

## 56. J. Reinke: Die Methode des Spektrophors und Herr Timiriazeff.

Eingegangen am 3. Dezember 1885.

Vor wenig Tagen kam mir das Bulletin des internationalen botanischen Kongresses in St. Petersburg<sup>1)</sup> zu Händen, welches eine Abhandlung von Timiriazeff<sup>2)</sup> enthält, in welcher derselbe eine Reihe ganz unerhörter Angriffe gegen meine Arbeiten über Lichtwirkung<sup>3)</sup> richtet — unerhört sowohl wegen ihrer Seichtigkeit und Grundlosigkeit als auch wegen ihrer Plumpheit in der Entstellung von Thatsachen. So ungern ich im Allgemeinen auf unbegründete literarische Angriffe eingehe, konnte ich doch in diesem Falle nicht dazu schweigen, weil es sich um ein Gebiet handelt, auf welchem ich andauernd arbeite, und weil die Polemik zugleich Gegenstände von einiger Wichtigkeit betrifft. Ich will jedoch den Leser nicht durch ein Eingehen auf alle Einzelheiten ermüden, sondern beschränke mich darauf, einige Hauptpunkte herauszugreifen, weil dieselben ausreichen, um dem Unparteiischen sein Urtheil über das Verfahren des Herrn Timiriazeff begründen zu helfen.

### 1.

Timiriazeff sagt zunächst ganz richtig, um ein reines Spektrum zu erhalten, dürfe man den Spalt nicht zu breit machen. Wie schmal ein Spalt sein müsse, um ein „reines“ Spektrum zu liefern, sagt er nicht, behauptet aber, selbst nur mit reinen Spektren gearbeitet zu haben. Aus einer früheren Arbeit Timiriazeff's wissen wir jedoch, dass derselbe seinem Spalt die Weite von 1 mm gegeben hat<sup>4)</sup>. Der zu weite Spalt ist nach Timiriazeff der Grund der Fehlerhaftigkeit von Draper's und aller übrigen, darunter auch meiner Untersuchungen gewesen, wobei er sich emphatisch zu folgendem Ausspruche erhebt:

1) Bulletin du congrès international de Botanique et d'Horticulture réuni à St. Pétersbourg le 5.—15. Mai 1884. St. Pétersbourg 1885.

2) L'état actuel de nos connaissances sur la fonction chlorophyllienne. S. 103 bis 134.

3) Untersuchungen über die Einwirkung des Lichtes auf die Sauerstoff-Ausscheidung der Pflanzen. II. Die Wirkung der einzelnen Strahlengattungen des Sonnenlichts. Bot. Zeit. 1884, S. 1—59.

4) Recherches sur la décomposition de l'acide carbonique dans le spectre solaire par les parties vertes des végétaux. Annales de chimie et de physique. 1877. S. 355 ff.

„Voici, M. M., l'explication de l'erreur, où est tombé Draper, il y a quarante ans, voici la raison que j'ai donnée en 1869 pour nier l'exactitude de ses expériences et par suite de ses conclusions. Mais malheureusement jusqu'à ce jour je prêche dans le désert. En effet, quelle a été la suite de ma critique: en 1871 M. Pfeffer emploie une fente de trois millimètres, en 1877 M. N. Müller lui donne la largeur de six millimètres, enfin 1884 M. Reinke lui donne la largeur d'un centimètre. Par suite de cet étrange crescendo, que je ne saurais comprendre, le travail le plus récent, ce lui de M. Reinke inspire le moins de confiance, car il a été fait dans un spectre, pareil à celui dont vous venez de voir l'impureté.“ (S. 107.)

Später (S. 113) spricht Timiriazeff noch von der „extrême impureté“ meines Spektrums.

Dies heisst doch mit anderen Worten: Das von Reinke benutzte Spektrum ist bei einer Spaltbreite von 1 *cm* entworfen und darum taugte es nichts.

Sehen wir uns jetzt meine (oben citirte) Arbeit auf diese Behauptung hin etwas näher an!

Ich habe im Ganzen 4 Versuchsreihen publicirt (A, B, C und D). Meine Versuchsreihe A (11 Versuche) trägt in der Ueberschrift ausdrücklich den Vermerk: Spaltbreite 1 bis 2 *mm*; Versuchsreihe B (7 Versuche) ist überschrieben: Spaltbreite 1 bis 2 *mm*. Versuchsreihe C (2 Versuche) ist überschrieben: Spaltbreite 1,5 *mm*. Reihe D (12 Versuche) trägt dann allerdings die Ueberschrift: Versuche mit einer Spaltbreite von 10 *mm*.

Die grosse Mehrzahl meiner Versuche ist also ausgeführt bei einer Spaltbreite von stets weniger als 2 *mm*, oft nur kaum mehr als 1 *mm*, diesen Spielraum hatte ich gelassen, um den Versuch der Empfindlichkeit der einzelnen Versuchspflänzchen anpassen zu können. Zudem habe ich noch extra hervorgehoben, dass ich meine Spektren auf genügende Reinheit sorgfältig geprüft hatte.

