

Absolute Messungen mit dem Polaristrobometer und Benutzung desselben mit weissen Lichtquellen.

Von
H. Wild.

In meinem Artikel: „Verbesserungen des Polaristrobometers“¹⁾ habe ich eine Modifikation meines Polaristrobometers beschrieben, welche neben verschiedenen, mehr der Bequemlichkeit der Benutzung des Instrumentes dienenden Konstruktionsänderungen hauptsächlich auch die Anwendung des Prinzips der Halbschatten-Apparate bei der Savart'schen Doppel-Platte des Polaristrobometers bezweckte und so eine höhere Genauigkeit der Einstellung ermöglichen sollte. Da das neue Instrument gestattete, durch eine einfache Vertauschung einiger Teile auch als Halbschatten-Apparat dienen zu können, so war eine unmittelbare Vergleichung der Leistungsfähigkeit des letztern und des Polaristrobometers mit der modifizierten Benutzung der Savart'schen Doppel-Platte unter übrigens gleichen Umständen möglich. Meine in dem fraglichen Artikel mitgetheilten Beobachtungen bezogen sich denn auch nur auf die Vergleichung der Empfindlichkeit der beiderlei Apparate, wobei sich dieselbe als nahezu gleich gross ergab.

Der Umstand, dass bei jenen Versuchen in den absoluten Angaben der beiderlei Apparate für gewisse Drehungsgrössen sich Differenzen zeigten, welche die Beobachtungsfehlergrenzen überschritten, liessen es mir nun weiterhin wünschbar erscheinen, das neue Instrument auf die Richtigkeit seiner absoluten Angaben zu prüfen und sodann war, namentlich behufs Anwendung desselben in der Saccharimeter-Praxis zu untersuchen, inwiefern die Benutzung einer gewöhnlichen weissen Lichtquelle statt der Gasflamme mit

¹⁾ Diese Vierteljahrsschrift für 1898, S. 57.

homogenem Natrium-Licht zu ermöglichen sei. Der Darlegung dieser Untersuchungen ist der gegenwärtige Artikel gewidmet.

Das einfachste Mittel zur Prüfung der Angabe eines Polaristrobometers auf absolute Richtigkeit besteht zur Zeit offenbar in der Benutzung einer senkrecht zur optischen Axe geschnittenen, planparallelen und homogenen Quarzplatte, deren Dicke sehr genau bestimmt ist. Wir kennen nämlich gegenwärtig hinlänglich sicher die Drehungsgrößen des Quarzes pro 1 mm für die verschiedenen Frauenhofer'schen Linien und insbesondere für das Gelb von der Brechbarkeit der Linien D im Spektrum, sowie die Abhängigkeit dieser Drehungsgröße von der Temperatur des Quarzes, um aus der bekannten Dicke und Temperatur einer gegebenen Quarzplatte die Drehung, welche sie für das Gelb der Linien D geben soll, berechnen und mit der im Apparat unter diesen Umständen beobachteten vergleichen zu können.

Die genauesten Bestimmungen über die Drehungskonstanten des Quarzes für die Frauenhofer'schen Linien des Sonnenspektrums verdanken wir den Herren Soret und Sarasin¹⁾. Für die uns hier allein interessierenden beiden Linien D des Spektrums fanden sie nach der Zusammenstellung der definitiven Resultate S. 64 ihrer Abhandlung im Mittel der beiden benutzten Quarze als Drehungsgröße desselben pro 1 mm Dicke bei 20° C. für die

	Linie D_1 ²⁾	Linie D_2	Differenz
Drehung	21°,6900 ± 0°,0060	21°,7255 ± 0°,0015	0°,0355
Wellenlänge	589,625	589,030	— 0,595 $\mu\mu$

Wie man sieht, ist die Drehung für D_2 entsprechend der dreifach grösseren Zahl von Messungen viel sicherer als die für D_1 bestimmt.

Die diesen Linien entsprechenden Wellenlängen in $\mu\mu$: (Milli-Micron = 0,000001 mm) habe ich nach dem System von Müller & Kempf³⁾ beigefügt. Hieraus würde folgen, dass in der Nähe der

¹⁾ J. L. Soret et E. Sarasin, Sur la polarisation rotatoire du Quartz. Genève 1882.

