

66. N. Gaidukov: Weitere Untersuchungen über den Einfluss farbigen Lichtes auf die Färbung der Oscillarien.

Mit einer Tafel XXVI.

Eingegangen am 28. Oktober 1903.

In vorliegender Abhandlung teile ich einige weitere Resultate meiner Untersuchungen über den Einfluss farbigen Lichts auf die Färbung der Oscillarien mit. Meine früheren,¹⁾ an ursprünglich violetten Exemplaren von *O. sancta* angestellten Versuche hatten gelehrt, dass bei dieser Art die Farbe der lebenden Zellen unter dem Einflusse farbigen Lichts sich allmählich ändert und zwar im allgemeinen in dem Sinne, „dass das Absorptionsvermögen des Chromophylls für die in der einwirkenden Strahlung dominierenden Wellenlängen zunimmt und für die relativ geschwächten abnimmt. Es wurde dieses Gesetz nach dem Vorschlag von Prof. ENGELMANN als das der komplementären chromatischen Adaptation bezeichnet. Es spricht sich in vielen Fällen (für nicht Farbenblinde) ohne weiteres anschaulich darin aus, dass die ursprüngliche Farbe mehr und mehr komplementär zu der des einwirkenden Lichts wird. So veranlasste die Einwirkung von

rotem	Licht	das	Entstehen	grünlicher	Färbung
gelbbraunem	„	„	„	blaugrüner	„
grünem	„	„	„	rötlicher	„
blauem	„	„	„	braungelber	„

Da, wo die blosse Beobachtung mit unbewaffnetem Auge nicht genügt, um die Änderung der relativen Absorption sicher zu beurteilen, gibt der Anblick des Absorptionsspektrums meist genügenden Aufschluss. In allen Fällen aber liefert — auch für Farbenblinde — die spektrophotometrische Messung sichere Auskunft, indem sie für

1) N. GAIDUKOV. Über den Einfluss farbigen Lichts auf die Färbung lebender Oscillarien. Anhg. zur Abh. der Königl. Preussischen Akademie der Wissenschaften vom Jahre 1902. Sitzungsber. der Königl. Preuss. Akademie vom 31. Juli 1902. Vergl. auch Th. W. ENGELMANN, Über experimentelle Erzeugung zweckmässiger Änderungen der Färbung pflanzlicher Chromophylle durch farbiges Licht. Bericht über Versuche von Dr. N. GAIDUKOV, Archiv für Anatomie und Physiologie. Physiolog. Abteilung 1902, S. 333 — Über die Vererbung künstlich erzeugter Farbenänderungen bei Oscillarien. Nach Versuchen von N. GAIDUKOV, Verh. physiolog. Gesellschaft. Berlin 1902, 03.

jede Wellenlänge den relativen Betrag der Absorption zahlenmässig festzustellen gestattet“.

„Es unterscheidet sich der von uns nachgewiesene Vorgang prinzipiell von allen bisher bekannten Wirkungen farbigen Lichtes auf körperliche Farben dadurch, dass bei den letzteren die Farbe des beleuchteten — leblosen oder lebendigen — Körpers zu der des einwirkenden Lichts nicht mehr oder weniger komplementär, sondern vielmehr ähnlicher oder gleich wird. Hier handelt es sich also um einen entgegengesetzt gerichteten Vorgang, den man als chromatische Assimilation¹⁾ bezeichnen könnte.“

„An die zahlreichen bei lebenden Organismen vorkommenden Fälle von Farbenänderung durch farbiges Licht schliesst sich aber unser Vorgang der komplementären chromatischen Adaptation doch insofern an, als in beiden die Farbenänderung nicht einfach auf einer direkten mechanischen (im weitesten Sinne) Wirkung des Lichts auf die farbige Substanz beruht, sondern der Vermittelung lebendigen Zellplasmas, also eines physiologischen Processes, bedarf. Weder in toten Zellen, noch in der Lösung tritt eine komplementäre Farbenveränderung der Chromophylle unserer *Oscillaria* ein.“

Versuche mit *O. caldariorum*.

