

Sitzungsberichte

der

königl. bayer. Akademie der Wissenschaften

zu München.

Jahrgang 1863. Band I.

München.

Druck von F. Straub (Wittelsbacherplatz 3).

1863.

~~~~~  
In Commission bei G. Franz.

15  
207-21

Urtheile und wahrscheinlich auch des Willens sind; dagegen lehrt er, dass alle rein organischen Verrichtungen und selbst Sinneswahrnehmungen vollkommen ohne sie erfolgen können. Wir beabsichtigen die Taube jetzt zu tödten und durch die Section die stattgefundene Verletzung und den Zustand des Gehirns zu constatiren.

---

Herr Prof. Nägeli gab den Schluss seiner Mittheilungen:

„Ueber die Reaction von Jod auf Stärkekörner und Zellmembranen.“

Die bisher mitgetheilten Beobachtungen beschränkten sich auf die Stärkekörner und betrafen vorzugsweise die verschiedenen Färbungserscheinungen, welche an der nämlichen Stärke ohne bemerkbare chemische oder physikalische Veränderung lediglich durch Modification der äussern Verhältnisse hervorgebracht werden können. Die folgenden Mittheilungen betreffen die Zellmembranen, und zwar nur solche, welche durch Jod allein oder durch Jod in Verbindung mit Jodwasserstoffsäure und andern Jodverbindungen, ferner mit Schwefelsäure und Phosphorsäure sich bläuen. Ich habe, um Raum zu sparen und zugleich um die Uebersicht über das wechselvolle Verhalten der verschiedenen Zellmembranen und der verschiedenen angewandten Mittel zu erleichtern, zuerst alle von mir beobachteten Thatsachen aufgezählt, und dann die daraus zu ziehenden Schlüsse nachfolgen lassen.

*VIII. Thatsachen, betreffend die Färbung verschiedener Zellmembranen durch Jod.*

Ich schicke eine Bemerkung über die Anwendung von wässrigen und weingeistigen Jodlösungen voraus.

Durch Commaille (Journ. Pharm. Chim. 1859 I.



p. 409) ist bekannt, dass in weingeistiger Jodtinctur sich sehr bald Jodwasserstoffsäure bildet. Nach demselben soll sich dabei Alcohol (und nicht Wasser) zersetzen, und es soll keine Jodsäure entstehen, indem der freiwerdende Sauerstoff sich mit dem Kohlenstoff verbindet. In wässriger Jodlösung scheint keine oder nur äusserst wenig Jodwasserstoffsäure zu entstehen. Dagegen giebt sich die Anwesenheit derselben auf dem Objectträger, auf welchem sich der Durchschnitt eines Pflanzengewebes mit destillirtem Wasser und einigen Jodstückchen befindet, häufig schon nach einer Stunde theils durch die saure Reaction auf blaues Lakmuspapier, theils durch die Färbung der Zellmembranen kund.

Es ist daher, wenn es sich um die Frage handelt, welche Erscheinungen Jod für sich, und welche es in Gemeinschaft mit Jodwasserstoffsäure hervorbringe, Vorsicht in doppelter Beziehung nöthig, einmal mit Rücksicht auf die anzuwendende Lösung und ferner mit Rücksicht auf die Dauer des Versuches.

Was die Lösung betrifft, so ist nicht gleichgültig, ob man frische oder alte Jodtinctur anwende, weil die letztere mehr oder weniger Jodwasserstoffsäure enthält. Man kann frische Jodtinctur längere Zeit unzersetzt erhalten, wenn man sie in einem schwarzen Glase aufbewahrt und somit vor dem Einfluss des Lichtes schützt. Um ganz sicher zu sein, ziehe ich es vor, sie bei jedem Versuche, wo keine Jodwasserstoffsäure zugegen sein darf, frisch anzufertigen, indem ich auf dem Objectträger einige Stückchen Jod in einen Tropfen Weingeist bringe.

Betreffend die Dauer des Versuches ist zu berücksichtigen, dass das Jod sehr geneigt ist, leicht zersetzbaren organischen Verbindungen den Wasserstoff zu entziehen. Eine Färbung, die erst einige Zeit nach Anwendung des Jod eintritt, muss daher immer den Verdacht erregen, dass sie unter dem Einfluss von Jodwasserstoffsäure zu Stande gekommen



sei. Ich verweise auf die Versuche und bemerke nur, dass wasserhaltige Jodtinctur fast momentan und Jodstückchen in Wasser auf die unmittelbar daneben liegenden Körper innerhalb weniger Minuten reagiren müssen, und dass die Wirkung der sich bildenden Jodwasserstoffsäure im günstigen Falle schon nach einer halben Stunde sich geltend machen kann.

Fruchtschicht von *Hagenia ciliaris* *Eschw.* und *Pertusaria communis* *DC.*

1. In wässriger Jodlösung oder in Wasser, in welchem Jodsplitter liegen, färbt sich die Fruchtschicht von *Hagenia* blau, und zwar, was man besonders auf Querschnitten deutlich sieht, zuerst die gallertartige Füllmasse zwischen den Schläuchen und Paraphysen („Intercellularsubstanz<sup>1)</sup>“), nachher die Schläuche. Die Intercellularsubstanz ist hellblau, während die Schläuche noch vollkommen farblos sind; bei stärkerer Einwirkung wird sie intensiv indigoblau und dann dunkelblau. Zuweilen sieht man deutlich, dass sie nicht überall gleich gefärbt, sondern dass die Partie, welche die Paraphysen und Schläuche zunächst umgiebt, am intensivsten ist. Die Wandung der Schläuche wird zuerst schön-hellblau, nachher schmutzigblau oder grünlichblau, indess eine innere Substanz in den Schlauchenden schönblau bleibt. Die Wandung der Paraphysen wird zuletzt schmutzig-blassblau.

Die Schläuche von *Pertusaria* werden durch Jod und Wasser schön-blau.

2. Fügt man zu den Durchschnitten der Fruchtschicht von *Hagenia*, die durch wässrige Jodlösung gefärbt sind (Nr. 1.), alte Jodtinctur, so wird die Intercellularsubstanz und die innere Masse in den Schlauchenden schmutzig-blau,

---

(1) Diess ist nichts anderes als die äussern weichen Schichten der Paraphysen und wahrscheinlich auch der Schläuche, welche eine homogene, gallertartige Masse bilden.

die Membran der Schläuche schmutzig-rothbraun. Mit Jodtinctur gesättigt erscheinen die Schnitte dunkel oder schwarz. An den dünnsten Stellen, wo man die Farben noch unterscheidet, ist die Intercellularsubstanz und die innere Substanz in den Schlauchenden blaugrün, die Wandung der Schläuche braun oder rothbraun, die Wandung der Paraphysen schmutzig-blaugrün.

Das Gleiche beobachtet man an *Pertusaria*; die durch Jod und Wasser rein-blau gefärbten Schläuche werden durch Jodtinctur schmutzig-grünblau.

3. Uebergiesst man die trockenen Schnitte der Fruchtschicht von *Hagenia* mit einer Lösung von wenig Jod in wasserhaltiger Jodwasserstoffsäure, so färben sie sich schön-blau. Lässt man das Präparat unbedeckt stehen, so verwandelt sich die Farbe alsbald in Blaugrün, dann in Schmutzig-grün, Braun und zuletzt in Goldgelb. Zusatz von Wasser oder wasserhaltiger Jodwasserstoffsäure bewirkt, dass die Farbenskala rasch in umgekehrter Folge durchlaufen wird, und bei Blau endigt.

Die Schläuche von *Pertusaria* werden ebenfalls durch wenig Jod in verdünnter Jodwasserstoffsäure schön-blau, und wenn man das Präparat offen stehen lässt, so geht diese Farbe durch Blaugrün und Braungrün in Braun und Braunorange über; aber die Veränderung erfolgt viel langsamer als bei *Hagenia*, so dass die Schläuche der letzteren z. B. bereits goldgelb sind, während diejenigen von *Pertusaria* noch schmutzig-grün erscheinen.

Man könnte geneigt sein, diese Farbenänderungen auf Rechnung der zu- und abnehmenden Concentration der Säure zu setzen. Sie werden indess eher durch die zu- und abnehmende Menge des eingelagerten Jod bedingt, wie folgender Versuch beweist.

b. Wasserhaltige Jodwasserstoffsäure, die sehr wenig



Jod enthält <sup>2)</sup>), färbt Durchschnitte der Fruchtschicht von *Hagenia* schön-blau, zuerst die Intercellularsubstanz, nachher die Schläuche, jene intensiv, diese hell. Legt man nun einige Jodstückchen auf das Präparat, so nehmen die Schläuche mit dem eintretenden Jod eine goldgelbe, die Intercellularsubstanz eine grünlichbraune Farbe an.

4. Lässt man die goldgelb gewordenen Präparate von *Hagenia* (Nr. 3.) noch längere Zeit (1—3 Tage) mit einer hinreichenden Menge von Jodwasserstoffsäure offen stehen, so dass nicht vollständiges Eintrocknen erfolgt, so verändert sich die Farbe allmählich durch Rothbraun, Grünlichbraun, schmutzig Grünblau und schmutzig Blau in Blauviolett, Violett, Rothviolett und geht durch Rosenroth zuletzt in den farblosen Zustand über. Dabei quillt die Intercellularsubstanz stark auf und vertheilt sich einer Lösung ähnlich in der zunächst befindlichen Flüssigkeit; sie ist blau, violett oder roth (Ersteres wie es scheint bei grösserem, Letzteres bei geringerem Wassergehalt der Säure). — Schön-violette oder rosenrothe, beinahe trockene Präparate werden bei Zusatz von wasserhaltiger Jodwasserstoffsäure oder von Wasser zuerst blauviolett, dann blau.

Die Schläuche von *Pertusaria* zeigen, wenn sie längere Zeit der Einwirkung von Jod und Jodwasserstoffsäure ausgesetzt sind, analoge Farbenänderungen. Dieselben erfolgen aber langsamer und die Uebergangsfarben lassen sich nicht so deutlich unterscheiden. Man sieht gewöhnlich nur, dass das Braunorange in ein schmutziges Blau und dieses in ein ziemlich schönes Violett, nachher in Rothviolett übergeht. Zusatz von Jodwasserstoffsäure oder von Wasser verwandelt die rothviolette Farbe in Blau.

---

(2) Sollte sich durch die Einwirkung des Lichtes in der Jodwasserstoffsäure eine grössere Menge von Jod ausgeschieden haben, so kann man dasselbe leicht durch Stärkemehl bis auf ein Minimum entziehen.

Auch diese Farbenänderung muss vorzugsweise durch die Abnahme der eingelagerten Jodmenge erklärt werden. Bringt man nämlich die Durchschnitte in jodhaltige Jodwasserstoffsäure, so ziehen sie nach und nach das freie Jod an, und man beobachtet den Uebergang von Blau oder Blaugrün in Goldgelb (Nr. 3); nachher verdunstet das Jod und diese Farbe geht allmählich in Violett über. Diese Erklärung wird durch folgenden Versuch bestätigt.

b. Wenn man die durch wasserhaltige Jodwasserstoffsäure, die nur sehr wenig Jod enthält und bloss blau zu färben vermag, gebläuten Präparate (Nr. 3, b.) längere Zeit offen stehen lässt, so geht diese Farbe nach 12 — 24 Stunden in Violett und dann in den farblosen Zustand über. Zusatz von metallischem Jod verändert das Hellviolett durch Grünblau und Grünlichbraun in ein helles Goldgelb oder Braungelb. — Eine geringe Menge von Jod bewirkt also in verdünnter Jodwasserstoffsäure reinblaue, in concentrirter violette Färbung, während bei Anwendung von viel Jod die Farbe fast die nämliche ist, doch in der verdünnteren Säure etwas mehr auf Grünlich geht.

5. Jod in gesättigter Jodkaliumlösung färbt die Fruchtschicht von *Hagenia* braungelb und gelb; ist die Jodkaliumlösung nicht ganz gesättigt, so wird die Intercellularsubstanz und die innere Masse der Schlauchenden grünlichbraun. Setzt man Wasser zu, so werden die Schnitte überall schön-blau.

Die Schläuche von *Pertusaria* werden durch Jod in sehr verdünnter Jodkaliumlösung schön-blau; etwas concentrirtere Lösungen bewirken blaugrüne, ganz concentrirte aber braungelbe Färbung. Nach dem Eintrocknen und Wiederbefeuchten mit Wasser erhält man wieder die schön-blaue Farbe.

6. Die Schläuche von *Pertusaria* werden durch Jod in verdünnter Jodzinklösung zuerst blau und darauf, indem sie mehr Jod aufnehmen, blaugrün und nachher schmutzig-



braungrün. Lässt man das Präparat offen stehen, wobei Wasser und Jod verdunsten, so geht die Farbe durch Braun in ein helles Braunorange und endlich in den farblosen Zustand über. Metallisches Jod macht das Braunorange intensiver; Zusatz von Wasser dagegen stellt die schön-blaue Färbung der Schläuche wieder her, indem der Uebergang durch Braungrün und Blaugrün stattfindet. — Auch der Rand des Wassertropfens zeigt sich stellenweise schön-blau, indem sich daselbst gelöste oder feinvertheilte Theilchen aus den Membranen ansammeln.

b. Die Fruchtschicht von *Hagenia* wird in sehr verdünnter Jodzinklösung, die äusserst wenig Jod enthält, schön-blau, und zwar färbt sich zuerst die Intercellularsubstanz, nachher die Schläuche. Setzt man metallisches Jod zu, so geht zuerst die Farbe der Schläuche in Braunorange, nachher die der Intercellularsubstanz in Grünlichbraun über.

Wendet man eine concentrirte Jodzinklösung an, so bedingen geringe Jodmengen, die in derselben enthalten sind, gelbe und grössere Jodmengen braunorange-farbene Töne.

7. Die durch Jod und Wasser gefärbten und getrockneten Schläuche von *Pertusaria* verändern bei Zusatz von concentrirter Schwefelsäure ihre Farbe nicht wesentlich. Im ersten Moment der Einwirkung nimmt das Blau manchmal einen matteren und mehr in's Grünliche gehenden Ton an.

8. Die durch wässrige Jodlösung intensiv blaugefärbten Schläuche von *Pertusaria* entfärben sich in Wasser sehr langsam durch Hellblau.

9. Lässt man die durch Jod und Wasser rein-blau gefärbte Fruchtschicht von *Hagenia* eintrocknen, so bleibt sie theilweise rein-blau, theilweise nimmt sie eine schmutzige-blaue und wohl auch eine grünlichblaue Färbung an. Einzelne Parteen sind braungrün, braun, braunroth und violett geworden, was, wie ich glaube, zum Theil auf Bildung von Jodwasserstoffsäure deutet.



Werden die durch Jod und Wasser blaugefärbten Schläuche von *Pertusaria* schnell getrocknet, so bleiben sie meistens schön-blau. Einige werden am obern Ende blaugrün.

10. Werden die trockenen blauen Schläuche von *Pertusaria* (Nr. 9) sorgfältig über der Weingeistflamme erwärmt, so entfärben sie sich allmählich, wobei die blaue Farbe zuerst in Violett, dann Braunviolet und Blassbraun übergeht. Zusatz von Wasser stellt in jedem Stadium die rein-blaue Farbe wieder her.

11. Wenn die durch Jod in concentrirter Jodwasserstoffsäure gefärbten Durchschnitte der Fruchtschicht von *Hagenia* wirklich eintrocknen (was dann der Fall ist, wenn nur wenig Flüssigkeit sich auf dem unbedeckten Objectträger befindet), so verändern sie ihre Farbe nicht merklich; sie bleiben nach Umständen braungelb und braun oder violett (vgl. Nr. 3 und 4).

12. Wenn man trockene Durchschnitte durch die Fruchtschicht von *Hagenia* Joddämpfen aussetzt, so färben sich die Schläuche zuerst gelb, nachher braun. Das Gleiche beobachtet man, wenn man einen Objectträger, auf welchem Schläuche von *Pertusaria* angetrocknet sind, in ein verschlossenes Glas mit metallischem Jod bringt. Nur färben sich im letztern Falle manche Schläuche, die glatt ankleben, auffallend langsam. Einzelne auch werden stellenweise, namentlich an der Spitze grünlich oder bläulich; wahrscheinlich hatten sie hier noch etwas Wasser zurückgehalten. Befechten mit Wasser verursacht sogleich Blaufärbung; der Uebergang von Braungelb geschieht durch Braunroth und Schmutzigviolett.

13. Die Präparate der Fruchtschicht von *Hagenia ciliaris* reagiren schwach sauer auf Lakmuspapier; diejenigen von *Pertusaria communis* zeigen eine entschiedener saure Reaction. Werden die Schnitte mit Wasser oder mit Ammoniak und Wasser ausgewaschen, oder lässt man die-

selben 24 Stunden im Wasser liegen, und setzt dann Jod zu, so färben sie sich ebenso schnell und ebenso schön-blau wie vorher.