Aus meiner Arbeit geht nun ferner hervor, dass ich die Versuchsreihe D (Spaltbreite von 10 *mm*) ganz hätte weglassen können, ohne dass das Hauptresultat meiner Untersuchung — dass das Maximum der Gasblasenabscheidung von *Elodea canadensis* nicht im Gelb, sondern im Roth zwischen B und C liegt — dadurch irgend wie geändert wäre! Denn um dies zu erweisen, genügen schon meine Versuchsreihen A, B und C, die bei engem Spalt ausgeführt wurden, was Timiriazeff geflissentlich verschweigt.

In der That, eine gröbere Abweichung von der Wahrheit, als in dieser Pseudokritik Timiriazeff's hervortritt, ist in einer wissenschaftlichen Abhandlung wohl selten gedruckt worden. Wahrhaft komisch berühren daher die Schlussworte dieses Artikels, dass das leitende Princip in Timiriazeff's langjähriger Thätigkeit stets gewesen sei: „la vérité, rien que la vérité et toute la vérité“!

Es könnte scheinen, als ob ich meine Versuchsreihe D (Spaltbreite 10 *mm*), Herrn Timiriaseff Preis zu geben geneigt sei. Allein dem ist nicht so; ich glaube mir sogar das Verdienst erworben zu haben, zu zeigen, dass man ein für gewisse Versuche genügend reines Spektrum bei viel grösserer Spaltweite herstellen kann, als gewöhnlich angenommen wird, wenn man bestimmte Vorsichtsmassregeln beobachtet; man gewinnt dadurch für die einzelnen Spektralabschnitte eine weit grössere Lichtstärke, darum ist die Möglichkeit, einen weiteren Spalt verwenden zu können, so werthvoll.

Um diese Behauptung nochmals zu begründen, muss ich mir etwas weiter auszuholen gestatten — ich glaube dies um so eher thun zu dürfen, als es sich hier um methodische Fragen handelt, die für zahlreiche Gebiete der Pflanzenphysiologie von Wichtigkeit sind.

Was heisst zunächst ein reines objektives Spektrum?

Wenn wir als Lichtquelle eines Spektrums eine von den Sonnenstrahlen erhellte Oeffnung im Laden eines Dunkelzimmers setzen, so ist das Spektrum eine continuirliche Reihe reeller Bilder dieser Oeffnung, deren jedes eine bestimmte, zunächst von der Wellenlänge der Strahlen abhängige Lage besitzt. Der alte Newton bediente sich zur Erzeugung seines Spektrums einer kreisrunden Oeffnung an Stelle des Spalts. Allein die Theorie ergiebt, dass hierbei die einzelnen Kreisbilder mit ihren Rändern sich weit übereinander schieben müssen. Um dem abzuhelpen, wurde von Späteren statt der Kreisöffnung ein rechteckiger Schlitz, der sogenannte Spalt, im Laden des Dunkelzimmers angebracht. Jetzt kehrten die einzelnen Spaltbilder im Spektrum einander gerade Grenzlinien zu, allein die Theorie zeigt, dass auch sie ein wenig mit den Rändern über einander greifen — um so weniger, je schmaler der Spalt und damit die Spaltbilder sind, um so mehr, je breiter sie sind. Ein absolut reines Spektrum würde darnach einen unendlich schmalen Spalt zur Voraussetzung haben, in der Praxis kann es sich nur um relative Reinheit des Spektrum handeln. Allein man muss wissen, was man bei praktischen Versuchen anstrebt; und je nach dem Ziel der Versuche ist daher ein reineres Spektrum geboten, ein weniger reines gestattet. Nehmen wir an, dass bei subtilen physicalischen Arbeiten eine Spaltbreite von 0,01 *mm* erforderlich sei, und nennen wir dies Spektrum ein (relativ) reines, so wird das Spektrum bei 0,1 *mm* Spaltbreite unrein. Nennen wir ein Spektrum von 0,1 *mm* Spaltbreite für gewisse Zwecke rein, so ist das von 1 *mm* Spaltbreite unrein. Nennen wir das Spektrum von 1 *mm* Spaltbreite rein, so ist das von 10 *mm* Spaltbreite unter den gleichen Bedingungen unrein u. s. w.

