

Perzeption der Tiefenlage wirksamen Reiz). Bis dahin sind die vorn stellenweise gezogenen Schlüsse als vorläufige Arbeitshypothesen anzusehen, deren Revision nicht ausgeschlossen ist.

Kiel, den 17. November 1920

15. Karl Borsch: Phykoerythrin in Cyanophyceen.

(Mit 4 Abbildungen im Text.)

(Eingegangen am 4. Dezember 1920. Vorgetragen in der Januarsitzung.)

Meine nunmehr abgeschlossenen Untersuchungen über die wasserlöslichen Farbstoffe einer größeren Zahl von Cyanophyceen werden a. a. O. veröffentlicht werden. Hier sollen nur die Befunde an *Phormidium Retzii* (Ag.) Gom. var. *nigro-violacea* Wille n. v., von welcher diese Untersuchungen ihren Ausgangspunkt genommen haben, mitgeteilt werden. Es ist jene Alge, deren Färbung vom Eisengehalt des Nährsubstrates abhängt¹⁾. Um Raum zu sparen, sei von der Besprechung der bisherigen Literatur Abstand genommen, was in der ausführlichen Publikation nachgetragen werden soll. Erwähnt sei nur, daß bisher, von vereinzelt Angaben abgesehen, der in Wasser lösliche Farbstoff der Blaualgen als Phykokocyan bezeichnet und in mehreren Modifikationen beschrieben wurde, das ausgedehnte Vorkommen von Phykoerythrin in Cyanophyceen aber bis heute unbekannt war.

Die olivgrün oder olivbraun, auch sepiabraun gefärbten Rasen des in Kölbchenkulturen gezüchteten und nur mit Bakterien verunreinigten *Phormidium Retzii* wurden bei ca. 45° C getrocknet, mit Quarzsand verrieben und mit wenig Wasser (10 ccm pro 0.1 g Trockensubstanz des vor der Pulverisierung gewogenen Rasens) unter Toluolzusatz bei Zimmertemperatur extrahiert. Man erhält so intensiv blauviolett oder rotviolett gefärbte Lösungen, welche in venetianischerer bis rotbrauner Farbe, manchmal aber fast rein karminrot, sehr lebhaft fluoreszieren. Im Vergleichsspektroskop von Zeiß zeigen diese Lösungen zwei starke Absorptionsbänder, das eine im Rot zwischen den FRAUENHOFER'schen Linien C und D, das andere im Grün zwischen D und E. Gewöhnlich war das letzere Band stärker als das im Rot; ich erhielt aber

1) Diese Berichte, 38 (1920), 286 und Zeitsch. f. Bot. 13 (1921).

auch Extrakte, wo dieses Verhältnis ein umgekehrtes war. Die rein subjektive Beobachtung der Absorptionsverhältnisse solcher Lösungen im Vergleichsspektroskop reichte zwar für die erste Orientierung aus, wurde aber, als sich die Notwendigkeit einer kurvenmäßigen Darstellung derselben ergab, verlassen und durch exakte Messungen mit Hilfe eines KÖNIG-MARTENSschen Spektralphotometers der Fa. SCHMIDT und HAENSCH ersetzt. Es bietet außerdem den großen Vorteil, daß zur Füllung der mit einem SCHULZEschen Glaskörper versehenen Küvette nur sehr wenig