Samenlappen von *Hymenaea Courbaril* Lin.

14. Die Membranen werden durch wässrige Jodlösung oder, wenn man die Schnitte in Wasser legt und einige Stückchen Jod dazu bringt, nicht gefärbt.

15. Die Präparate Nr. 14, die der Einwirkung eines hellen Tageslichtes ausgesetzt sind, fangen frühestens nach  $\frac{1}{2}$ —1 Stunde an, zunächst der Jodsplitter sich langsam und schwach blau zu färben. Diess findet statt in Folge von Jodwasserstoffsäurebildung. Die Farbe wird nach und nach intensiver. Die Zeit, innerhalb welcher die Bläuung sichtbar wird, hängt ab von der Menge des Jod, des Wassers und der Durchschnitte, sowie ferner von der Einwirkung des Lichtes. Unter dem Mikroskop tritt die Reaction früher ein, weil das Präparat von zahlreicheren Strahlen getroffen wird. Ein Präparat, welches der direkten Einwirkung der Morgensonne im November ausgesetzt war, und nur wenig Wasser enthielt, fing erst nach  $1\frac{1}{2}$  Stunden an, sich blau zu färben. Wenn man nach Anfertigung des Präparates sogleich das Wasser möglichst vollständig wegnimmt und die Schnitte eintrocknen lässt, so bläuen sich dieselben an den die Jodstückchen berührenden Rändern schon nach 10 Minuten.

Ein Wassertropfen, in welchen einige Schnitte gelegt werden, reagirt auf blaues Lakmuspapier deutlich sauer. Werden die Schnitte mit Wasser, dann mit Ammoniak und zuletzt wieder mit Wasser gut ausgewaschen, so dass sie weder saure noch basische Reaction zeigen, so werden sie durch Jodsplitter ebenso schnell gefärbt, als wenn das Auswaschen unterbleibt. Sobald die Bläuung eingetreten ist, kann man durch Lakmuspapier wieder saure Reaction nachweisen, und damit die Anwesenheit von Jodwasserstoffsäure erkennen.



b. Die Samen von *Tamarindus indica* *Lin.* scheinen sich ganz wie diejenigen von *Hymenaea Courbaril* zu verhalten. Wenigstens werden sie durch Jod und Wasser nicht gefärbt. Lässt man das Präparat  $\frac{1}{2}$ —1 Stunde stehen, so beginnt die Blaufärbung in der nächsten Nähe der Jodstückchen.

16. Wenn frische Jodtinctur auf die Schnitte gebracht und diese dann mit Wasser befeuchtet werden, oder wenn frische mit Wasser verdünnte Jodtinctur angewendet wird, so tritt unmittelbar keine Färbung ein.

17. Nachdem die Präparate (Nr. 16) eine Stunde lang im hellen Tageslicht gestanden haben, so fangen sie an auf der Seite, welche dem durch das Fenster einfallenden Lichte zugekehrt ist, sich intensiv blau zu färben. Die Färbung tritt deutlich an denjenigen Stellen zuerst auf, welche am meisten von dem Lichte getroffen werden. Unter dem Mikroskop kann die Bläuung schon nach einer halben Stunde beginnen.

Lässt man die Schnitte mit frischer Jodtinctur eintrocknen, so bläuen sich die Membranen nach dem Befeuchten mit Wasser, wenn die Einwirkung auch noch so kurze Zeit gedauert hat.

18. Bei den Versuchen Nr. 15 und 17 bläuen sich nicht nur die Schnitte, sondern auch der Rand des Wassertropfens, wenn derselbe sich in der Nähe der Schnitte befindet. Man könnte leicht glauben, dass diese homogene blaue Zone einem löslichen Stoffe ihr Dasein verdanke. Allein ihre Begrenzung macht es wahrscheinlicher, dass es eine unlösliche, in der Flüssigkeit fein vertheilte Substanz ist, die ohne Zweifel von den Zellwänden her stammt.

19. Wenn man die blaugefärbten Präparate (Nr. 15 und 17) eintrocknen lässt, so bleibt das reine Blau stellenweise (namentlich im Innern der Schnitte) unverändert; stellenweise wird es schmutzig-blau oder grünlichblau, ferner



violett, roth, orange und gelb, wobei auch diese andern Farben bald rein und glänzend, bald matt und schmutzig erscheinen. Die rothen und gelben Töne befinden sich mehr an den Rändern der Schnitte.

Die blaue Substanz ausserhalb der Schnitte (Nr. 18) verhält sich rücksichtlich des Farbenwechsels beim Eintrocknen wie die Zellwände; sie kann stellenweise jede der genannten Farben annehmen.

Wiederbefeuchten mit Wasser stellt die rein-blaue Farbe überall auf den Präparaten her.

20. Wenn die trockenen Präparate (Nr. 19) mit concentrirter Schwefelsäure übergossen werden, so besteht die erste Einwirkung darin, dass die Farbe mehr oder weniger nach Braungelb hin sich verändert. So sah ich violette und blauviolette Stellen sogleich orangefarben oder goldgelb werden. Nach und nach nimmt dann aber das ganze Präparat eine reinblaue Färbung an, indem die braungelben Töne durch ein meist schmutziges Roth und Violett in Blau übergehen.

21. Jod in verdünnter Jodwasserstoffsäure gelöst, sowie alte Jodtinctur färbt sogleich blau; und zwar ist das Blau meistens mehr oder weniger schmutzig.

22. Die Präparate Nr. 21 zeigen nach dem Eintrocknen rosenrothe, kupferrothe, orangefarbene und gelbe Zellmembranen. Mit Wasser befeuchtet werden alle reinblau.

23. Wenn die blaugefärbten Präparate von Nr. 15, 17 und 21 mit destillirtem Wasser gut ausgewaschen und dadurch das Jod, der Alcohol und die Jodwasserstoffsäure weggenommen werden, so bleiben die Membranen in wässriger Jodlösung oder in Wasser, in welchem Jodsplitter liegen, wenigstens über eine Viertelstunde lang farblos.

24. Jod in verdünnter Jodkaliumlösung färbt sogleich rein-blau; die Membranen quellen dabei auf. Jod in concentrirter Jodkaliumlösung färbt braunorange; Zusatz von Wasser führt diese Farbe sofort in Blau über.



25. Die durch Jod in verdünnter Jodkaliumlösung dunkelblau gefärbten Schnitte (Nr. 24) gehen bei Zusatz von reichlichem Wasser rasch durch Hellblau in den farblosen Zustand über.

26. Lässt man die durch Jod in verdünnter Jodkaliumlösung blaugefärbten Schnitte (Nr. 24) eintrocknen, so geht die blaue Farbe durch ein schmutziges Violett in Kupferroth, Braunorange und Gelb über. Zusatz von Wasser stellt sogleich das Blau wieder her.

27. Werden die Präparate Nr. 24 mit Wasser allein oder mit Wasser und einer Säure (Citronens., Salzs.) gut ausgewaschen, so dass kein Jod und kein Jodkalium mehr in ihnen enthalten ist, so färben sie sich durch Wasser und Jod oder durch frische Jodtinctur unmittelbar nicht mehr.

28. Metallisches Jod, im Ueberschuss in einen Tropfen Ammoniak gelegt, bildet eine goldgelbe Lösung (Jod in Jodammonium) und einen feinkörnigen Niederschlag (Jodstickstoff). Schnitte färben sich darin braunroth, nach Zusatz von viel Wasser reinblau.

29. Wenn zu kohlensaurer Bittererde so lange Jodkaliumjodlösung beigelegt wird, bis die Flüssigkeit gefärbt bleibt (Jod in einer Mischung von Jodkalium und Jodmagnesium) und wenn man damit trockene Schnitte übergiesst, so färben sich dieselben gelb bis braun und orange. Ein solcher braungelber Schnitt wird in einem Tropfen Wasser blau.

30. Jod in sehr wasserhaltiger Jodzinklösung färbt blau; mit zunehmender Concentration der Jodzinklösung ist die Farbe schmutzig-blau, schmutzig-violett, rothbraun, braunorange, orange. Lässt man das durch Jod in concentrirtem Jodzink orange gefärbte Präparat unbedeckt stehen, so geht die Farbe in ein helles Braungrün, dann in schmutziges Violett und zuletzt in ein blasses Rosenroth über, wobei aber nur die äusserste und innerste Membranschicht gefärbt bleibt,

indem die dazwischen befindliche weiche Masse sich entfärbt. Zusatz von Wasser oder nach Umständen von Wasser und Jod bewirkt zuerst wieder intensiv orangefarbene, dann braune, violette und zuletzt blaue Färbungen.

31. Werden Schnitte mit einigen Jodstückchen in concentrirte oder verdünnte Phosphorsäure gelegt, so bleiben die stark aufquellenden Membranen auch nach längerer Zeit (nach 24 Stunden) vollkommen farblos (der Zelleninhalt färbt sich sogleich). Wird Jodwasserstoffsäure zugesetzt, so tritt sogleich Blaufärbung ein.

32. Mit frischer Jodtinctur getränkte, dann mit concentrirter Phosphorsäure oder mit Schwefelsäure benetzte Schnitte werden sogleich blau.

33. Mit frischer Jodtinctur getränkte, in Salpetersäure gelegte Schnitte bleiben farblos.

34. Werden die Schnitte mit frischer Jodtinctur getränkt und dann in concentrirte Salzsäure gelegt, so färben sich die aufquellenden Membranen gelb bis braungelb.

35. Wenn Schnitte in concentrirte Salzsäure gebracht und sogleich einige Jodsplitter darauf gelegt werden, so quellen die Membranen sehr stark auf, bleiben aber auch nach Zusatz von Wasser vollkommen farblos.

36. Alte Jodtinctur färbt die Präparate Nr. 35 reinblau.

37. Wenn die Präparate Nr. 35 im hellen Tageslicht stehen bleiben, so fangen sie nach ungefähr einer Stunde an, in der Umgebung der Jodsplitter sich langsam blau zu färben.

38. Schnitte, welche  $\frac{1}{2}$  — 1 Stunde in concentrirter Essigsäure oder in gesättigter Lösung von Citronensäure gelegen haben, sind nicht aufgequollen und färben sich durch Jodsplitter nicht.

39. Die in Essigsäure liegenden Schnitte (Nr. 38) färben sich durch alte Jodtinctur schmutzig-braungelb bis schmutzig-braungrün. Die in Citronensäure befindlichen Schnitte zeigen



bei gleicher Behandlung eine schmutzig-blaue, stellenweise in's Grünliche spielende Farbe.

40. Schnitte, welche in gesättigter Lösung von Bittersalz liegen, werden durch alte Jodtinctur intensiv braun (gelbbraun bis rothbraun) gefärbt; an einzelnen Stellen zeigt sich auch eine schmutzig-bläuliche Färbung. Das gleiche Resultat erhält man, wenn man die in gesättigter Bittersalzlösung liegenden Schnitte mit einem Tropfen Jodkaliumjodlösung, in welchem Bittersalz und metallisches Jod bis zur Sättigung enthalten sind, übergiesst, oder wenn man trockene Schnitte in letztere Lösung legt; — es zeigt sich eine intensive, braungelbe bis braunrothe und kupferrothe, oft eine feuerrothe Farbe.

Es ist kaum nöthig zu erwähnen einerseits, dass die von Bittersalzlösung durchdrungenen Schnitte von Jod allein unmittelbar gar nicht gefärbt werden, anderseits, dass die Farben mehr oder weniger sich dem Blau nähern, wenn die Bittersalzlösung nicht gesättigt ist, oder wenn man mit wasserhaltiger alter Jodtinctur färbt, oder wenn man Jodkaliumjodlösung anwendet, die kein Bittersalz enthält, oder wenn man die von reinem Wasser durchdrungenen Schnitte in die mit Bittersalz gesättigte Jodkaliumjodlösung legt.

41. Schnitte, welche durch Jod in Jodwasserstoffsäure blau gefärbt sind (Nr. 21), werden durch Jodsäure entfärbt, indem sie zuvor schmutzig-hellblau oder hellgrünlichblau werden.

42. Wenn man die trockenen Schnitte Joddämpfen aussetzt, so färben sie sich sogleich und erscheinen dem blossen Auge braun und zuletzt fast schwarz. Unter dem Mikroskop zeigt sich der Zelleninhalt zuerst intensiv braun, nachher nehmen die Zellwandungen gelbe und braune Färbung an. Gewöhnlich sieht man die Membranen gelb, die Intercellularsubstanz braun.

43. Benetzt man die durch Joddämpfe gefärbten trockenen

Schnitte mit Wasser, so werden die Membranen sogleich blau. Zuweilen beobachtet man ein unbestimmtes und schmutziges Grün als rasch vergängliches Uebergangsstadium.

44. Bringt man die durch mehrtägige Einwirkung der Joddämpfe schwarz gewordenen Schnitte in vollkommen gesättigte wässrige Jodlösung, die mit überschüssigem Jod in einem verschlossenen Glase enthalten ist, so werden die Zellmembranen in kurzer Zeit ganz farblos, indess der Zelleninhalt dunkelbraun bleibt.<sup>3)</sup>

Die eben mitgetheilte Thatsache ist nicht etwa so zu erklären, dass die trockene Membran eine grössere Verwandtschaft zu Jod habe, als die mit Wasser befeuchtete. Denn in einem Falle handelt es sich um das Gleichgewicht zwischen der Anziehung der festen Jodtheilchen zu einander, der Anziehung von Jod- und Wassertheilchen und der Anziehung von gelösten Jod- und befeuchteten Membrantheilchen; in dem andern Falle dagegen kommt die Attraction der festen Jodtheilchen zu einander, das Bestreben derselben zu verdunsten, und die Anziehung der trockenen Membrantheilchen auf die gasförmigen und sich niederschlagenden Jodtheilchen in Betracht.

Samenlappen von *Mucuna urens* DC.

45. Legt man Durchschnitte mit etwas metallischem Jod in einen Tropfen Wasser, so beginnen dieselben sogleich sich blau zu färben. Das Wasser reagirt auf Lakmuspapier deutlich sauer. Indessen beweist diese Reaction nicht die Anwesenheit von Jodwasserstoffsäure, denn die Röthung des blauen Lakmuspapiers tritt auch ein, wenn man die Schnitte ohne Jod in einen Tropfen destillirten Wassers legt.

---

(3) Eine vollkommen gesättigte wässrige Jodlösung erhält man in kürzester Zeit dadurch, dass man Wasser mit metallischem Jod in einem verschlossenen Glase erwärmt; beim Erkalten crystallisirt ein Theil des gelösten, sowie das in die Luft verdampfte Jod.



46. Die Präparate Nr. 45 bleiben nach dem Eintrocknen blau, erscheinen aber stellenweise etwas schmutzig. Wenn die Schnitte bis zum Eintrocknen während längerer Zeit ( $\frac{1}{2}$  — 1 Stunde) neben metallischem Jod gelegen haben, so sind ihre Ränder, namentlich diejenigen, welche den Jodstückchen zugekehrt sind, im trockenen Zustande violett, roth und goldgelb. Es sind diess diejenigen Stellen, wo sich Jodwasserstoffsäure in bemerkbarer Menge gebildet hatte.

47. Werden die trockenen Präparate Nr. 46 erhitzt, so geht die blaue Farbe durch Schmutzig-violett, Roth, Orange und Gelb in den farblosen Zustand über. Unterbricht man den Process vor dem Entfärben, so behalten die Schnitte diejenigen Farben, welche sie eben angenommen hatten, und zeigen häufig alle genannten Töne nebeneinander, da die Veränderung ungleichmässig erfolgt.

48. Bringt man die Durchschnitte auf dem Objectträger in einen Tropfen Wasser und fügt dazu so viel Ammoniak, dass die saure Lösung neutralisirt wird, legt dann, ohne die Flüssigkeit zu wechseln, einige Stückchen Jod hinzu, so beginnt sogleich die Blaufärbung wie in dem Versuche Nr. 45. Derselben geht aber eine blass rosenrothe Färbung der Flüssigkeit voraus. Es breitet sich also um jeden Jodsplitter ein rother, und später, insofern derselbe auf einem Durchschnitt liegt, ein blauer Ton ringsum aus. Diese rosenrothe Farbe beobachtet man auch in dem Versuche Nr. 45, aber sie ist dort weniger intensiv und haftet mehr an den Schnitten. Sie gehört also einer löslichen Substanz an, die von Ammoniak dem Gewebe rascher entzogen und der Jodreaction vollständiger zugänglich gemacht wird, als durch Wasser.