²⁾ Nach der gegenwärtig üblichen Bezeichnungsweise habe ich die näher dem Roten liegende Linie mit D_1 bezeichnet, während Soret und Sarasin sie als D_2 aufführen.

³⁾ Publ. des Astrophys. Observatoriums zu Potsdam, Bd. V, siehe auch J. Scheiner, Spektralanalyse der Gehirne, Leipzig 1890, bei Engelmann. S. 389.

Linien D bei einer Quarzplatte von 1 mm Dicke und 20° C. Temperatur einem Zuwachs der Wellenlänge des Lichts um $1\mu\mu$ eine Abnahme der Drehungsgrösse um $215''$ entspricht. Herr Lippich hat aus seinen Beobachtungen für die letztere Grösse den Wert $291''$ gefunden¹⁾. Im Mittel beider Bestimmungen würde also im Gelb um die Linien D entsprechen:

1 $\mu\mu$ Wellenlängendifferenz ein Drehungswinkel von $253''$.

Hieraus, aus den obigen Daten und aus dem von Dietrich bestimmten Intensitätsverhältnis der beiden D -Linien, wornach $D_2 : D_1 = 1,6$ ist, folgt aber für gemischtes Licht aus diesen beiden Linien, wie es bei polaristrobometrischen Messungen gewöhnlich zur Anwendung gelangt, als optischer Schwerpunkt desselben²⁾ für die

Wellenlänge: $589,259\mu\mu$ und die Drehung: $21^{\circ},7094$.

Soret und Sarasin haben aber auch direkt für Natrium-Licht (Platindraht mit Kochsalzperle in der Flamme eines Bunsenschen Gasbrenners) die Drehung der Polarisationssebene gemessen³⁾, wobei sie dieses Licht durch prismatische Zerlegung reinigten. Nach der Zusammenstellung der Resultate Seite 112 der citierten Abhandlung ergibt sich, wenn man dem mittleren Resultat für den Quarz No. 2 das dreifache Gewicht beilegt, im Mittel dieser Messungen pro 1 mm-Quarz und bei 20° C. die Drehung:

$$21^{\circ},7260 \pm 0^{\circ},0023.$$

Wie wir sehen, entspricht diese beobachtete Drehung innerhalb der Grenzen der Beobachtungsfehler ganz der für die Spektral-Linie D_2 gefundenen und keineswegs der obigen, dem optischen Schwerpunkt der beiden Linien D_1 und D_2 entsprechenden. Dies beweist wohl, dass auch in dem prismatisch gereinigten Natrium-Licht nicht nur die beiden Strahlen D_1 und D_2 zur Wirkung gelangen, sondern noch andere gelbe Strahlen in der Nähe derselben vorkommen.

Für dasselbe Natrium-Licht, aber ohne prismatische oder andere Reinigung desselben, fanden die beiden gleichen Forscher

¹⁾ Sitzungsberichte der Wiener Akademie 1890. Math. Phys. Abth. S. 722.

²⁾ H. Landolt, Das optische Drehungsvermögen etc. 2. Auflage S. 362. Braunschweig bei Vieweg 1898.

³⁾ l. c. p. 70, 75 et 103.

nach der Halbschatten-Methode von Laurent¹⁾ mit denselben Quarzen als mittleren Drehungswinkel:

$$21^{\circ},7214 \pm 0^{\circ},0013,$$

der also mit dem obigen, für prismatisch gereinigtes Licht gefundenen, strenggenommen nicht zu vergleichen resp. zusammenzufassen ist, wie dies Herr Gumlich in der gleich zu erwähnenden Arbeit S. 247 gethan hat.

Aus der neusten Zeit besitzen wir nämlich eine sehr sorgfältige und genaue Untersuchung von E. Gumlich über das Optische Drehungsvermögen des Quarzes für Natrium-Licht²⁾. Herr Gumlich hat hiebei einen grossen Lippich'schen Halbschatten-Apparat benutzt und das Natrium-Licht stark prismatisch zerlegt. Um trotzdem einen kleinen Halbschatten-Winkel zur Erhöhung der Genauigkeit verwenden zu können, wurde zur Erzeugung eines sehr hellen Natrium-Lichtes ein Linnemann'sches Knallgasgebläse mit Sodastangen benutzt. Ganz besonders aber erfolgte eine viel genauere Untersuchung als früher darauf hin, ob und inwiefern die Quarzplatten wirklich senkrecht zur optischen Axe geschnitten seien und bei den Drehungsbestimmungen eine Orientierung derselben einmal nach der Plattennormale und dann auch nach der damit nicht genau zusammenfallenden optischen Axe des Krystalls. Demgemäss sind auch in den Resultaten diese beiderlei Drehungsgrössen unterschieden. Im Mittel aller Messungen wurde so für die Drehungsgrösse pro Millimeter Quarzdicke und bei 20° C. gefunden:

parallel zur Plattennormale: $21^{\circ},7223 \pm 0^{\circ},0010$

„ zur optischen Axe: $21^{\circ},7182 \pm 0^{\circ},0005$.

Nur der erstere dieser beiden Werte ist mit dem für entsprechendes Licht von Soret und Sarasin gefundenen, nämlich $21^{\circ},7260$ zu vergleichen. Dass er um $0^{\circ},0037$, d. h. über die Beobachtungsfehlergrenze der beiderlei Messungen hinaus kleiner ist als der letztere, ist wohl nicht einer qualitativen Differenz der beiderlei Quarze, sondern, wie die weitem Messungen von Herrn Gumlich S. 251 und 252 der erwähnten Abhandlung andeuten, dem Umstande

¹⁾ l. c. p. 114.

²⁾ Wissenschaftliche Abhandlungen der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt. Bd. II, S. 201. Berlin 1895. — Auch Zeitschrift für Instrumentenkunde XVI 1896, S. 97.

beizumessen, dass die Temperatur der Natriumflamme bei seinen obigen Versuchen viel höher war als bei denjenigen von Soret und Sarasin.

Für spektral gereinigtes Natrium-Licht, wie es ein gewöhnlicher Bunsen'scher Brenner mit Chlornatrium liefert, dürfte daher eher als Drehungsvermögen des Quarzes bei 20° C. und pro 1 mm Dicke der Wert:

$$21^{\circ},726 \quad (1)$$

zu benutzen sein. Misst man die Drehung bei einer andern Temperatur als 20° C., so lässt sich dieselbe innerhalb des Temperatur-Intervalls von 0 bis 30° gemäss Gumlich's Bestimmungen (S. 237 der erwähnten Abhandlung) genau genug nach der Formel:

$$\varphi_{20} = \varphi_t [1 - 0,000147 (t - 20^{\circ})] \quad (2)$$

auf 20° reduzieren, wo φ_{20} die Drehung bei 20° und φ_t die bei der Temperatur t° beobachtete darstellen.

Durch Vermittlung der Herren Pfister & Streit in Bern habe ich von Dr. Steeg & Reuter in Homburg zwei kreisrunde, senkrecht zur optischen Axe geschnittene, planparallele Quarzplatten von ungefähr 1 mm Dicke und 20 mm Durchmesser bezogen, wovon die eine rechts-, die andere linksdrehend ist. Die Untersuchung derselben im Nörremberg'schen Polarisationsapparat ergab, dass sie auf der ganzen Ausdehnung durchaus homogen und soweit, als dies auf diesem Wege zu konstatieren möglich ist, auch wirklich senkrecht zur Krystallaxe geschnitten seien. Nachdem ich mich sodann im physikalischen Laboratorium des eidgen. Polytechnikums mit gütiger Erlaubnis des Herrn Prof. J. Pernet mittels eines Hermann-Pfister'schen Fühlniveau-Sphärometers überzeugt hatte, dass die rechtsdrehende Platte bis auf $\pm 0,0005$ und die linksdrehende bis auf $\pm 0,0010$ mm auf der ganzen Ausdehnung bis zu 1 mm Abstand vom Rande planparallel sei, somit für meine Untersuchungen benutzbar, übergab ich sie dem Internationalen Mass- und Gewichts-Bureau in Sèvres (bei Paris) zur genauen absoluten Ausmessung der Dicke. Der erste Gehülfe des Bureau's, Herr Dr. P. Chappuis, hatte die Güte, in Abwesenheit des Direktors diese Messungen sehr prompt ausführen zu lassen, wobei zur Vermeidung gewisser Fehlerquellen mittels eines Brunner'schen Sphärometers bloss der Unterschied

der Dicke meiner Platten gegen eine ungefähr gleich dicke Quarzplatte des Bureaus gemessen wurde, deren Dicke von Macé de Lépinay nach seinem optischen Verfahren bis auf Zehntel Micron genau bestimmt worden war¹⁾. Bei beiden Platten wurden die Dicken an sechs äquidistanten Punkten eines 3 mm vom Rande abstehenden konzentrischen Kreises, darauf an drei Punkten eines 3 mm vom Centrum abstehenden Kreises und endlich im Centrum selbst gemessen. Ich reproduziere hier das Protokoll der am 17. September 1898 angestellten Messungen, wie es mir von Herrn Chappuis mitgeteilt worden ist.

