch in einer sehr grossen Zahl der verschiedensten Abhandlungen, in denen zwar nicht die Gleichartigkeit der gelben und rothen Farbstoffe im Allgemeinen betont wird, findet man dennoch die Identität solcher Farbstoffe für manche besondere Fälle in den Vordergrund gestellt. Ich habe mir diese Fälle aus der Litteratur zusammengesucht und werde davon eine Uebersicht geben. Ich lenkte meine Aufmerksamkeit auf alle gelben bis rothen Farbstoffe der Plastiden, d. h.: auf das Carotin (nur im Sinne des Farbstoffes aus der Wurzel von *Daucus Carota*), den gelben Begleiter des Chlorophylls, den Farbstoff gelbbunter, etiolirter und herbstlich gelber Blätter und den Farbstoff aus Blüten und Früchten. In der folgenden Tabelle sind in der ersten Spalte jedesmal diejenigen Pflanzentheile, deren Farbstoffe identisch oder wahrscheinlich identisch genannt sind, zusammengefügt. Bei den grünen Blättern ist selbstverständlich nur die Rede von dem gelben Begleiter des Chlorophylls. Die Namen der Autoren, welche die Farbstoffe als identisch betrachteten, sind hinter denen der Pflanzentheile in der zweiten Spalte zusammengestellt. Hinter diesen Namen findet man die Namen, welche von diesen Forschern für die betreffenden Farbstoffe gebraucht wurden.

Grüne Blätter	} Wiesner ¹⁾ (Xanthophyll, Etiolin); Hansen ²⁾ (Chlorophyllgelb, Etiolin); Van Tieghem ³⁾ (Xanthophyll, Etiolin).
Etiolirte Blätter	
Etiolirte Blätter	} Wiesner ⁴⁾ [nahe verwandt] (Anthoxanthin).
Blüthen	
Blüthen	} Hansen ⁵⁾ (Chlorophyllgelb); Tschirch ⁶⁾ (wahrscheinlich).
Grüne Blätter	

1) Wiesner, l. c. pag. 49 und 50.

2) Hansen, l. c.

3) Van Tieghem, *Traité de Botanique* I. 1891, pag. 495.

4) Wiesner, l. c. pag. 188.

5) Hansen, l. c.

6) Tschirch, *Untersuchungen über das Chlorophyll*, *Ber. d. D. Botan. Ges.*

Grüne Blätter	}	Arnaud ¹⁾ (Carotin); Hansen ²⁾ (Chlorophyllgelb);
Wurzel von <i>Daucus Carota</i>		Marchlewski ³⁾ [wahrscheinlich] (Xanthophyll,
	}	Carotin); Molisch ⁴⁾ [wahrscheinlich] (Xanthophyll
		Carotin).
Wurzel von <i>Daucus Carota</i>	}	Arnaud ⁵⁾ (Carotin); Frank ⁶⁾ (Anthoxanthin).
Früchte		
Früchte	}	Hansen ⁷⁾ .
Blüthen		
Blüthen	}	Kraus ⁸⁾ (Xanthophyll).
Etiolirte Blätter		
Grüne Blätter	}	
Grüne Blätter		
Vergilbte Blätter	}	Dippel ⁹⁾ (Xanthin).
Blüthen		
Blüthen	}	
Früchte		
Wurzel von <i>Daucus Carota</i>	}	Van Tieghem ¹⁰⁾ (Carotin).
Wurzel von <i>Daucus Coreta</i>		
Grüne Blätter	}	
Etiolirte Blätter		
Herbstlich gelbe Blätter	}	Immendorf ¹¹⁾ (Carotin).

Aus dieser Uebersicht geht hervor, wie verschiedene Forscher die Farbstoffe in allen möglichen Combinationen als identisch erkannt haben. Wäre die Methode der Untersuchung in allen Fällen vollständig dieselbe gewesen, so könnte man ohne Weiteres auf die Identität aller dieser Farbstoffe schliessen. Dem ist aber nicht so und deshalb findet man in dieser Tabelle nur einen allerdings sehr wichtigen Fingerzeig, dass es möglich sein wird, die Identität der gelben Farbstoffe aus sehr verschiedenen Pflanzentheilen festzustellen. Dazu kommt, dass man bis jetzt fast nur die höheren Pflanzen in den Kreis dieser Untersuchungen gezogen hat und von dem Vorkommen gelber Farbstoffe speciell bei den Algen wenig bekannt ist, obgleich gerade

1) Arnaud, l. c.

2) Hansen, l. c.

3) Marchlewsky, Die Chemie des Chlorophylls. 1895, pag. 66 und 72.

4) Molisch, Die Krystallisation und der Nachweis des Xanthophylls (Carotins) im Blatte. Ber. d. D. Bot. Ges. Bd. XIV, 1896, pag. 27.

5) Arnaud, l. c.

6) Frank, l. c. pag. 40 und 42.

7) Hansen, l. c.

8) Kraus, l. c. pag. 91.

9) Dippel, l. c. pag. 25.

10) Van Tieghem, l. c.

11) Immendorf, l. c.

diese Pflanzen seit Engelm ann's Arbeiten in solcher Hinsicht ein hohes Interesse beanspruchen.

Ich hielt es also für eine sehr dankbare Aufgabe, die gelben und rothen Plastidenfarbstoffe in den verschiedensten Pflanzen und Pflanzentheilen zu studiren und zwar nach Methoden, die es gestatten würden, sich ein bestimmtes Urtheil über die Frage nach der Identität dieser Farbstoffe zu bilden. Ich hoffe zu zeigen, dass in der That der gelbe Farbstoff der Mohrrübe, das Carotin sich durch das ganze Pflanzenreich in den verschiedensten Organen nachweisen lässt.

Methode.

Bei meiner Untersuchung habe ich selbstverständlich nur diejenigen Methoden gewählt, nach welchen alle Pflanzentheile und Objecte ohne Unterschied auf vollkommen dieselbe Weise behandelt werden konnten. Nur wenn man alle Farbstoffe, welche man vergleichen will, ganz gleichen Verhältnissen aussetzt, ist man berechtigt, über ihre Identität bez. Nichtidentität zu urtheilen. Ich habe deshalb ganz auf die optische Untersuchung verzichtet, auch habe ich nicht, wie meistens von den Forschern bei chemischer Untersuchung gethan wurde, die Farbstoffe aus den Pflanzentheilen extrahirt. Obgleich ohne Zweifel durch geeignete Lösungsmittel und Trennungsmethoden die unveränderten Farbstoffe rein erhalten werden können, so hat jedenfalls die Untersuchung der Farbstoffe im Pflanzentheile selbst grösseren Werth. Ich habe mich daher auf die mikrochemische Untersuchung der Pflanzentheile beschränkt und zwar nach drei Methoden gearbeitet:

1. habe ich die Anwendung einer Reihe chemischer Reagentien, welche zur Feststellung der Identität des Carotins der Mohrrübe dienen können, auf die gelben Farbstoffe verschiedensten Ursprungs versucht;
2. habe ich nach der von Molisch¹⁾ für grüne und etiolirte Blätter erfundenen Methode gearbeitet, welche es gestattet, das etwa vorhandene Carotin im Pflanzentheile selbst auskrystallisiren zu lassen und
3. habe ich durch Behandlung mit verdünnten Säuren ebenfalls das Carotin in den Zellen auskrystallisiren lassen. Diese Methode gab nicht in allen Fällen so gute Resultate wie die beiden vorigen, aber hat doch zur Bestätigung der gefundenen Resultate sehr wesentlich beigetragen.

1) Molisch, l. c.

I. Die Untersuchung mit Schwefelsäure, Salpetersäure, Salzsäure, die etwas Phenol enthält und mit Bromwasser.

Aus den mannigfaltigen Reagentien, welche von den verschiedenen Autoren als kennzeichnend für Carotin, für Blütenfarbstoffe oder für das Xanthophyll als Begleiter des Chlorophylls beschrieben sind, wählte ich vier. Diese sind: concentrirte Schwefelsäure, concentrirte Salzsäure, der etwas Phenol zugefügt ist, concentrirte Salpetersäure und Bromwasser.

Die concentrirte Schwefelsäure färbt, wie schon lange Zeit bekannt ist, die rothgelben Chromatophoren aus der Mohrrübe prachtvoll dunkelblau. Auch wurde schon im Jahre 1835 von Marquart¹⁾ erwähnt, dass gelbe Blüten durch concentrirte Schwefelsäure „dunkel indigoblau“ gefärbt werden. Seine Annahme, dass alle gelben Blumen, auch die, welche den Farbstoff im Zellsaft gelöst enthalten, diese Reaction aufweisen, ist aber fehlerhaft, denn der in Wasser lösliche gelbe Farbstoff färbt sich durch concentrirte Schwefelsäure nicht blau. In der letzten Zeit ist die blaue Farbe von mehreren Untersuchern beobachtet bei der Einwirkung von starker Schwefelsäure auf verschiedene gelbe Farbstoffe, welche sie aus grünen Blättern, Blüten oder Früchten extrahirt hatten. Auch beschrieben einige Forscher die blaue Farbe der Reaction mit starker Schwefelsäure, wenn sie dieselbe auf die Pflanzentheile selbst hatten einwirken lassen.

Salzsäure, die etwas Phenol enthält, wird zuerst von Molisch²⁾ als ein Reagens auf die von ihm erhaltenen Krystalle des Xanthophylls aus den grünen Blättern erwähnt. Dieses Reagens erwies sich mir bei meiner Untersuchung als ein geeignetes, gleichwie die concentrirte Salpetersäure und das Bromwasser. Alle drei geben wie die Schwefelsäure eine dunkelblaue Farbe. Ausserdem habe ich dann und wann die Löslichkeit in Flüssigkeiten, wie Aether, Chloral, Eisessig, Alkohol und Chloroform geprüft.

Mit Hilfe der vier genannten Reagentien untersuchte ich gelbbunte, etiolirte und herbstlich vergilbte Blätter, Blüten, Früchte und zum Vergleich die Wurzel von *Daucus Carota*. Grüne Blätter und Algen liess ich bei diesem Theil der Untersuchung ausser Betracht, weil das grüne Chlorophyll die Farbe der Reactionen unsichtbar macht. Die Untersuchung geschah auf folgende Weise.

Von den lebenden Pflanzentheilen wurden kleine Stückchen oder Schnitte auf Objectgläser gelegt. Von Blumenblättern, welche meistens

1) Marquart, l. c. pag. 67.

2) Molisch, l. c.

sehr dünn sind, nahm ich gewöhnlich kleine Stückchen, von welchen ich mittels einer Nadel mehrere Zellen zerquetschte. Von Früchten, von der Wurzel der Mohrrübe und von dickeren Blättern machte ich ziemlich dicke Durchschnitte. Die Objectgläser mit den Präparaten wurden während ein bis mehrere Stunden in einen Exsiccator über starke Schwefelsäure gestellt, bis die Theile vollständig trocken waren. Dies ist bei den Reactionen mit Schwefelsäure und mit Salzsäure mit Phenol durchaus nothwendig, bei den beiden anderen entschieden vortheilhaft. Das Nichthervortreten der Reactionen ist oft, wie ich im Anfang meiner Untersuchung mehrmals erfuhr, besonders bei der Schwefelsäure bloss der Anwesenheit von Spuren Wassers zuzuschreiben. Sind die Schnitte auch nur im Geringsten feucht, so bleiben die Reactionen ganz aus oder die Farbe ist weniger intens, oft grünlich, ja kann sogar selbst roth sein. Das letzte ist z. B. der Fall bei den Perigonblättern von *Strelitzia Reginae*. Wird den lebenden oder nicht vollkommen getrockneten Schnitten der Blätter ein Tropfen concentrirter Schwefelsäure zugefügt, so färben sich die rothgelben Plastiden zuerst ganz roth und erst viel später oder oft gar nicht dunkelblau. Wird concentrirte Schwefelsäure den vollständig getrockneten Schnitten zugefügt, so tritt sogleich die dunkelblaue Farbe hervor.

