

#### 4. N. Gaidukov: Zur Farbenanalyse der Algen.

Mit Tafel III.

Eingegangen am 7. Januar 1904.

Die Lichtabsorption der lebenden Algen wurde mit Hilfe des ENGELMANN'schen Mikrophotometers untersucht<sup>1)</sup>. Bei der grünen *Cladophora fracta* Kütz. und der blaugrünen *Oscillaria (Lyngbya) aerugineo-coerulea* Kütz. wurden die Zellen der Fäden, bei dem roten *Ceramium* sp. die Zellen eines rindenlosen Zweiges direkt untersucht. Bei der gelbbraunen *Dictyota dichotoma* Lamx., die nach AD. HANSEN<sup>2)</sup> roten Farbstoff enthält, wurden die mit Nadeln isolierten Zellenkomplexe untersucht. An dem braunen *Fucus serratus* L. und dem violetten *Chondrus crispus* Stackh. wurden dünne Querschnitte gemacht und die Zellen der Assimilationsgewebe untersucht. Von Professor MARSSON erhielt ich ein Canadabalsam-Präparat der *Cryptoglena coerulescens* Ehrb. Die kleinen, schön blauen Chromatophoren dieses interessanten und seltenen Organismus konnte ich nur qualitativ untersuchen. Die Resultate genannter Untersuchungen stellen die Tabellen I und II dar. (Vergl. S. 24 und 25.)

Wenn die ähnlichen Spektren auch ganz verschiedene Farbstoffe haben können, so war doch die Ähnlichkeit unserer Spektren so gross, dass man die Helligkeitsminima mit denselben Ziffern bezeichnen konnte<sup>3)</sup>. Der Unterschied bestand meistens nur im Vorhandensein oder Verschwinden des 5 (7) genannten Helligkeitsminimum. Nur das Spektrum der grünen Zellen wich etwas mehr von den anderen ab. Es ist auch sehr wichtig, dass in diesen Spektren die stärksten und die am charakteristischsten Helligkeitsminima, die sich in den komplementären Strahlen der Farbe des Chlorophylls befinden, aus zwei Absorptionsbändern bestehen. Nur bei den braunen Chromo-

1) Die Methodik der Beobachtungen. Vergl. TH. W. ENGELMANN, Die Farben bunter Laubblätter. Bot. Zeit. 1887, Nr. 29. — GAIDUKOV, Über den Einfluss farbigen Lichts auf die Färbung der Oscillarien. Abhandl. der Preuss. Akad. der Wiss. 1902, S. 8. Scripta botanica Horti Petropolitani, 1903, fasc. XXII, S. 162. —

Die spektrometrischen Untersuchungen der Algen. Vergl. TH. W. ENGELMANN, Untersuchungen über die quantitativen Beziehungen usw. Bot. Zeit. 1884, Nr. 6 und 7. — J. REINKE, Photometrische Untersuchungen usw. Ebenda 1886, Nr. 9 bis 14.

2) Über Stoffbildung bei den Meeresalgen. Mitt. Zool. Station Neapel, 11, 1893, S. 299.

3) Vergl. PRINGSHEIM, Untersuchungen über Chlorophyll. Monatsber. der Berl. Akad., Dez. 1875.



**Tabelle I.**  
**Qualitative Untersuchung.**

Helligkeitsminima	I.	Ia.	II.	IIa.	III.	IIIa.	IV.	V.
	bei $\lambda$	bei $\lambda$	bei $\lambda$	bei $\lambda$	bei $\lambda$	bei $\lambda$	bei $\lambda$	ab $\lambda$
<i>Cladophora fracta</i> . . . . . (Kurve 17.)	675	650	625	—	585	515 Spuren	485	460
<i>Oscillaria aerugineo-coerulea</i> (Kurve 18.)	675	—	625	610	575	—	495	460
<i>Cryptoglena coerulescens</i> .	675	—	625	610	575	545	Spuren	460
<i>Chondrus crispus</i> . . . . . (Kurve 19.)	675	—	625	—	575	545	495	460
<i>Ceramium</i> sp. . . . . (Kurve 20.)	675	—	—	—	565	545	495	460
<i>Dictyota dichotoma</i> . . . . . (Kurve 21.)	675	645	—	—	—	545	495	460
<i>Fucus serratus</i> . . . . . (Kurve 22.)	675	645	—	—	—	—	495	460