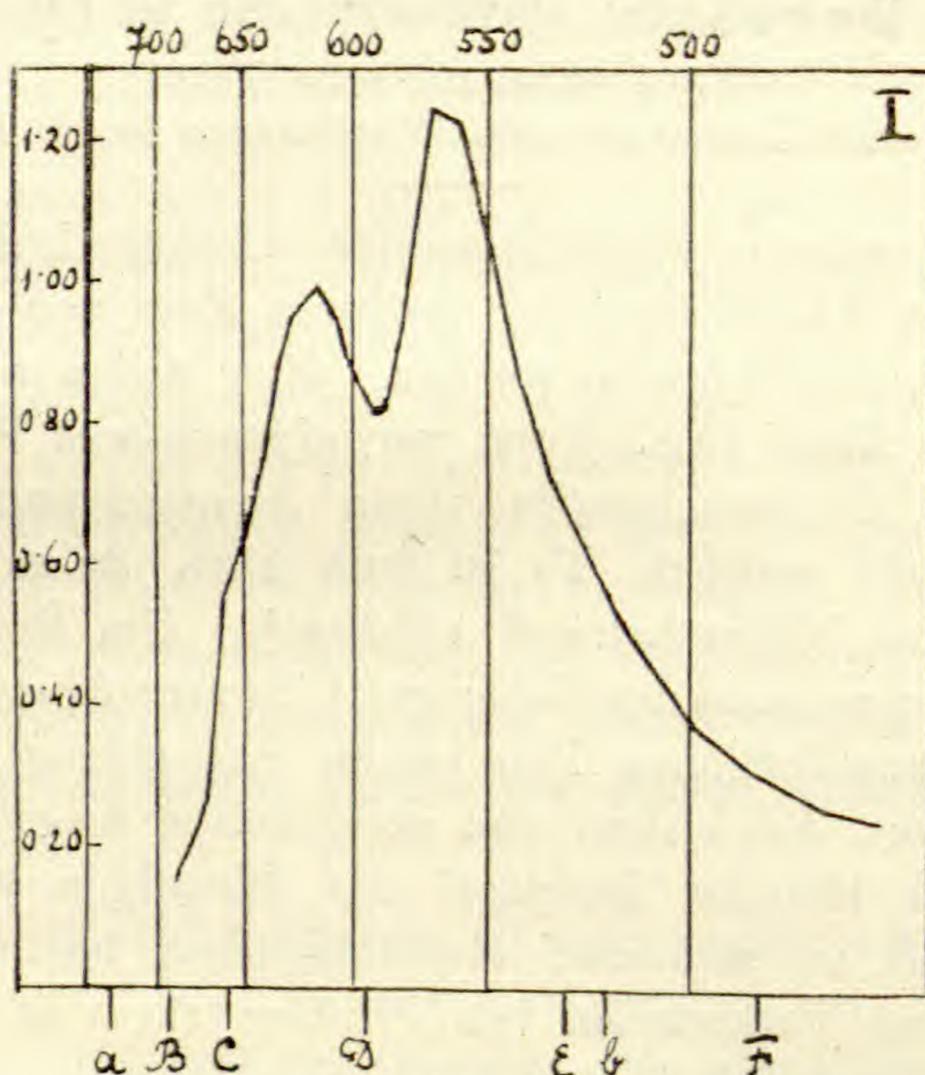


Abb. 1.

Lösung gebraucht wird. Die Messungen wurden bei möglichst engem Bilateralspalt und ebensolchem Okularspalt im Dunkelzimmer vorgenommen, als Lichtquelle diente eine Bogenlampe.

Der Raumersparnis wegen muß die Mitteilung der den Absorptionskurven zugrundeliegenden Messungen unterbleiben. Erwähnt sei nur, daß in der Kurve I 26, in Kurve II 25, in III 21 und in IV 20 Punkte durch Messung ermittelt wurden. In allen Kurvenbildern ist auf der Abszisse die Wellenlängenskala eines Prismenspektrums aufgetragen, die Ordinaten sind die für die einzelnen Wellenlängenbezirke ermittelten relativen Absorptionskoeffizienten.

Die obenstehende Kurve I zeigt die Absorption eines intensiv blauviolett gefärbten und braunrot fluoreszierenden, vom Algen-

rückstand abfiltrierten Wasserextraktes. Es entstammt einer schwärzlich-olivgrünen, in Nährlösung gewachsenen Kultur des genannten *Phormidium*s. Die Kurve zeigt einen etwa bei der FRAUNHOFERSchen Linie C einsetzenden steilen Anstieg der Extinktion zu einem Maximum im Rot bei λ 614.5, dann fällt sie bis zu einem dicht bei D liegenden Minimum ab, um sich nochmals zu einem stärkern Maximum nahe an λ 550 zu erheben; von