Es ist also deutlich, dass die Schwefelsäure, welche benutzt wird, auch gar nicht verdünnt sein darf. Einmal misslang mir die Reaction bei einer ganzen Reihe von Versuchsobjecten, welche mit den anderen Reagentien die blaue Farbe wohl zeigten, weil die Schwefelsäure in den Flaschen durch die Feuchtigkeit der Luft nach und nach ein wenig verdünnt worden war. Auch für die Reaction mit Salzsäure und Phenol ist es, wie gesagt, nothwendig, die Pflanzentheile zuvor zu trocknen. Auch Molisch schreibt dies vor. Die Reactionen mit concentrirter Salpetersäure und Bromwasser finden bei der Anwesenheit von Wasser zwar statt, aber bei trockenen Schnitten tritt die blaue Farbe schneller und besser hervor, obgleich sie bei diesen zwei Reactionen wieder schnell verschwindet. Die Objectgläser mit den getrockneten Präparaten wurden auf ein Stück weisses Papier gelegt und darauf ein Tropfen des Reagens hinzugefügt. Dies ist zumal zu empfehlen für die Reactionen mit concentrirter Salpetersäure und mit Bromwasser, weil bisweilen die blaue Farbe wieder so schnell verschwindet, dass man nicht Zeit hat, ein Deckglas aufzulegen und das Präparat unter dem Mikroskop zu beobachten. Die Reaction mit Salzsäure und Phenol tritt im Gegen-

theil oft nicht sogleich ein. Unter dem Mikroskop beobachtet, sieht man in allen Präparaten die Farbe am besten hervortreten an denjenigen Stellen, wo die Plastiden durch Zerquetschen der Zellen frei gelegt sind.

II. Das Auskrystallisiren des Carotins nach der Methode von Molisch.

Ausser diesen chemischen Reactionen wendete ich an zweiter Stelle die von Molisch erfundene Methode an.

Es gelang Molisch, den gelben Begleiter des Chlorophylls, Xanthophyll (Carotin), wie er ihn nennt, im Blatte selbst vom Chlorophyll zu trennen und auskrystallisiren zu lassen. Seine Methode besteht im Folgenden: „Die frischen grünen Blätter oder kleine Stücke derselben werden in 40 proc. (Volum) Alkohol, welcher 20 proc. (Gewicht) Kaliumhydroxyd gelöst enthält, gelegt und darin mehrere Tage, gewöhnlich so lange bei Abschluss vom Licht belassen, bis alles Chlorophyll ausgezogen ist“.

Mittels dieses Verfahrens ist es ihm gelungen, Carotinkrystalle in den Zellen von mehreren grünen Laubblättern zu bekommen. Auch hat er die Keimblätter einiger etiolirter Keimlinge seiner Methode unterworfen und darin dieselben Krystalle vorgefunden. Bei meiner Untersuchung habe ich alle genannten Pflanzentheile, welche gelb bis rothe Plastiden führen, nach dieser Methode untersucht und auch mehrere Algen mit in Betracht gezogen. Die Pflanzentheile wurden vorher lebend in Wasser unter dem Mikroskop untersucht und einige Notizen, Farbe, Gestalt und Grösse der Plastiden betreffend, gemacht.

Hierauf wurden Stückchen in Glaszylinder mit eingeschliffenem Deckel in die alkoholische Kalilösung gebracht. Weil ich nur mit kleinen Stückchen arbeitete, genügte immer eine Menge von 20 bis 30 c. M.³ der Lösung. Die Deckel wurden mittels Wachs luftdicht verschlossen und die Glaszylinder ins Dunkel gestellt. Anfänglich liess ich die Objecte nur einige Tage in der Lösung und fand nach Auswaschen in destillirtem Wasser die Krystalle in den grünen und etiolirten, bisweilen auch in den gelben Blättern. In Blumenblättern, Früchten, herbstlich gelben Blättern und Algen waren nach einigen Tagen die Plastiden meist unverändert, nur in wenigen Präparaten zeigten sich unregelmässige Körper. Krystalle waren aber nicht zu finden. Nachdem ich aber die Objecte längere Zeit in der Lösung liess, bildeten sich Krystalle, welche ganz denen aus den grünen und

etiolirten Blättern gleich waren. Die Zeit, welche der Farbstoff zum Krystallisiren brauchte, war für die verschiedenen Objecte sehr verschieden. In grünen Blättern und Blättern von etiolirten Keimlingen bildeten sich oft innerhalb zwei Tagen und rascher schöne grosse Krystalle, während es bei Blüten und bei den Algen mehrere Wochen dauerte, ehe der Farbstoff auskrystallisirt war. Die Ursache dieses grossen Unterschiedes ist mir unbekannt. Bei einigen Objecten erfuhr ich, dass der Farbstoff erst im Wasser vollständig auskrystallisirt und die Krystalle besser sichtbar waren, nachdem die Pflanzentheile einige Tage in destillirtem Wasser im Dunkeln verweilt hatten. Bei einigen Blüten, welche aus der Lösung kommend sogleich keine Krystalle zeigten, waren dieselben nach dem Verweilen in Wasser in grosser Menge sichtbar.

Nachdem die Objecte lange genug in der Lösung verweilt hatten, wurden sie einige Stunden in destillirtem Wasser ausgewaschen. Ein Theil der Gewebestücke wurde auf Objectgläsern in den Exsiccator über starke Schwefelsäure gestellt und ein Theil in Glycerin oder Wasser sogleich unter dem Mikroskop beobachtet. Wenn ich die ausgewaschenen Theile nicht sogleich untersuchte, wurden sie in Wasser im Dunkeln aufbewahrt. Den vollständig getrockneten Präparaten wurden die vier früher erwähnten Reagentien, nämlich: concentrirte Schwefelsäure, concentrirte Salzsäure mit Phenol, concentrirte Salpetersäure und Bromwasser zugefügt. Auch habe ich dann und wann die Löslichkeit der Krystalle in mehreren von Molisch genannten Flüssigkeiten, wie Aether, Chloral, Eisessig, Alkohol und Chloroform geprüft. In vielen Fällen constatirte ich Pleochroismus, welches von Molisch als ein Merkmal seiner Xanthophyllkrystalle beschrieben wird.

III. Das Auskrystallisiren des Carotins nach Einwirkung verdünnter Säuren.

Schon Tschirch¹⁾ erwähnt in seiner Arbeit über das Chlorophyll, dass Frank in grünen Blättern, welche mit einer verdünnten Säure behandelt wurden, unter gewissen Bedingungen rothe Krystalle beobachtete und er selbst beschreibt und bildet Präparate aus verdünnter Salzsäure und Weinsäure ab, in welchen sich rothe Krystalle gebildet haben. Molisch¹⁾ wiederholte den Versuch von Frank mit Elodea-Blättern und erhielt gleichfalls die Krystalle, welche

1) Tschirch, l. c., pag. 490.

2) Molisch, l. c., pag. 27.

nach ihm, die mehr rothe Farbe ausgenommen, in ihren Eigenschaften mit denen aus der alkoholischen Kalilösung übereinstimmen. Ich habe diese Methode etwas näher untersucht und werde meine Resultate in Kurzem mittheilen. Zuvor aber ist es nothwendig, die Aufmerksamkeit auf die Wirkung der Säure auf den grünen Bestandtheil des Chlorophylls, das eigentliche Chlorophyll, zu lenken.

Durch verdünnte Säuren entsteht, wie von Hoppe-Seyler¹⁾ zuerst näher untersucht wurde, ein Körper, welchen er Chlorophyllan nannte. Dieser Körper ist später von vielen Forschern beschrieben; aber über seine Eigenschaften und die beste Darstellungsmethode stimmen die Meinungen nicht überein, so dass Marchlewski²⁾ in seiner Monographie über das Chlorophyll vom Chlorophyllan betont, „dass die Frage nach der Einheitlichkeit resp. Nichteinheitlichkeit dieses Körpers nicht mit gewünschter Schärfe entschieden ist.“

Noch deutlicher tritt die Unvollkommenheit unserer Kenntnisse über Chlorophyllan hervor aus den entgegengesetzten Annahmen über seine Beziehungen zum Chlorophyll. Indem Tschirch³⁾ behauptet, dass Chlorophyllan durch einen Oxydationsvorgang aus Chlorophyll entstehe, fasst Timiriazeff⁴⁾ diesen Vorgang gerade als einen Reductionsprocess auf. Nach Tschirch⁵⁾ ist das Chlorophyllan mit Pringsheim's Hypochlorin identisch; aber Pringsheim⁶⁾ selbst ist der Meinung, dass das Hypochlorin farblos ist und die Farbe von einem gelben Bestandtheil des Chlorophylls verursacht wird und auch Kohl⁷⁾ bemerkt, dass dem Chlorophyllan immer Spuren von Carotin anhängen und dass bis jetzt vielleicht alle Forscher unreines Chlorophyllan untersuchten. Aus diesen Mittheilungen und aus der That- sache, dass auch Carotin von verdünnten Säuren krystallinisch ausgeschieden wird, geht einerseits hervor, dass man bei der Darstellung des Chlorophyllans auf die Anwesenheit des Carotins zu wenig Acht gegeben hat. Aber andererseits ist es vielleicht möglich und wahrscheinlich, dass in grünen Pflanzentheilen die Carotinkrystalle, welche

1) Hoppe-Seyler, Ueber das Chlorophyll der Pflanzen. Zeitschrift f. physiol. Chemie. Bd. 3. 1879.

2) Marchlewski, l. c.

3) Tschirch, l. c. pag. 411.

4) Timiriazeff, Bot. Zeit. 1869. pag. 885.

5) Tschirch, l. c. pag. 439.

6) Pringsheim, Ueber das Hypochlorin und die Bedingungen seiner Entstehung in der Pflanze. Ber. d. k. Akad. d. Wiss. Berlin. Nov. 1879.

7) Kohl, Untersuchungen über das Chlorophyll und seine Derivate. Bot. Centralbl. Bd. 73. 1898.

durch die Einwirkung verdünnter Säuren entstehen, von Chlorophyllan verunreinigt sein können. Wie dem aber auch sei, die Resultate der Behandlung mit verdünnten Säuren für den Carotinnachweis werden dadurch keineswegs beeinträchtigt. Wenn auch zugegeben werden muss, dass die erhaltenen Krystalle möglicherweise etwas Chlorophyllan enthalten, so ist es doch ganz gewiss, wie aus der nachherigen Prüfung mit verschiedenen Reagentien hervorgeht, dass sie der Hauptsache nach aus Carotin bestehen. Ich werde also bei meiner Beschreibung ferner das Chlorophyllan ausser Betracht lassen.

Die von mir bei meiner Untersuchung benutzten verdünnten Säuren sind die nachfolgenden:

1. Salzsäure in 1—10 proc. Lösung.
2. Oxalsäure in 1—10 proc. Lösung.
3. Weinsäure in 1—10 proc. Lösung.
4. Chromsäure in 1 proc. Lösung.
5. Pikrinsäure in 50 proc. Alkohol gelöst. Diese Lösung gab allerdings weniger gute Resultate.
6. Essigsäure in 2 proc. Lösung. Diese gab schlechte Resultate, was aber zu erklären ist aus der Löslichkeit der Krystalle in Eisessig, infolge dessen sie nach längerem Verweilen in der Flüssigkeit wieder von derselben gelöst werden.
7. Fluorwasserstoffsäure.

Die Fluorwasserstoffsäure ist, so viel ich weiss, noch nicht in die mikroskopische Technik eingeführt, hat sich mir aber als ein sehr gutes Fixierungsmittel gezeigt. Der Vortheil über andere Fixierungsmittel ist, dass sie sehr schnell ins Innere von grossen Gewebestücken eindringt. Die Fixirung der protoplasmatischen Gebilde und Kerne ist tadellos. Demgegenüber steht die unangenehme Eigenschaft der Säure, Glas anzugreifen, welche es nothwendig macht, mit Kautschukflaschen zu arbeiten, oder, wie ich immer that, mit Glasflaschen, welche an der inneren Seite von einer Schicht Paraffin bedeckt sind. Die meist geeignete Stärke der Säure ist sehr verschieden für verschiedene Objecte. Für nicht zu grosse Pflanzentheile ist eine Lösung, die 1—2 Procent der käuflichen (40 proc.) Fluorwasserstoffsäure enthält, zu empfehlen. Die Objecte verweilen darin ein bis höchstens zwei Tage, worauf sie sehr gut ausgewaschen werden müssen.

Mit diesen sieben Säuren habe ich ziemlich viele Versuche gemacht, bei denen das Carotin auskrystallisirte, ungefähr auf dieselbe Weise, wie bei Pflanzentheilen, welche nach der Methode von Molisch behandelt sind.