phyllen merkt man keine doppelten Streifen; doch existieren auch bei diesen Algen in starker Absorption der roten Strahlen zwei starke Helligkeitsminima. Diese doppelten, sowie auch alle anderen Absorptionsbänder wurden auch quantitativ nachgewiesen. Das Helligkeitsminimum I entspricht mehr oder weniger dem Chlorophyllband, Ia dem Protochlorophyllband<sup>1)</sup>, II und IIa dem Phycocyanband, III und IIIa dem Phycoerythrinband, V der Endabsorption des Plasmas, des Chlorophylls und des Phycophaeins, IV dem Phycoxanthinband und dem Bande, das HANSEN<sup>2)</sup> bei dem braunen *Fucus*-Farbstoffe beobachtete.

Von NaOH werden die Zellen der roten (*Ceramium*, *Porphyra*) und der violetten (*Oscillaria sancta*, *Chondrus*) Algen blau, blaugrün und graugrün<sup>3)</sup>; dagegen nahm die braune *Dictyota dichotoma* nach der Behandlung mit HCl blaugrüne Färbung an<sup>4)</sup>. Die Spektren dieser blaugrün usw. gewordenen Zellen der genannten Algen waren denen der ursprünglich blaugrünen und grünen ähnlich. *Chondrus crispus* wurde auch im kochenden Wasser blaugrün<sup>5)</sup>. Von HCl

1) Siehe MONTEVERDE, Protochlorophyll und Chlorophyll. Bull. Jard. Bot. de St. Pétersb., 1, 1902.

2) Das Chlorophyllgrün der Fucaceen. Arbeiten des Bot. Inst. Würzburg, 3, Nr. 11, 1885. — Siehe auch GAIDUKOV, Über den braunen Algenfarbstoff. Diese Berichte, 1903, Bd. XXI, Heft 10.

3) Vergl. NÄGELI, Gattungen einzelliger Algen. 1849, S. 5. — NÄGELI und SCHWENDENER, Das Mikroskop. 1877, S. 496.

4) Vergl. NOLL, Die Farbstoffe der Chromatophoren von *Bangia*. Arbeiten des Bot. Inst. Würzburg, 3, S. 491. — HANSEN, Mitt. der Zool. Stat. Neapel, 1. c.

5) Vergl. NÄGELI, 1. c.



Tabelle II.

$\lambda =$	17 i =	18 i =	19 i =	20 i =	21 i =	22 i =
720-700	71,0	78,0	86,6	85,2	86,9	87,0
700-690	45,0	57,5	63,1	60,0	58,5	57,9
690-680	22,2	39,7	45,2	41,3	36,8	27,7
680-670	19,1	37,4	41,2	40,0	34,8	26,0
670-660	23,1	49,0	52,2	42,6	40,3	34,0
660-655	43,2	—	—	—	—	—
660-650	—	49,5	54,1	51,1	46,2	36,2
655-645	37,9	—	—	—	—	—
650-640	—	49,2	59,1	63,0	46,0	33,5
645-640	43,7	—	—	—	—	—
640-630	44,0	36,1	52,0	70,2	44,4	33,2
630-620	42,5	33,9	49,4	70,2	62,4	58,0
620-615	—	46,0	—	—	—	—
620-610	51,9	—	67,2	70,1	67,2	62,6
615-605	—	45,2	—	—	—	—
610-600	52,5	—	67,8	65,5	68,6	65,7
605-590	—	52,5	—	—	—	—
600-590	53,4	—	72,8	60,0	69,4	66,8
590-580	50,2	59,2	54,4	46,5	68,4	66,5
580-570	55,1	56,7	29,1	29,8	62,0	62,5
570-560	60,0	58,8	30,1	25,4	53,8	59,6
560-555	—	—	45,8	30,6	—	—
560-550	61,2	59,5	—	—	46,0	52,3
555-540	—	—	44,0	29,3	—	—
550-540	59,1	73,1	—	—	39,1	47,5
540-530	59,6	74,0	58,7	40,5	42,3	45,1
530-520	54,5	75,7	60,7	44,5	41,4	43,1
520-510	51,9	74,0	56,3	44,3	35,4	30,4
510-500	38,9	68,6	45,4	33,1	34,5	23,7
500-490	31,0	62,1	40,7	30,2	33,0	23,1
490-480	26,7	62,7	45,8	31,2	34,4	24,3
480-470	27,8	63,1	46,2	33,3	33,2	23,0
470-460	28,7	62,1	46,1	30,3	31,3	22,1
460-450	19,7	41,6	36,3	29,4	25,1	28,1
450-440	17,0	33,6	35,0	24,1	20,2	14,1
440-430	15,5	32,5	31,2	22,0	19,0	11,5
430-420	15,0	32,5	29,0	22,0	18,2	9,4



