Th. W. Engelmann:

I. Ueber Bacteriopurpurin und seine physiologische Bedeutung.

II. Ueber Blutfarbstoff als Mittel zur Untersuchung des Gaswechsels chromophyllhaltiger Pflanzen im Licht und Dunkel.

I. Ueber Bacteriopurpurin und seine physiologische Bedeutung.

In der Sitzung der k. Akademie der Wiss. zu Amsterdam vom 25. März 1882 habe ich ein rothes, bewegliches Bacterium beschrieben, das sich durch ein scharfes Unterscheidungsvermögen für Differenzen der Intensität und Wellenlänge des Lichts auszeichnete und deshalb *Bact. photometricum* genannt ward ¹⁾. Verschiedene That- sachen wiesen schon damals darauf hin, dass das Licht nur durch Vermittlung des rothen Farbstoffs die Bewegungen beeinflusse. Mangel an Material verhinderte jedoch nähere Prüfung dieser Vermuthung. Seit vergangenem Sommer verfüge ich nun über grosse Mengen von *Bact. photometricum*, auch erhielt ich durch die Güte der Herren E. Warming in Kopenhagen, S. Winogradsky in Strass- burg, W. Zopf in Halle Süss- und Seewasserproben mit zahl- reichen anderen rothen lebenden Schizomyceten, wodurch es mir möglich wurde, einige wichtige Lücken meiner früheren Unter- suchung auszufüllen. Von den neuen Resultaten wünsche ich hier die wichtigsten mitzutheilen.

Die untersuchten Formen sind grössentheils bekannt und beschrieben als *Bacterium photometricum*, *roseo-persicinum*, *rubescens*, *sulfuratum*, *Clathrocystis roseo-persicina*, *Monas Okeni*, *vinosa*, *Warmingii*, *Ophidomonas sanguinea*, *Rhabdomonas rosea*, *Spirillum violaceum*. Ob sie zu einer oder zu verschiedenen Arten gehören, will ich unentschieden lassen. Alle gehören zu den unlängst durch Winogradsky (botan. Zeitg. 1887. Nr. 31—37) genauer untersuchten „Schwefelbakterien“. Sie füllen sich nach Winogradsky's, von mir bestätigten Versuchen bei Anwesen- heit freien Schwefelwasserstoffs mit Schwefelkörnchen und oxy-

1) Ausführliches hierüber s. Pflüger's Archiv Bd. XXX. 1883. S. 95.

diren diesen Schwefel zu Schwefelsäure. Alle sind durch einen im Protoplasma diffus vertheilten purpurähnlich rothen Farbstoff (Bacteriopurpurin, Ray Lancaster) gefärbt.

Alle nun verhalten sich, wie ich neuerdings fand, gegen Licht in der Hauptsache so, wie früher von mir für *Bact. photometricum* beschrieben ward. Der eigenthümliche Einfluss des Lichts ist nicht gebunden an die An- oder Abwesenheit von Schwefel oder Schwefelwasserstoff, sondern an die Gegenwart des Bacteriopurpurins. Ich schlage deshalb vor, diese Formen als „Purpurbakterien“ von den farbstofffreien, auf Licht nicht reagirenden Schwefelbakterien zu unterscheiden. Von letzteren verglich ich hauptsächlich *Beggiatoa alba* und *mirabilis*.

Der Einfluss des Lichts äussert sich auf vielerlei Weise. Am meisten auffällig auf Schnelligkeit, Dauer und Richtung der freien Ortsbewegungen. Alle Formen zeigen z. B. die charakteristische „Schreckbewegung“ beim Uebergang von Licht in Dunkel, und häufen sich demzufolge bei localer Beleuchtung des Tropfens im Lichte an. Diese Anhäufungen können fixirt werden. In der Sitzung der Akad. d. Wiss. vom 24. Dec. 1887 zeigte ich einige solcher „Bacteriogramme“ von der Form eines B, W und Z.

Die absolute Empfindlichkeit für Licht hängt von vielerlei Umständen ab (Art, Individuum, Sauerstoffspannung, Schwefelbez. Schwefelwasserstoffgehalt u. s. w.), worüber Näheres a. a. O. von mir mitgetheilt ward.

Im Spectrum von Sonnen-, Gas- oder electrischem Glühlicht häufen sich alle namentlich im Ultraroth auf, zwischen etwa λ 0.80 und 0.90 μ , weiter im Gelb bei 0.59, auch wohl im Grün zwischen 0.52 und 0.55. Aeusserst schwach wirkt das sichtbare Roth, nicht merklich das äussere Ultraroth (etwa jenseits λ 1,0 μ) und das Ultraviolett. Auch diese Ansammlungen können fixirt werden und zeigen dann das Bild des Absorptionsspectrum von Bacteriopurpurin mit seinen charakteristischen dunklen Bändern. In der Sitzung vom 24. Dec. 1887 zeigte ich ein derartiges mittels *Bact. photometricum* erhaltenes „Bacteriospectrogramm“.

Bei gleicher Energie wirken die Lichtstrahlen desto stärker auf die Bewegungen, je mehr sie vom Bacteriopurpurin absorbiert werden. Ich habe durch freundliche Vermittlung von Herrn W. H. Julius im physikalischen Institut zu Utrecht die Absorption im ultrarothern Theil mittels Langley's Bolometer untersucht und die früher nur vermuthete, äusserst starke Absorption der ultrarothern Strahlen zwischen etwa 0.80 und 0.90 μ Wellenlänge

gefunden. Als Beispiel des Verlaufs der Absorption diene die folgende Tabelle, in welcher die Stärke (i) des Lichts, welches durch eine sehr homogene etwa $0.005\ \mu$ dicke von unzähligen Individuen von *Bact. photometricum* gebildete Zoogloeamembran durchgelassen wurde, in Procenten des auffallenden Lichtes angegeben ist. Die Stellen, wo Absorptionsmaxima liegen, sind durch fette Schrift bezeichnet. Die Absorption im sichtbaren Theil des Spectrums wurde mittels des Mikrospectralphotometers gemessen.