Die am meisten geeignete Verdünnung der Säuren ist für verschiedene Objecte nicht dieselbe, aber gewöhnlich bilden sich die Krystalle, sei es in geringerer Menge, auch in denjenigen Lösungen, welche für den betreffenden Pflanzentheil entweder ein wenig zu stark oder zu verdünnt sind. Die Pflanzentheile müssen ein bis mehrere Tage in der Lösung verweilen, bisweilen genügen schon einige Stunden. Hierauf werden die Objecte einige Stunden mit Wasser ausgewaschen; nur die aus der Pikrinsäure mit 70 proc. Alkohol. In einigen Fällen bilden sich die Krystalle schon in der Säure, in anderen erst, nachdem die Gewebe einige Zeit im Wasser verweilt haben. Ich fand im Allgemeinen die schönsten Krystalle in den Präparaten, welche ich einige Stunden nach dem Auswaschen untersuchte. Oft beobachtete ich, dass während der Untersuchung ihre Menge in kurzer Zeit, selbst innerhalb einer halben Stunde zugenommen hatte. In sehr gut ausgewaschenen Objecten bleiben sie auch nach wochenlangem Verweilen im Wasser und im Dunkeln unverändert. In einem Glycerin-Gelatine-Präparat von *Hydrodictyon utriculatum* aus Pikrinsäure und in einem Glycerin-Präparat derselben Pflanze aus Pikrinsäure-nigrosin, welche beide aus dem Jahre 1888 stammten, also mehr als elf Jahre alt waren, fand ich die rothbraunen Kryställchen und Körperchen ganz wie in Präparaten von einigen Tagen her.

Ist nicht alle Säure ausgewaschen oder bleiben die Pflanzentheile in der Lösung selbst, so verändern die Krystalle ihre Farbe und Gestalt und schliesslich bleiben nur unregelmässige, bräunliche Körper über.

Die Krystalle bilden sich an und zwischen den Plastiden, oft sogar in denselben. Dies ist zumal der Fall, wenn die Säure sehr verdünnt ist. Die Plastiden führen dann ein oder bisweilen zwei runde oder etwas eckige Körperchen, welche keine Krystallform aufweisen, aber in ihren anderen Eigenschaften den Krystallgebilden zwischen den Plastiden ganz ähnlich sind.

Die Farbe der Krystalle variirt zwischen bräunlichroth, hellroth und gelbroth. In vielen Fällen konnte ich Pleochroismus beobachten wie bei den Krystallen aus der Kalilösung. Auch verschwindet wie bei diesen die Farbe der Krystalle nach einiger Zeit im Lichte.

Die chemischen Eigenschaften der Krystalle stimmen, wie auch Molisch beschreibt, ganz mit denen des Carotins überein. Nach dem Trocknen der Präparate färben sich die Körperchen mit den erwähnten Reagentien blau. Die Reactionen gehen nicht so leicht vor

sich wie bei den Präparaten aus der Kalilösung, weil hier die Gewebe nicht ganz entfärbt, sondern etwas grünlich sind. Beim Hinzufügen der Reagentien färbt sich sogleich das ganze Object blaugrün, und es ist schwerer, in solchen Präparaten die dunkelblauen Körperchen zu finden, wie in einem farblosen Gewebe. Besonders bei den schnell vorübergehenden Reactionen mit Salpetersäure und Bromwasser ist dies beschwerlich; aber mit einiger Sorgfalt gelingt die Reaction auch hier.

Die Krystalle lösen sich in Choralhydrat, Aether, Eisessig und bei erhöhter Temperatur oder nach längerer Zeit auch in Alkohol. Von einigen Präparaten aus Pikrinsäure zeigten die, welche nach dem Auswaschen mit 70proc. Alkohol in Alkohol von 96 Procent aufbewahrt wurden, nach einigen Wochen gar keine Krystalle mehr, indem sie in eben solchen Präparaten, welche in Wasser bewahrt wurden, in grosser Menge zu finden waren.

Die Krystalle der getrockneten Präparate färbten sich durch concentrirte Schwefelsäure, concentrirte Salpetersäure, concentrirte Salzsäure mit Phenol und Bromwasser alle blau.

Ich habe auch gelbbunte, herbstlich gelbe und etiolirte Blätter in verdünnte Säurelösungen gebracht, aber stets mit negativen Resultaten. Nach kürzerem oder längerem Verweilen in der Lösung fand ich immer die gelben Plastiden und in herbstlich gelben Blättern die braungelben Massen von zusammengeballten Plastiden unverändert zurück. Die Ursache, warum in diesen Blättern der Farbstoff auf diese Weise nicht auskrystallisirt, ist mir unbekannt; aber jedenfalls ist auch hier der Farbstoff nicht von der Säure verändert und zeigt nach dem Verweilen in der Lösung noch dieselben Reactionen wie zuvor. Es ist also diese dritte Methode nicht so allgemein anwendbar wie die beiden vorigen, aber sie gibt dennoch in den meisten Fällen sehr gute Resultate.

Die Bildung der Carotinkrystalle in verdünnten Säuren ist ein Uebelstand, welchen der Gebrauch solcher Säuren, wie Pikrinsäure, Chromsäure u. s. w. als Fixierungsmittel mit sich führt. Die Krystalle und Körperchen können, wenn man ihren Ursprung nicht kennt, zu Irrthümern Veranlassung geben. So kann es zumal vorkommen bei der Fixirung mehrkerniger Algen mit verdünnten Säuren, dass die Carotinniederschläge mit Kernen verwechselt werden. *Rauwenhoff*¹⁾ hat in seiner Abhandlung über *Sphaeroplea annulina* Ag. das

1) *Rauwenhoff*, Onderzoekingen over *Sphaeroplea annulina* Ag. Uitgegeven door de koninklyke Akademie van Wetenschappen te Amsterdam, 1887.

Vorkommen vieler Kerne in einer Zelle vollkommen richtig beschrieben und abgebildet, aber doch meine ich, dass in der Fig. 12 seiner Abhandlung wenigstens ein Theil der abgebildeten kernähnlichen Körper als Carotinniederschläge gedeutet werden muss. Er selbst hat schon einigen Zweifel gehegt, denn er theilt mit, dass in älteren Zellen der Alge so viele Kerne und von so verschiedener Grösse anwesend waren, dass er meinte, Oeltropfen oder Gerbstoffbläschen vor sich zu haben. Auch findet er die Kerne hauptsächlich in der Nähe der Chromatophoren.

In jedem grünen Pflanzentheile, welcher ganz wie die *Sphaeroplea annulina* behandelt ist, kann man kleinere und grössere Körperchen beobachten, welche man für Kerne halten könnte. Mir stand keine *Sphaeroplea annulina* zur Verfügung, aber ich habe andere Objecte, welche mit Fluorwasserstoffsäure, Salzsäure oder Weinsäure behandelt waren, so wie es Rauwenhoff that, mit Haematoxylin gefärbt und beobachtet, dass die in der Säure gebildeten Kryställchen und Körperchen sich dunkler färben wie das übrige Gewebe. Auch gibt zum Beispiel eine *Cladophora* oder eine *Vaucheria* nach Behandlung mit verdünnter Säure ein Bild, welches der Fig. 12 von Rauwenhoff auffallend ähnlich ist.

Das Verhalten des Carotins von *Daucus Carota* bei Behandlung nach den drei beschriebenen Methoden.

Weil es meine Absicht war, die Frage zu beantworten, inwiefern das bei *Daucus Carota* aufgefundene Carotin ein allgemein in Plastiden vorkommender Farbstoff ist, so schien es mir nothwendig, vorher das Verhalten dieses Körpers zu prüfen bei Behandlung nach den drei beschriebenen Methoden, obgleich von verschiedenen Forschern Versuche in solcher Richtung schon gemacht worden sind. Durch die hauptsächlich chemischen Arbeiten von Husemann¹⁾, Arnaud²⁾ und Reinitzer³⁾ ist das Carotin der bestbekannte der Plastidenfarbstoffe geworden. Arnaud fand für seine chemische Zusammensetzung die Formel $C_{26}H_{38}$. Die Meinung, dass das Carotin ein Kohlenwasserstoff ist, ist fast allgemein und auch Pfeffer⁴⁾ nimmt diese in seiner Pflanzenphysiologie an.

Ich wiederholte also die Reactionen mit Schwefelsäure, Salpeter-

1) Husemann, Ueber Carotin und Hydrocarotin. Göttingen 1860.

2) Arnaud, l. c.

3) Reinitzer, Ueber Hydrocarotin und Carotin. Sitzungsber. der k. Akad. Wien 1886, Bd. 94.

4) Pfeffer, l. c., pag. 298.

säure, Salzsäure mit Phenol, und mit Bromwasser, unter genau denselben Verhältnissen wie nachher bei den übrigen Pflanzentheilen. Die getrockneten Stückchen der Wurzel färbten sich mit den vier Reagentien blau. Zweitens wurden Stückchen der Wurzel in die alkoholische Kalilösung gelegt. Nachdem sie einige Zeit darin verweilt hatten, habe ich sie in Glycerin untersucht und das Verhalten der Krystalle den verschiedenen Reagentien gegenüber geprüft. Im Glycerinpräparat waren die Zellen nicht sehr deutlich mehr zu unterscheiden. Die zahlreichen Krystalle lagen im Gewebe zerstreut (Fig. 1). Sie waren denen aus den lebenden Zellen ähnlich, nur waren sie im Allgemeinen grösser. Die Krystalle in den getrockneten Schnitten färbten sich mit concentrirter Schwefelsäure, concentrirter Salpetersäure, Salzsäure mit Phenol und Bromwasser schön blau.

Drittens legte ich Stückchen der Wurzel in die verdünnte Fluorwasserstoffsäure und liess sie darin ein bis mehrere Tage. Nach dieser Zeit wurden die Präparate ausgewaschen und in Glycerin und den verschiedenen Reagentien untersucht. Die Krystalle zeigten sich unverändert und wurden wie diejenigen aus dem lebenden Gewebe von den Reagentien blau gefärbt.

Auf diese Weise habe ich die Eigenschaften des Carotins aus der Wurzel des *Daucus Carota* näher studirt, damit ich bei übereinstimmenden Eigenschaften der gelben Farbstoffe aus anderen Pflanzentheilen zu der völligen Identität dieser Farbstoffe mit dem Carotin schliessen konnte.

Untersuchung.

Abtheilung I.

Die Untersuchung mit Schwefelsäure, Salpetersäure, Salzsäure mit Phenol und Bromwasser.

1. Grüne Blätter.

Durch die Anwesenheit des Chlorophylls sind die Reactionen auf das Carotin nicht rein zu beobachten. Das ganze Gewebe färbt sich in kurzer Zeit blaugrün. Diese Methode ist also für grüne Pflanzentheile weniger brauchbar.

2. Gelbbunte Blätter.

Die Untersuchung dieser Blätter erheischt eine besondere Sorgfalt, weil es oft schwer ist, wirklich gelbe Blätter oder Blatttheile von sehr wenig grün gefärbten zu unterscheiden. Deshalb unter-

uchte ich, bevor die Reagentien angewendet wurden, einen Theil des Blattes in Wasser unter dem Mikroskop. Bei vielen scheinbar gelben Blättern oder Blattstücken ergab sich, dass die Farbe von sehr wenigen grünen Plastiden herrührt, welche sich hier und dort im Mesophyll, aber vornehmlich in den Schliesszellen der Stomata befinden. Bei anderen, fast rein weissen Blättern sind gar keine Plastiden zu beobachten, indem einige mehr goldgelbe Blätter gelbe Plastiden führen. Ich werde also drei Arten von makroskopisch gelben Blättern unterscheiden: diejenigen, welche bei mikroskopischer Untersuchung keine Plastiden aufweisen, diejenigen mit einer geringen Anzahl grüner Plastiden und die Blätter mit gelben Plastiden.

Keine Plastiden oder nur einige grüne in den Schliesszellen der Stomata fand ich bei *Funkia albomarginata* Hook. (*F. lanifolia* Spreng.) im gelbweissen Rand des Blattes, bei *Aspidistra elatior* Blume., *Reineckia carnea* Kunth. fol. var. und bei *Ophiopogon Jaburan* Lodd. fol. var. Bei diesen beiden letzteren fehlten die Plastiden nur in Streifen, der übrige Theil des Blattes war grün.