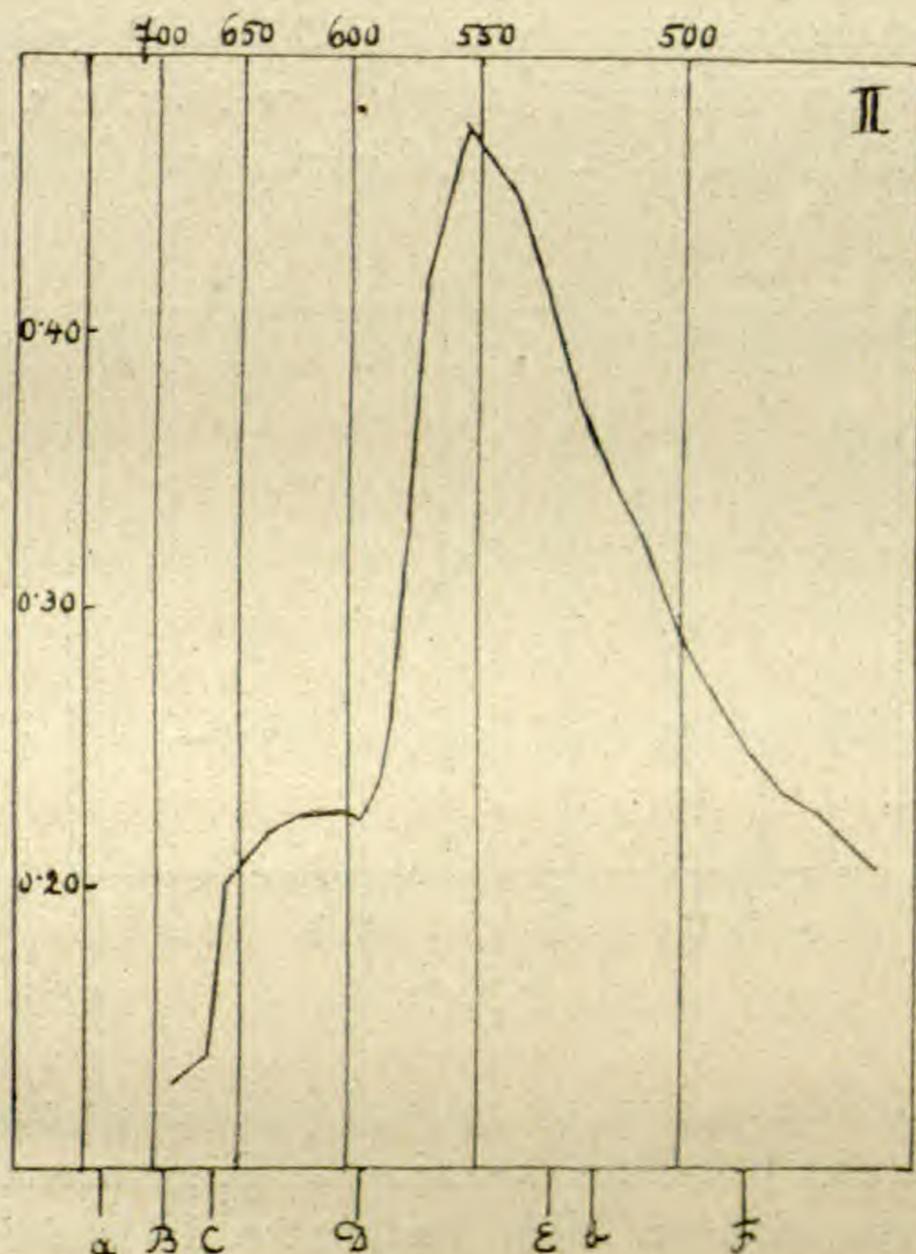


Abb. 2.

diesem zweiten Maximum im Grün fällt die bis hinter F ins Blau verfolgte Kurve gleichmäßig ab.

Der auf dem Filter verbliebene Algenrückstand, welcher das eben beschriebene blauviolette Filtrat geliefert hatte, wurde nun nochmals durch 12 Stunden mit wenig Wasser ausgelaugt, es ging abermals Farbstoff in Lösung; dieses zweite Extrakt aber war bläulichrosa gefärbt und besaß eine ausgesprochen orangefarbene, sehr auffällige Fluoreszenz. Nach dem Filtrieren wurde es gleichfalls spektrophotometriert.