17. September 1898.

Quarzplatte von Macé de Lépinay: M. L.

Unterlage	Mittel	Quarzplatte	Differenz	Mittel
T a	T a	T a	T a	T a
84 + 146,6		82 + 145,2	2 + 1,4	
84 + 146,6	84 + 146,6	82 + 145,2	2 + 1,5	
84 + 146,8	84 + 146,7	82 + 145,3	2 + 1,4	
84 + 146,6	84 + 146,7	82 + 145,2	2 + 1,5	T a
84 + 146,8	84 + 146,8	82 + 145,6	2 + 1,2	2 + 1,4
84 + 146,8				

Rechtsdrehende Quarzplatte von Steeg: R.

Punkte der Messung	T a	T a	T a	T a	
1	84 + 146,7	84 + 146,5	82 + 130,8	2 + 15,7	
2	84 + 146,4	84 + 146,5	82 + 131,0	2 + 15,5	
3	84 + 146,5	84 + 146,7	82 + 130,9	2 + 15,8	
4	84 + 147,0	84 + 146,8	82 + 130,0	2 + 16,8	
5	84 + 146,5	84 + 146,6	82 + 130,7	2 + 15,9	
6	84 + 146,7	84 + 146,8	82 + 130,5	2 + 16,3	T a
7	84 + 146,9	84 + 146,9	82 + 130,2	2 + 16,7	2 + 16,2
8	84 + 147,0	84 + 147,0	82 + 130,5	2 + 16,5	
9	84 + 146,9	84 + 146,9	82 + 130,5	2 + 16,4	
10	84 + 146,9	84 + 146,9	82 + 130,7	2 + 16,2	
	84 + 146,9				

Quarzplatte von Macé de Lépinay.

T a	T a	T a	T a	
84 + 146,6	84 + 146,7	82 + 145,8	2 + 0,9	
84 + 146,9	84 + 146,9	82 + 145,4	2 + 1,5	
84 + 146,9	84 + 147,1	82 + 145,9	2 + 1,2	
84 + 147,3	84 + 147,2	82 + 146,2	2 + 1,0	T a
84 + 147,1	84 + 147,2	82 + 146,1	2 + 1,1	2 + 1,1
84 + 147,2				

¹⁾ Journal de physique, 3^{me} série 1893, II, p. 365, ausführlicher Ann. de chim. et de phys. (7.) T. 5 p. 210. 1895 und Zeitschrift f. Instr. Kunde 1895, S. 447.

Mittel der beiden Messungen von M. L.	$2 + 1,3$
Wert von R.	$2 + 16,2$
Differenz (M. L. — R.)	$- 14,9$

Die Umdrehung T umfasst 500 Teile a der Trommel und ist gleich 499,907 μ .

Es ist somit: M. L. — R. = — 14,90 μ .

Quarzplatte von Macé de Lépinay:

Nach der vorigen Messung hat man im Mittel: $2 + 1,1$.

Linksdrehende Quarzplatte von Steeg: L.

	Unterlage		Mittel		Quarzplatte		Differenz		Mittel
	T	a	T	a	T	a	T	a	
1	84 + 147,0		84 + 147,0		82 + 134,0		2 + 13,0		
2	84 + 147,0		84 + 147,0		82 + 134,2		2 + 12,8		
3	84 + 147,1		84 + 147,1		82 + 133,9		2 + 13,2		
4	84 + 147,1		84 + 147,2		82 + 132,4		2 + 14,8		
5	84 + 147,3		84 + 147,3		82 + 132,6		2 + 14,7		
6	84 + 147,2		84 + 147,3		82 + 132,2		2 + 15,1		$2 + 14,0$
7	84 + 147,2		84 + 147,3		82 + 133,5		2 + 13,8		
8	84 + 147,4		84 + 147,4		82 + 134,1		2 + 13,3		
9	84 + 147,4		84 + 147,6		82 + 132,8		2 + 14,8		
10	84 + 147,8		84 + 147,8		82 + 132,9		2 + 14,9		
	84 + 147,9								

Quarzplatte von Macé de Lépinay.