Für die mikroskopische Untersuchung machte ich einige Flächenschnitte des Blattstückes. Die Untersuchung war nicht sehr genau, aber jedenfalls war die Grösse und Zahl der Plastiden und die Menge des Farbstoffes, welche sie führen, so gering, dass der Farbstoff durch die angewendeten Reagentien nicht aufzuweisen war. Nach dem Trocknen über concentrirter Schwefelsäure zeigten die Schnitte oder Blattstücke mit den Reagentien keine blaue Farbe. Das ganze Gewebe wurde gelb.

Blätter mit wenig aber grünen Plastiden sind, obgleich sie eine gelbe Farbe haben, nicht gelb zu nennen. Sie sind eigentlich sehr hellgrün gefärbt und es ist deutlich, dass dieselben sich ganz wie grüne Blätter verhalten werden. Getrocknete Stückchen dieser Blätter zeigen, durch die Reagentien befeuchtet, an den Stellen, wo sich die Plastiden befinden, die gemischte blaugrüne Farbe, welche grüne Laubblätter in jenem Falle kennzeichnet. Die meisten gelben oder gelbgefleckten Blätter gehören zu dieser Art, wie z. B. bisweilen Theile der Blätter von *Aspidistra elatior* Blume., *Funkia aurea-variegata*, *Fritillaria imperialis* L. und *Hedera Helix* L. Einen Uebergang zu den Blättern mit rein gelben Plastiden fand ich in den Blättern von *Gynerium argenteum* Nees. fol. var. und von *Alocasia macrorhiza* Schott. Beide Blätter führen gelblich grüne Plastiden, welche getrocknet durch concentrirte Schwefelsäure blaugrün gefärbt werden.

Rein gelbe Plastiden beobachtete ich in Blatttheilen von:

Aucuba japonica Thunb.

Elaeagnus latifolia L.

Evonymus japonicus L. var. *sulphurea*

Sambucus nigra L. var. *aurea*.

In den gelben Blättern der kurzen Stammzweige eines *Aesculus Hippocastanum* L. fand ich sehr hellgelbe Plastiden.

Stückchen aller dieser gelben Blatttheile zeigten nach dem Trocknen die erwähnten Reactionen. Die blaue Farbe von Bromwasser und von concentrirter Salpetersäure hervorgerufen, ist nur bei grosser Sorgfalt zu beobachten, weil sie, wie gesagt, so bald verschwindet und durch die geringe Menge des Farbstoffes der Plastiden nicht makroskopisch zu sehen ist.

3. Herbstlich gelbe Blätter.

Die meisten Blätter, welche untersucht wurden, waren schon heruntergefallen. Bei der mikroskopischen Untersuchung im Wasser zeigten fast alle Zellen unregelmässige braungelbe Massen von zusammengeballten Plastiden.

Auf die Blätter folgender Pflanzen wurden die Reagentien angewendet:

Polygonum cuspidatum Sieb. et Zucc.

Aesculus Hippocastanum L.

Mespilus germanica L. (*Pyrus germanica* Hook f.)

Celastrus scandens L.

Dioscorea Batatas Decne. (*D. divaricata* Blanco.)

Acer Pseudo-Platanus L.

Cerasus Avium Moench. (*Prunus avium* L.)

Quercus Robur L.

Ulmus campestris L.

Die Menge des Farbstoffes war ziemlich gering und dies war die Ursache, dass die schnell vorübergehende blaue Farbe der Reactionen mit Bromwasser und concentrirter Salpetersäure schwer zu beobachten war. Die herbstlich gelben Blätter von *Vitis Labrusca* L. zeigten keine Spur von Plastiden, bloss wenige unregelmässige gelbe Massen. Mit keinem der Reagentien trat hier die blaue Farbe hervor. In diesen Blättern war der Farbstoffgehalt so gering, dass er auf diese Weise nicht nachzuweisen war. Aber in allen sonstigen Fällen traten die Reactionen deutlich hervor.

4. Etiolirte Blätter.

Einige Samen von verschiedenen Pflanzen wurden in Gartenerde gesät und die Töpfe ins Dunkel in ein Glashaus gestellt, bis die Keimlinge gross genug waren. Den Exsiccator, in welchem die Stückchen der Blätter oder Cotyledonen getrocknet wurden, stellte ich ebenfalls ins Dunkel. Die Pflanzen, deren etiolirte Keimlinge untersucht wurden, waren:

Hordeum vulgare L.
Sinapis alba L. (*Brassica alba* Boiss.)
Triticum vulgare L.
Vicia Faba L.
Pisum sativum L.
Lepidium sativum L.
Cannabis sativa L.

Nach Anwendung der genannten Reagentien war auch bei diesen etiolirten Blättern die blaue Farbe zu beobachten.

5. Blüten.

Die Blüten folgender Pflanzen wurden von mir untersucht:

Strelitzia Reginae Ait.
Impatiens Noli-tangere L.
Eranthis hyemalis Salisb.
Siphocampylus bicolor G. Dow (*Lobelia laxiflora* H. B. et K.)
Manettia bicolor Paxt. (*M. luteo-rubra*)
Abutilon Darwini Hook. f.
Abutilon megapotamicum St. Hil. et Naud.
Primula officinalis Jacq.
Senecio Ghiesbreghtii Hort. (*S. grandifolius* Less.)
Fritillaria imperialis L.
Tulipa sylvestris L.
Doronicum Columnae Tenore.
Forsythia viridissima Lindl.
Forsythia Fortune Lindl. (*F. suspensa* Vahl.)
Viola lutea Vell.
Adonis vernalis L.
Taraxacum officinale Wigg.
Waldsteinia geoides Willd.
Nonnea lutea DC. (*Alkanna lutea* A. DC.)
Uvularia grandiflora Sm.
Epimedium macranthum Morr. et Decne.

Caltha palustris L.
Genista racemosa (*Cytisus racemosus* Hort.)
Ranunculus repens L.
Lycaste aromatica Lindl.
Kerria japonica DC.
Tropaeolum majus L.
Tillandsia splendens Brogn.
Oenothera biennis L.
Cucurbita foetidissima H. B. et K.
Kniphofia aloides Moench.
Tagetes patula L.
Calendula officinalis L.
Physalis Franchetti. Kelch nach dem Aufblühen.
Helianthus annuus L.
Tropaeolum aduncum Sm. (*Tr. peregrinum* L.)
Helenium autumnale L.
Rudbeckia Newmani Loud.

Die Blumenblätter obenstehender Pflanzen zeigten alle nach Anwendung der genannten Reagentien die blaue Farbe.

Bei der Untersuchung dieser Blüten fand ich, dass die Verschiedenheit der Farbe der gelben bis rothen Blumenblätter meistens nur durch einen verschiedenen Gehalt an Farbstoff bedingt wird, bisweilen auch durch sogleich vorhandenen gefärbten Zellsaft.

6. Früchte.

Von den Früchten, welche ihre Farbe ganz oder theilweise gelben oder rothen Plastiden verdanken, wurden folgende untersucht:

Rosa spec.
Aglaonema commutatum Schott. (*Scindapsus Cuscutaria* Presl.)
Sorbus Aucuparia L. (*Pyrus Aucuparia* Ehrh.)
Sorbus Aria Crantz. (*Pyrus Aria* Ehrh.)
Solanum Dulcamara L.
 Tomate spec.
Physalis Alkekengi L.
Physalis Franchetti.
Citrus Aurantium L.

Bei einigen dieser Früchte führt die Epidermis rothen Zellsaft und finden sich die gelben oder rothen Plastiden nur im übrigen Gewebe vor, bei anderen liegen die Plastiden auch in den Zellen der

Epidermis. In beiden Fällen sah ich nach Anwendung der Reagentien stets die Plastiden sich blau färben.

7. Samen.

Von Courchet¹⁾ wurde von mehreren Pflanzen, wie *Passiflora coerulea*, *Evonymus europaeus* und *japonicus*, *Hedychium Gardnerianum* der Arillus mittels verschiedener Reagentien untersucht und darin ein carotinartiger Farbstoff gefunden, welcher in seinem Verhalten concentrirter Schwefelsäure gegenüber, die früher genannten kleinen Verschiedenheiten zeigte. Später wies Schrötter²⁾ im Arillus von *Azalia Cuanzensis* einen Farbstoff nach, welcher die Eigenschaften von Carotin besass; aber, wie noch niemals beobachtet wurde, in Oel gelöst in diesem Gewebe vorkam.

Ich untersuchte den Arillus von *Evonymus latifolius* Mill. und fand, dass die Plastiden dieses Gewebes sich, nachdem die Präparate getrocknet waren, mit den vier genannten Reagentien blau färbten.

Abtheilung II.

Die Untersuchung mit alkoholischer Kalilauge (Methode von Molisch).

Wie in der Methode beschrieben wurde, wurden die Pflanzentheile, nachdem sie längere oder kürzere Zeit in der alkoholischen Kalilösung verweilt hatten, in Wasser oder Glycerin und in den vier Reagentien der ersten Abtheilung untersucht.

1. Grüne Blätter.

Zur Vollständigkeit der Untersuchung unterwarf ich einige grüne Blätter der Kalimethode, nämlich die Blätter von:

- Primula acaulis* Will. (*P. vulgaris* Huds.)
- Viola tricolor* L.
- Ficaria ranunculoides* Moench. (*Ranunculus Ficaria* L.)
- Limnanthes Douglasii* R. Br.
- Galanthus nivalis* L.
- Ranunculus repens* L.
- Elodea canadensis* Michx.
- Prothallien von einigen Farnspec.
- Selaginella* spec. (Fig. 2)
- Funaria hygrometrica* Hedw.

1) Courchet, l. c.

2) Schrötter, l. c.

Ich fand in den Blättern aller dieser Pflanzen die Krystalle mit allen Eigenschaften, wie Molisch sie beschreibt.

2. Gelbe und gelbgefleckte Blätter.

Wie ich in der ersten Abtheilung erwähnte, kann man drei Arten von äusserlich gelben Blättern unterscheiden, welche aber nicht scharf von einander zu trennen sind.

In denjenigen Blatttheilen, welche bei der mikroskopischen Untersuchung keine oder nur sehr wenige kleine, farblose Plastiden zeigen, konnte ich selbst, nachdem sie mehrere Wochen in der alkoholischen Kalilösung verweilt hatten, keine Krystalle finden. Auch mittels der äusserst empfindlichen Reaction mit concentrirter Schwefelsäure konnte kein Farbstoff nachgewiesen werden. Nur in einem Präparat von Blattstücken von *Aspidistra elatior* waren nach Behandlung mit der Schwefelsäure in den Schliesszellen der Stomata einige blaue Körperchen sichtbar. Andere Präparate desselben Blattstückes zeigten sie aber nicht. Ohne Farbstoff erwiesen sich auf diese Weise Blatttheile von *Aspidistra elatior* Blume., *Funkia albomarginata* Hook., *Reineckia carnea* Kunth. fol. var., *Ophiopogon Jaburan* Lodd. fol. var. Theile derselben Blätter gaben, wie ich in der ersten Abtheilung erwähnte, mit keiner der Reagentien die blaue Farbe.

Die gelben Blätter mit wenig grünen Plastiden müssen sich wie hellgrüne Blätter verhalten und nach Behandlung mit der alkoholischen Kalilösung Krystalle zeigen. Von diesen untersuchte ich die Blätter oder Blattstücke von *Aspidistra elatior* Blume., *Funkia aurea variegata* und *Fritillaria imperialis* L.

Die Menge der Krystalle ist sehr verschieden, wenig in fast weissen Blatttheilen; ebenso viele, wie in einem grünen Laubblatte in denjenigen Blättern, welche bei genauer Beobachtung nicht reingelb, sondern grünlichgelb sind. Auch in gelben Blattstücken von *Gyneryium argenteum* Nees. fol. var., welche grüngelbe Plastiden besitzen, fand ich nach dem Verweilen in der alkoholischen Kalilösung Krystalle, welche ganz denjenigen aus grünen Blättern ähnlich sind.

Von den Blättern mit rein gelben Plastiden brachte ich Stückchen in die alkoholische Kalilösung, welche darin längere Zeit verweilten, wie aus der Tabelle hervorgeht.