49. Wäscht man die Durchschnitte gut aus entweder bloss mit Wasser oder mit Ammoniak und nachher mit Wasser und legt man nun einige Jodsplitter auf das Präparat, so bleiben die Membranen längere Zeit farblos. Erst etwa nach einer Stunde beginnt Bläuung zunächst den Jol-



stückchen, indem sich daselbst Jodwasserstoffsäure bildet. Trocknen aber die Schnitte früher ein, so färben sie sich dabei blau; diess findet schon 10—15 Minuten, nachdem die Jodsplitter auf das Präparat gebracht wurden, statt. — Die rosenrothe Färbung des Versuches Nr. 48 mangelt vollständig; durch das Auswaschen wurde also jener lösliche Stoff entfernt.

50. Lässt man auf die ausgewaschenen Schnitte Nr. 49 Citronensäure, Weinsteinsäure, Oxalsäure, Essigsäure, Salzsäure oder Phosphorsäure und zugleich Jod einwirken, so bleiben die Membranen ebenfalls während einiger Zeit (etwa eine Stunde) farblos. Erst wenn die Bildung von Jodwasserstoffsäure stattgefunden hat, tritt auch in diesem Falle Bläuung ein.

51. Wenn man die trockenen Schnitte mit frischer Jodtinctur, welche sehr wenig Wasser enthält, übergiesst, so bleiben die Membranen farblos. Ist dieselbe etwas wasserhaltig, so werden die Membranen schwach grünlichbraun. Enthält sie noch mehr Wasser, so zeigt sich eine grünblaue und bei noch grösserem Wassergehalt eine reinblaue Farbe. — Die gleichen Erscheinungen erhält man, wenn die Schnitte zuerst mit Wasser befeuchtet, und dann mit frischer Jodtinctur übergossen werden. Wenn viel Wasser und wenig Tinctur einwirken, so hat man blaue Färbung; wenig Wasser und viel Jodtinctur bedingen schmutzig-grünliche und braungrünliche Töne. Ich bemerke beiläufig, dass unter den nämlichen Verhältnissen, welche die letztere Reaction bedingen, Kartoffelstärkekörner, die gleichzeitig auf dem Objectträger liegen, rothbraun oder kupferroth werden.

52. Wendet man alte Jodtinctur, die viel Jodwasserstoffsäure enthält an, so können sich die Membranen auch braungelb, rothgelb oder braunroth färben. Die gleichen Töne erhält man, wenn die Schnitte mit einer Lösung von Jod in ziemlich concentrirter Jodwasserstoffsäure behandelt



werden. Lässt man ein Präparat, das durch Jod in Jodwasserstoffsäure ziemlich schönblau gefärbt ist, mit einer hinreichenden Menge Flüssigkeit offen stehen, so dass ein vollständiges Eintrocknen nicht erfolgt, so geht die Farbe in Braunroth und darauf durch ein helles Braungelb in den farblosen Zustand über.

53. Jod in concentrirter Jodkalium- oder Jodzinklösung färbt die trockenen Schnitte rothbraun oder feuerroth. Zusatz von Wasser führt sogleich den Uebergang in Reinblau herbei.

54. Wenn die durch alte Jodtinctur, durch Jod in verdünnter Jodwasserstoffsäure oder durch sehr wasserhaltiges Jodkaliumjod blaugefärbten Schnitte Eintrocknen, so werden sie zuerst schmutzig-violett, dann roth oder kupferroth, rothgelb, gelb und zuletzt farblos. Enthalten die Membranen nur wenig Jod, so durchlaufen sie beim Eintrocknen alle diese Stadien und werden entfärbt. Bei grösserem Jodgehalt bleiben sie gefärbt und zeigen dann einen der genannten Töne (von Schmutzig-violett bis zu Gelb). Befeuchten mit Wasser stellt die blaue Farbe wieder her.

55. Lässt man die durch Jod in concentrirter Jodzinklösung feuerrothgefärbten Schnitte offen stehen, so trocknen sie nicht vollkommen ein. Die Membranen werden braun-violett, dann blass-rothviolett, blass-rosenroth und zuletzt farblos. Führt man dem Präparat Jod und Wasser zu, so geht die Farbenänderung in umgekehrter Folge vor sich. Die Membranen werden feuerroth, dann violett und zuletzt (bei hinreichender Wassermenge) blau.

56. Wenn Schnitte kurze Zeit in gesättigter Bittersalzlösung gelegen haben und man einige Jodsplitter darauf legt, so werden die Membranen schmutzig-blau bis braun-violett, die in den Zellen liegenden Stärkekörner rothgelb und braunroth. Die Stärkekörner färben sich zuerst und weichen von der blauen Farbe immer mehr ab, als die un-



mittelbar neben ihnen liegenden Zellmembranen. Nach dem Eintrocknen behalten beide ihre Farbentöne.

57. Wenn man zu kohlensaurer Bittererde, welche in einem Tropfen Wasser sich befindet, metallisches Jod zusetzt, bis man eine intensiv gelb gefärbte Flüssigkeit (Jod in Jodmagnesium) hat, und trockene Schnitte hineinlegt, so färben sich die Membranen goldgelb oder feuerroth. Die Stärkekörner nehmen die gleiche Farbe an.

Sameneiweiss von *Gladiolus segetum* Ker.

58. Durchschnitte des Samens unmittelbar oder, nachdem sie zuvor mit Wasser oder mit Ammoniak und Wasser ausgewaschen wurden, nebst einigen Jodstückchen in einen Tropfen Wasser auf den Objectträger gebracht, färben ihre Membranen in kurzer Zeit schön-violett; der Ton geht bald mehr auf Roth bald mehr auf Blau. Das Wasser, in welchem die Schnitte liegen, wird angesäuert und färbt blaues Lakmuspapier schwach roth.

59. Jodwasserstoffsäure, in welcher Jod gelöst ist, färbt die Durchschnitte, wenn sie concentrirter ist, braun, wenn weniger concentrirt, schmutzig-violett. Diese Präparate sind getrocknet braungelb oder braunorange, und werden, wenn sie nach dem Eintrocknen mit Wasser etwas ausgewaschen und durch Jod gefärbt werden, violett und blauviolett, stellenweise selbst indigoblau.

60. Jod in concentrirter Jodkaliumlösung färbt die Membranen braunorange oder goldgelb. Zusatz von viel Wasser bewirkt violette Färbung. — Lässt man die Schnitte eintrocknen und benetzt sie dann mit Wasser, so treten oft nur braunrothe und schmutzig-violette Töne auf. Wäscht man sie aber mit Wasser etwas aus und färbt sie dann durch Jodstückchen, so erhält man schön violette und blauviolette Farben.

Sameneiweiss von *Iris acuta* Willd.

61. Wenn man Durchschnitte in destillirtem Wasser auf



den Objectträger legt und einige Stückchen Jod beifügt, so wird zuerst der Zelleninhalt gelb bis braun. Darauf färben sich die Zellwandungen langsam blass bräunlichgelb, dann nach und nach intensiv braungelb oder braun. Wasserhaltige frische Jodtinctur ruft die gleiche Farbe sogleich hervor.

62. Durchschnitte, welche mit frischer Jodtinctur eintrocknen und dann mit Wasser benetzt werden, zeigen braungelbe bis röthlichbraune Membranen.

63. Jod in Jodwasserstoffsäure färbt die Membranen rothbraun oder rothviolettbraun. Der Ton geht entschieden mehr auf Rothviolett als bei den Präparaten Nr. 61. Wendet man alte Jodtinctur an, oder lässt man die mit Wasser und Jod oder mit frischer Jodtinctur gefärbten Präparate längere Zeit feucht stehen, so dass sich Jodwasserstoffsäure bildet, so erhält man Farben, die ebenfalls nach Rothbraun und Rothviolettbraun zielen.

Schnitte, welche 10 Tage lang in jodhaltiger concentrirter Jodwasserstoffsäure gelegen hatten, zeigten in dieser Lösung eine braunrothe, bei Zusatz von Wasser eine schmutzig-violette Farbe. Längeres Liegen (während weitem 25 Tagen) in der nämlichen Flüssigkeit veränderte die Erscheinungen nicht.

64. Lässt man die durch Jodwasserstoffsäure und Jod braun und rothbraun gefärbten Präparate eintrocknen, und befeuchtet man sie darauf mit Wasser, so nehmen sie schmutzig-violette bis rein-violette Töne an. Ist die Säure nur in geringer Menge vorhanden, so zeigen oft nur die Ränder eines Durchschnittes violette Membranen, indessen der ganze übrige Schnitt braun geblieben ist.

Je nach der Menge des eingelagerten Jods ist sowohl die violette Farbe (Nr. 63) als die braungelbe (Nr. 61) und die rothbraune (Nr. 62) hell oder dunkel.

65. Jod in Jodkalium färbt die Membranen goldgelb bis braunorange, ohne eine Spur von Rothviolett. Diese Farbe kann durch eine gesättigte Jodkaliumlösung, in wel-



cher eine reichliche Krystallisation von Jodkalium stattfindet, und welche mehr oder weniger Jod gelöst enthält, nicht weiter verändert werden. Lässt man aber das Präparat eintrocknen, und befeuchtet dasselbe dann mit Wasser, so zeigen sich die Membranen violett. Befeuchtet man vor vollständigem Eintrocknen, so tritt diese Farbenänderung nicht ein.

Durchschnitte, welche 10 Tage lang in jodhaltiger concentrirter Jodkaliumlösung gelegen hatten, waren in dieser Lösung braunorange; bei Zusatz von Wasser färbten sie sich braunviolett. Diese Schnitte mit Jodkaliumjod eingetrocknet und mit Wasser befeuchtet wurden schön violett.

66. Jod in concentrirter Jodammoniumlösung färbt die Membranen braunorange.

67. Wenn man Schnitte mit frischer Jodtinctur tränkt, dann mit concentrirter Phosphorsäure übergiesst, so färben sich die Membranen kupferroth bis rothviolett. Erhitzt man bis zum Kochen, so quellen die Membranen stark auf und werden braungelblich. — Trockene Schnitte, mit Jodstückchen in concentrirte Phosphorsäure gelegt, färben ihre Membranen sehr langsam blass rothviolett.

68. Schnitte, welche mit frischer Jodtinctur übergossen, dann in concentrirte Schwefelsäure gelegt werden, zeigen stark aufgequollene hellblau gefärbte Membranen. Wendet man statt der concentrirten, zuerst verdünnte Schwefelsäure an, so werden die Membranen rothviolett; setzt man darauf concentrirte Säure zu, so findet starkes Aufquellen derselben statt und die Farbe geht in Hellblau über.

Sameneiweiss von *Androsace septentrionalis* Lin.

69. Werden Durchschnitte mit Jodstückchen auf dem Objectträger in Wasser gelegt, so bleiben die Membranen einige Zeit farblos. Erst etwa nach einer Stunde fangen sie an gelb zu werden und gehen nachher langsam durch Grün in Blau über. Wurden die Schnitte anfänglich ausgewaschen,



so reagirt jetzt die Flüssigkeit etwas sauer, und es ist wohl kein Zweifel, dass sich geringe Mengen von Jodwasserstoffsäure gebildet haben.

70. Wendet man zur Färbung der Durchschnitte frische Jodtinctur und Wasser an, so bleiben die Membranen nur kurze Zeit farblos. Sie werden dann gelb; die gelbe Farbe verändert sich allmählich in Grün und Blau. Alte Jodtinctur reagirt auffallend schnell; sie färbt sogleich gelb und verursacht einen raschen Uebergang dieser Farbe durch Grün in Blau. Jod in Jodwasserstoffsäure übt ganz die gleiche Wirkung wie alte Jodtinctur. — Wenn die Entfärbung in Wasser geschieht, so verwandelt sich die blaue Farbe zuvor in Grün und Gelb.

71. Wenn die durch Jod und Jodwasserstoffsäure blaugefärbten Membranen eintrocknen, so geht diese Farbe durch Violett und Roth in Braunorange über. Bei Benetzung mit Wasser wird der ursprüngliche blaue Ton hergestellt. Lässt man die mit Jod und Jodwasserstoffsäure eingetrockneten Membranen nach dem Wiederbefeuchten durch Verdunstung sich entfärben, und lässt dann abermals, indem man jedoch das Auswaschen verhütet, Jod oder Jodlösung auf sie einwirken, so wird das gelbe und grüne Stadium der Reaction viel schneller durchlaufen, als anfänglich. Sind die Membranen durch die Einwirkung der Jodwasserstoffsäure aufgequollen, so tritt die blaue Färbung unmittelbar ein, indem die gelben und grünen Uebergangsfarben ganz mangeln.

72. Jod in verdünnter Jodkaliumlösung färbt die Membranen sogleich hellblau bis dunkelblau; in concentrirter Lösung bewirkt es braungelbe und braune Töne. Entfärben sich die blauen Membranen im Wasser, so werden sie zuvor hellblau. — Wenn die blaugefärbten Präparate eintrocknen, so verwandelt sich ihre Farbe durch Violett und Roth in Braun und Gelb.

Sameneiweiss von *Cyclamen neapolitanum* Ten.

73. Das Albumen dieser Pflanze verhält sich wie dasjenige von *Androsace septentrionalis*. Jod und Wasser bringt zuerst eine gelbe, dann grüne, zuletzt blaue Farbe hervor. Werden mehrere Schnitte in einen Tropfen Wasser gelegt, so reagirt derselbe schwach sauer. Wäscht man sie abwechselnd mit Ammoniak und mit Wasser während längerer Zeit gut aus, so dass sie keine Reaction mehr geben, und fügt dann einige Jodstückchen dem Wassertropfen, in welchem sie sich befinden, bei, so reagirt der letztere, sobald Bläuung erfolgt ist, deutlich sauer. Es hat sich also ohne Zweifel Jodwasserstoffsäure gebildet.

Die Gelbfärbung der Membranen erfolgt bald, nachdem die Schnitte mit der wässrigen Jodlösung in Berührung kamen. Der Uebergang des Gelb in Grün und Blau geschieht oft schon nach einer halben Stunde; er kann aber auch viele Stunden auf sich warten lassen. Im Allgemeinen tritt er um so früher ein, je geringer die Wassermenge ist. Trocknen die gelben Membranen mit überschüssigem Jod früher oder später ein, so werden sie schwarz und beim Befeuchten mit Wasser schön-blau.

b. Unterbricht man den Process der Färbung durch Wegnahme der auf dem Präparat befindlichen Jodstückchen, so entfärben sich die Membranen ziemlich rasch, indem die Töne heller werden ohne zu wechseln. Die vollkommen blauen Zellwände gehen durch Hellblau, die grünen durch Hellgrün und die gelben durch Hellgelb in den farblosen Zustand über.

74. Die durch Jod und Wasser blaugefärbten Schnitte (Nr. 73) sind, nachdem sie mit überschüssigem Jod eingetrockneten, schwarz, in äusserst dünnen Partieen dunkelbraun. Mit Wasser befeuchtet werden sie blau, dann grünlich, hell grüngelb und zuletzt farblos. Ist kein überschüssiges Jod anwesend, so verwandelt sich die blaue Farbe beim Ein-



trocknen durch Violett in Rothbraun, in Braunorange und in Gelb.

75. Der Rand des Wassertropfens, in welchem Schnitte des Sameneiweisses mit Jodstückchen liegen, färbt sich blau. Wahrscheinlich sind es Theilchen der Membran, die sich im Wasser verbreiten und an dem Rande anhäufen. Beim Eintrocknen geht die blaue Farbe dieser Substanz durch Violett und Roth in Orange und Gelb über.

76. Wenn man Schnitte durch metallisches Jod, wie Nr. 73 angegeben, blau gefärbt hat, dieselben dann durch Wegnahme der Jodstückchen in dem nämlichen Wassertropfen sich entfärben lässt und nun wieder metallisches Jod zusetzt, so färben sie sich das zweite Mal viel schneller blau. Bei der zweiten Färbung treten das gelbe und grüne Stadium nicht so entschieden und so intensiv auf, wie bei der ersten; sie sind heller und gehen mehr auf Braun, oder sie mangeln auch ganz. In einem Falle dauerte es eine Stunde, bis ein Schnitt durch einen unmittelbar auf demselben liegenden Jodsplitter blau gefärbt war. Das zweite Mal erlangte derselbe, nachdem der Wassertropfen durch neue Zufuhr auf seine anfängliche Grösse completirt war, und unter übrigens gleichen Umständen die blaue Farbe von gleicher Intensität in 10 Minuten.

Werden dagegen die blaugefärbten Schnitte Nr. 73 mit Wasser ausgewaschen, so verhalten sie sich, als ob sie nicht gefärbt gewesen wären. Wenn man sie mit Jodstückchen in einen Wassertropfen von bestimmter Grösse legt, so bedürfen sie zur Blaufärbung die nämliche Zeit wie das erste Mal.

77. Jod in verdünnter Jodwasserstoffsäure färbt die Schnitte blau; der Uebergang geschieht sehr rasch durch ein schmutziges und blasses Braungrün. Bei Anwendung von Jod in concentrirter Jodwasserstoffsäure gehen die Membranen schnell durch ein blasses Braun und Rothviolett in Dunkel-

blau über. Bei Zusatz von Wasser erscheinen sie theils schön-blau, theils grünlichblau.