	T	a	T	a	T	a	T	a
	84 + 147,3		84 + 147,3		82 + 146,1		2 + 1,2	
	84 + 147,2		84 + 147,4		82 + 146,1		2 + 1,3	
	84 + 147,6		84 + 147,4		82 + 146,5		2 + 0,9	
	84 + 147,3		84 + 147,5		82 + 146,2		2 + 1,3	$2 + 1,3$
	84 + 147,6		84 + 147,6		82 + 146,0		2 + 1,6	
	84 + 147,7							

Mittel der beiden Messungen von M. L.:	$2 + 1,2$
Wert von L.:	$2 + 14,0$
Differenz M. L. — L.:	$- 12,8$

Es ist also berücksichtigend den obigen Wert von T und a :

$$\text{M. L. — L.} = - 12,80 \mu.$$

Die parallel zur optischen Axe geschnittene Quarzplatte von Macé de Lépinay hat nach seinen Bestimmungen eine Dicke:

$$\text{bei } 0^\circ = 999,06 \mu,$$

$$\text{bei } 20^\circ = 999,33 \mu,$$

da der Ausdehnungskoeffizient des Quarzes senkrecht zur Axe ist:

$$q_+ = (13254,6 + 11,63 t) 10^{-9}$$

Und somit ist bei 20° : $R = 1014,23 \mu$

$$L = 1012,13 \text{ „}$$

und ferner bei 0° : $R = 1014,08 \text{ „}$

$$L = 1011,98 \text{ „}$$

da für die senkrecht zur optischen Axe geschnittenen Platten R und L der Ausdehnungskoeffizient des Quarzes parallel zur Axe, nämlich:

$$q_{11} = (7161,4 + 8,01 \cdot t) 10^{-9}$$

zu berücksichtigen ist.

Wie wir aus diesem Messungs-Protokoll ersehen, beträgt bei der Platte R der Unterschied zwischen dem Minimum und Maximum der Dicke nur: $1,3 \mu$ und zwar an peripherischen Punkten, während derselbe bei der Platte L bis zu $2,3 \mu$ ansteigt. Ich habe daher bei meinen Messungen nur die rechtsdrehende Platte R benutzt.

Die Dicke der Platte R bei 20° war also gefunden gleich:

$$1,01423 \text{ mm}$$

und folglich soll sie nach (1), Seite 140, für spektral gereinigtes Natrium-Licht eines Bunsen'schen Brenners mit Chlornatrium in der Flamme bei 20° eine Drehung bewirken gleich:

$$22^\circ,035 = 22^\circ 2',10.$$

Ehe die Messungen mittels dieser Platte im neuen Polaristrobometer begonnen wurden, habe ich alle Teile desselben genau justiert. Zunächst versicherte ich mich, dass die optische Axe des Fernrohrs genau genug mit derjenigen des vordern Kollimators, i. e. Beleuchtungslinse und Diaphragma-Oeffnung in deren Brennpunkt am Ende des Ansatzrohres gegen die Lampe hin, zusammenfalle, was durch Verkleinerung der Diaphragma-Oeffnung bis zu $0,5 \text{ mm}$ Durchmesser leicht zu erzielen war. Darauf brachte ich vor dem Okular des Fernrohrs ein geneigtes Glasplättchen zur Erleuchtung des Gesichtsfeldes von hinten mittels einer seitlich gestellten, matten Glühlampe an, so dass ich das reflektierte Fadenkreuzbild von den Begrenzungsflächen des Glan-Thompson'schen analysierenden Prismas beobachten konnte. Das letztere wurde dann in der Röhre des Teilkreises so lange justiert, bis das Fadenkreuz und sein Bild

sich sehr nahe deckten und eine Abweichung beim Umdrehen des Kreises nur innerhalb sehr kleiner Grenzen erfolgte. Alsdann lenkte das Prisma beim Hindurchsehen nach der Kollimatoröffnung das Bild dieser auch nur ganz wenig ab, wenn der Kreis gedreht wurde.