λ	i	λ	i	λ	i	λ	i
1.60	94.4	0.70	69.0	0.58	28.0	0.51	9.5
1.40	94.8	0.68	75.0	0.57	28.5	0.50	9.0
1.00	78.3	0.66	80.0	0.56	28.0	0.48	9.5
0.95	69.5	0.64	84.0	0.55	18.0	0.46	12.0
0.90	44.2	0.62	77.0	0.54	11.0	0.44	17.5
0.85	29.1	0.60	40.0	0.53	9.5	0.42	21.5
0.80	30.0	0.59	27.0	0.52	10.5		

Die evidente Proportionalität zwischen Absorption und physiologischem Effect wies auf einen der Kohlenstoffassimilation durch Chromophyll analogen chemischen Process als primäre Lichtwirkung. Was mir früher mit ungenügendem Material nicht gelang, glückte jetzt: der Nachweis, dass die Purpurbakterien im Licht Sauerstoff ausscheiden. Dieser Nachweis wurde auf verschiedenen Wegen geliefert, u. a. durch Benutzung sehr empfindlicher, d. h. auf sehr niedrige Sauerstoffspannung abgestimmter Spirillen, Bakterien und Infusorien, und auch der Purpurbakterien selber als Reagentien auf freien Sauerstoff. Die wichtigsten Versuchsanordnungen wurden a. a. O. näher von mir beschrieben. Verschiedene Controlversuche bewiesen, dass der im Licht ausgeschiedene Stoff wirklich Sauerstoff war. Dies zu betonen erscheint wichtig mit Rücksicht auf die besonders durch Pfeffer näher bekannt gewordene Thatsache, dass Bakterien, Infusorien u. dgl. eventuell auch durch andere Stoffe als Sauerstoff angelockt werden können, ein Umstand der — wie unlängst bekanntlich geschah — zu dem bedenklichen Schlusse verleiten könnte, dass grüne Zellen gelegentlich auch im Dunkeln, sowie dass auch farblose Zellen Sauerstoff auszuscheiden vermögen. Ich habe bisher keinen hierher gehörigen Fall kennen gelernt, der eine strengere experimentelle Kritik ausgehalten hätte. Auch farbstofffreie Schwefelbakterien entwickelten unter keinen Umständen freien Sauerstoff.

Es ergab sich ferner bei Culturversuchen im Grossen wie im Kleinen, dass Entwicklung, Wachsthum, Vermehrung der Purpurschizomyceten auf die Dauer nur im Lichte mög-

lich sind, ebenfalls im Gegensatz zu farblosen Schwefelbakterien.

Ueberhaupt ist die Sauerstoffausscheidung absolut gebunden an die Gegenwart des Bacteriopurpurin im lebendigen Protoplasma. Sie steht jedoch wie beim Chlorophyll, in keinem einfachen Verhältniss zur Sättigung des Plasma mit dem Farbstoff. In jedem einzelnen Falle ist sie aber, soweit sich feststellen lässt, für die verschiedenen Wellenlängen der absorbirten Energie des Lichts proportional. Ultraroth (Gas- oder Sonnenlicht, durch Jod in Schwefelkohlenstoff aller sichtbaren Strahlen beraubt, oder reines spectrales Ultraroth zwischen etwa 0.80 und 0.90 μ Wellenlänge) wirkte nur wenig schwächer wie das vollständige gemischte Licht. Das sichtbare Roth, das äussere Ultraroth, Violett und Ultraviolett gaben, wenigstens im Spectrum von concentrirtem Gaslicht, keinen deutlichen Effect.

Bacteriopurpurin ist also ein echtes Chromophyll. Wahrscheinlich im Allgemeinen nicht ein einfacher chemischer Körper, sondern ein Gemisch, ebenso wie andere Chromophylle (Chlorophyll, Diatomin, Rhodophyll u. a.) unterscheidet es sich jedoch von letzteren allen sehr auffällig durch das Fehlen des grünen Bestandtheils (Chlorophyllin, Reinchlorophyll, Kyanophyll der Autoren), welcher früher als der einzige Träger des Assimilationsvermögens der Pflanzen betrachtet wurde. Es zeigt sich also aufs Neue und in höchst schlagender Weise bestätigt, dass Sauerstoffausscheidung im Licht auch durch nichtgrüne Farbstoffe und durch jede Art von Wellenlängen zu Stande gebracht werden kann und dass sie in jedem Falle für die verschiedenen Wellenlängen der absorbirten Energie des Lichts proportional ist.

II. Ueber Blutfarbstoff als Mittel, um den Gaswechsel von Pflanzen im Licht und Dunkel zu unterscheiden.

Bei den Versuchen, Ausscheidung freien Sauerstoffs durch die Purpurbakterien direct nachzuweisen, kam ich auf den Gedanken, hierfür vom Haemoglobin Gebrauch zu machen.

Das Princip dieser Methode ist nicht neu, wie ich anfangs meinte. Hoppe-Seyler zeigte im Jahre 1879 (Zeitschr. f. physiol. Chemie Bd. II S. 425), dass ein Stück lebender Wasserpest (*Elodea canadensis*) in verdünntem faulendem Blut in luftdicht verschlossenem Gefässe