Die Kurve dieses zweiten Extraktes (II) ist gekennzeichnet durch die starke Absorption im Grün mit dem Maximum nahe an λ 550, welches sich mit dem zweiten Maximum des ersten Extraktes

deckt; das im Rot gelegene Maximum dieses ersten Extraktes (Kurve I) findet sich hier nur mehr in Form eines kleinen, zwischen C und D gelegenen Höckers; das Minimum bei D ist dementsprechend fast verschwunden. Hingegen ist der Abfall der Absorption von λ 550 im Grün bis Blau über F hinaus auch bei dieser Kurve ein gleichmäßiger.

Dieser Befund macht es schon sehr wahrscheinlich, daß das *Phormidium Retzii* außer einem blauen Farbstoff, dem Phykocyan, dessen Maximum bekanntlich zwischen C und D gelegen ist, auch noch einen zweiten Farbstoff enthält, welcher sein stärkstes Extinktionsvermögen zwischen D und E entwickelt. Derselbe scheint

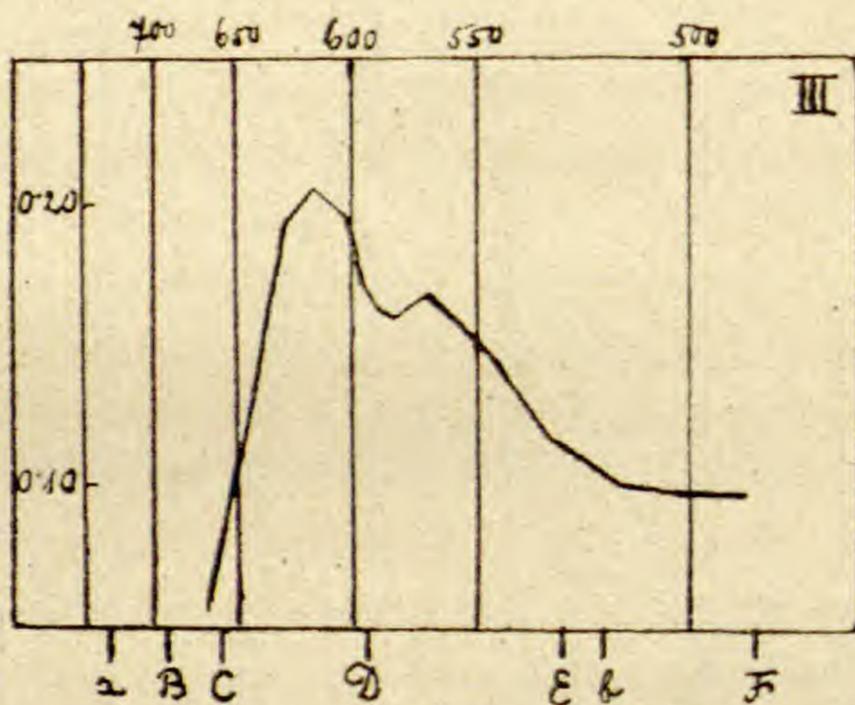


Abb. 3.

schwerer extrahierbar zu sein, ist rot und fluoresziert orange, während das Phykocyan die bekannte karminrote Fluoreszenzfarbe besitzt.

Der Beweis, daß in dem genannten *Phormidium* ein roter wasserlöslicher Farbstoff dem blauen Phykocyan beigemischt ist, wurde durch die gelungene Trennung der beiden Komponenten erbracht. Um die in Wasser löslichen Pigmente möglichst rein darzustellen, wurde das Extrakt aus dieser Alge wiederholt mit Ammoniumsulfat umgefällt und die wiederaufgelöste Fällung jedesmal zwischenher filtriert. Dabei fiel es mir auf, daß die durchlaufende, anfänglich rotviolette, und rotbraun fluoreszierende Lösung immer blauer und ihre Fluoreszenzfarbe immer röter wurde, bis schließlich nach der sechsten Umfällung ein wenn auch schwach gefärbtes, doch deutlich rein blaues und lebhaft karminrot fluoreszierendes Filtrat resultierte. Die Papierfilter färbten sich jedesmal rosarot an, die Papierfasern selbst zeigten im Mikroskop rote Tinktion. Um den gleichen Effekt zu erzielen, genügt es, das ursprüngliche Extrakt wiederholt durch ein und dasselbe Filter zu