Schon in der vorigen Abhandlung wurde kurz angedeutet, dass die Versuche mit der ursprünglich blaugrünen *O. caldariorum* Hauck f. *viridis* mihi ähnliche Resultate ergaben wie die mit der ursprünglich violetten *O. sancta* Kütz. f. *violacea* mihi, insofern auch die Farbenveränderung von *O. caldariorum* dem Gesetz der komplementären chromatischen Adaptation folgte. Mit Folgendem sollen nähere Belege für diese Tatsachen gegeben werden.²⁾ Die spektrophotometrischen Bestimmungen wurden in der a. a. O.³⁾ beschriebenen Weise mit denselben Vorrichtungen wie die früheren ausgeführt.

Die Färbung von *O. caldariorum*⁴⁾ war blaugrün resp. spangrün, bei einigen Zellen mehr blau, bei anderen mehr grün. Im Spektrum der mehr grünen Zellen⁵⁾ war das Helligkeitsminimum bei λ 675

1) Die Erscheinungen der komplementären chromatischen Adaptation in der Natur, vergl. NADSON, Die perforierenden (kalkbohrenden) Algen und ihre Bedeutung in der Natur, Scripta botanica horti Univers. Petropolit. fasc. XVIII, 1900, S. 15, 37. O. ZACHARIAS, Zur Kenntnis der niederen Flora und Fauna holsteinischer Moorsümpfe, Forschungsber. Biolog. Station Plön, X, 1903, S. 275.

2) Siehe auch: N. GAIDUKOV, Über den Einfluss farbigen Lichts auf die Färbung der Oscillarien. Scripta bot. horti Univers. Petropol. fasc. XXII, 1903.

3) Siehe GAIDUKOV, Abhandl. Akad. Wiss. I. c. S. 8—13.

4) Näheres über *O. caldariorum* und über die Methodik der Untersuchung siehe GAIDUKOV, Abh. Akad. Wiss. S. 6—8.

5) Siehe Kurve 10.

(Chlorophyllband), im Spektrum der mehr blauen¹⁾ das bei λ 625 (Phycocyanband) das dunkelste. Es waren diese Spektren ähnlich denen der im gelben Lichte gezogenen spangrünen Zellen der *O. sancta*.²⁾

Die Versuche mit *O. caldariorum* wurden in derselben Zeit (März—Oktober 1902) und unter denselben Bedingungen wie mit *O. sancta* angestellt. In dem karminroten und anilinvioletten Lichte, unter den braungelben Petrischalen behielt *O. caldariorum* die ursprüngliche Färbung, und, wie in der vorigen Abhandlung gesagt wurde, wuchs sie dort stärker als *O. sancta*. Unter den blauen Schalen wuchs *O. caldariorum* sehr schlecht, während *O. sancta* immer siegte, und noch schlechter im Kupferoxydammoniaklichte, wo erstere bald zu grunde ging.

Sehr auffallend waren die Resultate bei den Kulturen der *O. caldariorum* im grünen Lichte (Kupferchloridlösung). Wie ich schon früher mitgeteilt habe, wurde im Juni 1902 *O. caldariorum* in Petrischalen auf Agar-Agar übertragen aus Tellerkulturen (Erde mit Leitungswasser), in denen *O. sancta* fast ganz fehlte, erstere aber sehr stark entwickelt war. In den Agar-Agarkulturen entwickelte sich im Laufe eines Monats *O. sancta*, die violett und braun war, ebenso stark, wie *O. caldariorum*. Einige Fäden der letzteren blieben spangrün, doch die anderen fingen an sich zuerst graugrün,³⁾ dann hellviolett,⁴⁾ violett⁵⁾ und schliesslich braun⁶⁾ zu färben. Solche Kulturen wurden Anfang August aus dem Lichtfilter entfernt und in gewöhnliches, weisses Licht gestellt. Monatelang (bis Dezember 1902) wuchsen diese Kulturen ganz gut, und die beiden Formen entwickelten sich reichlich, die typischen spangrünen (*O. caldariorum*) und violetten (*O. sancta*), sowie die graugrünen, hellvioletten, violetten und braunen Zellen. Die Spektren und die spektrophotometrischen Kurven dieser Zellen der *O. caldariorum* waren ähnlich den ähnlich gefärbten Zellen der *O. sancta*.⁷⁾

Die im vorhergehenden verzeichneten Tatsachen lehren somit, dass auch bei *O. caldariorum* die Farbenveränderung von der Farbe des einwirkenden Lichts abhängt und zwar im allgemeinen, in dem Sinne des Gesetzes der komplementären chromatischen Adaptation. Im karmin, anilinviolett und in gelbbraunem Lichte siegte *O. cal-*

1) Siehe Kurve 9.

