

XII. *Ein Spectrosaccharimeter;* *von Paul Glan.*

(Aus den Sitzungsber. d. math.-phys. Cl. d. k. bayer. Acad. d. Wiss.
1890. Bd. 20. Heft IV; mitgetheilt vom Hrn. Verf.)

Der Apparat dient dazu, das Drehungsvermögen des Zuckers, oder anderer die Polarisationsebene des Lichts drehender Stoffe, für jede beliebige Farbe des Spectrums zu untersuchen, mit Benützung einer weissen Lichtquelle, der Flamme einer Petroleum- oder Gaslampe, oder von electrischem Licht. Er hat den doppelten Vorzug, von der Farbe des zu untersuchenden Körpers unabhängig zu sein, sodass bei ihm das Entfärben von Zuckerlösungen nicht nöthig ist, und eine grössere Genauigkeit der Messung zu gewähren, als die Apparate, welche Natronlicht oder das nichthomogene Licht einer weissen Flamme, welches durch eine Lösung des chromsauren Kalis gegangen ist, oder weisses Licht benutzen, weil er die Messung der Drehung im Grün oder Blau gestattet, und Zucker, wie andere Stoffe, die Polarisationsebene dieser Lichtarten erheblich stärker drehen, als die von gelbem Licht. Seine Einrichtung ist die folgende. Der Spalt s_1 befindet sich im

Brennpunkt der achromatischen Linse l_1 , und das Licht der Flamme, welches eine Linse von kurzer Brennweite auf den Spalt s_1 concentrirt, tritt parallel aus ihr; es geht dann durch ein Glan'-

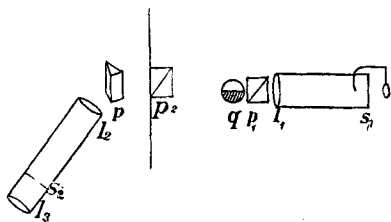


Fig. 1. $\frac{1}{4}$ der natürl. Grösse.

sches Polarisationsprisma p_1 , welches es geradlinig polarisirt, und dann durch ein Diaphragma, das zur Hälfte mit einer dünnen Quarzplatte q , senkrecht zur Axe geschliffen, bedeckt ist. Diese dreht die Polarisationsebene des durch sie gehenden Lichtes um wenige Grade, und zwar für die verschiedenen Farben des weissen Lichtes verschieden viel. Nachdem es durch dies

Diaphragma gegangen ist, geht es entweder ungeändert, oder wenn eine Röhre mit Zuckerlösung im Spectrosaccharimeter liegt, durch diese, welche die Polarisations Ebenen der einzelnen Farben des durch sie gehenden Lichtes dreht, und durchläuft nun das drehbare Polarisationsprisma p_2 , dessen Drehung an einem getheilten Kreise mit Hülfe eines Nonius bis auf Hundertstel eines Grades abgelesen werden kann. Es geht dann durch das Flintglasprisma p , welches das vom Spalt s_1 herrührende und von der Linse l_1 entworfene Bild zum Spectrum entfaltet, von welchem die achromatische Linse l_2 ein verkleinertes Bild auf dem in ihrem Focus befindlichen Spalt s_2 entwirft, durch den nur eine Farbe desselben hindurchgeht. Er wird darauf durch die achromatische Linse l_3 von kurzer Brennweite in dieser Farbe vergrößert gesehen, wenn sie um ihre Brennweite von ihm absteht. Die Linse l_2 entwirft nun auch von dem Diaphragma mit der Platte g ein Bild hinter der Ebene des Spaltes s_2 , zwischen ihm und der Linse l_3 , das man mit dieser sehen kann, wenn man sie soweit herauszieht, dass sie um ihre Brennweite von diesem Bilde entfernt ist, und das in der Farbe erscheint, welche vom Spectrum durch den Spalt s_2 getreten ist. Da für jede Farbe die Polarisations Ebenen des Lichtes, welches durch die unbedeckte und die mit der Platte g bedeckte Hälfte des Diaphragmas gegangen ist, einen Winkel miteinander bilden, so erscheinen diese beiden Hälften nur dann gleich hell, nachdem das von ihnen ausgehende Licht durch das Polarisationsprisma p_2 gegangen ist, wenn dessen Polarisations Ebene diesen Winkel halbt, oder zu der Halbierungslinie desselben senkrecht ist. Die letztere Stellung desselben ist diejenige, bei welcher die kleinste Drehung von dieser Stellung aus den grössten Helligkeitsunterschied des Bildes der beiden Hälften bewirkt; sie ist deshalb diejenige, in die man das Polarisationsprisma p_2 bei der Messung bringt. Dreht man nämlich das letztere von der Stellung, bei der seine Polarisations Ebene den Winkel α derjenigen der Hälften des Lichtbündels, welche durch den freien und bedeckten Theil des Diaphragmas gegangen sind, halbt, um den sehr kleinen Winkel γ , so wird das Helligkeitsverhältniss dieser beiden Hälften $1 + 4 \operatorname{tg}(\alpha/2) \sin \gamma$; dreht man es dagegen von der Stellung,