Datum, an welchem die Blätter in die alkoholische Kalilösung gebracht wurden	Namen der Pflanzen	Beschreibung der Farbe und Gestalt der Plastiden bei der Untersuchung der lebenden Gewebe in Wasser	Datum der Untersuchung und Beschreibung der Plastiden und Krystalle nach dem Verweilen in der alkoholischen Kalilösung
22. April.	<i>Aucuba japonica</i> Thunb.	Hellgelbe, runde Plastiden.	1. Juni. Braungelbe Krystallnadeln und Büschel (Fig. 3).
22. April.	<i>Elaeagnus latifolia</i> L.	Hellgelbe, runde Plastiden.	23. Mai. Braungelbe, unregelmässige Körper und feine, spitze, etwas gekrümmte Krystallnadeln.
30. Mai.	<i>Evonymus japonicus</i> L. var. <i>sulphurea</i>	Hellgelbe, runde Plastiden.	22. Sept. Braungelbe Krystalle von verschiedener Grösse und Gestalt.
30. Mai.	<i>Sambucus nigra</i> L. var. <i>aurea</i> .	Hellgelbe, runde Plastiden.	21. Sept. Gelbe Massen wie von zusammengeballten Plastiden und gelbbraune kleine Kryställchen.

Die Krystalle färbten sich mit den Reagentien blau und waren völlig denen aus den anderen Gewebetheilen gleich.

3. Herbstlich gelbe Blätter.

Von denselben vergilbten Blättern, welche ich in der ersten Abtheilung untersuchte, brachte ich Theile in die alkoholische Kalilösung. Die Tabelle gibt eine Uebersicht dieses Versuchs.

Datum, an welchem die Blätter in die alkoholische Kalilösung gebracht wurden	Namen der Pflanzen	Beschreibung der Farbe und Gestalt der Plastiden bei der Untersuchung der lebenden Gewebe in Wasser	Datum der Untersuchung und Beschreibung der Plastiden und Krystalle nach dem Verweilen in der alkoholischen Kalilösung
5. Nov.	<i>Polygonum cuspidatum</i> Sieb. et Zucc.	Bräunlichgelbe Plastiden, zu Klumpen geballt.	27. Dec. Braungelbe Krystalle. Vielleicht noch nicht aller Farbstoff auskrystallisirt.
5. Nov.	<i>Aesculus Hippocastanum</i> L.	Braungelbe unregelmässige Massen von Plastiden.	27. Dec. Braungelbe, kleine Krystalle, in einigen Zellen noch Plastidenmassen sichtbar (Fig. 4).

Datum, an welchem die Blätter in die alkoholische Kalilösung gebracht wurden	Namen der Pflanzen	Beschreibung der Farbe und Gestalt der Plastiden bei der Untersuchung der lebenden Gewebe in Wasser	Datum der Untersuchung und Beschreibung der Plastiden und Krystalle nach dem Verweilen in der alkoholischen Kalilösung
5. Nov.	<i>Mespilus germanica</i> L. (<i>Pyrus germanica</i> Hook. f.)	Braungelbe, unregelmässige Massen von Plastiden.	27. Dec. Braungelbe, grosse Krystalle, spitz und stabförmig (Fig. 5).
5. Nov.	<i>Celastrus scandens</i> L.	Braungelbe, unregelmässige Massen von Plastiden.	22. Dec. An einigen Stellen fängt der Farbstoff an zu krystallisiren. Noch keine grossen Krystalle.
5. Nov.	<i>Dioscorea Batatas</i> Decne. (<i>D. divaricata</i> Blanco.)	Braungelbe Plastiden, einzeln und in Massen.	22. Dec. Der Farbstoff fängt an zu krystallisiren. Einzelne schöne grosse Krystalle gebildet, in Büscheln im Protoplasma liegend.
5. Nov.	<i>Acer Pseudo-Platanus</i> L.	Gelbe Plastiden, einzeln und zusammengeballt.	27. Dec. Braungelbe, stabförmige Krystalle. Der Farbstoff ist noch nicht vollständig auskrystallisirt (Fig. 6).
5. Nov.	<i>Cerasus Avium</i> Moench. (<i>Prunus avium</i> L.)	Gelbe Plastiden, einzeln und in Massen.	22. Dec. Die Plastiden noch sichtbar und etwas gelb. In der Nähe der Plastidenmassen oder mit denselben verbunden liegen spitze, braungelbe Krystalle.
5. Nov.	<i>Ulmus campestris</i> L.	Braungelbe, unregelmässige Plastidenmassen.	27. Dec. Braungelbe, grosse Krystalle. Wahrscheinlich noch nicht aller Farbstoff auskrystallisirt.
5. Nov.	<i>Quercus Robur</i> L.	Unregelmässige Massen von braungelber Substanz, keine Plastiden zu beobachten.	22. Dec. In einigen Blatttheilen haben sich so wenig Krystalle gebildet, dass sie sich nur mittels der Reagentien aufweisen lassen. In anderen Theilen ist die Menge der Krystalle grösser.

Aus dieser Tabelle geht hervor, dass bei keinem Objecte die Zeit vom 5. November bis Ende December zum vollständigen Auskrystallisiren des Farbstoffes genügte. Viele Präparate zeigten den Farbstoff noch theilweise an noch anwesender protoplasmatischer Substanz gebunden. Bei *Vitis Labrusca* L. war, wie ich in der ersten Abtheilung erwähnte, der Farbstoffgehalt so gering, dass ich mit den Reagentien nicht im Stande war, ihn im frisch getrockneten Blatte nachzuweisen. Nach Behandlung mit der alkoholischen Kalilösung konnte ich keine Krystalle finden. Aber in diesen Präparaten zeigte der Farbstoff mit Hilfe der concentrirten Schwefelsäure und der concentrirten Salpetersäure dennoch seine Anwesenheit durch die blaue Farbe, welche unter dem Mikroskop leichter zu beobachten ist als die braungelbe Farbe der Krystalle im Glycerin- oder Wasserpräparat.

4. Etiolirte Blätter.

Ich brachte auch Blattstücke von einigen etiolirten Keimlingen in die alkoholische Kalilösung, nämlich von *Hordeum vulgare* L. (Fig. 7), *Cannabis sativa* L., *Pisum sativum* L., *Lepidium sativum* L. und *Helianthus annuus* L. (Fig. 8). Von den Cotyledonen dieser letzten Pflanze sagt Molisch¹⁾, dass es ihm nicht möglich war, darin die Krystalle aufzufinden. Ich vermuthe, dass die Ursache in dem Umstand zu suchen ist, dass er die Stückchen zu kurze Zeit in der Lösung liess. Ich fand, nachdem die Cotyledonen vom 13. Juni bis zum 21. September in der Lösung verweilt hatten, darin grosse Krystalle, aber zugleich auch braune Massen, welche sehr wahrscheinlich die kleinen Krystalle, die sich innerhalb wenigen Tagen bilden, unsichtbar machen. Die erhaltenen Krystalle von *Helianthus annuus* färbten sich wie diejenigen aus den anderen etiolirten Keimlingen blau nach Behandlung mit concentrirter Schwefelsäure, concentrirter Salpetersäure, Salzsäure mit Phenol und Bromwasser.

5. Blüten.

Die Blumenblätter mussten, wie ich erwähnte, meistens sehr lange Zeit, oft mehrere Wochen in der alkoholischen Kalilösung verweilen, ehe der Farbstoff auskrystallirte. Die folgende Tabelle wird eine Uebersicht von den untersuchten Pflanzen und den erhaltenen Resultaten geben.

1) Molisch, l. c. pag. 21.

Datum, an welchem die Blumenblätter in die alkoholische Kalilösung gebracht wurden	Namen der Pflanzen	Beschreibung der Farbe und Gestalt der Plastiden bei der Untersuchung der lebenden Gewebe in Wasser	Datum der Untersuchung und Beschreibung der Plastiden und Krystalle nach dem Verweilen in der alkoholischen Kalilösung
16. Febr.	<i>Eranthis hyemalis</i> Salisb.	Kleine, eckige, hellgelbe Plastiden.	23. Febr. Im Gewebe unregelmässige, verzweigte, braungelbe Körper. Noch keine Krystalle. Die Zeit war zu kurz.
15. März.	<i>Siphocampylus bicolor</i> G. Dow. (<i>Lobelia laxiflora</i> H. B. et K.)	Kleine, rundliche, gelbe Plastiden.	22. März. Spitze, braungelbe Körper, etwa wie Krystalle.
19. April.	<i>Primula officinalis</i> Jacq.	Kleine, runde, gelbe Plastiden.	6. Mai. Kleinere und grössere Körperchen verschiedener Gestalt; gelbe Massen, wahrscheinlich von zusammengeballten Plastiden, welche noch Farbstoff enthalten.
19. April.	<i>Forsythia Fortuni</i> Lindl. (<i>F. suspensa</i> Vahl.)	Kleine, runde, hellgelbe Plastiden.	6. Juli. Viele braungelbe Krystallnadeln. 6. Mai. Kleine, bräunliche, unregelmässige Körperchen und gelbe Massen.
22. April.	<i>Ficaria ranunculoides</i> Moench. (<i>Ranunculus Ficaria</i> L.)	Kleine, runde oder eckige, gelbe Plastiden.	6. Juli. Braungelbe Krystallnadeln. 23. Mai. Gelbbraune, grössere Kugel und feine, unregelmässige, krystallähnliche, braungelbe Körper.
2. Mai.	<i>Forsythia viridissima</i> Lindl.	Kleine, runde, hellgelbe Plastiden.	1. Juni. Sehr viele kleine, bräunliche Körperchen, einige braungelbe grössere, und braungelbe Krystallnadeln.
2. Mai.	<i>Adonis vernalis</i> L.	Sehr kleine, gelbe Plastiden.	1. Juni. Kleine und grosse, runde, bräunliche Körper und viele braungelbe Krystallnadeln.

Datum, an welchem die Blumenblätter in die alkoholische Kalllösung gebracht wurden	Namen der Pflanzen	Beschreibung der Farbe und Gestalt der Plastiden bei der Untersuchung der lebenden Gewebe in Wasser	Datum der Untersuchung und Beschreibung der Plastiden und Krystalle nach dem Verweilen in der alkoholischen Kalilösung
2. Mai.	Waldsteinia geoides Willd.	Sehr kleine, runde, hellgelbe Plastiden.	1. Juni. Kleine, braune Körperchen. Der Farbstoff sehr wahrscheinlich noch nicht vollständig ausgezogen.
2. Mai.	Nonnea lutea DC. (Alkana lutea A. DC.)	Kleine, runde, hellgelbe Plastiden.	1. Juni. Viele spitze, braungelbe Krystallnadeln, auch zu Büscheln vereinigt.
10. Mai.	Caltha palustris L.	Runde und eckige, gelbe Plastiden.	6. Juli. Braungelbe, runde und unregelmässige Körper, auch Nadeln und andere braungelbe Krystalle.
10. Mai.	Genista racemosa. (Cytisus racemosus Hort.)	Aeusserst kleine, gelbe Plastiden.	6. Juli. Braungelbe Körperchen und unregelmässige Massen. Nur wenige Krystalle, aber es sieht aus, als ob sie sich zu bilden anfangen.
10. Mai.	Tillandsia splendens Brogn.	Runde, gelbe Plastiden.	6. Juli. Schöne, braungelbe Krystallnadeln und Krystalle verschiedener Gestalt.
16. Mai.	Stilophorum diphyllum Nutt.		7. Juli. Braungelbe, feine, spitze, oft gekrümmte Krystallnadeln.
16. Mai.	Trollius europaeus L.	Runde, ovale und unregelmässige, gelbe Plastiden.	7. Juli. Aus der Lösung in destillirtes Wasser gebracht. 21. Juli. Schöne, braungelbe Krystalle und Krystallbüschel. Aller Farbstoff auskrystallisirt.