2) Siehe GAIDUKOV, l. c. p. Fig. VIII.

3) Siehe Kurve 12.

4) Siehe Kurve 13.

5) Siehe Kurve 14.

6) Siehe Kurve 15. *

7) Siehe l. c. F. I—VIII.

dariorum über *O. sancta* und behielt ihr ursprüngliches blaigrünes Chromophyll, weil hinter den genannten Lichtfiltern die roten und orangen Strahlen,¹⁾ welche dies Chromophyll am stärksten absorbiert, relativ sehr intensiv sind. Das grüne (CuCl₂) Licht,²⁾ welches rot und orange sehr stark absorbiert, grün und blau aber sehr schwach, veranlasste dagegen das Entstehen braungelben Farbstoffs, welcher die roten und orangen Strahlen am schwächsten und die grünen und blauen am stärksten absorbiert. Diese Versuche bestätigten auch unser früher Gesagtes³⁾, „dass die unter Einfluss farbigen Lichts einmal künstlich erzeugte neue Färbung und Farbstoffherzeugung sich auch nach Rückversetzung der Fäden in weisses Licht monatelang erhalten kann.“

Der Gang der Farbenveränderung war, wie schon erwähnt, folgender: Die spangrünen Zellen wurden zuerst blau, hellspangrün bis graugrün, manchmal fast grau gefärbt, dann gräulich oder weisslich violett, intensiv violett und schliesslich braun und gelbbraun. Dieser Gang der Farbenveränderung ist ganz ähnlich dem der ursprünglich violetten Zellen der *O. sancta*, welche im roten und gelben Lichte wachsen. Doch verläuft im letzten Falle der Gang der Farbenänderung in der umgekehrten Richtung, weil hier das violette Chromophyll sich in blaigrünes usw. verändert, um die roten und orangen Strahlen stärker zu absorbieren; während im anderen Falle blaigrünes Chromophyll sich in violette und schliesslich in braunes verwandelt, welches die grünen und blauen Strahlen besser zu absorbieren vermag. Die Umwandlung des violetten Chromophylls in braunes ist dasselbe, wie bei *O. caldariorum* in den Kulturen in blauem und grünem Lichte. Den Gang der Farbenveränderung stellt folgende Tabelle dar:

<i>O. sancta.</i>	{ im roten und gelb- braunen Lichte. { im weissen Lichte. { im grünen und blauen Lichte.	↑	Himmelblau.	{ im weissen Lichte. { im grünen Lichte.	<i>O. caldariorum.</i>
			Blaugrün und span- grün.		
			Hellblaugrün und hellspangrün.		
			Graugrün und grau. Weisslich - gräulich und hellviolett.		
		↓	Violett bis braun- violett.		
		↓	Braun, gelbbraun. Orange und rötlich.		

1) Siehe l. c. Fig. V—VIII.

2) Siehe l. c. Fig. IV.

3) Siehe l. c. S. 31.

Wenn man nun auch sehr wenig Brauchbares weiss über die chemische Natur der Chromophylle und über die physiologischen und chemischen Bedingungen ihres Auf- und Abbaues, so weist doch der optisch ähnliche Gang der Veränderung der Färbungen bei den beiden genannten Oscillarienarten auf sehr nahe Verwandtschaft ihrer Chromophylle.