bei der seine Polarisationssebene senkrecht zur Halbirungslinie des Winkels α ist, um denselben kleinen Winkel γ , so wird dies Helligkeitsverhältniss $1 - 4 \operatorname{ctg}(\alpha/2) \sin \gamma$. Es ist also seine Aenderung durch die Drehung um den Winkel γ im letzteren Fall grösser, weil der Winkel α nur wenige Grade beträgt. Man stellt den Apparat zuerst wie einen Spectralapparat ein, indem man den Spalt s_1 mit Natronlicht beleuchtet, bringt den Spalt s_2 6 cm von der Linse l_2 , — er steht dann in ihrem Focus — und zieht nun die Linse l_3 so weit heraus, dass der Spalt s_2 deutlich sichtbar ist. Jetzt bringt man s_1 in eine solche Entfernung von der Linse l_2 , dass man das Bild des Spaltes s_1 mit dem Spalt s_2 zugleich deutlich sieht. Dem Spalt s_1 gibt man, im allgemeinen, eine Breite von etwa $\frac{1}{3}$ mm, und gibt dem Spalt s_2 eine solche Breite, dass er ebenso breit erscheint, wie das in seiner Ebene entworfene Bild des Spaltes s_1 . Dieses füllt dann den Spalt s_2 vollständig aus, wenn das kleine Keppler'sche Fernrohr mit den Linsen l_2 und l_3 , welches um die Axe des Tischchens mit dem Flintglasprisma p drehbar ist, durch Drehung passend gestellt ist. Sowohl das Spaltrohr als das Fernrohr können durch je drei Stellschrauben in ihren Lagern gedreht werden, dass das Bild des Spaltes s_1 von der Mitte des Gesichtsfeldes des Keppler'schen Fernrohrs weder nach oben, noch nach unten abweicht, und das vom Spaltrohr ausgehende Licht durch das von mir angegebene Polarisationsprisma p_2 axial, oder nahezu axial, geht. Das Bild des Spaltes s_1 kann dann durch Drehung des Polarisators p_2 völlig verlöscht werden. Man kann nun diese Linse l_3 weiter herausziehen, während der Spalt s_2 seine Stellung unverändert behält, bis das Bild des Diaphragmas mit der Platte q deutlich erscheint. Seine beiden Hälften werden im allgemeinen verschieden hell erscheinen; dreht man indes das Polarisationsprisma p_2 , bis das Licht einer Hälfte verlöscht, so wird man durch eine kleine Drehung desselben von dieser Lage aus eine solche finden, bei der die beiden Hälften gleich hell sind, und eine Drehung von wenigen Hundertsteln eines Grades von dieser letzteren genügt, um einen merklichen Helligkeitsunterschied der beiden Hälften in ihrem Bilde im Fernrohr hervorzubringen.

Beleuchtet man den Spalt s_1 mit weissem Licht, und schiebt die Linse l_3 wieder so weit hinein, dass der Spalt s_2 sichtbar ist, so erscheint er in derjenigen Spectralfarbe, welche von dem durch das Flintglasprisma p in seiner Ebene entworfenen Spectrum auf ihn fällt, und zieht man nun die Linse l_3 so weit heraus, dass man das Diaphragma mit der Quarzplatte q erblickt, so erscheint dies in dieser Farbe. Um die erblickte Farbe zu charakterisiren, stellt man die Linse l_3 auf den Spalt s_2 ein, und beleuchtet den Spalt s_1 mit Lithium-, Natron-, Thallium-, Strontium-, Rubidium-Licht, und merkt die Stellung des Keppler'schen Fernrohrs mit Hülfe des mit ihm fest verbundenen Nonius an der Theilung am Rande des Tischchens, wenn das Bild des Spaltes s_1 von einer dieser Flammen beleuchtet im Spalt s_2 erscheint. Oder man verengt den ersteren und erhellt ihn mit Tageslicht, bis die Fraunhofer'schen Linien im zweiten sichtbar werden. Die Stellungen des Fernrohrs, bei denen je eine von ihnen in seiner Mitte erscheint, bemerkt man gleichfalls an der erwähnten Theilung. Man erhält so eine ausreichende Anzahl fest bestimmter Stellungen des Fernrohrs, bei denen genau charakterisirte homogene Farben durch den Spalt s_2 gehen, für die man das Drehungsvermögen des zu untersuchenden Stoffes mit dem Spectrosaccharimeter bestimmen kann.