Allein die Reinheit eines objectiven Spektrums hängt noch von einer Reihe anderer Factoren ab, als von der Spaltbreite. Unter diesen kommt besonders die Grösse der Dispersion, d. h. die relative



Grösse der Dislocation der einzelnen Spaltbilder in Betracht. Bei gleicher Spaltbreite ist das Spektrum um so reiner, d. h. die Spaltbilder greifen mit den Rändern um so weniger über einander, je grösser die Dispersion des Spektrums. Man kann sich dies leicht im Modell veranschaulichen. Man schneide eine Anzahl Rechtecke aus Papier und ordne sie so in einer Reihe zusammen, dass ihre Ränder über einander greifen. Schiebt man diese Reihe weiter zusammen, so greifen ihre Ränder weiter über einander; zieht man die Reihe weiter auseinander, so decken sich die Ränder weniger. Das Gleiche lässt sich mit einer Reihe von Thaler- oder Markstücken demonstriren.

Aus diesem Grunde ist die Reinheit der verschiedenen Regionen eines jeden prismatischen Spektrums wegen der ungleichen Dispersion desselben eine verschiedene; die relative Reinheit im Violett ist grösser als die im Blau, im Blau grösser als im Grün, im Grün grösser als im Gelb, im Gelb grösser als im Roth. Man kann dies leicht demonstriren. Wenn man ein objectives Spektrum bei engem Spalte entwirft, so dass alle Fraunhofer'schen Hauptlinien<sup>1)</sup> sichtbar sind, und wenn man dann den Spalt nach und nach erweitert, wodurch das Spektrum unreiner wird, so verschwinden zuerst die Linie B und C, darauf D, dann E und b, endlich F und G; letztere bleiben bei einer viel grösseren Spaltbreite noch sichtbar als erstere. Ueberhaupt kann man aber bei Verbreiterung des Spalts durch Steigerung der Dispersion den Grad der Reinheit eines Spektrums annähernd constant erhalten.<sup>2)</sup>

Bei meinen eigenen Arbeiten mit dem Spektrum liess ich mich noch von folgender Betrachtung leiten. Ein Spektrum ist ein dispergirtes Bild. Wie nun z. B. die Reinheit und Schärfe eines mikroskopischen Bildes ganz und gar abhängt von der Vollkommenheit des Objectivsystems, so muss auch die Vollkommenheit des optischen Apparats von grösstem Einfluss sein auf die Reinheit und Schärfe eines durch denselben erzeugten Spektrums. Als ich daher an der Stelle einer weniger vollkommenen projicirenden Linse ein vorzügliches Fernrohrobjectiv anwandte, war ich überrascht durch den Unterschied in der Schärfe des Spektrums, wie er sich in Zahl und Deutlichkeit der Fraunhofer'schen Linien bei hinreichender Dispersion zu er-

---

1) Die Fraunhofer'schen Linien sind bekanntlich negative Spaltbilder, d. h. Stellen im Spektrum, wo die bezüglichen Wellenlängen im Sonnenlicht fehlen. Um dieselben in genügender Schärfe feststellen zu können, mussten sich Angström und Andere eines Spektrums von sehr grosser Ausdehnung (Dispersion) bedienen.

2) Ich bediene mich neuerdings bei meinen Arbeiten auch einer projicirenden Cylinderlinse (Cylinderaxe parallel dem Spalt), welche ganz nach Art eines achromatischen Fernrohr-Objectivs von Herrn Steinheil in gewohnter Meisterschaft hergestellt wurde. Dieselbe gestattet eine beliebige Steigerung der Dispersion, ohne dass die Höhe des Spektrums in der bei Kugellinsen leicht unbequemen Ausdehnung wächst.

kennen gab. Insbesondere war es wiederum möglich den Spalt zu erweitern, und die Fraunhofer'schen Linien treten doch noch deutlich hervor. Ein Spektrum von 2 *mm* Spaltbreite würde Herr Timiriaseff ganz gewiss noch als ein reines anerkannt haben. Weiter ist dann allerdings für genaueste Adjustirung in der Stellung des projicirenden Objectivs Sorge zu tragen, so dass Spalt und Spektrum stets in conjugirten Ebenen desselben liegen, wie ich das in meiner Arbeit näher ausgeführt habe, das Prisma muss möglichst gross, sehr vollkommen gearbeitet sein und sich ebenfalls genau in richtiger Stellung befinden.