Tabelle III.

$\lambda =$	23 i =	24 i =	25 i =	26 i =	27 i =	28 i =
720—700	} 100,0	} 100,0	} 65,8	} 66,8	80,0	70,3
700—690					63,9	49,8
690—680	} 81,8	} 100,0	} 65,8	} 66,8	48,3	48,6
680—670					43,0	47,2
670—660	76,2	95,0	} 52,0	} 50,6	44,8	42,6
660—650	64,2	92,0			50,8	33,1
650—640	60,3	90,8	} 45,0	} 50,6	57,9	32,0
640—630	42,1	87,1			69,9	40,7
630—620	39,0	84,2	} 40,5	} 35,9	69,9	41,8
620—610	40,1	81,2			69,4	42,8
610—600	41,1	80,3	} 39,5	} 35,9	68,4	46,0
600—590	42,8	73,5			66,1	40,9
590—580	40,3	66,2	} 35,2	} 31,4	61,7	49,6
580—570	36,5	28,9			48,3	62,4
570—560	37,7	27,0	} 27,5	} 20,6	32,1	64,9
560—555	40,2	35,8			34,6	68,0
555—540	39,8	30,9	} 26,0	} 20,6	34,2	69,3
540—530	45,4	35,5			44,0	69,1
530—520	50,9	41,5	23,9	} 15,0	50,0	68,2
520—510	56,2	40,8	14,6		46,0	50,1
510—500	60,5	40,2	12,6	15,0	44,8	49,0
500—490	70,6	38,3	11,2	11,5	35,1	44,2
490—480	75,6	53,0	11,7	15,7	37,4	44,3
480—470	81,8	58,0	12,8	16,0	39,8	41,9
470—460	85,9	65,8	11,3	13,0	36,1	37,1
460—450	100,0	71,9	7,1	8,6	35,1	32,6
450—440	—	76,1	6,0	} 5,7	31,7	27,0
440—430	—	78,9	} 5,0		30,9	25,3
430—420	—	79,0		29,8	24,9	

wurden die von NaOH blaugrün gewordenen Zellen der *Oscillaria sancta* zuerst wieder violett und dann schön florideenrot gefärbt. Die Spektren (Kurve 27) der letzteren sind denen der roten Algen ganz ähnlich. Die Zellen der ursprünglich blaugrünen Algen färbten sich durch NaOH orange oder braungelb<sup>1)</sup>; in ihren Spektren bleiben nur die Helligkeitsminima I, IV und V.

Die roten, gelb fluoreszierenden Wasserauszüge von *Ceramium*

1) Vergl. KÜTZING, *Phycologia generalis*. 1843, S. 17. — HANSEN, l. c.