Die Tatsache, dass im grünen Lichte *O. sancta* über *O. caldariorum* siegte, kann man dadurch erklären, dass die erstere ihre violette Färbung nur in gelbbraun usw. zu verändern brauchte, während die letztere ihre spangrüne Färbung zwar auch in braun änderte, aber nicht direkt wie *O. sancta*, sondern auf einem Umwege über graugrün, hellviolett und violett. Hinter blauen Schalen wuchs *O. caldariorum* fast garnicht, weil genannte Beleuchtung¹⁾ für sie zu ungünstig war. Im Kupferoxydammoniaklichte, wo fast nur die blauen und die violetten Wellenlängen durchgelassen werden,²⁾ sahen wir beide Formen zugrunde gehen. Es ist sehr wichtig, dass in diesem Lichte nur die Diatomaceen, welche die blauen und violetten Strahlen sehr stark absorbieren, sehr gut wuchsen.

Über den Einfluss farbigen Lichte auf tote Zellen und auf Lösungen der Chromophyllfarbstoffe.

Zur Untersuchung des Einflusses farbigen Lichte auf die Färbung toter Oscillarien wurden die Fäden der *O. sancta* und *O. caldariorum* bei gewöhnlicher Temperatur auf einem Objektträger eingetrocknet, in Kanadabalsam eingeschlossen, mit einem Deckglas bedeckt und hinter den genannten Lichtfilter gestellt. Nach einem etwa dreimonatlichem Aufenthalte (Juli bis Oktober 1902) hinter den genannten Lichtfiltern war die Färbung beider Oscillarien, d. h. violette und blaugrüne, unverändert geblieben.

Die Versuche über die Einwirkung farbigen Lichte auf isolierte Farbstoffe von *O. sancta* wurden folgenderweise angestellt. Ein violettes stark entwickeltes Lager der *O. sancta* wurde in eine Flasche mit thymolisiertem destilliertem Wasser übertragen und mit einem Glasstab zerquetscht. Nach ca. 24 Stunden war der Wasserauszug intensiv rötlich violett gefärbt mit starker orangegelber Fluoreszenz. Dieser Wasserauszug wurde filtriert, mit Hilfe einer GÄRTNER'schen Zentrifuge gereinigt und in kleine Reagenzgläschen gefüllt. Die Pfropfen der letzteren wurden mit Paraffin verkittet und hinter die Lichtfilter gestellt. Nach ca. dreimonatlichem Aufenthalte (Juli bis Oktober 1902) war die Lösung, welche im weissen Lichte stand, schmutzigbraun,

1) Siehe l. c. Fig. 3.

2) Siehe l. c. Tabelle III.

im gelbbraunen Lichte (Petrischalen) schwach graubraun, fast ganz farblos, im blauen war dagegen die ursprüngliche Färbung mehr oder weniger erhalten und die Fluoreszenz sehr geschwächt¹⁾.

Die Resultate dieser Versuche waren ganz entgegengesetzt. In keinem Falle fand eine komplementäre Farbenveränderung statt. Diese Versuche bestätigen also, dass der Vorgang der komplementären chromatischen Adaptation ein physiologischer Prozess ist und der Vermittelung lebendigen Zellplasmas bedarf.

Zum Schlusse ist es mir eine sehr angenehme Pflicht, Herrn Geheimrat Prof. Dr. TH. W. ENGELMANN für die gütige Anregung zu obigen Versuchen und für die Unterstützung durch Rat und Tat meinen ergebensten und herzlichsten Dank auszusprechen.

In der Besprechung²⁾ der betr. Abhandlungen bemerkt Herr Prof. OLTMANN: „Ich glaube indess vorläufig nicht, dass die helle, oft strohgelbe Färbung, welche die Florideen annehmen können, die gleichen Ursachen (d. h. komplementäre chromatische Adaptation) haben.“ — Ich nehme aber an, dass auch bei den Versuchen von OLTMANN die Ursache der Farbenveränderung die komplementäre chromatische Adaptation war.