Das Spectrosaccharimeter bedarf einer hellen Lichtquelle und ich habe lichtstarke Lampen mit eigens construirten Lichtcondensatoren angewandt. Die Lampen sind Petroleum-

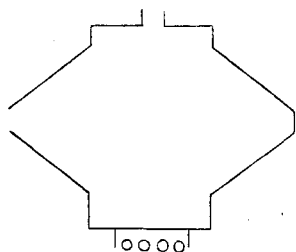


Fig. 2.

lampen von mindestens 36 Kerzen Lichtstärke, sogenannte Blitzlampen, welche eine sehr weisse, an blauem und brechbarerem Licht reiche Flamme geben. Der Lichtcondensator, dessen Gestalt Fig. 2 zeigt, concentrirt möglichst alles von der runden Flamme der Blitzlampe ausgesandte Licht auf die kleine kreisförmige Oeffnung des-

selben von 2 cm Durchmesser, aus der das Licht aus ihm austritt, und der möglichst nahe dem Spalte s_1 des Spectrosacchari-

meters gebracht wird. Er besteht aus einem Blechkasten, dessen Innenwände mit Neusilberplatten belegt sind; die Platten an den Wänden des Kastens, in welche die conischen Condensatoren nicht eingesetzt sind, divergiren nach der Oeffnung des Lichtcondensators, sodass das auf sie fallende Licht dem konischen Condensator zugespiegelt wird, aus dem das Licht austritt. Diese konischen Condensatoren sind innen polirte Kegel aus Neusilberblech, welche an ihrem breiteren Ende eine Weite von etwa 10 cm, an ihrem schmalen eine solche von etwa 2 cm haben. Der eine von ihnen ist an seinem schmalen Ende durch eine Platte von Neusilber verschlossen, welche das auf sie concentrirte Licht wieder aus dem Condensator zurückwirft und dem andern zuschickt. Der Lichtcondensator trägt an seinem unteren Ende einen durchlöchernten Hals und an seinem oberen einen kurzen schornsteinartigen Ansatz, um den Luftwechsel im Innern des Kastens zu begünstigen. Er gibt eine starke Concentration des Lichts an seiner kleinen kreisförmigen Oeffnung.

Ich gebe hier einige Einstellungen auf gleiche Helligkeit der beiden Hälften des Diaphragmas mit der Platte q , für die Stellung des Polarisators p_2 , bei der eine kleine Drehung desselben von der Einstellung auf gleiche Helligkeit den grössten Helligkeitsunterschied der beiden Hälften bewirkt, während keine Röhre mit Flüssigkeit im Apparat lag. Ich bemerke dazu, dass diese Beobachtungen vor der Herstellung des Lichtcondensators mit einer einfachen Gaslampe angestellt sind, welche mit einem schwarzen Blechcylinder mit spaltförmigem Ausschnitt umkleidet war. Sie sind im rothen, grünen und blauen Licht des Spectrums ausgeführt, von dem das Blau das äusserste gerade noch sichtbare des Spectrums der Gasflamme war. Die mit einem Fragezeichen versehene Einstellung im Blau habe ich ausgeschlossen, weil ich während derselben gestört wurde. Ausser dem Mittel der einzelnen Einstellungen ist die grösste Abweichung von ihm in Graden und Minuten angegeben.

Roth	4,02	4,02	3,99	3,96	= 3,997°	Gr. Ab. 0,037° = 2,2'
Grün	3,43	3,43	3,46	3,43	= 3,437°	Gr. Ab. 0,023° = 1,4'
Blau	2,31	2,28	2,50(?)	2,40	= 2,330°	Gr. Ab. 0,070° = 4,2'

Ich theile hier weiter eine Anzahl Einstellungen mit, welche sowohl ohne Röhre, wie die vorigen, als nach dem Einlegen einer solchen von 2,16 cm Länge in das Spectrosaccharimeter, welche mit schwach concentrirter Zuckerlösung gefüllt war, angestellt sind. Ich konnte sie durch die Güte des Hrn. Geheimrath Prof. Dr. Scheibler in dessen Laboratorium ausführen, wofür ich ihm hier meinen aufrichtigsten Dank ausspreche, in dem ich die ersten Prüfungen des Spectrosaccharimeters anstellte. Sie sind für die dem Natronlicht entsprechende Stelle des Spectrums ausgeführt.

D.