Bei Beachtung aller dieser Regeln vermochte ich meinem Spalt die Breite von 15 *mm* zu geben, und doch waren die Fraunhofer'schen Linien F, G und H noch deutlich sichtbar, allerdings als fingerbreite dunkle Schatten, während die Linien in den weniger brechbaren Spektraltheilen nicht mehr zu erkennen waren; bei einer Verengung des Spalts auf 10 *mm* trat auch die Linie E hervor. Alles dies habe ich in meinen Arbeiten ausdrücklich hervorgehoben. Ich begnügte mich aber nicht, nach dieser Wahrnehmung ein Spektrum bei 10 *mm* Spaltbreite ohne Weiteres als für meine Zwecke genügend rein zu erachten, sondern ich prüfte den Grad der Unreinheit desselben gerade im Gelb und Roth nach folgender allbekannter und vollständig genügender Methode. Ich projecirte das Spektrum auf ein Brett, welches einen Spalt enthielt; durch Verschiebung des Brettes konnte ich nach Belieben rothes, gelbes, grünes u. s. w. Licht durch den Spalt treten lassen. Dies Licht analysirte ich durch ein Prisma, wobei sich dasselbe als in solchem Grade monochromatisch erwies, dass die Beimengung fremden Lichts in einer bestimmten Spektralregion nicht erkennbar war; wäre diese Beimengung irgend erheblich gewesen, so hätte das Prisma dieselbe aufgedeckt, was Alles in meiner Abhandlung zu lesen steht. Aus diesem Grunde hielt ich auch die weniger brechbare Hälfte meines bei einer Spaltbreite von 10 *mm* erzeugten Spektrums für hinlänglich rein, um dieselbe bei meinen Experimenten verwenden zu können; der Erfolg lehrte, dass ich zu dem gleichen Ergebnisse gelangte, wie mit einer Spaltbreite von 1,5 *mm*. Auch künftig werde ich die Analyse durch ein Prisma stets zum Massstab für die relative (genügende) Reinheit eines Spektralabschnittes nehmen; wo es sich um die Gesamteinwirkung einer grösseren Zahl von Wellenlängen (Lichtstrahlen) auf die Sauerstoffausscheidung handelt, ist dieser Massstab zweifellos ein hinreichender.

Noch ein hierhergehöriger Punkt, den Timiriaseff zu seinen Angriffen benutzt, ist dieser, dass nach ihm bei Erweiterung des Spalts auch die ganze Adjustirung des Spektrums sich ändere, die Fraunhofer'schen Linien sich verschieben u. s. w. Dazu bemerke ich Folgendes: Wenn ich z. B. bei engem Spalt irgend einen Index auf die Mitte der

Linie F einstelle, dann aber durch Wegziehen der linken Spaltheilfte den Spalt erweitere, so rückt die Mitte der ebenfalls breiter werdenden Linie F nach links hinüber und über den Index mehr oder weniger weit hinweg. Erweitere ich den Spalt durch Wegziehen seiner rechten Hälfte, so weicht die Linie F nach rechts vom Index ab. Erweitere ich den Spalt aber durch symmetrisches Hinwegziehen beider Hälften, so bleibt die Mitte von F auf dem Indikator. Dass auch diese Vorsichtsmassregel beobachtet wurde, findet der Leser in meiner Arbeit, und ist daher die Unterstellung Timiriazeffs völlig unbegründet, dass die von mir bei engerem Spalte ausgeführte Adjustirung meines Spektrums auf die Dispersionsskala bei Erweiterung des Spalts ihre Gültigkeit verloren habe.

## 2.

Ich habe mich bei meinen Versuchen im Spektrum einer Methode bedient, welche zu dem Zwecke erdacht war, um das für das Studium der Wirkung monochromatischen (sit venia verbo) Lichtes wegen seiner ungleichen Dispersion nicht direkt verwendbare prismatische Spektrum durch Einschaltung eines Apparats, des Spektrophors, verwendbar zu machen. Mein Verfahren besteht darin, einzelne, quantitativ genau vergleichbare Spektralabschnitte, die im prismatischen Spektrum einen ungleichen Flächenraum einnehmen, auf ein Areal gleicher Lichtfläche zusammenzuziehen. Dies Problem habe ich in befriedigender Weise gelöst, das Verfahren selbst ist im Einzelnen der mannigfachsten Abänderung fähig, eines seiner wesentlichsten Bedingungen ist die richtige Verwendung einer Dispersionsskala in demselben.

Meine Methode war neu und ist jedenfalls einer ausgedehnten Anwendung in Physik und Physiologie fähig.

Hören wir jetzt, wie Timiriazeff sich über diese Methode ausspricht.

„M. Reinke s'est servi pour ses expériences d'une méthode, qu'il considère comme parfaitement nouvelle, mais qui en effet n'est rien moins que nouvelle — car elle est d'un usage général en physique et elle a été même appliquée à la physiologie végétale par M. Paul Bert. Comme nous allons voir, la méthode est bonne, mais toujours à la condition d'employer un spectre pur, et nous avons pu juger de la pureté du spectre, dont s'est servi M. Reinke“ (S. 113 u. 114).

Später erklärt Timiriazeff, dass er sich jetzt auch der Methode des Spektrophors bediene, mit folgenden Worten:

„Je me suis arrêté sur la méthode, dont il a été déjà question, méthode employée pour la première fois par M. Paul Bert et adoptée depuis par M. Reinke.“ (S. 122).