Nur³⁾ im grünen und blauen Lichte und in grösseren Tiefen sind die Florideen typisch rot gefärbt. Auf der Oberfläche des Meeres, im weissen und gelben Lichte sind sie blasser und haben mehr braune Färbung, d. h. im letzteren Falle sind sie nicht wie die roten Algen gefärbt, die in grösseren Tiefen wachsen und nur die dort existierenden grünen Strahlen absorbieren, sondern wie die braunen Algen, welche die roten Strahlen stark absorbieren,⁴⁾ und in nicht so grossen Tiefen wachsen. Anscheinend hält OLTMANN zwei verschiedene Erscheinungen für eine: die Veränderung und das Verblassen der Färbung. Bei starker Beleuchtung können die Florideen verblassen, ohne ihre rote Färbung in die gelbe oder braune zu verwandeln; doch kann das Verblassen auch bei der Farbenveränderung entstehen, als ein Stadium der letzten Erscheinung.

1) Diese Beobachtung stimmt mit der früher von ROSANOFF (Physiologische Beobachtungen etc., 1867, S. 28) gemachten überein, dass die Phycoerithrinlösung im gelben Lichte sich schneller entfärbt als im blauen.

2) Botanische Zeitung, 1903, II, S. 226.

3) Vergl. OLTMANN, Über die Kulturen und Lebensbedingungen der Meeresalgen, PRINGSHEIM's Jahrbücher, 23, 1892.

4) Vergl. ENGELMANN, Untersuchungen über die quantitativen Beziehungen zwischen Absorption des Lichtes und Assimilation in Pflanzenzellen. Botanische Zeitung, 1884, Nr. 6 und 7.

Meine Versuche haben gezeigt, dass bei der Umwandlung des violetten Chromophylls in das blaugrüne einerseits, und des blaugrünen ins braune andererseits, mehrere sehr blasse Zwischenfärbungen entstehen.¹⁾

Aus dem früher Gesagten geht auch hervor, dass die Farbenveränderung ungefähr durch die ganze Leiter der Spektralfarben geht. Deshalb scheint es mir leicht möglich, dass die braunen und gelben Färbungen, welche OLTMANN'S bemerkte, eben diese Zwischenfärbungen waren. BERTHOLD²⁾ beobachtete sogar, dass einige auf der Oberfläche wachsende Florideen nicht nur bräunlich oder schwärzlich sondern auch grünlichgrau gefärbt wurden. Der letztere Fall scheint, unserer Ansicht nach, schon die richtige komplementäre chromatische Adaptation zu sein. Auch die fast gleiche Wirkung des hellen, weissen Lichtes und des gelben Lichtfilters kann man mit Hilfe unseres Gesetzes ganz gut erklären: im genannten Lichtfilter, sowie auch im weissen Lichte sind die wenig brechbaren Strahlen die intensivsten.

Die BERTHOLD-OLTMANN'S'sche³⁾ Theorie lehrt, dass das helle, weisse Licht für den roten Farbstoff der Florideen schädlich ist und dass darum die letzteren nur in grösseren Tiefen wachsen. Aus diesem Grunde steht die genannte Theorie im Widerspruch mit der Tatsache, dass die typisch florideenrot gefärbten Algen (z. B. *Porphyridium cruentum*⁴⁾) auf der Oberfläche vorkommen. Dieses Vorkommen aber ist mit Hilfe der ENGELMANN'Schen Theorie und des Gesetzes der komplementären chromatischen Adaptation ganz gut zu erklären. Diese Algen besitzen den roten Farbstoff, weil sie denselben ererbt haben, und behalten ihn, weil in dem weissen Lichte, wo sie wachsen, auch die Strahlen, welche der rote Farbstoff absorbiert, ganz intensiv sind⁵⁾.

1) Vergl. GAIDUKOV, Abhandl. Akad. Wissensch., S. 21.

2) Vergl. BERTHOLD, Über die Verteilung der Algen im Golf von Neapel, 3, 1882.

3) Vergl. BERTHOLD, Beiträge zur Morphologie und Physiologie der Meeresalgen, PRINGSHEIM'S Jahrbücher, 13, 1882, OLTMANN'S l. c.

4) Vergl. GAIDUKOV, Zur Morphologie und Physiologie der Alge *Porphyridium cruentum*, Arbeiten St. Petersburg. Naturf.-Ges., 30, I, 1899.

5) Vergl. Z. B. LANGLEY, On Energy and Vision, Philos. Magaz. 27, 1889, S. 3.

Tabelle I.