filtrieren, die Umfällung mit Ammonsulfat ist hierfür belanglos. Offenbar wird also die rote Komponente des Extraktes durch das Filter allmählich zurückgehalten, jedenfalls stärker als die blaue, obwohl auch diese, nach der geringen Intensität der schließlichen Lösung zu urteilen, eine starke Verminderung erfahren hat. Die resultierende hellblaue Lösung mit karminroter Fluoreszenz ergab spektrophotometriert eine Absorptionskurve (III) mit einem ausgeprägten, zwischen C und D gelegenen Maximum, und ist somit

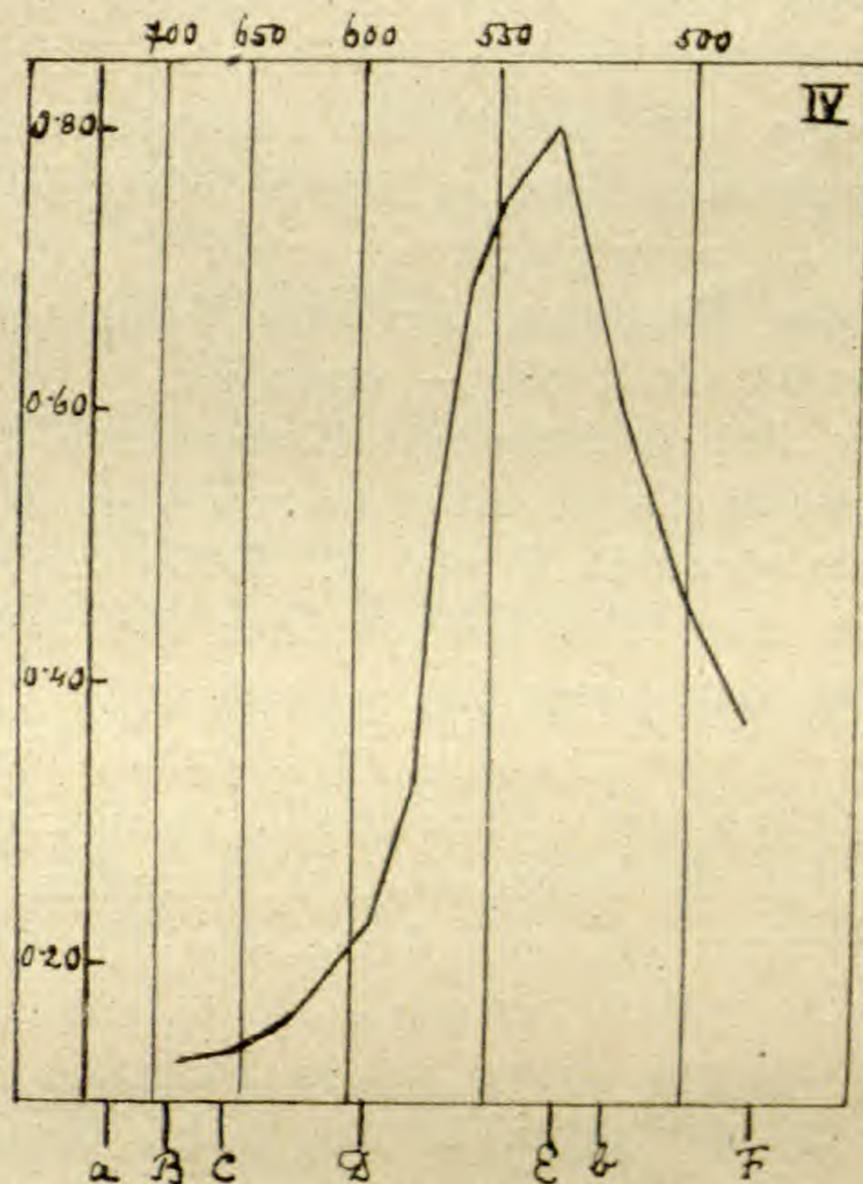


Abb. 4.

als Phykokyanlösung zu bezeichnen; das zweite, der roten, vom Filtrierpapier zurückgehaltenen Komponente angehörige Maximum im Grün zwischen D und E ist nurmehr als eine kleine Zacke zu erkennen.