Meine Methode ist eine streng quantitative, das ist ihr Wesen und das ist auch das Neue in derselben. Wenn nun diese Methode längst



„d'un usage général en physique“ wäre, warum hat sich denn Herr Timiriazeff nicht längst derselben bedient, sondern hat ihre Benutzung bis auf die jüngste Zeit verschoben? Sagt er doch selbst „la méthode est bonne!“

Man wird also doch wohl vergeblich in den Annalen der Physik nach dieser Methode — die in einer Menge von Einzelheiten besteht — suchen.

Gewiss ist aber Jedem von uns aus Vorlesungen oder Lehrbüchern der sehr bekannte Vorlesungsversuch gegenwärtig, dass, wenn man ein Spektrum auf eine hinreichend grosse Konvexlinse fallen lässt, die farbigen Strahlen durch die Linse zu einem weissen Lichtfleck (Spaltbilde) zusammengezogen werden. Fängt man einen Theil des Spektrums vor der Linse mit einem Schirme ab, so erscheint der weisse Fleck in complementären Farben, schaltet man einen Glaskeil (Prisma von kleiner brechender Kante) in den Gang eines Theiles der Strahlen ein, so erhält man hinter der Sammellinse zwei farbige Lichtflecke.

Dass mir dies bekannte Experiment — das wohl schon Newton angestellt hat — bei der Ausarbeitung meiner Methode in der Erinnerung war, ist selbstverständlich. Aber es gehört doch viel dazu, eine quantitative Untersuchungsmethode auf dem Gebiete der Lichtwirkung einem stets nur qualitativ ausgeführten Vorlesungsversuche aus der Farbenlehre gleich zu setzen!

Ich komme nun zu dem schwerwiegenden Vorwurfe Timiriazeffs, dass die Methode des Spektrophors zum ersten Male von Paul Bert angewendet sei und dass ich sie mir seitdem von diesem Forscher angeeignet haben soll, selbstverständlich ohne ihn zu nennen. Ich habe mich also heimtückisch an dem geistigen Eigenthum des verdienten französischen Physiologen vergangen, mich mit fremden Federn geschmückt, — ein kleiner literarischer Diebstahl!

Es ist natürlich stets eine unangenehme Sache, wenn man etwas publizirt hat und hernach darauf hingewiesen wird, dass ein Anderer bereits früher das Gleiche gefunden und veröffentlicht. Allein bei der enormen Ausdehnung der internationalen wissenschaftlichen Literatur kommt dies fortwährend vor und ist im Einzelfalle sehr schwierig zu vermeiden. Und was für ein Unglück ist es denn für die Wissenschaft, wenn einmal zwei Leute unabhängig von einander und zu verschiedener Zeit eine richtige Sache finden? Unloyal ist es nur von einem Dritten, wenn dieser sofort und ohne Beweise zu haben, dem später Gekommenen literarische Unehrllichkeit vorwirft.

Mit ähnlichen Gedanken etwa ging ich an eine Durchmusterung der mir zugänglichen Arbeiten Paul Berts, um die Abhandlung zu finden, in welcher dieser von mir hochgeschätzte Forscher die fragliche Methode zur Anwendung gebracht haben sollte, — allein vergebens. Soviel ich suchte, ich fand nichts, denn vor 1884 musste ja die Arbeit

publiziert sein. Da fällt mir — zur guten Stunde — Timiriazeffs neueste Arbeit in den Comptes rendus in die Hände,<sup>1)</sup> in welcher er selbst sich — mit welchem Grade von Geschick, werden wir später sehen — der Methode des Spektrophors bedient. Hier findet sich endlich des Räthsels Lösung!

Hier erzählt nämlich T. — ohne meine ein Jahr früher erschienene Publikation zu erwähnen —, er habe „adopté la méthode ingénieuse proposée par M. Paul Bert, et qui consiste à recomposer la lumière préalablement dispersée par un prisme.“ Dann wird von Paul Bert ein Aufsatz citirt in den Comptes rendus von 1878, und speziell auf S. 697 verwiesen.<sup>2)</sup>

Der einzige Satz dieser von T. citirten Abhandlung Berts, welcher für uns in Betracht kommen kann, lautet wörtlich folgendermassen:

„Il est très vraisemblable, que ces régions utilisables par les plantes sont précisément marquées par les diverses bandes d'absorption de la chlorophylle; mais il faudrait, pour en être bien sûr, opérer sur des spectres lumineux dont on intercepterait par des écrans diverses régions, pour recomposer ensuite la lumière d'ensemble à l'aide de lentilles. Les mauvais temps ne m'ont pas permis d'opérer, cet été, avec la lumière solaire, qui nécessite, du reste, la complication d'un héliostat; je me dispose à entreprendre des expériences avec une forte lumière électrique.“

Die Idee, welche dieser Betrachtung Paul Bert's zu Grunde liegt, ist jedenfalls eine richtige; ich überlasse es aber jedem Unpartheiischen, zu entscheiden, in wiefern hier eine mit meinem, bis in das für jede quantitative Methode unerlässliche Detail ausgearbeiteten Verfahren vergleichbare Methode vorliegt, und wie die an die Wahrheitsliebe eines Naturforschers zu stellenden Anforderungen erfüllt werden, wenn Timiriazeff diese Zukunftsidee Bert's bezeichnet als eine „méthode employée pour la première fois par M. Paul Bert et adoptée depuis par M. Reinke.“

Ich für meine Person, hätte ich diese Aeusserung Bert's früher gekannt, würde mich gefreut haben, bei der Auseinandersetzung meiner Methode hervorheben zu können, dass auch dieser Fachgenosse jenseits des Rheins einmal eine ähnliche Idee gehabt habe. Soviel über diese Prioritätsfrage.