Datum, an welchem die Blumenblätter in die alkoholische Kalilösung gebracht wurden	Namen der Pflanzen	Beschreibung der Farbe und Gestalt der Plastiden bei der Untersuchung der lebenden Gewebe in Wasser	Datum der Untersuchung und Beschreibung der Plastiden und Krystalle nach dem Verweilen in der alkoholischen Kalilösung
16. Mai.	<i>Trollius asiaticus</i> L.	Runde und ovale, gelbe Plastiden.	7. Juli. Sehr deutlich zu sehen, wie der Farbstoff im Begriff ist, sich aus benachbarten Plastiden zu langen, braungelben Krystallnadeln zusammenzufügen. Auch Krystallbüschel anwesend.
16. Mai.	<i>Kerria japonica</i> DC.	Sehr kleine, gelbe Plastiden.	7. Juli. Lange, gekrümmte, braungelbe Krystalle.
16. Mai.	<i>Lycaste aromatica</i> Lindl.	Kleine, gelblichbraune Plastiden.	17. Dec. Grosse, braungelbe Krystallnadeln und Büschel (Fig. 9).
16. Mai.	<i>Ranunculus gramineus</i> L.	Runde, gelbe Plastiden.	6. Juni. Braungelbe, unregelmässige Massen und feine Nadeln. Aus der Lösung in destillirtes Wasser gebracht. 5. Juli. Die Zahl und Grösse der Krystalle hat sich vermehrt.
16. Mai.	<i>Alyssum saxatile</i> Bory et Chaub.	Kleine, gelbe Plastiden.	6. Juni. Gelbe Massen wie von zusammengehaltenen Plastiden und ziemlich viele braungelbe Krystalle. Sehr wahrscheinlich haben die Blätter noch nicht lange genug in der Lösung verweilt.
16. Mai.	<i>Ranunculus repens</i> L.	Runde, gelbe Plastiden.	6. Juni. Aus der Lösung in destillirtes Wasser gebracht. 5. Juli. Viele grosse, lange, gelbbraune Krystallnadeln.
16. Mai.	<i>Ranunculus auricomus</i> Schlecht.	Runde, gelbe Plastiden.	7. Juli. Bräunliche Massen und Körperchen und gelbbraune Krystalle.

Datum, an welchem die Blumenblätter in die alkoholische Kalilösung gebracht wurden	Namen der Pflanzen	Beschreibung der Farbe und Gestalt der Plastiden bei der Untersuchung der lebenden Gewebe in Wasser	Datum der Untersuchung und Beschreibung der Plastiden und Krystalle nach dem Verweilen in der alkoholischen Kalilösung
16. Mai.	<i>Chelidonium majus</i> L.	Kleine, hellgelbe Plastiden.	7. Juli. Aller Farbstoff auskrystallisirt in gekrümmten, braungelben Krystallnadeln, welche Büschel bilden.
16. Mai.	<i>Sisymbrium Sophia</i> L.	Kleine, gelbe Plastiden.	3. Juni. Aus der Lösung in destillirtes Wasser gebracht. 6. Juni. Gelbliche und farblose, runde Körper und gelbbraune Krystallnadeln.
8. Sept.	<i>Impatiens Noli-tangere</i> L.	Kleine, gelbe Plastiden.	9. Nov. Gelbbraune, spindelförmige Krystalle, auch zu Büscheln vereinigt (Fig. 10).
16. März.	<i>Narcissus Pseudonarcissus</i> L.	Runde, gelbe Plastiden.	22. April. Braungelbe Krystalle verschiedener Gestalt.
5. Febr.	<i>Strelitzia Reginae</i> Ait.	Spitze, gekrümmte, gelbrothe Plastiden.	16. Febr. Gestalt der Plastiden unverändert. Farbe mehr braunroth.
16. März.	<i>Abutilon Darwini</i> Hook. f.	Lange, spitze, oft gekrümmte, gelbe Plastiden.	22. März. Gelbbraune, gekrümmte Nadeln und unregelmässige Aggregaten von Kryställchen.

Die zwei letzten Pflanzen *Strelitzia Reginae* und *Abutilon Darwini* führen in ihren Blüten krystallähnliche Plastiden. Ich fand in der kurzen Zeit, welche diese Blumenblätter in der Lösung verweilten, die Gestalt der Plastiden von *Strelitzia* nicht verändert, indem sich bei *Abutilon* Krystalle zu bilden anfangen.

Wie aus der Tabelle hervorgeht, war es mir möglich, in allen untersuchten Blüten die Farbstoffkrystalle aufzuweisen. Bei *Eranthis hyemalis* konnte ich noch keine Krystalle finden, aber die braungelben, unregelmässig verzweigten Körper wiesen auf einen Anfang von Krystallisation hin. Die Zeitdauer des Verweilens in der

alkoholischen Kalilösung ist in diesem Falle zu kurz gewesen. Später habe ich, wie aus dem Vergleich der Daten deutlich sein wird, die Blumenblätter viel länger in der Lösung belassen, bis aller oder der grösste Theil des Farbstoffes auskrystallisirt war.

Von allen in der Tabelle genannten Pflanzen wurden Stückchen der Blumenblätter aus der Lösung nach Auswaschen und Trocknen mit den Reagentien der ersten Abtheilung geprüft. Ohne Ausnahme wurden die Krystalle durch concentrirte Schwefelsäure, concentrirte Salpetersäure, Salzsäure mit Phenol und Bromwasser blau gefärbt. Auch in denjenigen Fällen, in welchen der Farbstoff noch nicht ganz auskrystallisirt war, trat dennoch die blaue Farbe hervor.

6. Früchte.

Obleich die meisten der untersuchten Früchte schon im lebenden Gewebe Farbstoffkrystalle führen, brachte ich sie dennoch in die Kalilösung. Von denjenigen, welche in der Epidermis gefärbten Zellsaft haben, benutzte ich nur das innere Gewebe. Die folgende Tabelle gibt eine Uebersicht der erhaltenen Resultate.

Datum, an welchem die Präparate in die alkoholische Kalilösung gebracht wurden	Namen der Pflanzen	Beschreibung der Farbe und Gestalt der Plastiden bei der Untersuchung der lebenden Gewebe in Wasser	Datum der Untersuchung und Beschreibung der Plastiden und Krystalle nach dem Verweilen in der alkoholischen Kalilösung
16. Febr.	Rosa spec.	Gelbrothe, runde, stabförmige oder spitze Plastiden.	23. Febr. Die Plastiden unverändert, die Farbe mehr braunroth.
8. Sept.	Rosa spec. (dieselbe wie oben).	Gelbrothe, runde, stabförmige oder spitze Plastiden.	9. Nov. Braunrothe, lange Krystalle, gekrümmt und auch zu Büscheln vereinigt.
5. Febr.	Citrus Aurantium L.	Orangerothe, runde Plastiden.	23. Febr. Die Plastiden noch unverändert. Die Zeit war zu kurz.
8. Sept.	Solanum Dulcamara L.	BraungelbePlastiden von verschiedener Gestalt.	11. Nov. Sehr schön zu beobachten, wie der Farbstoff aus der contrahirten Protoplasma-masse herauskrystallisirt.
8. Sept.	Sorbus Aucuparia L. (Pyrus aucuparia Ehrh.).	Rothgelbe, spindelförmige Plastiden.	11. Nov. Rothgelbe, spitze, oft gekrümmte Krystalle, einzeln und in Büscheln.

Datum, an welchem die Präparate in die alkoholische Kalilösung gebracht wurden	Namen der Pflanzen	Beschreibung der Farbe und Gestalt der Plastiden bei der Untersuchung der lebenden Gewebe in Wasser	Datum der Untersuchung und Beschreibung der Plastiden und Krystalle nach dem Verweilen in der alkoholischen Kalilösung
8. Sept.	Tomate spec.	Rothe, unregelmässig stab- und spindelförmige Plastiden.	11. Nov. Orangerothe, spitze, auch gekrümmte Krystalle, einzeln und in Büscheln.
9. Oct.	Physalis Franchetti.	Gelbrothe, runde, ovale und unregelmässig gebildete Plastiden.	14. Nov. Der Farbstoff ist im Begriff zu krystallisiren.

Bei der *Rosa spec.* zeigte sich die Zeit vom 16.—23. Februar nicht genügend zum Auskrystallisiren des Farbstoffes, indem nach einem Verweilen in der Lösung von zwei Monaten sich grosse Krystalle gebildet hatten. Ebenfalls war die Zeit von 5.—23. Februar zu kurz, um Krystalle im Gewebe von *Citrus Aurantium* zu bilden. In allen anderen Fällen, in denen ich die Theile der Früchte mehrere Wochen in der Lösung liess, erhielt ich Krystalle mit allen Eigenschaften, welche diejenigen aus den grünen Blättern kennzeichnen. Alle Krystalle aus den verschiedenen Früchten und auch die unveränderten Plastiden von *Citrus Aurantium* färbten sich mit den Reagentien blau.

7. Samen.

Ich brachte Theile des *Arillus* von *Evonymus latifolius* Mill. in die alkoholische Kalilösung und liess dieselben einige Wochen darin. Nach dieser Zeit zeigten die Präparate sehr grosse, spitze Krystalle, welche sich mit den Reagentien blau färbten.

8. Algen.

Ueber die gelben Farbstoffe der Algen bestehen nicht viele Untersuchungen. Ich werde hier in aller Kürze mittheilen, wie es mit unserer Kenntniss derselben steht.

Kraus¹⁾ gelang es mittelst seiner Methode, durch Schütteln der alkoholischen Lösung mit Benzol in „grasgrünen“ Algen den gelben und den blaugrünen Farbstoff, sein Kyanophyll und Xanthophyll aufzuweisen. Von nicht grün gefärbten Algen untersuchten Kraus

1) Kraus, l. c.

und Millardet¹⁾ zusammen die Diatomaceae und die Phycocromaceae, indem später Millardet²⁾ allein die Farbstoffe der Fucaceae einer Untersuchung unterwarf. Sie fanden ausser dem in Wasser löslichen Farbstoff und dem grünen Chlorophyll einen gelben Farbstoff, welchen sie Phycoxanthin nannten. In seiner späteren ausführlichen Arbeit behauptet Kraus³⁾, dass, was er und Millardet Phycoxanthin nannten, kein reiner Farbstoff, sondern eine Mischung von einem gelben Farbstoff und eine kleine Menge eines blaugrünen sei. Weiter theilt er mit, dass das reine Phycoxanthin, welches er aus Oscillarien herstellte, mit dem Xanthophyll der grünen Pflanzen nicht identisch, sondern nahe damit verwandt ist.

Hansen⁴⁾, der die Farbstoffe der Fucaceae untersuchte, stellte aus *Fucus vesiculosus* die von ihm als Chlorophyllgelb und Chlorophyllgrün bezeichneten Bestandtheile dar, welche er auch im Chlorophyll der höheren Pflanzen fand, und betrachtet dieses Chlorophyllgelb im Gegensatz zu Kraus als identisch mit dem Phycoxanthin, welches Millardet aus *Fucus* erhielt.

Rostafinski⁵⁾ beschäftigte sich mit dem rothen Farbstoff, welchen einige Chlorophyceae gelegentlich im Dauerzustande oder fortwährend aufweisen, wie z. B.: *Chlamydococcus*, *Trentepohlia* und *Haematococcus*. Er bekommt durch Trennung mit Alkohol zwei Farbstoffe, einen rothen und einen gelben. Diese Bestandtheile betrachtet er nach ihren chemischen Eigenschaften als identisch mit dem Gemisch von einem gelben und rothen Farbstoff, welchen er in Blüthen findet, dem Xanthin im Sinne von Frémy. Dieselben chemischen Eigenschaften, welche der Farbstoff von *Chlamydococcus pluvialis* im Dauerzustande hat, zeigt nach Klebs⁶⁾ auch der Farbstoff von *Euglena sanguinea*. Endlich erwähnt noch Schrötter⁷⁾ in einer vorläufigen Mittheilung, dass er in *Sarcina aurantiaca* und *Staphylococcus pyogenes*

1) Kraus et Millardet, Sur le Pigment des Phycocromacées et des Diatomées. Comptes rendus. T. 66. 1868.

2) Millardet, Sur la nature du Pigment des Fucoidées. Comptes rendus. T. 68.

3) Kraus, l. c.

4) Hansen, Das Chlorophyllgrün der Fucaceae. Arbeiten des Würzburger Institutes. Bd. III. 1888.

5) Rostafinski, Ueber den rothen Farbstoff einiger Chlorophyceae. Bot. Zeit. 1881.

6) Klebs, Organisation einiger Flagellatengruppen und ihre Beziehungen zu Algen und Infusorien. Unters. Tüb. Bd. I.