78. Die durch Jod und Jodwasserstoffsäure intensiv blauefärbten Membranen gehen beim Trocknen durch Violett in Braun, die hellblauen durch Violett und Roth in Orange und Braungelb über. Beim Befeuchten mit Wasser werden sie alle schön-blau.

79. Die durch Jod in verdünnter Jodwasserstoffsäure blauefärbten Schnitte werden bei Zusatz von Wasser ziemlich rasch entfärbt, wobei das Blau durch ein blasses Blaugrün in den farblosen Zustand übergeht.

80. Jod in concentrirter Jodammoniumlösung oder in concentrirter Jodkaliumlösung färbt die trockenen Schnitte intensiv braunorange. Bei Zusatz von Wasser geht die Farbe durch Violett in Blau über.

81. Wenn man trockene Schnitte mit einigen Stückchen Jod in concentrirte Phosphorsäure legt, so färben sie sich langsam blau. Die Farbe beginnt mit einem matten Hellblau.

82. Trockene Schnitte werden durch Joddämpfe rasch gelb, dann braun und fast schwarz gefärbt. Das Jod wird zuerst von dem Inhalt aufgenommen, nachher von der Wandung. Diese zeigt sich hellgelb bis braungelb; und zwar lagert sich das Jod früher und in grösserer Menge in die Intercellularsubstanz ein, welche braungefärbt ist, während die übrige Membran noch hellgelb erscheint.

83. Zusatz von Wasser färbt die Membranen der trockenen Schnitte, welche Joddämpfen ausgesetzt waren (Nr. 82) sogleich blau. Der Uebergang geschieht sehr schnell durch Grün.

#### Baumwolle.

84. Wässerige Jodlösung lässt die Membranen der Baumwollfäden farblos. Legt man einige Jodstückchen auf das feuchte Präparat und lässt dasselbe eintrocknen, so bleiben die Membranen auch nach dem Wiederbenetzen ungefärbt. Man kann die Operation mit gleicher Erfolglosigkeit wenig-



stens noch 3 Mal wiederholen. — Es bildet sich bei diesem Process vielleicht etwas Jodwasserstoffsäure; allein die Menge derselben ist nicht hinreichend, um eine Färbung der Baumwollfäden zu verursachen.

85. In frischer mehr oder weniger wasserhaltiger Jodtinctur bleiben die Membranen der Baumwollfasern ebenfalls farblos. Diess ändert sich auch nicht, wenn man das Präparat eintrocknen lässt und dann wieder mit Wasser oder wässriger Jodlösung oder wasserhaltiger frischer Jodtinctur befeuchtet.

86. Alte Jodtinctur mit oder ohne Wasser färbt die Membranen sogleich schwach-gelb bis braun. Nach dem Eintrocknen und Wiederbefeuchten mit Wasser sind dieselben gelb, braun, roth oder blau; der Farbenton hängt zum Theil von der Natur der Fäden, vorzüglich aber von der Menge der in der Tinctur enthaltenen Jodwasserstoffsäure ab, indem eine geringe Quantität der letztern nur gelbe oder braune, eine grössere Quantität dagegen violette und blaue Töne hervorruft. Desswegen bewirkt bei diesem Verfahren die gleiche Tinctur, wenn sie ganz concentrirt angewendet wird, Bläuung, während sie mit Wasser verdünnt nur braungelb zu färben vermag.

87. Jod in wasserhaltiger Jodwasserstoffsäure färbt die Membranen braungelb; bei längerer Einwirkung, während welcher durch Verdunstung des Wassers die Säure concentrirter wird, geht die braungelbe Farbe in Braun und Braunroth über. Zusatz von Wasser färbt je nach der stattgefundenen Einwirkung kupferroth, violett oder blau. Nach 24stündiger Einwirkung einer concentrirten Säure sah ich die Fäden durch dieses Verfahren schön-blau werden; bei allmählichem Zusatz von Wasser ging die braunrothe Farbe zuerst in Roth, dann in Violett, zuletzt in Blau über.

Wird die Baumwolle mit Jodwasserstoffsäure gekocht, so verändert sie ihre Natur nicht.

88. Werden die durch Jod, concentrirte Jodwasserstoffsäure und Wasser blaugefärbten Fäden (Nr. 87) mit Wasser oder mit Wasser und Ammoniak ausgewaschen, so dass sie farblos und frei von Säure sind, und legt man dann einige Stückchen Jod auf das Präparat, so bleibt dasselbe vollkommen farblos; auch frische Jodtinctur färbt es nicht.

89. Werden die Baumwollfäden nach 48stündigem Liegen in concentrirter Jodwasserstoffsäure mit Wasser oder mit Wasser und Ammoniak ausgewaschen, so färben sie sich durch Jod in Jodammonium intensiv kupferroth und nach allmählichem Zusatz von Wasser violettroth, dann violett und zuletzt blau.

90. Jod in Jodammoniumlösung färbt die Membranen intensiv braunroth. Zusatz von Wasser entfärbt sie schnell, indem sie zuvor hellbraun, hellkupferroth oder selbst hellviolett werden. Jodstückchen auf das Präparat gelegt vermögen demselben keine Farbe mehr zu geben, ebensowenig frische Jodtinctur.

91. Jod in concentrirter Jodkaliumlösung färbt die Baumwolle braungelb oder braun. Zusatz von Wasser bewirkt braunrothe, schmutzigviolette, seltener auch schmutzigblaue Töne. Wenn man das Präparat mit Jodkaliumjodlösung eintrocknen lässt und dann wieder befeuchtet, so zeigen sich einige Fäden kupferroth, die meisten aber violett bis blau. Der Ton ist jedoch gewöhnlich etwas trüb und schmutzig.

92. Jod in verdünnterer Jodzinklösung färbt die Baumwolle gelb bis braungelb, in concentrirter intensiv braun und braunroth. Die letztere Farbe geht bei Zusatz von Wasser durch helle braunrothe, braunviolette, violette oder schmutzigblaue Töne in den farblosen Zustand über. Lässt man das Präparat mit Jodzinklösung während längerer Zeit offen stehen, so trocknet es nicht vollständig ein; die Fäden werden violett, und, indem bei längerem Stehen das Jod aus denselben



entweicht, hell rothviolett. Zusatz von Wasser färbt alle blau; das Blau ist an den einen Fäden rein, an den andern matt oder geht etwas ins Grünliche, in's Bräunliche oder Violette.

b. Werden die durch längere Einwirkung von Jodzinkjod violett gefärbten Fäden mit Wasser vollständig ausgewaschen, so bleiben sie in wasserhaltiger frischer Jodtinctur vollkommen farblos, und nehmen in Berührung mit verdünnter Jodzinkjodlösung sogleich violette oder mattblaue Töne an.

93. Legt man Baumwolle in mehr oder weniger concentrirte Chlorzinklösung und bringt dann einige Stückchen Jod auf das Präparat, so bleibt dieselbe zuerst farblos. Nach mehreren Stunden fangen die in nächster Nähe der Jodcrystalle befindlichen Fäden an, sich schwach blau zu färben. Die Farbe kann nach und nach intensiv werden.

Was die blaue Färbung betrifft, so besteht rücksichtlich der Zeit ihres Eintritts (nach 2—24 Stunden) und rücksichtlich ihrer Stärke eine ausserordentliche Verschiedenheit; beides hängt wohl wesentlich von der Concentration der Lösung ab. Einige Male sah ich der blassblauen Färbung einen sehr schwachen rosenrothen Ton vorausgehen.

94. Wenn man auf Baumwolle, welche in concentrirter Chlorzinklösung sich befindet, frische Jodtinctur einwirken lässt, so tritt fast sogleich an einzelnen Fäden hellblaue Färbung ein. Nach und nach werden auch die übrigen hellblau. Zuweilen erhält man ziemlich intensive Färbungen.

95. Wird Baumwolle in concentrirter Chlorzinklösung erwärmt, so dass die Fäden vollständig desorganisirt werden und in eine Gallerte sich verwandeln, so bewirkt frische Jodtinctur und Wasser reinblaue intensive Färbung. — Es tritt ebenfalls blaue Färbung ein, aber sehr langsam und blass, wenn man statt der Jodtinctur metallisches Jod allein oder mit etwas Wasser anwendet.

96. Wenn die Gallerte Nr. 95 mit Wasser ausgewaschen

und dann metallisches Jod oder frische Jodtinctur zugefügt wird, so tritt keine Färbung ein.

97. Wird zu wässriger oder weingeistiger Jodlösung etwas Jodsäure zugesetzt, so färben sich darin die Baumwollfäden nicht. Auch nach dem Eintrocknen und Wiederbefeuchten mit Wasser bleibt das Präparat farblos.

98. Frische Jodtinctur mit concentrirter Phosphorsäure gemischt, lässt anfänglich die Baumwolle ungefärbt. Nach einiger Zeit jedoch nimmt diese eine röthlichbraune, wenig intensive Farbe an.

Wenn Baumwolle mit Phosphorsäure erhitzt wird, bis die Fäden stark aufquellen, so werden sie durch frische Jodtinctur und Wasser schön-blau. Die wenig aufgequollenen Fäden zeigen eine schmutzig-blaue oder blaugrüne Farbe.

99. Legt man Baumwolle in Phosphorsäure und lässt das Präparat offen während 12—24 Stunden stehen, wäscht man dasselbe dann gut aus, so bringt Jod keine Färbung hervor.

b. Wenn man durch Kochen in Phosphorsäure aufgequollene und durch Jodtinctur blaugefärbte Fäden (Nr. 98) mit Ammoniak und Wasser gut auswäscht, so bleiben sie bei Zusatz von wässriger oder weingeistiger Jodlösung theils farblos, theils nehmen sie einen ganz blassen und matten bläulichen Ton an. Fügt man einen Tropfen Phosphorsäure zu, so wird die frühere intensive und rein-blaue Färbung wieder allmählich hergestellt.

100. Salzsäure, welche gleichzeitig mit metallischem Jod oder mit weingeistiger Jodlösung auf Baumwolle einwirkt, verursacht gelbbraune, rothbraune oder schmutzig-violettrothe Färbung.

Wird die Baumwolle mit Salzsäure gekocht, bis die Fäden in kleine Stücke zerfallen, so bewirken Jodstückchen, die in die Salzsäure gelegt werden, oder Jodtinctur ebenfalls gelbe bis grünlichbraune und violettrothe Färbungen.



Werden in den beiden genannten Fällen die Präparate vor oder nach Einwirkung des Jod mit Wasser oder mit Ammoniak und Wasser ausgewaschen, so bleiben sie bei Anwendung von wässriger oder weingeistiger Jodlösung vollkommen farblos.

101. Baumwolle mit Jodstückchen in Salpetersäure gelegt, oder gleichzeitig mit Salpetersäure und mit wässriger oder weingeistiger Jodlösung behandelt, bleibt durchaus ungefärbt. Das gleiche Resultat erhält man, wenn man die Baumwolle mit Salpetersäure kocht, bis die Fäden in kleine Stücke zerfallen, und dann metallisches Jod oder wässrige Jodlösung oder Jodtinctur beifügt.

102. Baumwolle, mit Kupferoxydammoniak behandelt, so dass viele Fäden sehr stark aufquellen, dann mit Wasser und Citronensäure ausgewaschen, wird durch wässrige Jodlösung und durch wasserhaltige frische Jodtinctur nicht gefärbt.

103. Baumwolle, mit Aetzkalilösung erhitzt, so dass die Fäden ziemlich aufquellen, dann mit Wasser und mit Citronensäure vollkommen ausgewaschen, bleibt bei Zusatz von Jodkrystallen oder von frischer Jodtinctur farblos. Wird das Präparat nicht gut ausgewaschen, und bleibt Kali in den Fäden zurück, so bildet sich bei Zusatz von Jod Jodkalium und es tritt (wegen der Anwesenheit von Jod in Jodkalium) eine braune, schmutzigviolette oder schmutzig-blaue Färbung ein.

104. Baumwolle, mit chlorsaurem Kali in Salpetersäure behandelt, dann mit Wasser ausgewaschen, wird durch wässrige Jodlösung oder frische Jodtinctur nicht gefärbt.

105. Wenn man Baumwolle auf einem Objectträger mit einem Tropfen frischer Jodtinctur übergiesst und dann sehr verdünnte Schwefelsäure zusetzt, so bleiben die Membranen farblos. Ist die letztere etwas concentrirter, so nehmen sie eine braune Farbe an; bei steigender Concentration der Säure wird der Ton braunroth, braunviolett, schmutzigblau,

und bei grösster Concentration reinblau. Setzt man zu einem Präparat, welches entsprechend dem angewendeten Concentrationsgrad eine der genannten Farben angenommen hat, Wasser zu, so tritt Entfärbung ein. Vor derselben findet aber meistens eine Aenderung des Farbentons nach Blau hin statt; Braun z. B. wird blass violett, Braunroth wird blass blau.

Man kann, um Baumwolle durch Jod und Schwefelsäure blau zu färben, zuerst jene mit Schwefelsäure behandeln und dann zu dem Präparat frische Jodtinctur zusetzen. Viel zweckmässiger aber ist es, die Baumwolle mit Jodtinctur, sei es auf dem Objectträger, sei es in einem Uhrglas zu befeuchten und dann allmählich so lange concentrirte Schwefelsäure zuzusetzen, bis Bläuung erfolgt. Die Anwendung von Schwefelsäure und wässriger Jodlösung, oder von Jodstückchen, welche man auf das Schwefelsäure-Präparat legt, ist desswegen unstatthaft, weil das Jod in der Säure so schwer sich löst und die Färbung daher so äusserst langsam eintritt.

106. Wenn auf einem Präparat Baumwollfäden mit den verschiedenen Jodreactionen, welche ungleiche Concentrationsgrade der Schwefelsäure hervorrufen (Nr. 105), neben einander liegen, und wenn man das Präparat unbedeckt stehen lässt, so entfärben sich zuerst die braunen, dann die rothen, später die violetten, und zuletzt die blauen Fäden. Die letztern gehen durch Hellblau in den farblosen Zustand über.

107. Baumwolle wurde mit concentrirter Schwefelsäure behandelt, so dass die Fäden stark aufquollen und in eine Gallerte zerflossen, dann mit Wasser und Ammoniak, nachher mit Citronensäure und mit Wasser ausgewaschen. Jodstückchen, auf das Präparat gelegt, liessen dasselbe ungefärbt; nur an einzelnen Stellen zeigten sich schwache Töne einer blauen Färbung. Frische Jodtinctur bewirkte ebenfalls nur stellenweise hellblaue, meistens etwas schmutzige oder in's Grünliche gehende Färbung. Zusatz von Schwefelsäure dagegen rief sogleich eine intensiv reinblaue Farbe hervor. —



Sicherer ist der Versuch, wenn man die durch Jod und Schwefelsäure blaugefärbte Baumwolle (Nr. 105) auswäscht und dann wässrige oder weingeistige Jodlösung zufügt. Der Erfolg ist derselbe. — Das Nämliche beobachtet man bezüglich der übrigen Reactionen von Jod und Schwefelsäure. Fäden, die gelb, braun, roth oder violett gefärbt waren, bleiben nach vollständigem Auswaschen der Schwefelsäure bei erneuerter Anwendung von Jod farblos.

108. Wenn die durch Schwefelsäure und Jod indigoblau gefärbten Baumwollfäden (Nr. 105) ausgewaschen und dann durch Jod in Jodkalium gefärbt werden, so ruft eine concentrirtere Jodkaliumlösung braune Töne hervor. Bei geringerer Concentration tritt rothe, bei noch geringerer schön violette, und bei grösstem Wassergehalt rein blaue Färbung ein.

Ganz ebenso wie Jodkaliumjod verhält sich eine Lösung von Jod in Jodammonium.

109. Wenn die durch Jod und Schwefelsäure blaugefärbte Baumwolle durch Ammoniak entfärbt wird, so geht das Blau durch Violett und Blassroth in den farblosen Zustand über. Viele Fäden zeigen im Innern (im Lumen) zahlreiche winzige schwarze Körnchen, andere an der Oberfläche grössere und kleinere schwarze Klumpen. Dieser körnige Niederschlag ist Jodstickstoff.

110. Wenn man trockene Baumwolle Joddämpfen aussetzt (was am einfachsten dadurch geschieht, dass man ein Probirröhrchen, in welchem metallisches Jod sich befindet, mit einem Pfropf von Baumwolle verschliesst), so wird sie zuerst gelb, dann braungelb, braun und zuletzt schwarzbraun. Unter dem Mikroskop zeigen die Fäden, in Luft, in Alkohol oder in Oel betrachtet, dieselben Farben.