Mir kann es vor der Hand nur erfreulich sein, dass auch Timiriazeff meine Methode als die allein richtige anerkennt, und dass er sich bemüht, nach derselben zu arbeiten. Leider sind seine bezüglichen

1) Effet chimique et effet physiologique de la lumière sur la chlorophylle. Comptes rendus 1885. Tome 100, p. 851 ff.

2) P. Bert, Sur la region du spectre solaire indispensable à la vie végétale. Comptes rendus. Tome 87, p. 695—697.



Bemühungen nicht gerade glücklich ausgefallen. Um dies zu zeigen, muss ich noch auf einige Einzelkeiten meines Verfahrens eingehen.

In meiner oben citirten Abhandlung war mein Bemühen hinsichtlich der Untersuchungsmethode zunächst lediglich darauf gerichtet, ein Objekt (einen Spross von *Elodea*) in kurzen Zeitintervallen nach einander mit vergleichbaren Lichtmengen verschiedener Brechbarkeit zu bestrahlen; ich habe jedoch bereits dort das Verfahren angedeutet, um mittelst der Methode des Spektrophors mehrere Objekte gleichzeitig der Wirkung verschiedener, auf gleiche Concentration gebrachter Spektralabschnitte zu exponiren. S. 38 habe ich angegeben, dass man mit Hülfe von Planspiegeln oder Prismen von kleiner brechender Kante (Glaskeilen) den von der Kollektorlinse des Spektrophors gelieferten Lichtkegel in mehrere äquivalente Theile zerlegen könne. In einer späteren Arbeit, die ebenfalls vor der letzten Publikation des Herrn Timiriazeff erschienen ist, und welche die Zersetzung der Chlorophyllösungen durch das Sonnenlicht behandelt<sup>1)</sup>, habe ich das Verfahren genauer angegeben, um mehrere Objekte gleichzeitig mit verschiedenen Spektralabschnitten gleicher Dispersion zu beleuchten. Will man gleichzeitig die Lichtwirkung nur zweier Spektralbezirke studiren, so genügt es, eine Kombination von 2 Glaskeilen (Prismen kleiner brechender Kante) mit der Kollektorlinse des Spektrophors in passende Verbindung zu bringen, die Sammellinse liefert dann nicht ein, sondern zwei Farbenbilder bekannter Wellenlänge. Wünscht man aber gleichzeitig in noch mehr Spektralbezirken, z. B. in 4 oder 7, zu beobachten, so ist es zweckmässig, die eine Kollektorlinse des Spektrophors durch eine Serie von so vielen Cylinderlinsen zu ersetzen, als die Anzahl der Abschnitte beträgt, in die man das Spektrum zu zerlegen beabsichtigt; die Cylinderlinsen sind von verschiedener Breite, gemäss den Differenzen der Dispersion des prismatischen Spektrums, und bringen bei gleicher Brennweite diese ungleichen Spektralabschnitte dann auf gleiche Areale gleicher Beleuchtungsstärke.

Nun wollen wir einmal nachsehen, in welcher Weise Herr Timiriazeff mit dem Spektrophor umspringt<sup>2)</sup>. Derselbe verwendet als Kollektor eine Cylinderlinse<sup>3)</sup>, auf deren Fläche das Spektrum projicirt wird. Dieses Spektrum (beziehungsweise dieser Spektralabschnitt) ward durch die Linse in zwei Lichtstreifen gleicher Breite zusammengezogen, indem T. mittelst Einschiebung eines Glaskeils einen Theil der Strahlen,

---

1) Die Zerstörung von Chlorophyllösungen durch das Licht und eine neue Methode zur Erzeugung des Normalspektrums. Bot. Zeit. 1885. No. 5 ff.

2) l. c. Comptes rendus 1885. p. 851 ff.

3) Für die Mehrzahl der Fälle ist eine Kugellinse von hinreichend grossem Durchmesser praktischer; eine Cylinderlinse ist nur zweckmässig, wenn es sich um Bestrahlung eines langen, schmalen linearen Objectes handelt. Ich benutze beide Linsen als Collector je nach Umständen.

wie es in dem bekannten Vorlesungsversuche geschieht, seitlich ablenkte. So wurden beispielsweise, wenn die rothen, gelben und grünen Strahlen des Spektrums auf die Linse fielen, durch Ablenken der rothen Strahlen ein rother und ein gelbgrüner Lichtstreif durch den Kollektor erzeugt.