Spektrophotometrische Messungen der von verschiedenfarbigen Zellen von *Oscillaria calliariorum* durchgelassenen Lichtmengen (in Prozenten des auffallenden Lichts).

$\lambda =$	9 i =	10 i =	11 i =	12 i =
720—700	78,0	78,2	78,0	79,6
700—690	54,9	59,1	57,4	61,3
690—680	48,0	37,8	41,6	35,5
680—670	43,1	33,3	38,7	33,9
670—660	48,9	42,7	42,1	38,2
660—650	50,0	56,2	51,1	55,5
650—640	45,2	56,2	50,6	54,6
640—630	39,9	42,5	40,8	54,5
630—620	33,0	40,8	36,1	53,9
620—615	43,0	48,7	45,5	57,7
615—605	39,9	47,4	44,3	57,1
605—590	60,0	61,9	60,9	60,6
590—580	60,2	62,5	61,5	61,5
580—570	56,6	59,8	57,4	56,4
570—560	62,1	61,9	62,0	62,8
560—550	65,7	64,1	64,8	63,2
550—540	69,8	67,9	68,2	63,3
540—530	73,1	71,2	72,3	79,8
530—520	74,7	72,8	73,6	73,0
520—510	70,9	66,0	69,5	69,5
510—500	68,2	60,9	65,5	64,5
500—490	58,2	56,0	57,2	58,0
490—480	60,9	58,1	59,5	58,6
480—470	61,8	58,8	59,9	59,0
470—460	56,2	55,0	55,8	57,5
460—450	45,0	40,4	42,0	43,1
450—440	42,8	33,8	37,5	35,7
440—430	32,3	30,9	31,2	32,0
430—420	32,1	30,2	31,0	32,9

Die Zahlen sind die Mittelwerte aus je fünf Messungen.

Erklärung der Tabellen und der Figuren.

Spektrophotometrische Kurven der *Oscillaria calliariorum*.

Tabelle I, Taf. XXVI, Fig. 9. Der normalen himmelblauen Zellen.

„ I, „ XXVI, „ 10. Der normalen spangrünen Zellen.

„ I, „ XXVI, „ 11. Mittel von Messungen an vier verschiedenen normalen Fäden.

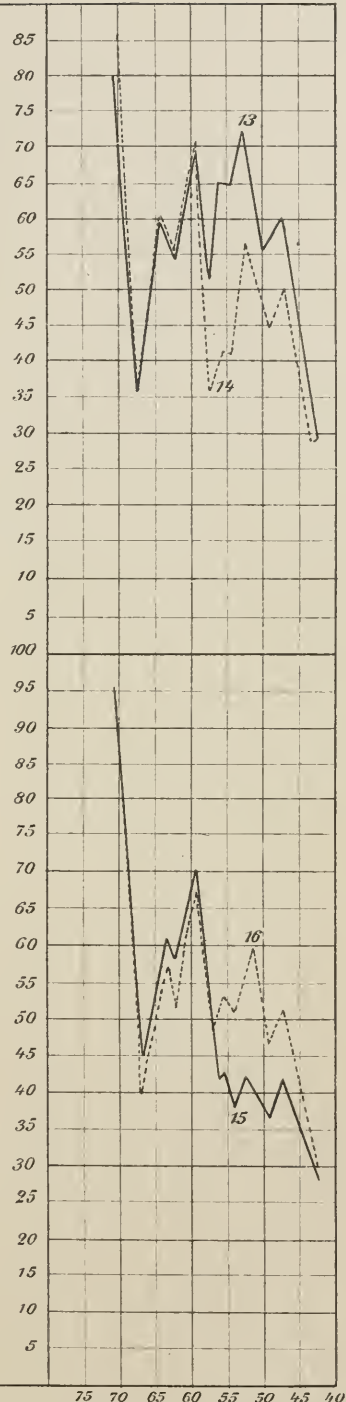
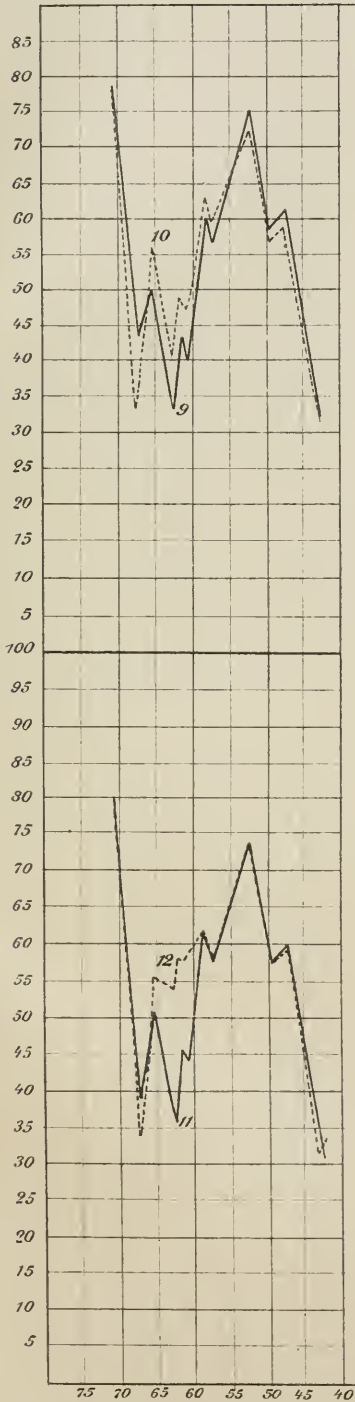
Tabelle II.