Bei diesen Trennungsversuchen wirkt das Filtrierpapier als Adsorbens, der rote Farbstoff wird von demselben stärker adsorbiert als das Phykokyan. Dies zeigen auch die folgenden kapillaranalytischen Versuche. Bringt man einen Tropfen eines konzentrierten *Phormidium*extraktes auf Filtrierpapier, so zeigt er bei seiner Ausbreitung eine rasche Sonderung in eine rein blaue Peripherie und ein rötliches Zentrum. Hängt man einen Filtrierpapierstreifen in eine solche Lösung, so bildet sich zu oberst in der aufsteigenden Flüssigkeit ein rein blauer Saum aus. Nach diesen Beobachtungen

könnte man dem Phykokocyan gegenüber dem roten Farbstoff eine größere Elektronegativität zusprechen.

Dieses Verhalten der beiden Farbstoffe beobachtete ich besonders schön an einem ziemlich dichten Filter, durch welches das Extrakt nur sehr langsam filtrierte. Es bildete sich ein intensiv rot gefärbter Streifen über dem Niveau der Flüssigkeit im Filter aus, überlagert von einem schmalen, rein blauen Streifen. Der rote Streifen wurde ausgeschnitten, der adsorbierte rote Farbstoff in sehr wenig Wasser gelöst. Die Lösung war intensiv rosa gefärbt, hatte fast dieselbe Nuance wie eine Lösung von Rose bengale und zeigte eine prachtvolle orangefarbene Fluoreszenz. Die spektrophotometrische Messung lieferte die abgebildete Kurve IV, welcher das Phykokocyanmaximum zwischen C und D vollständig fehlt und nur das Maximum der roten Komponente — diesmal liegt er etwas rechts von λ 550 — eigen ist.

Die solcher Art isolierte rote Komponente besitzt also in Lösung eine rosarote Farbe, fluoresziert orange und hat ein Absorptionsmaximum zwischen D und E. Diese drei Momente, verbunden mit dem auch sonst gleichartigen chemischen Verhalten, erheischen es, daß man dieses rote wasserlösliche Pigment unseres *Phormidium* als Phykoerythrin bezeichnet. Von dem Phykoerythrin der Rhodophyceen unterscheidet es sich aber durch sein Absorptionsspektrum mit einem einzigen Maximum, während jenes bekanntlich 3 Maxima hat, von denen das dritte nahe an F für das Florideenphykoerythrin besonders charakteristisch ist.

Mit dem Nachweis dieser beiden Farbstoffe im *Phormidium Retzii* sind die Schwankungen in der Farbe, besonders aber der Fluoreszenzfarbe der Wasserextrakte derselben erklärt. Mischt man Phykokocyan mit Phykoerythrin, so erhält man je nach dem Mengenverhältnis der beiden Farbstoffe all die Tönungen, welche verschiedene Extrakte aufweisen, und die Fluoreszenzfarbe geht mit steigendem Zusatz des Phykoerythrins von Karminrot über Bräunlichrot, Rotbraun, Bräunlichorange in reines Orange über.

Mit der Feststellung, daß die wasserlöslichen Farbstoffe der Cyanophyceen nicht einheitlich sein brauchen, war der Schlüssel zu einer methodischen Untersuchung dieser Pigmente in anderen Arten gegeben. Nach diesen anderwärts zu veröffentlichenden Untersuchungen tritt das hier in *Phormidium Retzii* aufgefundene Phykoerythrin recht verbreitet in Blaualgen auf.

Prag, im November 1920.

Pflanzenphysiologisches Institut der deutschen Universität.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft](#)

Jahr/Year: 1921

Band/Volume: [39](#)

Autor(en)/Author(s): Boresch Karl

Artikel/Article: [Phykoerythrin in Cyanophyceen. 93-98](#)