Das ist allerdings eine Nachahmung des oft erwähnten Vorlesungsversuchs, allein keine quantitative Methode. Ich will gar nicht darauf eingehen, dass uns Timiriazeff darüber im Unklaren lässt, nach welcher Scala er seine Spektralbezirke überhaupt abgrenzte; es genügt mir, darauf hinzuweisen, dass seine beiden durch den Kollektor erzeugten Lichtlinien quantitativ nicht vergleichbar sind!

Der durch den Glaskeil zur Seite gelenkte Spektraltheil ist nämlich ganz bedeutend geschwächt im Vergleich zu dem nicht abgelenkten durch die Reflexion an den beiden Flächen des Glaskeils, wobei ich noch die Absorption im letzteren für unerheblich erklären will. Dieser Lichtverlust durch Reflexion muss auf 10 bis 20 pCt. veranschlagt werden, das durch den Glaskeil abgelenkte Strahlenbündel ist demnach 10 bis 20 pCt. lichtärmer als das nicht abgelenkte, und die Wirkung beider vergleicht Timiriazeff mit einander. Um diesen groben Fehler zu vermeiden, empfehle ich Herrn Timiriazeff, künftig doch mein Verfahren zu adoptiren.

Wenn ich z. B. die Wirkung der beiden Spektralabschnitte  $\lambda$  70 bis 61 (Roth-Orange) und  $\lambda$  61 bis 52 (Gelb-Grün) mit einander vergleichen will, so stelle ich das Diaphragma meines Spektrophors auf die Skalentheile 70 und 52 ein, so dass der ganze Spektralabschnitt  $\lambda$  70 bis 52 hindurch geht und bei Einschaltung der Kollektorlinse in einen Lichtkegel zusammen gezogen wird. Dann bringe ich genau in die Ebene der Skala zwei sehr breite Glaskeile von  $7^\circ$  brechender Kante, die mit ihrer schmalen (1 mm dicken) Kante genau an einander geschliffen sind und durch eine geschwärzte Messingfassung zusammengehalten werden; diese vollkommen gleichen Prismen sind so zusammengefügt, dass ihre beiden der Lichtquelle zugekehrten Seiten in einer Ebene liegen, während die beiden der Lichtquelle abgewandten Seiten einen sehr stumpfen Winkel mit einander bilden. Die Berührungslinie beider Prismen (Glaskeile) wird auf den Skalenteil 61 eingestellt, und nunmehr liefert mir die unmittelbar hinter den Glaskeilen stehende Kollektorlinse zwei „images focales“ von gleicher Lichtstärke, eins nach rechts, das andere nach links abgelenkt, und deren eines die Wellenlängen  $\lambda$  70 bis 61, deren anderes die Wellenlängen  $\lambda$  61 bis 52 enthält.

Will Herr Timiriazeff den Spektrophor benutzen, so möge er ihn auch richtig handhaben.

### 3.

Timiriazeff polemisiert weiter dagegen, das ich die in der Zeiteinheit ausgeschiedene Zahl von Gasblasen als Maass für die Aus-

scheidung von Sauerstoff benutzt habe, weil die Gasblasen nicht konstant in Grösse noch Sauerstoffgehalt seien. Ich gebe gerne zu, dass diese Methode keine ideale ist, und bin gerade jetzt damit beschäftigt, sie durch eine bessere zu ersetzen. Allein bei Beobachtung in ganz kurzen Zeiträumen ist das Resultat dieser Methode hinreichend genau, sofern man nur wissen will, in welchem Spektralbezirke mehr, in welchem weniger Sauerstoff produziert wird. Denn wenn man einige Vorsicht bei der Auswahl des Versuchsobjekts übt, so sind für kurze Zeiträume die Blasen gleich gross, und ob dieselben aus reinem Sauerstoff, reinem Stickstoff oder gar Kohlendioxyd bestehen, ist ganz gleichgültig, weil die in der Zeiteinheit — z. B. 30 Sekunden — entbundene Zahl von Gasblasen nur den Wechsel des Gasdruck in den Intercellularen des Versuchspflänzchens angeben soll, welcher der wechselnden Bestrahlung mit rothem, gelbem, grünen u. s. w. Licht entspricht. Viel grössere Fehlerquellen, als in minimalen Grössendifferenzen der Gasbläschen bestehen könnten, existiren thatsächlich bei Anwendung eines *Elodea*-Sprosses in der ungünstigen Form, welche derselbe der Bestrahlung bietet; die gleichzeitige Anwendung und den Vergleich zweier, doch immer nur annähernd gleich grosser *Elodea*-Sprosse, welche Timiriazeff beliebt, halte ich für ganz unstatthaft, weil es unmöglich ist, beiden mit ihren zahlreichen, verschieden gerichteten kleinen Blättern genau die gleiche Stellung gegen zwei differente Strahlenbündel zu geben.