Ohne Röhre	13,40	13,46	13,43	13,45	= 13,435°	Gr. A. 0,035° = 2,1'
Mit Röhre	15,45	15,49	15,46		= 15,467°	Gr. A. 0,023° = 1,4'

Sie ergeben, auch wenn die Röhre mit Flüssigkeit im Spectrosaccharimeter liegt, keine grössere Unsicherheit der Messung. Die Röhren müssen hier mit besonderer Sorgfalt hergestellt werden; wenn ihre Endflächen nicht parallel sind, stellen sie, mit Flüssigkeit gefüllt, ein Flüssigkeitsprisma dar, und bei ihrem Einlegen in das Spectrosaccharimeter kann dann das Spectrum in der Ebene des Spaltes s_2 verschoben werden, und die Farbe des Spectrums sich ändern, welche durch ihn geht. Die Röhren werden deshalb bei ihrer Herstellung auf die Parallelität ihrer Endflächen geprüft, indem der Spalt s_1 mit Natronlicht beleuchtet wird, die Linse l_3 auf den Spalt s_2 eingestellt und dieser so erweitert wird, wenn nöthig, dass ihn das Bild des Spaltes s_1 ganz ausfüllt. Dies letztere darf sich dann bei dem Einlegen und Drehen der mit Flüssigkeit gefüllten Röhre im Spectrosaccharimeter gegen den Spalt s_2 nicht verschieben. Am besten ist es, wenn die Verschlussringe der Röhre mit einer Marke versehen werden, erst mit Wasser gefüllt, und mit der Marke nach oben eingelegt werden, und dann die Anfangsstellung des Polarisators p_2 bestimmt wird. Hierauf werden die Röhren mit der drehenden Flüssigkeit gefüllt und wieder mit der Marke nach oben untersucht. Zum Zwecke von Analysen empfiehlt sich die Benutzung des grünen Lichtes des Spectrums, indem man den Spalt s_1 einmal etwa mit Thalliumlicht beleuchtet, und die Stellung des Fernrohrs an

der ihm zugehörigen Theilung merkt, bei der das Bild des Spaltes s_1 in dieser Farbe den Spalt s_2 ausfüllt. Grün ist für das Auge sehr angenehm, was bei einer grösseren Anzahl von Messungen von Belang ist, und die Einstellung in dieser Farbe eine sehr sichere.

Ich hoffe, dass das Spectrosaccharimeter auch dem spectralen Studium der Circularpolarisation der Krystalle nützliche Dienste leisten wird, wenn es mit passenden Einrichtungen versehen wird, dass es die allgemeinere Untersuchung der Rotationsdispersion erleichtern und der quantitativen drehungsmessenden Analyse förderlich sein wird. Das Spectrosaccharimeter wird von der Firma Lisser und Benecke in Berlin hergestellt.

Nachtrag. Wenn man das Spectrosaccharimeter so eingestellt hat, dass man durch die Linse l_3 das Bild des Diaphragmas mit der Quarzplatte q erblickt, und zwar in dem engbegrenzten Farbengemisch, welches vom Spectrum durch den Spalt s_2 geht, so stellt sich die Erscheinung so dar, als ob es von einer Flamme beleuchtet wäre, welche dies Farbengemisch aussendet. Durch das Prisma p allein betrachtet würde dabei das Bild desselben etwas verbreitert erscheinen, indem die weniger brechbaren Farben auf der einen, die brechbareren auf der anderen Seite des Bildes hervortreten, während der grössere mittlere Theil in der Mischfarbe des Farbengemisches erscheint. Es ist das besonders bemerkbar, wenn der Spalt s_2 auf die Theile des Spectrums gestellt wird, in denen sehr rasche Farbenwechsel stattfinden, wie sie diejenigen sind, welche zwischen dem Gelbgrün und Orange liegen. Das Bild erscheint ebenso an den Rändern anders gefärbt, wenn man es durch das Fernrohr betrachtet, das es ja nur vergrössert. Bei den Messungen stellt man die gleiche Helligkeit der oberen und unteren Hälfte im grösseren, mittleren, gleichfarbigen Theile her.

Man kann jedoch das Bild in folgender Weise vollkommen kreisrund und durchweg gleichfarbig erhalten. Ich brachte vor das Ocular des Fernrohrs ein zweites Flintglasprisma mit seiner brechenden Kante parallel derjenigen des

Prismas p und so, dass die Kante des brechenden Winkels bei beiden nach derselben Seite des Raumes wies und erblickte dann, wenn ich in passender Richtung durch dasselbe bei passender Stellung desselben sah, das Bild des Diaphragmas mit der Quarzplatte q ganz gleichfarbig und kreisrund, und in den allmählich wechselnden Farbentönen des Spectrums, wenn ich das Fernrohr drehte.

Man kann ein ebensolches Prisma wie p drehbar an einem Ringe befestigen, der über das Ocularrohr des Fernrohrs zu schieben ist.

Berlin, den 15. März 1891.