111. Befeuchtet man die Fäden von Nr. 110 so verändern die einen ihre Farbe nicht, andere nehmen einen braunrothen, braunvioletten oder selbst graublauen Ton an. Alle aber gehen bald in den farblosen Zustand über. Nach-

dem sie mit Wasser ausgewaschen worden, verhalten sie sich wie im unveränderten Zustande.

112. Legt man die durch mehrtägige Einwirkung von Joddämpfen dunkelbraun gefärbte Baumwolle in vollkommen gesättigte wässrige Jodlösung, welche mit metallischem Jod in einem Glase verschlossen ist, so sind nach einer halben Stunde die Membranen der meisten Fäden farblos, manche indess zeigen noch eine bräunliche oder bläulichgrünliche aber ganz blasse Färbung. Nachher entfärben sie sich ebenfalls, indem nur der Zelleninhalt seine gelbe bis braungelbe Farbe behält.

#### Bastfasern des Hanfes.

113. Wässrige Jodlösung oder wasserhaltige Jodtinctur lässt die Membran der Hanffasern ungefärbt.

114. Jod in concentrirter Jodwasserstoffsäure färbt die Fasern blassbraun, wobei der Ton bald mehr auf Gelb, bald mehr auf Roth und Violett geht. Benetzt man das Präparat mit viel Jodwasserstoffsäure und lässt dasselbe unbedeckt 12—24 Stunden stehen, sodass die Lösung der Säure gesättigt wird, so nehmen die Fasern einen braunen Ton an, der bald mehr in Roth bald mehr in Violett spielt. Bei Zusatz von Wasser verwandelt er sich durch ein schmutziges Violett in ein blasses und mattes Blau oder Graublau.

115. Hanf, mit frischer Jodtinctur übergossen, eingetrocknet und dann mit Wasser befeuchtet, bleibt farblos. Das gleiche Resultat erhält man, wenn man der frischen Jodtinctur Jodsäure oder Essigsäure beifügt.

116. Wenn man frische Jodtinctur mit etwas concentrirter Salzsäure mischt, so verleiht sie den Hanffasern eine blasse braunviolette Färbung. Nach dem Eintrocknen des Präparates und Wiederbefeuchten mit Wasser sind die Fasern farblos.

117. Hanffasern, mit frischer Jodtinctur und etwas Jodwasserstoffsäure eingetrocknet und dann mit Wasser befeuch-



tet, zeigen eine braunviolette Färbung, indess allfällig anhängende Parenchymzellen schön-indigoblau sind.

118. Wenn man Hanf mit frischer Jodtinctur und concentrirter Phosphorsäure auf dem Objectträger stehen lässt, so werden die Membranen braun oder braunroth.

119. Jod in concentrirter Jodkaliumlösung färbt die Hanffaser braun. Zusatz von Wasser bewirkt rasche Entfärbung, wobei oft ein schmutzigvioletter oder grauer Ton sichtbar wird. Wenn das Präparat mit Jodkaliumjodlösung eintrocknet und dann mit Wasser befeuchtet wird, so entweicht das Jod ebenfalls rasch aus den Membranen; an einzelnen ist eine kupferrothe oder blass violette Färbung wahrzunehmen.

120. Jodzinklösung mit wenig Jod färbt die Hanffasern gelb, mit mehr Jod braunorange. Lässt man das Präparat offen stehen, so dass durch Verdunstung des Wassers die Jodzinklösung sehr concentrirt wird, so geht die Farbe der Fasern allmählich in ein helles Violett über.

121. Wenn man die Hanffasern durch Jodtinctur und Schwefelsäure blau färbt und dann das Präparat offen stehen lässt, so tritt durch Verdunstung allmähliche Entfärbung ein, wobei das intensive Blau durch Hellblau in Farblos übergeht.

122. Wenn Hanf, der mit concentrirter Schwefelsäure bis zu theilweiser Auflösung behandelt, oder mit Jod und Schwefelsäure intensiv gebläut worden, durch Wasser oder durch Ammoniak und Wasser vollkommen ausgewaschen wird, so bleibt er bei Behandlung mit wässriger Jodlösung oder mit frischer Tinctur stellenweise farblos, stellenweise nimmt er eine schmutzig graublaue, nirgends aber intensive Färbung an. — Bei Zusatz von Schwefelsäure tritt sogleich die charakteristische intensive und schön-blaue Färbung ein; der Uebergang von dem matten Graublau geht durch Kupferroth und Violett, was man deutlich an den Fäden beobachtet, die an der Gränze der Schwefelsäure sich befinden.

123. Wenn die durch Jod und Schwefelsäure gebläuten, dann gut ausgewaschenen Hanffasern (Nr. 122) mit Jod in concentrirter Jodkaliumlösung übergossen und dann mit Wasser versetzt werden, so zeigen sie sich nur stellenweise ziemlich rein-blau. Im Allgemeinen ist der blaue Ton viel blasser und viel schmutziger als mit Jod und Schwefelsäure.

Jod in Jodwasserstoffsäure verhält sich wie Jod in Jodkaliumlösung.

Das gleiche Resultat erhält man auch, wenn man die gut ausgewaschenen Präparate (Nr. 122) mit alter Jodtinctur übergiesst, dann eintrocknen lässt und wieder mit Wasser oder wässriger Jodlösung befeuchtet. Die Färbung ist stellenweise ziemlich reinblau aber nicht intensiv, stellenweise schmutzig-graublau. Nach Zusatz von Schwefelsäure geht diese Farbe durch Rothviolett und Blauviolett in Indigo über.

Parenchym des Blattes von *Agave americana* Lin.

124. Jod in wässriger Lösung oder wasserhaltiger Tinctur färbt die Zellmembranen von Durchschnitten nicht.

125. Schnitte, welche mit alter Jodtinctur oder mit solcher und etwas Jodwasserstoffsäure eingetrocknet sind und darauf mit Wasser benetzt werden, erscheinen gelblich oder blass-bräunlich.

126. Lässt man Schnitte während längerer Zeit (24 Stunden und länger) mit jodhaltiger Jodwasserstoffsäure, welche von Zeit zu Zeit erneuert wird, unbedeckt auf dem Objectträger, so nehmen die Membranen zuerst eine gelbliche, dann bräunliche, nachher braunviolette und zuletzt violette Färbung an. Wenn sie beinahe eintrocknen, so werden sie braunroth und braungelb. Setzt man dagegen Wasser zu, so geht das Violett in Blau über.

127. Schnitte, die längere Zeit mit Jodzinkjodlösung unbedeckt auf dem Objectträger sich befinden, werden braun und nachher violett. Zusatz von Wasser führt diese Farbe durch



Blauviolett in ein mattes helles Blau und dann in den farblosen Zustand über.

b. Wenn die durch Jodzinkjod während längerer Einwirkung violettgefärbten Schnitte mit Wasser vollständig ausgewaschen werden, so verhalten sie sich nicht genau wie frische Schnitte. Reine Jodtinctur mit Wasser lässt die Membranen zwar ungefärbt; aber Jodzinkjodlösung färbt sie schon matt-blau, indess die Zellwände an frischen Schnitten noch farblos bleiben.

128. Jod in gesättigter Jodkaliumlösung färbt die Membranen braungrün. Bei Zusatz von Wasser geht die Farbe durch ein mattes Blaugrün in ein mattes Blau und dann in den farblosen Zustand über. Trocknen die Schnitte mit Jodkaliumjod ein, so sind die Membranen braun und nehmen, nachdem sie mit viel Wasser übergossen wurden, einen intensivblauen Ton an.

129. Jod und Schwefelsäure verleihen den Membranen eine reinblaue Farbe, welche nach längerem Stehen durch reines Hellblau in den farblosen Zustand übergeht; bei Zusatz von Wasser erfolgt die Entfärbung schon nach einiger Zeit durch ein mehr mattes oder schmutziges Hellblau.

130. Wenn die Schnitte, welche durch Jod und Schwefelsäure rein-blau gefärbt waren (Nr. 129), durch destillirtes oder gewöhnliches Wasser während längerer Zeit (24 Stunden) ausgewaschen werden, so bewirken Jod oder frische Jodtinctur und Wasser unmittelbar keine Färbung an den Zellmembranen, indess der Zelleninhalt braungelb wird. Erst nach einiger Zeit (1 Stunde und mehr), gewöhnlich erst beim Eintrocknen des Präparats werden die Schnitte violett bis blau (ohne Zweifel in Folge von Jodwasserstoffsäurebildung).

131. Die durch Jod und Schwefelsäure reinblau gefärbten und dann gut ausgewaschenen Präparate (Nr. 130) werden durch Jod in verdünnter Jodkalium-, Jodammonium- oder

Jodzinklösung, sowie in verdünnter Jodwasserstoffsäure schön-violettblau bis blau, während concentrirtere Lösungen dieser Verbindungen braunviolette und braune Töne bedingen. Man erhält ebenfalls eine schön-violettblaue Färbung, wenn man die durch Schwefelsäure und Jod blaugefärbten Präparate durch Aetzkali oder Ammoniak entfärbt, dann nur unvollständig mit Wasser auswäscht und nachher metallisches Jod oder frische Jodtinctur zusetzt.

132. Die violettblauen Präparate (Nr. 131) behalten nach dem Eintrocknen ihre Farbe oder sie werden roth-violett bis kupferroth. Wasser stellt die ursprüngliche Farbe wieder her. Die violette Färbung des trockenen Präparats ergiebt sich dann, wenn letzteres überschüssiges Jod enthält; die kupferrothe, wenn kein metallisches Jod vorhanden ist und dessnachen das in die Membranen eingelagerte Jod zu entweichen beginnt.

Die trockenen violetten Schnitte, über der Weingeistflamme erwärmt, werden zuerst roth, dann orange, dann braungelb und gelb und zuletzt farblos. Zusatz von Wasser oder, wenn das Jod schon grösstentheils entwichen ist, von wässriger Jodlösung färbt wieder schön-blauviolett.

Rindenparenchym der Zweige von *Sambucus nigra*.

133. Durchschnitte durch die Rinde werden von wasserhaltiger frischer Jodtinctur schwach braungelb. Mit frischer Jodtinctur übergossen, eingetrocknet und dann mit Wasser befeuchtet, zeigen sie die nämliche Färbung und gehen nach und nach in den farblosen Zustand über.

134. Das gleiche Resultat erhält man, wenn man frische Jodtinctur gleichzeitig mit Oxalsäure, Weinsteinsäure oder Citronensäure einwirken lässt, oder wenn die Präparate mit einer dieser Säuren eintrocknen und dann mit Jod behandelt werden, oder wenn man sie mit frischer Jodtinctur und einer Säure eintrocknen lässt und dann mit Wasser befeuchtet.

135. Frische Jodtinctur, welcher etwas Jodwasserstoff-



säure zugesetzt wird, färbt ebenfalls braungelb. Nach dem Eintrocknen und Wiederbefeuchten mit Wasser werden die Membranen blau.

Alte Jodtinctur verhält sich ganz wie frische Jodtinctur und Jodwasserstoffsäure.

136. Wenn man einen Schnitt, der mit viel Jodwasserstoffsäure übergossen wurde, während 12—24 Stunden stehen lässt, wobei die Säure sehr concentrirt wird, so nehmen die Membranen eine rothviolette Farbe an. Bei Zusatz von Wasser geht dieselbe durch Violett und Blassblauviolett in den farblosen Zustand über.

137. Schnitte, welche mit Jodzinkjodlösung längere Zeit (12—24 Stunden) unbedeckt auf dem Objectträger bleiben, färben ihre Membranen roth-violett. Zusatz von metallischem Jod führt diese Farbe in ein dunkles mattes Blauviolett über, welches bei Benetzung mit einer reichlichen Menge Wasser in ein intensives Blau sich umwandelt.

b. Wenn man die violetten Präparate im Wasser vollständig auswäscht, so unterscheiden sie sich merklich von frischen Schnitten. Frische Jodtinctur und Wasser färben ihre Membranen zwar nicht; aber verdünnte Jodzinkjodlösung verleiht den Collenchymzellen sogleich und dem Parenchym nach kurzer Zeit einen blassblauen Ton, indess die Membranen an frischen Schnitten noch vollkommen farblos bleiben.

138. Frische Jodtinctur und concentrirte Phosphorsäure gleichzeitig angewendet ertheilen den Membranen keine bemerkbare Färbung. Wird das Präparat über der Weingeistflamme oder im Ofen erhitzt und getrocknet, darauf mit Wasser befeuchtet, so sind die Zellwände aufgequollen und zeigen eine schöne intensivblaue Farbe, als ob Jod und Schwefelsäure auf sie eingewirkt hätten. Den gleichen Erfolg erhält man, wenn man Schnitte mit Phosphorsäure bis zum Aufquellen der Membranen erhitzt und dann Jod zusetzt.

139. Werden die Schnitte mit concentrirter Phosphor-

säure bis zum Aufquellen der Zellwände erhitzt, dann vermittelst Ammoniak und Wasser gut ausgewaschen, so bewirkt wasserhaltige frische Jodtinctur entweder gar keine oder nur eine blass bläuliche Färbung, welche nach dem Eintrocknen und Wiederbefeuchten mit Wasser und Jod nicht intensiver wird.

140. Gleichzeitige Einwirkung von Salzsäure und Jod, ebenso Eintrocknenlassen mit Salzsäure und Jodtinctur und dann Wiederbefeuchten mit Wasser bewirken keine blaue Färbung.

*Chaetomorpha aerea* Kg. (Weingeistexemplare).

141. Die Membranen werden durch wässrige oder wasserhaltige weingeistige Jodlösung nicht gefärbt.

142. Jod in concentrirter Jodwasserstoffsäure verleiht den Membranen selbst nach 24stündiger Einwirkung bloss eine wenig intensive gelbe Farbe. — Mit alter Jodtinctur, der noch etwas Jodwasserstoffsäure zugesetzt wurde, zweimal eingetrocknet und dann mit Wasser befeuchtet, nahmen sie einen intensiv gelben Ton an.

143. Mit Jodkaliumjod eingetrocknet und wieder befeuchtet färben sich die Membranen gelb.

144. Mit Jodtinctur eingetrocknet und dann mit concentrirter Phosphorsäure übergossen, nehmen die Membranen eine gelbe bis braungelbe Farbe an. Dieselbe ändert sich nicht, wenn man Phosphorsäure und Jod während 24 Stunden einwirken lässt.

145. Werden die mit Jodtinctur eingetrockneten und in Phosphorsäure gelegten Fäden erhitzt und dann abermals mit Tinctur und Säure behandelt, so gelingt es oft, die Membranen, mit Ausschluss der braungelben Cuticula, mehr oder weniger schön-violett bis blau zu färben.

146. Jodtinctur und Schwefelsäure färben die Membranen schön-blau.

147. Wenn die durch Jod und Schwefelsäure blauge-  
[1863. I. 4.]



färbten Fäden (Nr. 146) mit Wasser oder mit Ammoniak und Wasser gut ausgewaschen werden, so bringen Wasser und metallisches Jod oder frische Jodtinctur und Wasser unmittelbar keine Färbung hervor. Lässt man das Präparat stehen, so tritt nach einiger Zeit ( $\frac{1}{2}$ —1 Stunde) allmählich Bläuung ein. Meist erfolgt sie erst beim Eintrocknen und dann ziemlich rasch.

b. Die durch Jod und Schwefelsäure gebläuten, dann gut ausgewaschenen Schnitte werden durch Jod in Jodwasserstoffsäure oder Jod in Jodkalium sogleich violett bis blau gefärbt.

148. Die trockenen Membranen, welche man während einigen Stunden Joddämpfen aussetzt, werden braungelb. In Wasser entfärben sie sich rasch; in Jodwasserstoffsäure oder Jodzink, in welchem Jod gelöst ist, behalten sie ihre gelbe bis braungelbe Farbe.

Altes Fichtenholz (*Abies excelsa* Dc.)

149. Wässrige Jodlösung oder wasserhaltige frische Jodtinctur färbt die Membranen schön-gelb bis braungelb. Beim Eintrocknen des Präparates bleibt die Farbe die nämliche; nur wird sie heller, wenn kein überschüssiges Jod vorhanden, intensiver, wenn Jodsplitter zugegen sind.

150. Jod in Jodwasserstoffsäure bringt die gleiche Färbung hervor wie Jodtinctur (Nr. 149). Lässt man ein Präparat 12—24 Stunden stehen, indem man einigemal Jodwasserstoffsäure zusetzt, wobei ein Eintrocknen nicht stattfindet, so werden die Membranen dunkelbraun. Dünne Schnitte erscheinen braungelb oder braunorange. Auf Zusatz von Wasser geht diese Farbe über in ein schmutziges und braunes Grün oder Blaugrün.

151. Jod in concentrirter Jodammoniumlösung färbt die Membranen intensiv-braunorange. Eingetrocknet und wieder mit Wasser befeuchtet sind sie braun, stellenweise auch grünlichbraun und schmutzig blaugrün oder selbst schmutzig-blau.