und *Porphyra* verändern ihre Farbe ebenfalls<sup>1)</sup>. Bei dem ersteren entsteht durch NaOH ein malachitgrüner Niederschlag; die letztere wird zuerst schön meerblaugrün mit auffallend starker roter Fluoreszenz des blauen Phycocyan, dann grün und sodann ganz schnell braungelb ohne Fluoreszenz. Niederschlag bildet sich nicht. ROSANOFF<sup>2)</sup> und SCHÜTT<sup>3)</sup> behaupten, dass das Phycoerythrin durch Einwirkung von Alkalien farblos wird; das letztere geschieht jedoch nur dann, wenn die Auszüge alt und verdorben sind. Der violette, gelb fluoreszierende Auszug von *Oscillaria sancta* wird durch Alkalien und Ba(OH)<sub>2</sub> zuerst blaugrün mit schöner roter Fluoreszenz und ähnelt, wie auch der ebenso behandelte *Porphyra*-Auszug, der blauen Phycocyanlösung; sodann wird er grün und schmutzig stahlgrau und verliert die Fluoreszenz. Nach dem Kochen wird dieser violette Auszug schmutzig stahlgrau mit schmutzig gelber Fluoreszenz, die später einen violetten Ton annimmt.

Im Spektrum der roten Kristalloide (Kurve 24), die ich nach der Methode von MOLISCH aus den Wasserauszügen von *Ceramium* und *Porphyra* bekam, sind die Helligkeitsminima III, IIIa und IV vorhanden. Neben den roten und farblosen Kristalloiden habe ich in dem trockenen Rückstande der *Porphyra*-Auszüge auch braune Teilchen bemerkt. Die Spektren der letzteren (Kurve 26) waren den ebenso gefärbten Teilchen aus *Fucus serratus* (Kurve 27) ganz ähnlich. Nach der Ausdampfung des frischen Wasserauszuges der *Oscillaria sancta* habe ich eine rotviolette Masse und einzelne blauviolette Kristalle bekommen, die denen des Phycocyan und Phycoerythrin ähnlich waren. Im Spektrum dieser Kristalle (Kurve 23) waren die Helligkeitsminima II, III und IIIa vorhanden.

Von den starken NaOH werden die roten Kristalloide des Phycoerythrins erst violett, dann blau, blaugrün, grün und zuweilen (*Porphyra*) braungelb gefärbt. Im Spektrum der blaugrünen Kristalloide (Kurve 28) sind die Absorptionsbänder zwischen Linie C und  $\lambda$  630 (das stärkste) und Linie D und  $\lambda$  580 und die Endabsorption vorhanden; das Spektrum der braungelben Kristalloide hat, ebenso wie das Spektrum des braunen Phycochroms, nur die Endabsorption und das Absorptionsband zwischen den Linien b und F. Diese Farbenveränderung tritt aber nur bei den frischen Kristalloiden auf, nicht bei den alten, die eine violette Nuance haben. Vom starken NaOH wird der trockene Rückstand der *Oscillaria sancta* erst violettblau, dann blau, blaugrün, malachitgrün und schliesslich stahlgrau. Das Spektrum der genannten malachitgrünen Teilchen ist

1) Morphologische und physiologische Untersuchungen usw. (russisch), 1867, S. 25

2) Über das Phycoerythrin. Diese Berichte IV, 1888, S. 305.

3) Das Phycoerythrin. Bot. Zeit. 1894, S. 177.



dem der blaugrün gewordenen Kristalloide des roten Phycochroms ähnlich; es hat jedoch auch noch ein Absorptionsband zwischen den Linien *B* und *C*. Deshalb ist dieses Spektrum dem des Chlorophylls noch ähnlicher.

Die genaue spektrophotometrische Untersuchung der genannten Farbenveränderungen ist sehr schwer, da die Färbungen zu inkonstant sind. Aus dem Gesagten geht jedoch hervor, dass die Phycochrome und die Chlorophylle der Algen durch Einwirkung von Säuren und Alkalien ihre Farbe allmählich, und zwar der Farbenskala gemäss, verändern<sup>1)</sup> und einander optisch und farbenanalytisch ähnlich werden. Ob diese optischen Modifikationen den chemischen entsprechen, weiss man nicht, da die chemische Natur dieser Farbstoffe unbekannt ist. Die genannte optische Umwandlung stellt folgende Tabelle dar:

Braun und Gelb.

↑  
Alkalien  
+

+

Säuren

↓

Grün und Blau.

↑  
Alkalien  
+

Violett.