#### 4.

Timiriazeff tadelt auch, dass ich die Differenzen der Lichtwirkung auf Sauerstoffausscheidung auf das Blätterspektrum und nicht auf das Spektrum einer alkoholischen Chlorophylllösung beziehe. T. will nämlich gefunden haben, dass die Maxima der Absorption des Chlorophylls in lebenden Chromatophoren die gleiche Lage haben wie „in den Lösungen“. Die Verschiebung des Maximums im Roth (Band I.) gegen das ultraroth Ende im Spektrum der Blätter soll zu Stande kommen durch Beimengung von weissem Licht im Blattgewebe, wobei auf eine in russischer Sprache publizierte Abhandlung verwiesen wird.

Ich bemerke hierzu das Folgende. Es ist ja möglich, dass Timiriazeff „en admettant dans la fente du spectroscope un mélange de la lumière ayant traversé une couche de chlorophylle et de la lumière blanche“ eine Verzerrung des Spektrums einer Chlorophylllösung erreicht hat, bei welcher Band I. weiter nach links rückte, allein dadurch ist nicht das Geringste für das Blattspektrum bewiesen. Einmal ist es schon thöricht, zu behaupten, das Spektrum eines lebenden Chlorophyllkorns sei identisch mit dem „der Lösungen“, denn bekanntlich hat Band I. in Alkohol eine andere Lage als in Schwefelkohlenstoff, fettem Oel, Benzol oder Aether. Dann aber stimmt die Lage von Band I. im Chlorophyll eines Blattes überein mit derjenigen des Spektrums von festem Paraffin-Chlorophyll



oder irgend einem andern Zustande ungelösten Chlorophylls. Daraus folgere ich eine wesentliche Uebereinstimmung beider. Wäre Timiriazeff's Erklärungsversuch richtig, so könnte unmöglich die Lage von Band I. bei anatomisch verschieden gebauten Blättern eine konstante sein. Das ist aber ebenso der Fall, wie es für die Lage des Maximums I gleichgültig ist, ob wir eine, drei oder mehr Schichten eines dünnen Ulvaceen-Thallus spektroskopisch untersuchen. Ich werde daher nach wie vor die Assimilationskurve mit der Absorptionskurve grüner Gewebe vergleichen und nicht mit derjenigen eines alkoholischen Blätterauszuges, zumal ich mich neuerdings noch wieder davon überzeuge, dass Band I im Absorptionsspektrum eines einzelnen Chromatophors (z. B. von *Bryopsis*) genau die gleiche Lage besitzt, wie in den Blättern von Phanerogamen.

Diese Blüthenlese wird genügen, um dem Leser zu zeigen, welche Methode den Angriffen Timiriazeff's gegen mich zu Grunde liegt — ich brauche wohl das bekannte lateinische Sprichwort nicht zu citiren, dessen Anwendung sich hier aufdrängt.

Zum Schluss noch eine Bemerkung. Ich werde mich durch die Angriffe des Herrn Timiriazeff nicht abhalten lassen, auf dem Wege des Experiments vorzuschreiten, den ich ausgearbeitet und den ich nach wie vor für den richtigen halte. Ich werde aber auch niemals Anstand nehmen, wie ich einerseits auf diesen Blättern grobe experimentelle Fehler in T.'s Arbeiten aufzudecken genöthigt war, andererseits willig und freudig das Brauchbare und Gute anzuerkennen, welches in T.'s Ideen und Versuchen hervortritt. Seine Gasanalyse z. B. hat viel Bestechendes, und ich werde demnächst Veranlassung haben, mich eingehend mit der Prüfung ihrer Zuverlässigkeit zu befassen. Nur eines möchte ich Herrn Timiriazeff noch anheim geben: nicht einen grossen Theil seiner Arbeiten ausschliesslich russisch zu publiziren, weil dieselben dann für die deutschen Botaniker nicht zugänglich sind. Wir verlangen gewiss nicht, dass Herr Timiriazeff deutsch schreibe, allein möge er doch neben der russischen sich stets auch der französischen Sprache bedienen. In diesem Falle aber empfehle ich ihm dringend, seinen schönen Wahlspruch: „la vérité, rien que la vérité et toute la vérité“ etwas mehr zu beherzigen, als er in seiner Petersburger Rede gethan hat: denn Französisch verstehen wir!

---

# 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: 1885

Band/Volume: [3](#)

Autor(en)/Author(s): Reinke (Reincke) Johannes

Artikel/Article: [Die Methode des Spektrophors und Herr Timiriazeff.  
376-387](#)