152. Jod in concentrirter Jodkaliumlösung färbt die Membranen dunkel-braunorange. Zusatz von Wasser ändert die Farbe in Braungelb und Gelb. Lässt man das Präparat in Jodkaliumjodlösung eintrocknen und befeuchtet es nachher mit Wasser, so geht die braune Farbe der Membranen stellenweise mehr oder weniger auf Grünlich und selbst auf Schmutzigblau.

153. Jod in verdünnter Jodzinklösung färbt gelb, in concentrirterer Lösung braun. Lässt man das Präparat unbedeckt stehen, so dass das Jod und das Wasser theilweise verdunsten, so nehmen die Membranen einen schön-violetten Ton an. Wenn in diesem Zustande metallisches Jod auf das Präparat gelegt wird, so färben sich die Membranen dunkler, sie werden aber zugleich schmutzig und braunroth oder braunorange. Die gleiche Farbenänderung erfolgt, wenn man statt metallischen Jods Jodzinkjod zusetzt. Werden diese Präparate mit viel Wasser übergossen, so färben sich die Membranen grünlichblau bis mattblau.

154. Wenn man Schnitte mit frischer Jodtinctur tränkt, und dann in concentrirte Phosphorsäure legt, so erscheinen die Membranen braunorange oder braungelb. Die Farbe verändert sich nicht, wenn man das Präparat mehrmals bis zum Kochen erhitzt.

Legt man Schnitte mit einigen Stückchen Jod in concentrirte Phosphorsäure, so färben sie sich langsam gelb, und behalten diese Farbe auch nach tagelanger Einwirkung.

Kocht man die Schnitte in concentrirter Phosphorsäure, so dass die Membranen stark aufquellen (aber farblos bleiben), so werden sie durch metallisches Jod oder frische Jodtinctur braun oder grünlichbraun, stellenweise auch schmutziggrün, blaugrün und blau gefärbt.

155. Wenn Schnitte mit alter Jodtinctur getränkt und dann in concentrirte Schwefelsäure gebracht werden, so färben sie sich braungelb bis grün und blaugrün. Lässt man



das Präparat mit überschüssigem Jod längere Zeit stehen, oder erhitzt man dasselbe, so wird es überall goldgelb. Setzt man dagegen Wasser zu, so färben sich die Membranen grösstentheils, namentlich die am stärksten aufgequollenen Parteen derselben, schön-blau.

*IX. Folgerungen aus den vorstehenden Thatsachen betreffend die Färbung der Zellmembranen durch Jod.*

Die Schlüsse liegen zwar meistentheils schon in den mitgetheilten Beobachtungen selbst; doch dürfte es zweckmässig sein, sie ausdrücklich zu formuliren, theilweise auch weiter zu begründen, ferner auf die Ursache theils möglicher, theils wirklich gehegter Irrthümer hinzuweisen.

1. Die Menge des eingelagerten Jod bedingt im Allgemeinen nicht den Charakter sondern nur die Intensität der Farbe; man kann jeden Ton (Gelb, Orange, Roth, Violett, Blau) durch wenig Jod hell durch eine grössere Menge intensiv erhalten. In einzelnen Fällen beobachtet man den Uebergang von Hellgelb in Dunkelblau, wenn während der Einwirkung des Jod sich Jodwasserstoffsäure bildet; in andern geht bei Mehraufnahme von Jod die blaue Farbe in Braun über, wenn die Membranen aus einer Mischung von zwei verschiedenen Stoffen bestehen, die ungleich gegen Jod reagiren.

Die hier für die Membranen ausgesprochene Regel stimmt genau mit dem überein, was ich für die Stärkekörner (Art. III in der Mittheilung vom 13. Dec. 1862) nachgewiesen habe, ist aber in directem Gegensatze mit den Angaben Mohl's. Derselbe sprach als Resultat seiner ersten Untersuchungen aus (Flora 1840): „Das Jod ertheile der vegetabilischen Zellmembran je nach der Menge, in welcher es von derselben aufgenommen werde, sehr verschiedene Farben; eine geringe Menge von Jod erzeuge eine gelbe oder braune, eine grössere

Menge eine violette und eine noch bedeutendere Menge eine blaue Farbe.“ Er giebt an, das Albumen der Palmen färbe sich durch Wasser in welchem Jodstücke liegen, nicht blau, weil das Jod zu schwach einwirke; wohl aber trete die Reaction ein, wenn man zu Durchschnitten, die in Wasser liegen, einen Tropfen Jodlösung zusetze. Aus dem ungleichen Verhalten der festern und weichern Zellmembranen leitet er den Schluss ab, dass die erstern „weniger geneigt seien, sich mit Jod zu verbinden, und eine geringere Menge desselben aufnehmen, als die letztern, und dass hiernach die (gelbe oder blaue) Farbe sich richte.“

Den hauptsächlichen Beweis für die Annahme, dass die gelbe Farbe von der Aufnahme einer geringern Menge von Jod und die blaue Farbe von der Aufnahme einer grössern Menge desselben herrühre, findet Mohl in dem Umstande, dass man auch solche Zellen, welche sich in wässriger Jodlösung gelb färben, durch Jod schön blau färben könne, ohne sie chemisch zu verändern, wenn man nur das Jod kräftig genug auf sie einwirken lasse. Zellmembranen (dünne Abschnitte eines Pflanzengewebes, Baumwolle, Papier), welche man in einem verschlossenen Gefässe längere Zeit hindurch (etwa 14 Tage lang) bei gewöhnlicher Temperatur den Dämpfen von Jod aussetzt, sollen sich zuerst gelb, dann braun, endlich braunroth und beinahe schwarz, in einigen Fällen auch deutlich violett färben, und nach Benetzung mit Wasser eine mehr oder weniger blaue Farbe annehmen. „Dass nun diese blaue Färbung nicht einer chemischen Umwandlung zuzuschreiben sei, welche die Zellmembran in Folge der langen Einwirkung der Joddämpfe erlitten habe, sondern, dass sie einzig und allein der reichlichen Aufnahme von Jod zuzuschreiben sei, werde dadurch bewiesen, dass solche von Jod durchdrungene Zellmembranen, wenn man sie einige Tage lang der Luft aussetze, ihr Jod wieder verflüchtigen lassen, dadurch wieder weiss werden, und nun wieder wie



früher bei Benetzung mit wässriger Jodtinctur eine gelbe Farbe annehmen, ohne die mindeste blaue Farbe zu entwickeln.“

Diese Angaben sind so entschieden und bestimmt und zugleich für die Theorie der Jodeinlagerung so wichtig, dass ich genöthigt bin, die Begründung der gegentheiligen Behauptung näher zu erörtern. Zuerst bemerke ich, dass an einer Menge von Pflanzenzellmembranen ein solcher Farbenwechsel nicht beobachtet wird. Bei der Einlagerung von Jod sieht man irgend einen Farbenton hell beginnen und allmählich intensiver werden.

Nun giebt es aber in der That Zellmembranen, welche sich anders verhalten. Sehr schöne Beispiele hiefür finden sich, wie von Mohl angegeben wurde, im Sameneiweiss der Primulaceen. Jod färbt die Membran zuerst gelb, dann grün und zuletzt blau. Eine oberflächlichere Betrachtung dieser Thatsache bietet allerdings zunächst die Annahme dar, dass der Farbenwechsel durch die Menge des eingelagerten Jod bedingt werde. Eine genauere Berücksichtigung aller Verhältnisse aber macht dieselbe unmöglich und legt eine andere Erklärung nahe.

Wenn die Menge des eingelagerten Jod den Uebergang der gelben Färbung durch Grün in Blau bedingen würde, so müsste bei allmählicher Entfernung des Jod die gleiche Farbenreihe in umgekehrter Ordnung durchlaufen werden. Diess ist nicht der Fall. Geschieht die Entfärbung in der nämlichen Flüssigkeit, so geht das Blau durch Hellblau (nicht durch Grün und Gelb) in den farblosen Zustand über (Nr. 73 b). Wenn man aber dem Präparat Wasser zuführt und dadurch die Entfärbung bewirkt, so findet ein Wechsel der Farben statt (Nr. 74), und diess erklärt sich, wie ich nachher zeigen werde, einfach aus dem Umstande, dass die die Membranen durchdringende Lösung nun geändert wird.

Wird ein Durchschnitt des Albumens von Primulaceen durch Jodstückchen, die im Wasser liegen, zuerst gelb, dann grün und blau gefärbt, so dauert dieser ganze Process einige Zeit ( $\frac{1}{2}$ —2 Stunden und mehr vgl. Nr. 73). Die Dauer stimmt mit denjenigen Versuchen überein (Nr. 15, 17, 49, 130, 147), wo Bläuung unter dem Einfluss der sich bildenden Jodwasserstoffsäure erfolgt. Dass auch in dem vorliegenden diese Bildung statt habe, dafür spricht die eintretende saure Reaction (Nr. 73). Die mit der Dauer des Versuches zunehmende Menge von Jodwasserstoffsäure hat nothwendig Einfluss auf den Farbenton. Daher verhält sich auch ein Präparat, welches durch metallisches Jod blaugefärbt und nach Wegnahme des letztern wieder entfärbt wurde, bei der zweiten Färbung durch abermaligen Zusatz von Jodstückchen anders, als das erste Mal. Die vorhandene Jodwasserstoffsäure bedingt eine viel raschere Reaction und eine etwas andere Farbenfolge (Nr. 76). Die Verschiedenheiten, welche bei diesem Versuche sich ergeben, zeigen deutlich, dass in dem Präparat eine Veränderung stattgefunden hat.

Aus diesen Thatsachen ergibt sich folgende Erklärung für den Farbenwechsel bei der Jodreaction im Albumen der Primulaceen. Anfänglich, so lange Jod und Wasser oder Jod, Alcohol und Wasser mit sehr wenig Jodwasserstoffsäure zugegen ist, wird das Jod mit gelber Farbe eingelagert. Sobald sich eine hinreichende Menge Jodwasserstoffsäure gebildet hat, tritt blaue Färbung ein. Der Uebergang geschieht durch die Mischfarbe Grün, weil nicht alle Theilchen der Membran gleichmässig auf die Säure reagiren. Fügt man von Anfang an eine geringe Menge Jodwasserstoffsäure dem Wassertropfen bei, so findet die Bläuung sogleich statt (Nr. 77). Auch bedingt die Anwendung jener Säure einen etwas modificirten Farbenwechsel, indem statt des gelben und grünen Stadiums ein blasses und schmutziges Braun,



als rasch vergängliches Uebergangsglied, auftritt. Da das Präparat, welches durch Jod und Wasser sich blau gefärbt hat, nach vollständiger durch die Verdunstung bewirkter Entfärbung sich genau wie ein solches verhält, dem man von Anfang an etwas Jodwasserstoffsäure zusetzt, so ist an der gegebenen Erklärung um so weniger zu zweifeln.

Mohl führt ferner als Beweis für seine Annahme das Verhalten der trockenen Zellmembranen gegen Joddämpfe an. In einer Beziehung kann ich seine Beobachtung nicht bestätigen, indem bei meinen Versuchen lufttrockene Zellwände durch Joddämpfe nie eine violette Färbung annahmen. Violette und blaue Färbungen zeigten sich nur dann, wenn nachweisbar Feuchtigkeit zugegen war.

Auch kann ich der Annahme Mohl's nicht beipflichten, dass bei der Einwirkung der Joddämpfe auf trockene Zellmembranen eine chemische Umwandlung nicht stattfindet. Eine genauere Beachtung der Thatsachen scheint mir gerade die chemische Veränderung zwar nicht in der Substanz der Membranen, aber doch in den Präparaten nachzuweisen. Das Gewebe der Samenlappen von *Hymenaea* wird durch Wasser und Jod erst nach einiger Zeit blau (Nr. 15). Die durch Joddämpfe gelbgefärbten Membranen werden durch Wasser sogleich blau (Nr. 43); sie verhalten sich in dieser Beziehung gerade so, wie wenn Jod und Jodwasserstoffsäure gleichzeitig einwirken (Nr. 21). Da nun, wie ich später noch darlegen werde, beim Eintrocknen einer organischen Substanz mit Jod sich besonders leicht Jodwasserstoffsäure bildet, so ist es im höchsten Grade wahrscheinlich, dass Joddämpfe einen ähnlichen Erfolg haben, und dass auf diese Weise die eben angeführten Erscheinungen ihre Erklärung finden. — Das Sameneiweiß von *Cyclamen* verhält sich genau ebenso. Die durch Joddämpfe gelb gefärbten trockenen Schnitte werden bei der Benetzung sogleich blau (Nr. 83) und stimmen somit nicht mit der Wirkung von Jod allein



(Nr. 73 und 76), sondern von Jod in Verbindung mit Jodwasserstoffsäure überein (Nr. 77). — Baumwolle, welche Joddämpfen ausgesetzt war, färbt sich bei Zusatz von Wasser (Nr. 111) nicht so, wie es durch wässrige oder weingeistige Jodlösung (Nr. 84, 85), sondern wie es durch Jod in Jodwasserstoffsäure (Nr. 87) der Fall ist.

So stellt sich also auch bei der Einwirkung der Joddämpfe der Uebergang von Gelb in Blau nicht als eine Folge der steigenden Jodmenge, sondern der sich bildenden Jodwasserstoffsäure dar. Dass im trockenen Zustande nur gelbe und braungelbe Töne sichtbar sind, ist begreiflich, da ja auch die feuchten blauen Membranen beim Eintrocknen braun und gelb werden, wenn Jodwasserstoffsäure vorhanden ist (Nr. 22, 71, 78). — Dass der Uebergang von Gelb in Blau nicht durch eine grössere Quantität des eingelagerten Jod bedingt wird, sieht man deutlich auch aus dem Umstande, dass trockene hellgelbe Membranen beim Benetzen hellblau werden. Im Sameneiweiss der Primulaceen war nach der Theorie Mohl's eine hellblaue Färbung überhaupt nicht möglich, da eine geringe Jodmenge Gelb, eine grössere Grün bedingt. In der That mangelt bei der Einwirkung von Jod und Wasser die hellblaue Farbe (Nr. 69, 73), weil sich die Jodwasserstoffsäure sehr langsam bildet. Dass durch Joddämpfe und nachherige Benetzung auch das hellste Blau hervorgebracht wird, beweist gerade, dass hier die Bedingungen etwas anders sind; es wird nämlich rasch eine grössere Menge von Jodwasserstoffsäure erzeugt.

Gegen die Theorie Mohl's spricht endlich namentlich der von demselben, wie es scheint, übersehene Umstand, dass viel häufiger der umgekehrte Farbenwechsel eintritt. Wenn man einer violett oder blau gefärbten Membran mehr Jod zuführt, welches sogleich aufgenommen wird, ohne dass dabei eine chemische Veränderung in der durchdringenden Flüssigkeit statt hat, so wird sie sehr häufig nicht etwa



dunkelblau oder dunkel-violett, sondern dunkel-braun. Zuweilen auch bleibt der Ton fast der nämliche, aber er wird matt und schmutzig. Ich habe diess so oft beobachtet, dass es mir eine gewöhnliche Erscheinung zu sein scheint, und desswegen erwähnte ich es nur selten (Nr. 1, 3, 4, 6). Es ist aber oft schwer, nach einer vermehrten Einlagerung von Jod den Farbenton zu erkennen, weil die Membran undurchsichtig und schwarz wird. Man muss, um diese Schwierigkeit zu überwinden, möglichst dünne Durchschnitte sich zu verschaffen suchen.

Diese Thatsache erklärt sich, wie ich glaube, folgendermassen auf genügende Weise. Die Membranen bestehen, wie sich für mehrere Fälle thatsächlich nachweisen lässt, (analog wie die Stärkekörner) aus zwei verschiedenen Verbindungen, welche zu Jod ungleiche Verwandtschaft haben, und durch dasselbe ungleich gefärbt werden. Die erste Menge Jod geht an diejenigen Substanztheilchen, welche die grösste Anziehung ausüben, und färbt sie blau oder violett. Die folgende Jodmenge verbindet sich auch mit denjenigen Theilchen, welche eine geringere Verwandtschaft haben, und welche dasselbe mit braungelber oder braunrother Farbe aufnehmen. Ich verweise auf das, was ich früher über die Verwandtschaft von Jod zu verschiedenen Substanzen bemerkt habe (Mittheilung vom 13. Dez. 1862, Art. I).

2. Zellmembranen, welche von Wasser durchdrungen sind und irgend eine Farbe durch Jod erlangt haben, behalten diese Farbe, wenn ihnen das Wasser bei gewöhnlicher Temperatur entzogen wird und wenn sonst keine chemische oder physikalische Veränderung erfolgt. Ist dagegen in dem durchdringenden Wasser eine Substanz gelöst, welche beim Verdunsten concentrirter wird, so kann dieselbe auf die Anordnung der Jodtheilchen einwirken,

und eine grössere oder geringere Farbenänderung bedingen.