7) Schrötter, Centralbl. f. Bakt. und Par.-Kunde. 1896.

aureus einen Lipoxanthinfarbstoff gefunden habe, welcher sich mit Schwefelsäure blau färbt. Auf welche Weise er den Farbstoff untersuchte, beschreibt er nicht.

Alle Untersuchungen beziehen sich auf chemische oder spectral-analytische Versuche der extrahirten Farbstoffe. Im Allgemeinen haben sie also gelehrt, dass in grünen, wie in anders gefärbten Algen neben dem Chlorophyll und neben dem in Wasser löslichen braunen, rothen oder blauen Farbstoff noch ein gelber in Wasser unlöslicher Farbstoff vorhanden ist, von dem es nicht unwahrscheinlich ist, dass er mit dem gelben Begleiter des Chlorophylls der grünen Pflanzen identisch sei. Und weiter, dass einige gefärbte Algen einen Farbstoff besitzen, welcher die nämlichen Eigenschaften wie der Farbstoff aus gelben Blüten aufweist.

Ich untersuchte mehrere Algen, grüne und anders gefärbte nach der Kalimethode.

Molisch¹⁾ hat mit Spirogyra schon denselben Versuch gemacht, er erhielt aber keine präzisen Resultate, weil, wie er mittheilt, die Krystallisation bald eintrat, bald ausblieb. Ich vermute, dass auch hier wieder die zu kurze Zeitdauer die Ursache dieser negativen Resultate ist. Ich fand nach einigen Tagen keine Krystalle in den nämlichen Algen, worin sich nach einigen Wochen recht schöne Krystalle gebildet hatten.

Für die Versuche wurden möglichst reine Massen von Algen gewählt und diese wurden, von dem überschüssigen Wasser befreit, in die alkoholische Kalilösung gebracht. Bei den meisten von diesen Versuchsobjecten, insbesondere den Braunalgen habe ich die Lösung nach einiger Zeit mit einer neuen ersetzt. Die folgende Tabelle wird eine Uebersicht von den erhaltenen Resultaten geben.

Datum, an welchem die Algen in die alkoholische Kalilösung gebracht wurden	Namen der Algen	Datum der Untersuchung und Beschreibung der Krystalle nach dem Verweilen in der alkoholischen Kalilösung
--	-----------------	--

Diatomeae.

8. Mai	Einige Fragillaria spec.	22. Sept. Gelbbraune, sehr kleine Kryställchen, in fast jeder Zelle eines, bisweilen zwei (Fig. 11).
--------	--------------------------	---

1) Molisch, l. c.

Datum, an welchem die Algen in die alkoholische Kalilösung gebracht wurden	Namen der Algen	Datum der Untersuchung und Beschreibung der Krystalle nach dem Verweilen in der alkoholischen Kalilösung
<i>Cyanophyceae.</i>		
7. Dec.	<i>Oscillaria Froelichii</i> Kg.	29. Dec. Die Zellwände sind unsichtbar, aber die Zellen noch mit einander verbunden. In jeder Zelle kleine und grössere braungelbe Krystalle und Krystallbüschel (Fig. 12).
21. Dec.	<i>Anabaena Flos-aquae</i> Bréb.	2. Jan. Braungelbe, kleine Kryställchen.
<i>Chlorophyceae.</i>		
18. Aug.	<i>Hydrodictyon utriculatum</i> L.	12. Dec. Braungelbe, grosse Krystalle und Krystallbüschel.
18. Aug.	<i>Oedogonium spec.</i>	1. Nov. In jeder Zelle mehrere braungelbe bis orange Krystallnadeln und Büschel (Fig. 13).
31. Aug.	<i>Cladophora glomerata</i> Kg.	1. Nov. Viele orangegelbe, spitze, oft gekrümmte Krystallnadeln (Fig. 14).
20. Aug.	<i>Enteromorpha intestinalis</i> Lk.	19. Dec. Orangegelbe Krystallnadeln und Stäbchen (Fig. 15).
12. März.	<i>Chara fragilis</i> Desv.	18. März. Schon kleine, orangegelbe Kryställchen gebildet.
<i>Fucoideae.</i>		
9. Aug.	<i>Fucus vesiculosus</i> L.	13. Dec. Braungelbe, grosse Krystallnadeln und Täfelchen (Fig. 16).
9. Aug.	<i>Fucus serratus</i> L.	6. Dec. Braungelbe, spitze Krystalle, meistens eines oder zwei in jeder Zelle.
9. Aug.	<i>Laminaria saccharina</i> L.	2. Nov. Braungelbe, kleine, unregelmässige Kryställchen.
9. Aug.	<i>Laminara digitata</i> L.	13. Dec. Braungelbe, spitze und stabförmige Krystalle grösser als am 2. Nov. (Fig. 17). 1. Nov. Gelbbraune, spitze Krystallnadeln, an einigen Stellen ausserordentlich lang.

Datum, an welchem die Algen in die alkoholische Kalilösung gebracht wurden	Namen der Algen	Datum der Untersuchung und Beschreibung der Krystalle nach dem Verweilen in der alkoholischen Kalilösung
20. Aug.	Chorda filum L.	6. Dec. Braungelbe, spitze Krystallnadeln, auch Stäbchen und Büschel (Fig. 18).
20. Aug.	Ascophyllum nodosum L.	6. Dec. Braungelbe Krystallnadeln und Stäbchen. Auch unregelmässige, gelbe Protoplasmamassen, aus denen der Farbstoff noch nicht vollkommen auskrystallisirt ist.
20. Aug.	Porphyra laciniata Lightf.	6. Dec. Braungelbe Krystallnadeln und Stäbchen (Fig. 19).
Florideae.		
20. Aug.	Ceramium rubrum Huds.	6. Dec. Orangegelbe, kleine, stab- oder tafelförmige Krystalle (Fig. 20).
20. Aug.	Polysiphonia spec.	6. Dec. Viele braungelbe, lange, spitze Krystallnadeln.

Die Krystalle, welche sich in diesen Algen gebildet hatten, zeigten sich denen aus den anderen untersuchten Pflanzentheilen völlig ähnlich. Auch färbten sie sich mit den Reagentien der ersten Abtheilung blau.

Resultate der Abtheilung II.

In allen untersuchten Pflanzentheilen fand ich also Krystalle. Diese liegen in dem Gewebe, das meistens ganz farblos ist. Die Zellwände sind undeutlicher geworden, in einigen Fällen waren sie gar nicht mehr zu sehen. Das Protoplasma ist verschwunden oder liegt als eine durchscheinende unregelmässige Masse in den Zellen. Die Krystalle stimmen völlig mit denjenigen überein, welche Molisch und auch ich in grünen und etiolirten Blättern erhielten. Für die ausführliche Beschreibung der physikalischen und chemischen Eigenschaften verweise ich auf die Arbeit von Molisch¹⁾. Ich werde nur einige Eigenschaften hervorheben, welche von besonderem Interesse bei der Vergleichung der Krystalle aus den verschiedenen Pflanzentheilen sind. Die Farbe variirt zwischen goldgelb, braungelb und orange. Diesen Unterschied findet man nicht nur zwischen

1) Molisch, l. c.

den Krystallen aus verschiedenen Pflanzentheilen, sondern die Krystalle in demselben Präparat erscheinen heller oder dunkler, je nachdem sie kleiner oder grösser sind oder eine verschiedene Lage haben. Im Lichte verschwindet die Farbe nach einiger Zeit.

Alle Krystalle ohne Ausnahme, welche ich auf diesen Punkt untersuchte, zeigen Pleochroismus. Besonders schön ist der Perlmutterglanz, wenn man das Sonnenlicht schief auf das Präparat fallen lässt und im auffallenden Lichte beobachtet. Beim Drehen der Mikrometerschraube des Mikroskopes sieht man dann das Farbenspiel sehr schön.

Grösse und Gestalt der Krystalle sind sehr mannigfaltig; Nadeln, Büschel und Täfelchen sind die hauptsächlichsten Formen, welche auch alle zugleich in einem Präparat vorkommen können.

Weiter zeigen die trockenen Krystalle auch dieselben chemischen Eigenschaften wie der Farbstoff der frisch getrockneten Pflanzentheile, das heisst, sie färben sich, wie ich in der Beschreibung hervorhob, ganz wie dieser Farbstoff blau mit den erwähnten Reagentien, und sind auch die Krystalle löslich in Aether, Alkohol, Eisessig, Chloralhydrat und unlöslich in Wasser und Glycerin.

Abtheilung III.

Die Untersuchung mit verdünnten Säuren.

Ich werde hier eine Uebersicht der Resultate der mit Säuren behandelten Pflanzentheile geben:

1. Blätter und andere grüne Pflanzentheile.

In der hier aufgeführten Tabelle findet man in der ersten Spalte die Namen der untersuchten Pflanzen. In den folgenden Spalten deutet ein horizontaler Strich an, dass der in der ersten Spalte verzeichnete Pflanzentheil mit der betreffenden Säure behandelt wurde:

	Fluorwasserstoff-säure	Salz-säure	Chrom-säure	Oxal-säure	Wein-säure	Pikrin-säure
<i>Selaginella Martensii</i> (Fig. 21) . . .	—	—		—	—	—
<i>Selaginella Krauseana</i>	—					
<i>Elodea canadensis</i> Michx. (Fig. 22) .	—	—	—	—	—	
<i>Viola tricolor</i> L. (Fig. 23)	—	—	—	—	—	
<i>Stellaria media</i> Cyrill.	—					—
<i>Primula officinalis</i> Jacq.	—					
<i>Funaria hygrometrica</i> Hedw.	—					
<i>Fritillaria imperialis</i> L.	—					
<i>Adiantum spec.</i>	—					

	Fluorwasserstoff-säure	Salz-säure	Chrom-säure	Oxal-säure	Wein-säure	Pikrin-säure
<i>Marchantia polymorpha</i> L.						—
<i>Aspidistra elatior</i> Blume. (Blatt und Blattstiel)	—		—			
<i>Philodendron pertusum</i> Kunth et Bouché. [<i>Monstera deliciosa</i>] (Blattstiel)	—		—			
<i>Opuntia spec.</i>	—		—			

In allen oben genannten Fällen fand ich schöne Carotinkrystalle, die mit den Reagentien der ersten Abtheilung behandelt die blaue Farbe zeigten.

2. Blüten.

In den Blumenblättern, welche ich in verschiedene verdünnte Säurelösungen brachte, fand ich stets am nächsten Tage die Plastiden unverändert zurück. Nach einigen Tagen konnte ich beobachten, wie die Plastiden zu unregelmässigen Körpern vereinigt waren, aus denen der Farbstoff zu krystallisiren anfang. Diese Präparate zeigten ganz dasselbe Bild, wie diejenigen von Blumenblättern, welche zu kurze Zeit in der alkoholischen Kalilösung verweilt hatten. Noch einige Tage später fand ich wohlausgebildete Krystalle. Die besten Resultate erhielt ich, nachdem die Objecte etwa siebzehn Tage in einer 1 proc. Lösung der Fluorwasserstoffsäure verweilt hatten.

Auf diese Weise untersuchte ich: *Manettia bicolor* Paxt., *Abutilon Darwini* Hook. f., *Siphocampylus bicolor* G. Dow, *Primula officinalis* Jacq., *Nonnea lutea* DC. (Fig. 24), *Stilophorum diphyllum* Nutt., *Chelidonium majus* L. und *Trollius asiaticus* L.

Die Krystalle färbten sich mit den Reagentien blau.

3. Grüne Algen.

Von diesen untersuchte ich mit Fluorwasserstoffsäure: *Hydrodictyon utriculatum* L., *Spirogyra crassa*, *Cladophora glomerata* Kg. und *Enteromorpha intestinalis* Lk.; ausserdem *Hydrodictyon utriculatum* L. auch mit Pikrinsäure.

Die Krystalle und Körperchen, welche sich in den Algen bildeten, waren ganz denjenigen aus anderen grünen Pflanzentheilen gleich und zeigten mit den Reagentien die blaue Farbe.

4. Fucoideae.

Theile von *Laminaria saccharina* L., *Fucus serratus* L., *Porphyra lacinata* Lightf., *Ascophyllum no-*

dosum L. und *Chorda filum* L. wurden in eine 2- und 5proc. Lösung von Fluorwasserstoffsäure gebracht. Ich liess dieselben längere Zeit, fünf bis dreizehn Tage, in der Lösung und fand nach dem Auswaschen keinen sichtbaren Unterschied zwischen der Grösse und Menge der Krystalle in den Algen, aus der 2proc. und aus der 5proc. Lösung. In beiden Fällen stimmten die Präparate ganz mit denen von grünen Pflanzentheilen überein. Sie färbten sich mit den Reagentien der ersten Abtheilung blau.