↑  
Alkalien  
+

+

Säuren

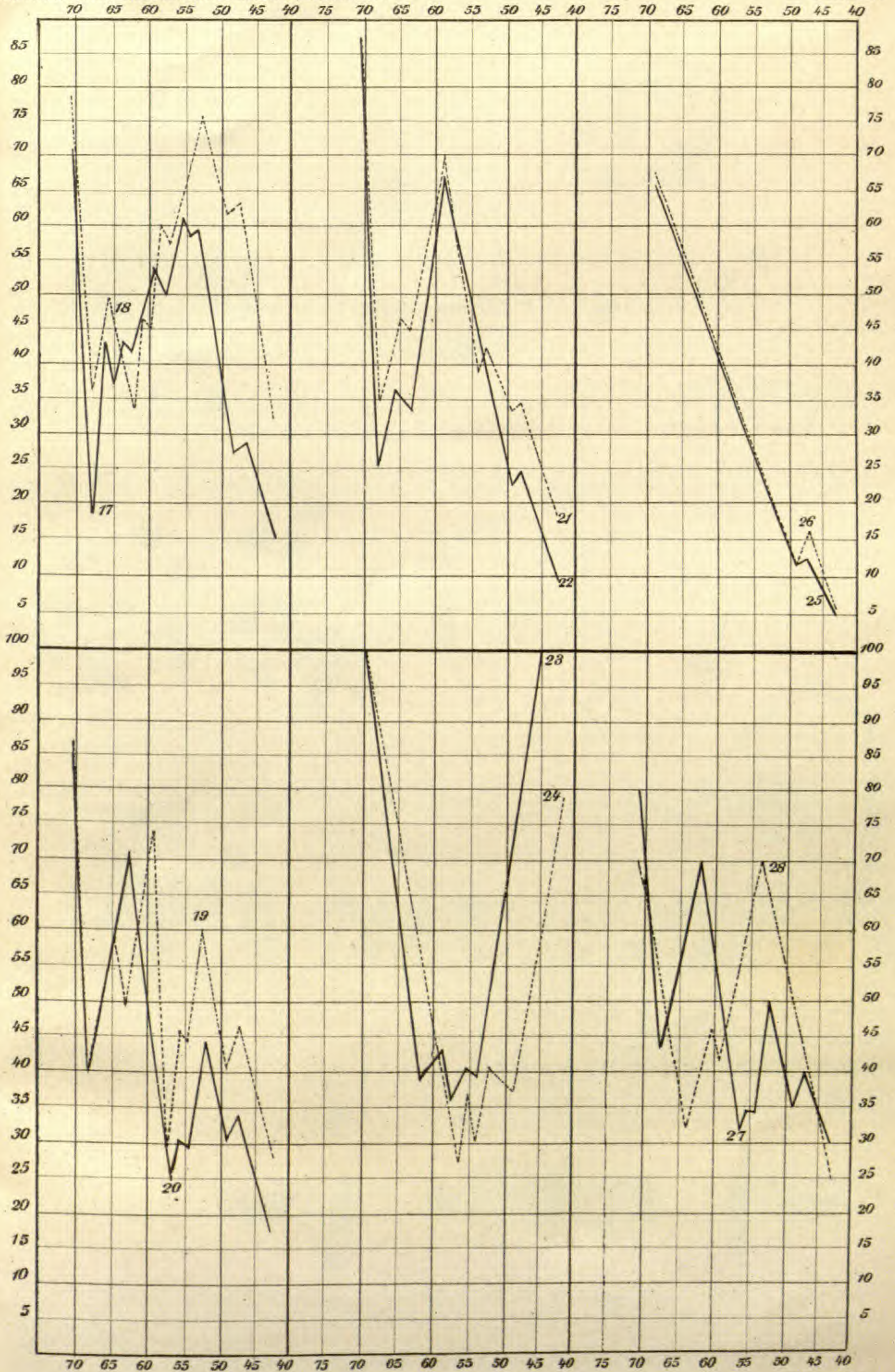
↓

Rot.

Diese Arbeit wurde im Physiologischen Institut der Berliner Universität ausgeführt, und es ist mir eine sehr angenehme Pflicht,

1) Vergl. NÄGELI, l. c.







# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

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

Jahr/Year: 1904

Band/Volume: [22](#)

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

Artikel/Article: [Zur Farbenanalyse der Algen 23-29](#)