Auch in dieser Beziehung stimmen die Zellmembranen mit den Stärkekörnern überein (vgl. Art. II in der Mittheilung vom 13. Dez. 1862). Es giebt indess nicht viele Beispiele, wo dieselben, bloss mit Wasser durchdrungen, durch Jod eine Farbe erhalten. Wenn diess aber der Fall ist, so bleibt sie nach dem Eintrocknen ziemlich unverändert, besonders dann, wenn überschüssiges Jod vorhanden ist. Mangelt dieses, so kann das eingelagerte Jod anfangen aus den Membranen zu entweichen, und in Folge dieses Processes die Anordnung seiner Theilchen und somit auch die Farbe verändern. — Zellmembranen, in denen nur geringe Mengen von Jodwasserstoffsäure, Jodkalium oder Jodammonium enthalten sind, zeigen oft ein gleiches Verhalten.

Als Beispiele für die Erhaltung der nämlichen Farbe beim Austrocknen nenne ich die blaugefärbten Flechtenschläuche (Nr. 8), die blauen Membranen der Samenlappen von *Hymenaea* und *Mucuna* (Nr. 19, 46), die violetten Membranen des Blattparenchyms von *Agave*, welche mit Schwefelsäure behandelt, dann ausgewaschen und nachher durch Jod in sehr verdünnter Jodwasserstoffsäure oder Jodkaliumlösung gefärbt wurden (Nr. 132), endlich die Membranen verschiedener Zellen, welche durch wasserhaltige frische Jodtinctur eine gelbe oder braune Farbe erlangen.

Häufiger tritt beim Eintrocknen der Jod enthaltenden Zellmembranen ein Farbenwechsel ein. Derselbe lässt sich jedoch (soweit er nicht mit der vorhin erwähnten beginnenden Entfärbung zusammenhängt) immer dadurch erklären, dass die Substanz von einer löslichen Verbindung durchdrungen ist, welche beim Verdunsten des Wassers concentrirter wird und unmittelbar vor vollständigem Eintrocknen eine andere Anlagerung der Jodtheilchen bedingt. Diese Verbindung ist häufig Jodwasserstoffsäure. Die durch Wasser und Jod-



stückchen blaugefärbten Schnitte der Samenlappen von *Hymenaea* und *Mucuna* verfärben sich beim Eintrocknen stellenweise, namentlich an den Rändern, wo sich die Jodwasserstoffsäure anhäuft (Nr. 19, 46); die blauen Membranen des Sameneiweisses von *Cyclamen* werden braun (Nr. 73). In diesen Beispielen ist der Farbenwechsel ganz der nämliche, wie wenn man Jod in verdünnter Jodwasserstoffsäure gelöst anwendet (Nr. 22, 54, 71, 78).

Die Anwesenheit von Jodkalium bedingt meist eine ähnliche Aenderung der Farbe wie Jodwasserstoffsäure. Die blauen Membranen der Samenlappen von *Hymenaea* werden braun und gelb (Nr. 26), ebenso diejenigen von *Mucuna* (Nr. 54). In andern Fällen jedoch kann die Farbe sich ziemlich unverändert erhalten; so bleibt das Blattparenchym von *Agave*, das nach Behandlung mit Schwefelsäure durch Jodkaliumjod blauviolett gefärbt wurde, beim Eintrocknen mit überschüssigem Jod violett (Nr. 132).

In diesem Sinne ist die Angabe Mohl's zu berichtigen, dass die blaue Farbe beim Austrocknen der Membran in die violette oder rothbraune sich verwandle, bei einer Benetzung jedoch zurückkehre, welche Farbenänderung nach seiner Ansicht durch die An- und Abwesenheit des Wassers veranlasst wird (Flora 1840).

3. Die durch Jod gefärbten Membranen, welche, sei es im befeuchteten, sei es im trockenen Zustande, sich entfärben, verändern häufig ihre Farbe mehr oder weniger. Diese Umwandlung geschieht immer in der Richtung von Blau durch Roth zu Gelb.

Die Zellmembranen verhalten sich hierin im Wesentlichen gleich wie die Stärkekörner (Art. V in der Mittheilung vom 14. Febr. 1863). Im Allgemeinen gilt die Regel, dass Entfärben im befeuchteten Zustande keine oder nur geringe, im trockenen Zustande dagegen bedeutendere Farbenänderungen bewirkt. Ferner liegt es in der Natur der Sache, dass

unter übrigens gleichen Verhältnissen die blauen Membranen am meisten ihre Farbe ändern; die gelben können sich gar nicht verfärben.

Bei der Entfärbung in Wasser findet in der Regel keine merkliche Farbenänderung statt, wie z. B. die Versuche mit den Flechtenschläuchen (Nr. 8), mit dem Parenchym der Samenlappen von *Hymenaea* (Nr. 25) und des Sameneiweisses von *Cyclamen* (Nr. 73 b) dathun. Die Entfärbung in Schwefelsäure zeigt die gleichen Erscheinungen (vgl. die Baumwolle Nr. 106, die Hanffaser Nr. 121 und das Blattparenchym von *Agave* Nr. 129).

Trockene Präparate zeigen bei der Entweichung des Jod, besonders, wenn dieselbe durch eine gesteigerte Temperatur befördert wird, oft einen sehr bedeutenden Farbenwechsel. Ich verweise auf die Versuche an Flechtenschläuchen (Nr. 10) und an dem Gewebe der Samenlappen von *Mucuna* (Nr. 47).

Es versteht sich, dass während der Entfärbung weder ein Austrocknen des feuchten, noch ein Benetzen des trockenen Präparates stattfinden darf, sonst kann der normale Farbenwechsel sehr beträchtlich gestört werden.

4. Durch Joddämpfe werden alle lufttrockenen Zellmembranen gelb bis schwarzbraun gefärbt. Von den mit Wasser imbibirten Membranen nehmen, wenn kein anderer, die Jodeinlagerung fördernder Stoff anwesend ist, manche gar kein Jod auf, viele lagern es mit gelber oder brauner, einige mit rother oder violetter, und wenige mit blauer Farbe ein. Diese Farben sind alle den Kohlenhydraten der Zellmembranen eigenthümlich und werden nicht etwa die einen derselben durch fremde Einlagerungen (Proteinverbindungen) bewirkt.

Bemerkenswerth ist, dass, wie es scheint, alle lufttrockenen Membranen, sie mögen sich im befeuchteten Zustande



wie immer zu Jod verhalten, das letztere ziemlich in gleicher Menge aufnehmen und dasselbe auch mit gleicher Farbe einlagern. Werden sie in gesättigte wässrige Jodlösung gebracht, so gehen sie sehr bald in denjenigen Zustand über, der diesen neuen Verwandtschaften entspricht, und zeigen dann das nämliche Verhalten, als ob sie sogleich mit wässriger Jodlösung behandelt worden wären (vgl. die Versuche mit dem Gewebe der Cotyledonen von *Hymenaea* Nr. 44 und mit Baumwolle Nr. 112.)

Was die Reaction der Zellmembranen auf Jod und Wasser betrifft, will ich nur zwei Bemerkungen, die eine über die blaue, die andere über die braungelbe Färbung beifügen. Nach den neuen Untersuchungen, die eben mitgetheilt wurden, kenne ich jetzt einzig die Fruchtschicht der Flechten als Beispiel für den Fall, dass eine Zellmembran durch wässrige Jodlösung unmittelbar blau wird. Die übrigen Gewebe, welche nach der Angabe von verschiedenen Mikroskopikern durch Jod allein sollten gebläut werden, zeigen diese Farbe nur unter der Mitwirkung von Jodwasserstoffsäure.

Man begegnet hin und wieder der Angabe, dass eine Zellmembran durch Jod gelb oder braun gefärbt werde, und dass sie demnach eingelagerte Proteinstoffe enthalte. Es tritt nun allerdings in manchen Fällen die Gelbfärbung durch Jod und der auf anderm Wege nachzuweisende Proteingehalt zusammen. Allein es wäre ein grosser Irrthum, wenn man aus der gelben oder braunen Farbe an und für sich auf die Anwesenheit eiweissartiger Verbindungen und aus der Intensität der Farbe auf die Menge schliessen wollte.

Ich habe gezeigt, dass es sehr verschiedene Mittel giebt, um den Stärkekörnern (die keine Proteinverbindungen enthalten) eine gelbe Farbe zu verleihen. Die Anwesenheit mancher Stoffe genügt, damit Jod und Wasser nicht blaue, sondern braune oder gelbe Jodstärke hervorbringen. Gerade so verhält es sich mit den Zellmembranen. Es giebt über-

dem viele, in denen auf anderem Wege (concentrirte Salzsäure, Ammoniak nach vorausgehender Behandlung mit Salpetersäure) keine eiweissartigen Verbindungen nachgewiesen werden können, und die sich dennoch durch Jod sehr schön und intensiv gelb oder braungelb färben. Es giebt endlich andere, in denen Jod eine viel intensivere braune Färbung hervorruft, als es durch die geringe Menge der eingelagerten Proteinverbindungen möglich wäre. Ich beschränke mich darauf, ein Beispiel für das Letztere anzuführen.

Wenn man Längsschnitte durch Begoniastengel mit Jodkaliumjodlösung behandelt, so färben sich zuerst die Stärkekörner, nachher fast gleichzeitig die Wandungen der Gefässe und Bastzellen und der Inhalt der Parenchym- und Cambiumzellen. Doch eilen jene etwas voraus und zeichnen sich auch jederzeit durch intensivere Färbung aus. Die Wandungen der Gefässe und Bastzellen sind nämlich schon intensiv gelb, wenn der Inhalt der Parenchym- und Cambiumzellen erst schwach gelblich ist; endlich sind jene braun, diese gelb geworden. Würden diese Farben der Zellenwandungen durch den Proteingehalt bedingt, so müssten sie daran beträchtlich reicher sein als der Zelleninhalt. Allein alle übrigen Reagentien z. B. das Millon'sche Reagens, Zucker und Schwefelsäure, concentrirte Salzsäure rufen in dem Zelleninhalte eine viel stärkere Färbung hervor als in den genannten Zellmembranen.

5. Wenn eine Zellmembran durch Jod und Wasser unmittelbar nicht gebläut wird, so lässt sich dieses Resultat oft durch gleichzeitige Einwirkung von Jodwasserstoffsäure (die sich auch bei längerer Einwirkung von Jod auf verschiedene organische Verbindungen sowie beim Eintrocknen mit Jod bildet) oder von Jodkalium, Jodammonium, Jodzink, Phosphorsäure oder Schwefelsäure, in andern Fällen auch durch die Einwirkung von Schwefelsäure, nachdem eine mehr oder weniger ener-



gische Behandlung mit Aetzkali oder mit Salpetersäure vorausgegangen ist, erzielen.

Die hierher gehörigen Thatsachen sind den Mikroskopikern zu bekannt, als dass ich nöthig hätte, Weiteres darüber mitzutheilen. Ich muss jedoch eine Bemerkung mit Rücksicht auf eine Differenz zwischen Mohl und mir beifügen.

Mohl hatte behauptet, dass viele Zellmembranen durch Jod und Wasser allein gebläut würden. Als Beweis hiefür diene ihm namentlich die Beobachtung, dass dieselben, wenn sie mit Jod eintrocknen, bei nachheriger Benetzung mit Wasser eine blaue Farbe annehmen (Flora 1840; Bot. Zeit. 1847; Veget. Zelle p. 30). Ich bemerkte hierüber dass, da bei diesem Prozesse die Zellmembran aufgelockert werde, sich vielleicht etwas Jodsäure oder Jodwasserstoffsäure oder auch beide bilden könnten (Stärkeköerner p. 189). Dies wurde lediglich als eine Möglichkeit ausgesprochen, da mir damals weiter keine Thatsachen zu Gebote standen; und ich denke, der Chemiker wird die Vermuthung nicht so unge-reimt finden.

Indessen wurde meine Annahme von Mohl (Bot. Zeit. 1859 p. 234) frischweg als eine „vollkommen willkührliche und haltlose Hypothese“ erklärt, indem er beifügte: „Es hätte doch zum Mindesten durch einen Versuch nachgewiesen werden müssen, dass diesen Säuren die Eigenschaft nach Art von Schwefelsäure auf die Cellulose zu wirken und bei Anwesenheit von Jod eine blaue Farbe in derselben hervorzurufen, überhaupt zukomme. Ich habe den Versuch gemacht, gereinigte Cellulose mit Jodtinctur zu tränken und die genannten Säuren zuzusetzen; dieselben brachten weder eine sichtbare Einwirkung auf die Cellulose, noch eine Spur von Blaufärbung hervor.“

Es war gewiss sehr verdienstlich von Mohl, diese Versuche direkt auszuführen; aber was diejenigen mit Jodwasser-

stoffsäure betrifft, so muss ich behaupten, dass wenn sie mit der nothwendigen Genauigkeit und Umsicht angestellt werden, sie gerade das entgegengesetzte Resultat von dem geben, das Mohl erhalten haben will. Dabei ist zu berücksichtigen, dass wenn beim Eintrocknen sich Jodwasserstoffsäure bildet, dieselbe natürlich in concentrirtem Zustande auf die Zellmembranen einwirkt, und ferner, dass die Bläuung erst bei nachheriger Benetzung mit Wasser eintritt. Es muss also, wenn der Versuch entsprechend ausgeführt wird, zuerst die Zellmembran mit concentrirter Säure behandelt und dann Wasser zugesetzt werden (weil die Anwesenheit von concentrirter Jodwasserstoffsäure bei den Zellmembranen wie bei den Stärkekörnern die Blaufärbung durch Jod hindert). Bei diesem Verfahren habe ich in der Regel die Zellmembranen, welche nach dem Eintrocknen mit Jodtinctur gebläut werden, ebenfalls blau werden sehen (vgl. z. B. die Versuche mit Baumwolle Nr. 87, mit dem Blattparenchym von Agave Nr. 126 und dem Rindenparenchym von Sambucus Nr. 136). In einzelnen Fällen gelang es sogar, den Membranen durch Behandlung mit concentrirter Jodwasserstoffsäure eine schöner blaue Farbe zu geben, als durch Eintrocknen mit Jodtinctur. In andern Fällen jedoch schien letzteres Mittel energischer zu wirken, als das erstere; indessen bin ich hierüber nicht ganz sicher. Bestätigt sich indess diese Thatsache, so hat sie nichts Befremdendes; denn es ist wohl möglich, dass beim Eintrocknen einer durchdringbaren Substanz in den Molecularinterstitien derselben die Säure noch concentrirter wird und daher energischer wirkt, als beim Verdunsten eines unbedeckten Tropfens.

Meine Vermuthung, dass beim Eintrocknen der Zellmembranen mit Jodtinctur eine Säure wirksam sei, wird aber ferner bestätigt durch die Thatsache, dass bei Anwendung von frischer, säurefreier Tinctur eine Bläuung vieler Membranen nicht eintritt, indess dieselben bei sonst gleicher Be-



handlung blau werden, wenn man zugleich frische Jodtinctur und Jodwasserstoffsäure anwendet, oder wenn man sich alter Jodtinctur bedient, welche nachweisbar Jodwasserstoffsäure enthält (vgl. die Versuche Nr. 85 und 86, 115 und 117, 133 und 135).

Wenn Jod auf verschiedene organische Verbindungen einwirkt, so bilden sich geringe Mengen von Jodwasserstoffsäure. Es giebt manche Zellmembranen, welche, wenn sie mit Jod und Wasser in Berührung sind, nach einiger Zeit sich blau färben. Die Blaufärbung erfolgt, sobald im Verhältniss zum vorhandenen Wasser eine hinreichende Menge von Jodwasserstoffsäure sich gebildet hat. Man kann daher die Zeit zum voraus durch die Grösse des Wassertropfens, durch die Menge der vegetabilischen Substanz und durch die Intensität der Beleuchtung bestimmen; man kann nach Belieben das Präparat so anfertigen, dass die Bläuung der Membranen innerhalb einer Stunde, oder erst nach 3 und 4 Stunden eintritt. — Die Bildung der Jodwasserstoffsäure auf Kosten der organischen Verbindungen wird beim Eintrocknen merklich gesteigert, und es kann daher die Blaufärbung in viel kürzerer Zeit bewirkt werden, wenn man das Präparat einmal oder wiederholt mit Jod eintrocknen lässt.

Zum Beweise für das eben Gesagte verweise ich auf die Beobachtungen an den Membranen der Samen von *Hymenaea* (Nr. 15, 17, 37), *Mucuna* (Nr. 49) und von *Primulaceen* (Nr. 69, 70, 73), sowie auf die Beobachtungen an den mit Schwefelsäure behandelten Zellmembranen der Blätter von *Agave* (Nr. 130) und der Fäden von *Chaetomorpha* (Nr. 147).