Resultate und Schlussbemerkungen.

Aus den vorhergehenden Beobachtungen ziehe ich das nachfolgende Resultat:

Der gelbe bis rothe Farbstoff der Plastiden aus grünen, gelbbunten, etiolirten und herbstlich vergilbten Blättern, aus Blüthen, Früchten und Samen, aus Diatomaceen, Grünalgen, Blaualgen, Braunalgen und Rothalgen zeigt, im Pflanzentheil selbst untersucht, chemische und physikalische Eigenschaften, welche mit denen des Carotins aus der Wurzel von *Daucus Carota* völlig übereinstimmen.

Ich schliesse also: In den Plastiden aller Pflanzen und Pflanzentheile, welche Chlorophyll enthalten und der Kohlensäureassimilation fähig sind, wird das Carotin als steter Begleiter des Chlorophylls angetroffen. Ausserdem kommt es in etiolirten Pflanzentheilen und gelbbunten Blättern, die später ergrünen können, vor, und auch in Theilen, welche vorher grün waren und den grünen Farbstoff verloren haben, wie herbstlich vergilbten Blättern, manchen Blüthen und Früchten. Schliesslich findet man das Carotin in einigen Fällen, wo die grüne Farbe in den Plastiden lebenslang ausbleibt, das heisst in einigen gelbbunten Blättern und Blumenblättern.

Diese allgemeine Verbreitung des Carotins weist auf einen grösseren physiologischen Werth als ihm bisher im Allgemeinen zugeschrieben ward.

Von vielem Interesse in dieser Hinsicht ist eine Beobachtung von Engelm¹⁾, welche er gelegentlich mittheilt. Er fand, dass der

¹⁾ Engelm¹⁾, Die Farben bunter Laubblätter und ihre Bedeutung für die Zerlegung der Kohlensäure im Lichte. Bot. Zeit. 1887, Nr. 25—29.

gelbe Theil eines Blattes des *Sambucus nigra* var. *aurea* assimiliren kann und dass etiolirte Keimlinge von *Nasturtium* schon assimiliren, wenn das Chlorophyll sich noch nicht nachweisen lässt. Hieraus geht hervor, dass Carotin im Stande ist zu assimiliren, und dies wundert uns nicht so sehr, seit von Engelmann¹⁾ nachgewiesen wurde, dass selbst die in Wasser löslichen Farbstoffe der nicht grün gefärbten Algen bei der Assimilation dieser Pflanzen mit thätig sind. Auch aus den Angaben Engelmann's²⁾ über das zweite Maximum der Assimilationscurve für grüne Pflanzentheile im Blau zeigt sich die Assimilationsthätigkeit des Carotins mit grosser Wahrscheinlichkeit. Nach Engelmann besteht eine Beziehung zwischen Absorption und Assimilation, und weil das Carotin gerade derjenige Bestandtheil des Chlorophylls ist, welcher die blauen Strahlen absorbiert, folgt hieraus schon, dass das Carotin Antheil an der Assimilation nehmen muss. Diese Annahme wird durch die Untersuchungen von Kohl³⁾ bestätigt. Dieser Forscher bestimmt die Grösse der Assimilation in verschieden gefärbtem Licht mit Hilfe seiner „volumetrischen Blasen-zählmethode“ und findet in Uebereinstimmung mit Engelmann, dass die blauen Strahlen einen viel grösseren Antheil an der assimilatorischen Wirkung haben, als bisher angenommen wurde. Er neigt sich zur Annahme, dass dem Carotin die Function der assimilatorischen Ausnutzung dieser Strahlen zukommt. Auch Immendorf⁴⁾ betonte schon früher, dass das stete Vorkommen des Carotins im Chlorophyllkorn und seine hervorragende Neigung, Sauerstoff zu binden, vielleicht darauf hindeutet, dass diesem Farbstoffe bei der Assimilation eine Rolle zuertheilt ist.

Auch noch in anderer Hinsicht scheint mir das Resultat dieser Untersuchung von Bedeutung. Weil nämlich die allgemeine Verbreitung des Carotins als steter Begleiter des Chlorophylls und auch die assimilatorische Wirksamkeit des Carotins bewiesen sind, so kommt die Frage nach dem Zusammenhang zwischen Carotin und Chlorophyll bedeutend mehr in den Vordergrund.

1) Engelmann, Farbe und Assimilation. Bot. Zeit. Bd. 41, 1883.

2) Engelmann, Untersuchungen über die quantitativen Beziehungen zwischen Absorption des Lichtes und Assimilation in Pflanzenzellen. Bot. Zeit. 42. Jahrg. 1884.

3) Kohl, Assimilatorische Energie der blauen und violetten Strahlen des Spectrums. Ber. d. Bot. Ges. XV. 1897, pag. 111 und: Die assimilatorische Energie des blauen Lichtes. Ber. d. Bot. Ges. XV, 1897 pag. 361.

4) Immendorf, l. c. pag. 519.

Ueber diesen Zusammenhang zwischen dem gelben und dem grünen Farbstoff der Plastiden, insbesondere über die Frage, ob das Chlorophyll aus dem Etiolin hergeht, wurde viel geschrieben. Schon von Marquart¹⁾ und Weiss²⁾ wurde eine genetische Beziehung zwischen dem Farbstoff der Blüten und dem Chlorophyll als wahrscheinlich betont. Später beschrieben Meyer³⁾ und Schimper⁴⁾ den Uebergang von etiolirten in grüne Plastiden; aber Kraus⁵⁾ machte zuerst Versuche, den Uebergang des einen Farbstoffes in den anderen zu beweisen. Diese Versuche wurden von Wiesner⁶⁾ mehr ausführlich wiederholt mit dem Resultat, dass er das Etiolin als die Muttersubstanz des Chlorophylls betrachtet. Seiner Meinung nach ist das Etiolin ebenfalls wie das Chlorophyll eisenhaltig, eine Annahme, welche sich vielleicht, für beide, unseren heutigen Kenntnissen nicht anschliesst. Arnaud⁷⁾ fand für das Carotin, dessen Identität mit dem Etiolin in vorliegender Untersuchung bewiesen ist, die Zusammensetzung $C_{26}H_{38}$ und fast allgemein wird seit den Untersuchungen von Molisch⁸⁾ das Chlorophyll als eisenfrei betrachtet, wie auch Pfeffer⁹⁾ in seinem Lehrbuch thut.

Die Meinung Wiesner's über das Hervorgehen des Chlorophylls aus dem Etiolin ist von vielen Forschern angenommen. Dass aber dieser Zusammenhang noch nicht als eine unangreifbare Wahrheit dasteht, beweist das oben genannte Lehrbuch von Pfeffer¹⁰⁾. Dieser kommt darin zu dem Schlusse, dass die physiologische Frage, ob das Chlorophyll aus dem gelben Farbstoff hervorgeht, noch nicht gelöst ist.

Jedenfalls sind die chemischen Aenderungen, welche sich bei diesem Uebergang abspielen sollten, noch grösstentheils unbekannt und liegen hier unserer Kenntniss noch keine eingehenden Untersuchungen zu Grunde. Nun es aber bewiesen ist, dass das Carotin allgemein verbreitet vorkommt, dass es nicht nur das Chlorophyll immer begleitet, sondern schon vor dem Chlorophyll auftritt und nach

1) Marquart, l. c.

2) Weiss, l. c.

3) Meyer, Das Chlorophyllkorn in chemischer, morphologischer und biologischer Beziehung. 1883.

4) Schimper, Ueber die Entwicklung der Chlorophyllkörner und Farbkörper. Bot. Zeit. 1883.

5) Kraus, l. c.

6) Wiesner, l. c.

7) Arnaud, l. c.

8) Molisch, Die Pflanze in ihrer Beziehung zum Eisen. 1892.

9) Pfeffer, l. c. pag. 297.

10) Pfeffer, l. c. pag. 298.

dem Verschwinden des Chlorophylls noch existirt, ist die Frage nach dem Zusammenhang zwischen Chlorophyll und Carotin von noch grösserem Interesse geworden. Sollte es gelingen, diesen Zusammenhang zu beweisen, so wird die Kenntniss des Carotins uns den Weg zur Kenntniss des Chlorophylls bahnen.

Groningen, November 1899.

Erklärung der Abbildungen.

Die Figuren 1—20 stellen Gewebe vor, welche der alkoholischen Kalimethode unterworfen waren.

- Fig. 1. *Daucus Carota* L. Stück aus der Rinde der Wurzel. Die Zellwände sind undeutlich. 640/1.
- Fig. 2. *Selaginella Martensii*. Blattstück. Epidermiszelle mit darunter liegenden Mesophyllzellen, in welchen die Krystalle liegen. 430/1.
- Fig. 3. *Aucuba japonica* Thunb. Zellen aus dem goldgelben Theil eines Blattes. 640/1.
- Fig. 4. *Aesculus Hippocastanum* L. Zellen aus dem Mesophyll eines herbstlich vergilbten Blattes. 640/1.
- Fig. 5. *Mespilus germanica* L. Zellen aus dem Mesophyll eines herbstlich vergilbten Blattes. 640/1.
- Fig. 6. *Acer Pseudo-Platanus* L. Zellen aus dem Mesophyll eines herbstlich vergilbten Blattes. 430/1.
- Fig. 7. *Hordeum vulgare* L. Zellen eines etiolirten Blattes. 430/1.
- Fig. 8. *Helianthus annuus* L. Zellen aus den etiolirten Cotyledonen. Die Zellwände sind undeutlich. 430/1.
- Fig. 9. *Lycaste aromatica* Lindl. Zellen aus dem Perigon. Das Gewebe ist etwas macerirt und die Zellen sind über einander geschoben. 430/1.
- Fig. 10. *Impatiens Noli-tangere* L. Zellen aus der Blumenkrone. 640/1.
- Fig. 11. *Fragilaria* spec. Theil eines Zellbandes. Die Zellen noch mit einander verbunden. 640/1.
- Fig. 12. *Oscillaria Froelichii* Kg. Theil eines Fadens. Die Zellwände sind verschwunden. 640/1.
- Fig. 13. *Oedogonium* spec. 430/1.
- Fig. 14. *Cladophora glomerata* Kg.
- Fig. 15. *Enteromorpha intestinalis* Lk. 640/1.
- Fig. 16. *Fucus vesiculosus* L. Zellen aus dem Thallus. Die Zellwände sind undeutlich. 640/1.
- Fig. 17. *Laminaria saccharina* L. Zellen aus dem Thallus. 640/1.
- Fig. 18. *Chorda filum* L. 640/1.
- Fig. 19. *Porphyra laciniata* Lightf. 640/1.
- Fig. 20. *Ceramium rubrum* Huds. 640/1.
- Fig. 21. *Selaginella Martensii*. Zellen eines Blattes, welches drei Tage in einer Lösung, die 1⁰/₀ der 40proc. käuflichen Lösung von Fluorwasserstoffsäure enthielt und nachher einen Tag in destillirtem Wasser verweilt hatte. 640/1.
- Fig. 22. *Elodea canadensis* Michx. Zellen eines Blattes, welches einen Tag in einer Lösung, die 2⁰/₀ der 40proc. käuflichen Lösung von Fluorwasserstoffsäure enthielt, verweilt hatte. 640/1.
- Fig. 23. *Viola tricolor* L. Zellen eines Laubblattes, welches drei Tage in einer 5proc. Lösung von Salzsäure verweilt hatte. 430/1.
- Fig. 24. *Nonna lutea* DC. Zellen der Blumenkrone, welche eine Woche in einer Lösung, die 1⁰/₀ der 40proc. käuflichen Fluorwasserstoffsäure enthielt, verweilt hatte. 640/1.



Tine Tammes del.

W.A. Meyn, Luth. Inst., Berlin S. 42.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Flora oder Allgemeine Botanische Zeitung](#)

Jahr/Year: 1900

Band/Volume: [87](#)

Autor(en)/Author(s): Tammes Tine

Artikel/Article: [Ueber die Verbreitung des Carotins im Pflanzenreiche. 205-247](#)