Spektrophotometrische Messungen der von verschiedenfarbigen Zellen von *Oscillaria caldarium* durchgelassenen Lichtmengen.

$\lambda =$	13 i =	14 i =	15 i =	16 i =
720 - 700	79,8	85,5	95,0	83,6
700 - 690	65,5	64,1	75,0	65,4
690 - 680	44,3	44,9	49,9	43,9
680 - 670	36,0	37,1	45,0	39,8
670 - 660	44,9	45,0	50,1	45,7
660 - 650	55,2	55,2	57,4	53,5
600 - 640	59,5	60,8	60,2	57,0
640 - 630	52,9	56,9	60,8	53,2
630 - 620	54,0	55,8	58,9	51,6
620 - 610	59,0	59,5	65,7	57,5
610 - 600	60,2	65,7	67,5	60,8
600 - 590	67,9	70,8	70,3	67,0
590 - 580	65,5	60,3	60,0	61,1
580 - 570	51,8	36,0	45,9	48,0
570 - 560	57,6	40,7	42,6	50,7
560 - 555	65,1	41,3	43,1	51,7
555 - 540	64,7	40,9	37,8	50,9
540 - 530	69,5	51,4	40,3	56,9
530 - 520	72,1	56,3	42,2	59,3
520 - 510	69,6	54,5	41,2	57,5
510 - 500	57,5	49,6	38,9	52,3
500 - 490	55,2	44,6	36,2	46,6
490 - 480	57,9	49,1	41,5	50,5
480 - 470	60,9	49,8	41,3	51,1
470 - 460	54,0	44,7	39,3	49,4
460 - 450	49,6	30,2	35,2	41,0
450 - 440	35,1	29,0	29,9	33,5
440 - 430	30,0	28,8	29,0	30,0
430 - 420	29,0	29,1	28,0	30,0

Die Zahlen sind die Mittelwerte aus je fünf Messungen.

Tabelle I, Taf. XXVI, Fig. 12. Der graugrünen Zellen aus CaCl_2 -Lichtkulturen.
 „ II, „ XXVI, „ 13. Der hellvioletten Zellen aus denselben Kulturen.
 „ II, „ XXVI, „ 14. Der violetten Zellen aus denselben Kulturen.
 „ II, „ XXVI, „ 15. Der braunen Zellen aus denselben Kulturen.
 „ II, „ XXVI, „ 16. Mittel von Messungen an fünf verschieden gefärbten Fäden aus denselben Kulturen.



ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

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

Jahr/Year: 1903

Band/Volume: [21](#)

Autor(en)/Author(s): Gaidukov N.

Artikel/Article: [Weitere Untersuchungen über den Einfluss farbigen Lichtes auf die Färbung der Oscillarien. 484-492](#)