Die Frage, ob beim Eintrocknen der Membranen mit Jod sich auch Jodsäure bilde, wird gleichgültig durch die Thatsache, dass diese Säure keine blaue Färbung hervorzurufen vermag, dass sie im Gegentheil dieselbe verhindern kann, wenn sie in hinreichender Menge vorhanden ist.

6. Die Behandlung mit Jodwasserstoffsäure, Jodkalium, Jodammonium, Jodzink, mit Schwefelsäure, Phosphorsäure, Aetzkali und Salpetersäure entfernt ohne Zweifel eine geringere oder grössere Menge von fremden in den Membranen enthaltenen Stoffen, die in jenen Verbindungen löslich sind. Diese *Reinigung* der Zellmembranen mag in manchen Fällen ein Hinderniss für die Bläuung aus dem Wege räumen, allein sie ist in keinem Falle die alleinige Bedingung für dieselbe.

Payen hat gezeigt, dass alle Zellmembranen, nachdem sie gehörig gereinigt worden, die gleiche chemische Zusammensetzung haben und aus Cellulose bestehen. H. v. Mohl gieng einen Schritt weiter und sagte, alle Membranen, wenn sie die Einwirkung der Reinigungsmittel erfahren haben, färben sich durch Jod und Wasser blau, und es sei eine Eigenschaft der reinen Cellulose, dass sie, von Wasser durchdrungen, mit Jod eine blaue Farbe annehme (Bot. Zeit. 1847, Veg. Zelle p. 30).

Gegenüber dieser letztern Theorie habe ich bereits darauf hingewiesen, dass die Mittel, welche Bläuung der Zellmembranen durch Jod veranlassen, in vielen Fällen nicht wohl eine Reinigung bewirken können, und dass es ein Beispiel von ganz reiner Cellulose giebt, welche durch Jod und Wasser nicht blau gefärbt wird (Stärkekörner pag. 190). In Folge der neuen Untersuchungen sehe ich mich veranlasst, noch entschiedener die Behauptung Mohl's zurückzuweisen, und auszusprechen, dass (mit Ausschluss der Flechtenschläuche) die auf irgend eine Weise gereinigte Zellmembran durch Jod und Wasser nicht gebläut, sondern dass diese Reaction immer durch die Anwesenheit eines bestimmten andern Stoffes bedingt wird.

Ob und welche Stoffe durch die Mittel, welche eine Bläuung der Zellmembranen durch Jod ermöglichen, aufge-



löst und fortgeführt werden, ist unbekannt. Aber die Versuche zeigen, dass diese Reinigung, wenn sie überhaupt statt hat, nicht als die unmittelbare Ursache der Bläuung zu betrachten ist. Diess geht, worauf ich bereits vor Jahren hingewiesen habe, auch schon aus einer Beobachtung Liebig's vom Jahre 1842 hervor (Ann. Chem. Pharm. Jun. 1842, p. 305). Derselbe fand, dass Baumwolle, Papier und andere aus Cellulose bestehende Substanzen, welche mit Schwefelsäure behandelt wurden, nach gehörigem Auswaschen durch Jodtinctur sich nicht blaufärben liessen. Ich habe gleichfalls beobachtet, dass durch Jod und Schwefelsäure blaugefärbte Zellmembranen, wenn sie vollständig ausgewaschen wurden, durch wässrige oder weingeistige Jodlösung keine, und nach unvollständigem Auswaschen eine andere Farbe als Blau annehmen (Versuche mit Baumwolle Nr. 107, Hanf Nr. 122, Blattparenchym von Agave Nr. 130, Chaetomorpha Nr. 147).

Wie Schwefelsäure verhalten sich alle andern Mittel, die in Verbindung mit Jod Bläuung der Zellmembran veranlassen. Werden sie weggenommen, so bleibt die blaue Reaction aus; so bei Phosphorsäure (Versuche mit dem Rindenparenchym von Sambucus Nr. 138 und 139 und mit Baumwolle Nr. 99 b), Jodwasserstoffsäure (Versuche mit dem Zellgewebe der Cotyledonen von Hymenaea Nr. 22 und mit Baumwolle Nr. 88), Jodkalium (Versuche mit den Cotyledonen von Hymenaea Nr. 27), Jodzink (Versuche mit Baumwolle Nr. 92 b, mit dem Blattparenchym von Agave Nr. 127 b, und mit dem Rindenparenchym von Sambucus 137 b), Chlorzink (Versuche mit Baumwolle Nr. 96).

Wenn Schwefelsäure, Phosphorsäure, Jodwasserstoffsäure, Jodkalium etc. als Reinigungsmittel wirkten, und als solche die Bläuung der Zellmembranen ermöglichten, so müsste diese Bläuung um so eher eintreten, nachdem noch ein vollkommenes Auswaschen mit Wasser, somit eine weitere Reinigung

stattgefunden hat. Da nach dieser Behandlung eine hinreichende Menge von Jod (in wässriger oder weingeistiger Lösung) nicht mehr die blaue Reaction hervorzubringen vermag, so kann die Reinigung nicht als die unmittelbare Ursache betrachtet werden.

7. Die Behandlung mit Jodwasserstoffsäure, Jodkalium, Jodammonium, Jodzink, mit Schwefelsäure, Phosphorsäure, Aetzkali und Salpetersäure verursacht immer ein geringeres oder beträchtlicheres Aufquellen der Zellmembranen. Allein diese Auflockerung ist in keinem Falle die Ursache der Bläuung.

Da die Mittel, welche eine durch Jod und Wasser allein sich nicht blaufärbende Membran zu dieser Reaction befähigen, dieselbe mehr oder weniger aufquellen machen, so könnte man leicht auf den Gedanken kommen, diese Auflockerung sei die Ursache der Blaufärbung. Auch Mohl hält dieselbe in seiner ersten Untersuchung für eine wesentliche Bedingung, indem er sagt, dass weichere, in Wasser stärker anschwellende Membranen sich blau färben, auch wenn nur eine geringe Menge von Jod auf sie einwirke, während die härteren und in Wasser weniger aufquellenden Membranen sich bloss gelb oder braun färben (Flora 1840). Später modifizierte er diese Annahme dahin, dass zu Aufnahme von Jod wohl ein gewisser Grad der Quellung erforderlich sei, dass aber im Quellungsvermögen selbst nicht der Grund der Blaufärbung gefunden werden könne (Bot. Zeit. 1859, p. 233).

Dass das Aufquellen der Membranen nicht die Ursache ihrer Bläuung ist, ergibt sich aus drei Thatsachen. Die eine ist die, dass wenn man dieselben durch ein anderes Mittel als ein spezifisch bläuendes aufquellen macht, die genannte Reaction nicht erfolgt. Dies zeigt sich an Baumwolle, welche mit Salzsäure oder Salpetersäure gekocht



(Nr. 100, 101) oder mit Kupferoxydammoniak behandelt wird (Nr. 102), sowie an dem Gewebe der Samenlappen von *Hymenaea*, auf welche Salzsäure oder Phosphorsäure einwirkt (Nr. 35, 31).

Die andere Thatsache ist die, dass die durch irgend ein Mittel blau gefärbten Membranen, wenn sie mit Wasser ausgewaschen werden, mit Jod keine blaue Färbung mehr annehmen, obgleich ihre Substanz nach dem Auswaschen ebenso sehr gequollen bleibt, als sie es vorher war. (Versuche mit Baumwolle Nr. 88, 92 b, 96, 99 b, 107; Hanf Nr. 122; Blattparenchym von *Agave* Nr. 127 b, 130; Rindenparenchym von *Sambucus* Nr. 137 b, 139; Fäden von *Chaetomorpha* Nr. 147; Cotyledonen von *Hymenaea* Nr. 23, 27.)

Die dritte Thatsache endlich findet sich in der bekannten Erscheinung, dass es namentlich bei den niedern Cryptogamen viele schon im natürlichen Zustande sehr weiche und viel Wasser enthaltende Membranen giebt, die durch Jod nicht gebläut, überhaupt nicht gefärbt werden, während bei niedern und höhern Pflanzen Membranen von gleichem oder auch viel geringerem Wassergehalt Jod aufnehmen und sich blau färben.

Es wäre nun aber möglich, dass die Aufquellung der Membranen, wenn auch nicht als die Ursache der Blaufärbung, doch als die nothwendige Bedingung dazu sich darstellte. Die Beobachtung macht es nicht leicht, diese Frage zu entscheiden, da die Mittel, welche die Bläuung der Membran veranlassen, immer auch dieselben mehr oder weniger aufquellen machen. Dieses Aufquellen ist aber in einzelnen Fällen äusserst gering und in andern Fällen, so viel es scheint, überflüssig. Zur Blaufärbung wird nämlich immer erfordert, dass die Membran mit einer gewissen Menge von Imbibitionswasser durchdrungen sei; die Anwesenheit einer grössern Menge von Flüssigkeit ist wirkungslos. Nun nehmen sehr viele Zellmembranen schon eine grössere Menge von

reinem Wasser auf als zur Bläuung durch Jod nothwendig ist. Wenn daher irgend ein Mittel zugleich blau färbt und noch mehr aufquellen macht, so darf das Aufquellen als accidentell betrachtet werden.

8. Zur Bläuung der Zellmembranen (mit Ausschluss der Flechtenschläuche) ist jedenfalls neben Jod und Wasser die gleichzeitige Anwesenheit einer der folgenden *assistirenden* Verbindungen erforderlich: Jodwasserstoffsäure, Jodkalium, Jodammonium, Jodzink (oder ein anderes Jodmetall), Schwefelsäure, Phosphorsäure, Chlorzink (?). Vielleicht wirken aber Schwefelsäure und Phosphorsäure nicht unmittelbar, sondern dadurch, dass sie die Bildung von Jodwasserstoffsäure durch Zersetzung von Alcohol oder von organischen Verbindungen der Zelle begünstigen, so dass also die blaue Farbe fast ausschliesslich durch das Vorhandensein der bestimmten Menge einer Jodverbindung bedingt würde.

Die Mittel, welche eine Bläuung der Zellmembranen durch Jod bewirken, können dieselben physikalisch und chemisch verändern, indem sie sie aufquellen machen und möglicher Weise ihnen verschiedene eingelagerte Verbindungen entziehen. Ich habe gezeigt, dass weder durch die eine noch durch die andere dieser Veränderungen die Membranen unmittelbar die Fähigkeit erhalten, das Jod mit blauer Farbe aufzunehmen. Ich füge hier noch bei, dass auch beide vereint dies nicht zu bewirken vermögen, wie alle diejenigen Beispiele, wo die blaugefärbte Membran ausgewaschen wird, beweisen.

Zur Bläuung der Zellmembran ist nothwendig, dass dieselbe nicht nur die richtige chemische und physikalische Beschaffenheit besitze, sondern dass ausser dem färbenden Jod auch eine der assistirenden Verbindungen anwesend sei. Die letztern bewirken eine gewisse Beschaffenheit der Molecular-



constitution, sei es rücksichtlich der Anordnung der kleinsten Theilchen, sei es rücksichtlich der Vertheilung ihrer wirkenden Kräfte, wodurch die Einordnung der Jodtheilchen mit blauer Farbe bedingt wird.

Auf die Blaufärbung üben die Jodverbindungen als assistirende Medien eine specifische Wirkung aus. Wie sich die Bromverbindungen verhalten, ist unbekannt. Die Chlorverbindungen aber können in Gemeinschaft mit Jod die Membranen in der Regel nicht blau färben. Diess ist z. B. sehr deutlich an Salzsäure, die sich ganz anders verhält als Jodwasserstoffsäure. Auch von Chlorzink, welches gewöhnlich als bläuende Verbindung aufgeführt wird, bleibt es zweifelhaft, ob es diese Eigenschaft wirklich besitze. Um die sogenannte Chlorzinkjodlösung zu erhalten, versetzt man Chlorzinklösung mit Jodkalium und giebt schliesslich Jod hinein. Man hat dann eine Mischung von Chlorzink-, Chlorkalium-, Jodkalium- und Jodzinklösung mit überschüssigem Jod. Auf die Bläuung der Zellmembranen wirken bei Anwendung dieses Mittels nicht die beiden Chlor-, sondern die beiden Jodverbindungen, und man würde dasselbe richtiger mit dem Namen Jodzink-Jodkalium-Jod bezeichnen. Wenn ich bei den Versuchen über Jodreaction von Chlorzink gesprochen habe, so habe ich darunter immer die reine Verbindung ohne Beimengung von Jodkalium verstanden.

Wendet man wässrige Chlorzinklösung und metallisches Jod oder eine Lösung von Jod in Chlorzink an, so tritt die Blaufärbung der Baumwollfäden erst nach längerer Zeit und sehr ungleich ein (vergl. Nr. 93). Es gab Präparate, welche nach einigen Stunden theilweise intensiv blau, andere, die nach zwei Tagen nur an einigen Stellen blassblau waren. Der Grund davon liegt nicht etwa darin, dass das Jod sich nicht schneller in der Chlorzinklösung verbreiten kann; denn der eiweissartige Zelleninhalt lagert dasselbe bald mit gelber Farbe ein. Eine ähnliche langsame und

rücksichtlich der Zeit, sowie der Intensität ungleiche Färbung beobachtet man sonst immer dann, wenn die bläuende Verbindung (Jodwasserstoffsäure vergl. z. B. Nr. 15) sich erst bilden muss. Es wäre daher möglich, dass bei Anwendung von Chlorzink nicht diese Verbindung selbst die Einlagerung des Jod mit blauer Farbe bedingte, sondern dass sich Jodwasserstoffsäure und vielleicht auch Jodzink bildete. Die Auflockerung, und die damit verbundene Aenderung in der Molecularbeschaffenheit, welche das Chlorzink an den Membranen bewirkt, möchte indess immerhin dazu dienen, dass die Jodverbindungen leichter, d. h. schon bei geringerer Menge ihre Wirksamkeit äusserten.

Noch wahrscheinlicher ist es, dass Schwefelsäure und Phosphorsäure nicht selber es sind, welche die Blaufärbung durch Jod veranlassen, sondern dass unter ihrer Mitwirkung sich erst Jodwasserstoffsäure bildet, entweder durch Zersetzung von Alkohol, wenn Jodtinctur angewendet wird, oder durch Zersetzung irgend einer organischen Verbindung. Auch hier spricht die Ungleichheit der Erscheinungen dafür. Wenn Jod bei Anwesenheit von Schwefelsäure die Baumwolle blau färbte, so wäre es unbegreiflich, warum die Bläuung bei Anwendung von frischer Jodtinctur sogleich eintritt, bei Anwendung von metallischem Jod aber Tage lang auf sich warten lässt. Die Verschiedenheit erklärt sich aber leicht, wenn die Bildung von Jodwasserstoffsäure der Jodreaction vorausgehen muss.

Es sind dies weiter nichts als Vermuthungen. Für die Theorie der Wirkungsweise des Jod wäre es wohl der Mühe werth, wenn ein Chemiker durch Versuche die Frage zur Entscheidung brächte, welche chemische Verbindungen anwesend sein müssen, um die Einlagerung des Jod mit blauer Farbe in die Zellmembranen zu veranlassen.

Eine andere Frage, die sich darbietet, ist die, ob die assistirenden Mittel schon durch ihre Anwesenheit das Jod



mit blauer Farbe den Membranen einzulagern vermögen, oder ob ausserdem in den letztern eine chemische oder physikalische Veränderung bewirkt werde, welche nothwendige Bedingung der Blaufärbung ist. Wie es scheint verhalten sich in dieser Beziehung die verschiedenen Zellen ungleich. Für die Membranen, welche sich sehr leicht blau färben, kann nicht bestimmt werden, ob dazu eine chemische oder physikalische Veränderung erforderlich ist. Für die anderen dagegen lässt sich dies nachweisen.

Wenn nämlich die blaugefärbten Membranen vollständig ausgewaschen werden, so verhalten sie sich gegenüber den assistirenden Medien in Verbindung mit Jod anders als unveränderte Membranen. Sie färben sich nicht nur rascher, sondern nehmen auch ziemlich unmittelbar wieder die blaue Farbe an, während die unveränderten Membranen z. B. zuerst gelb und braun werden. Ich verweise auf die Versuche mit Baumwolle (Nr. 92), mit Blattparenchym von Agave (Nr. 127) und mit Rindenparenchym von Sambucus (Nr. 137); dieselben müssen natürlich so angestellt werden, dass man die ausgewaschenen Membranen mit unveränderten auf dem Objectträger in den nämlichen Tropfen Flüssigkeit legt und die beiden Reactionen mit einander vergleicht.

---

Ich habe in dem Vorstehenden nur die allgemeinen Folgerungen gezogen, welche für alle Membranen oder doch für die grosse Mehrzahl derselben gelten. Die mitgetheilten Beobachtungen veranlassen noch zu verschiedenen Bemerkungen über Jodreactionen. Sie betreffen aber Erscheinungen, die nicht allen Membranen zukommen, und durch die verschiedene chemische Zusammensetzung derselben bedingt werden. Ich werde bei einer anderen Gelegenheit darauf zurückkommen.

---