Die obige Vorrichtung ermöglichte aber weiterhin, namentlich als die geneigte Glasplatte zwischen Okular und Fadenkreuz angebracht wurde, auch die am Ende der 200 mm langen Glasröhre statt der Verschlussglasplatte eingesetzte Quarzplatte *R* genau senkrecht zur optischen Axe des Fernrohrs zu stellen (durch Drehen der Röhre um ihre Längsaxe und eine Verdickung der einen Fassung).

Die Natrium-Lampe wurde vom Ende des Apparats abgenommen und auf einem besondern Fuss aufgestellt, vor der runden Oeffnung des umhüllenden Blechcylinders ein Schirm mit 2 mm breiter Spalte angebracht, eine Linse von 20 cm Brennweite in 40 cm Entfernung von der Spalte und hinter ihr ein sehr stark zerstreues, gleichseitiges Prisma von schwerem Glas aufgestellt, so dass auf dem 40 cm entfernten Diaphragma der Ansatzröhre des in das abgelenkte Strahlenbündel hereingebrachten Polaristrobometers ein Bild der Spalte entworfen wurde, welches sehr gut gereinigtes Natrium-Licht enthielt.

Bei dieser Anordnung des Versuchs zur Reinigung des Natrium-Lichts erhielt ich ein genügend helles Gesichtsfeld im Apparat, wenn ich den Schattenwinkel $e = 7\frac{1}{2}^\circ$ wählte. Je drei Einstellungen auf das Verschwinden der Fransen in der Mitte des Gesichtsfeldes mit und ohne Quarzplatte *R* ergab als Differenz im Mittel der beiden dunkeln Quadranten und nach Reduktion auf 20° C. mit einem mittleren Fehler der einzelnen Einstellung von $\pm 1'$ an drei aufeinander folgenden Tagen:

$$22^\circ 1',98, \quad 22^\circ 2',05, \quad 22^\circ 2',09,$$

$$\text{Mittel: } 22^\circ 2',04 \pm 0',04,$$

also eine ganz befriedigende Uebereinstimmung mit dem geforderten Wert: $22^\circ 2',10$.

Für den Gebrauch des Instrumentes in weissem Licht habe ich gemäss einem schon 1883 angestellten Versuche¹⁾ durch die

¹⁾ H. Wild, Ueber den Gebrauch meines Polaristrobometers in weissem Licht. Bulletin de l'Acad. Imp. des sc. de St. Pétersbourg T. XXVIII p. 405. 1883.

Herren Pfister & Streit eine Röhre anfertigen lassen, welche ein fünffaches Amici'sches Prisma, darauf eine Linse von 10 cm Brennweite und im Fokus derselben am Ende der Röhre eine Spektralspalte von veränderlicher Breite enthält und welche statt der Ansatzröhre mit Kollimatorlinse vor dem Polarisator am Apparat so zu befestigen ist, dass sie mittels Charnier und zwei Korrektsions-schrauben im Horizont gegen die Instrumenten-Axe zu neigen ist. Diese Vorrichtung wurde nun in zweiter Linie auch benutzt, um das Natriumlicht prismatisch zu reinigen, indem man eben statt einer weissen Lichtquelle unsere Gaslampe mit geschmolzenem Chlornatrium in den Platinsieben vor der Spalte des Spektralansatzes aufstellte und letztern so justierte, dass das vergrösserte Bild der 1 mm breiten Spalte in die Mitte des Gesichtsfeldes fiel.

Mit dieser Art prismatischer Reinigung des Natriumlichts erhielt ich an drei aufeinanderfolgenden Tagen ebenfalls bei einem Schattenwinkel $e = 7\frac{1}{2}^{\circ}$ für die Drehung der Quarzplatte R die Werte:

$$22^{\circ} 1',87, \quad 22^{\circ} 2',29, \quad 22^{\circ} 2',07,$$

$$\text{Mittel: } 22^{\circ} 2',08 \pm 0',14.$$

Auch hier ist also weit innerhalb der Beobachtungsfehler eine Uebereinstimmung mit dem geforderten Wert erhalten worden.

Da nach Gumlich¹⁾ das Lippich'sche Strahlenfilter das Natriumlicht sehr nahe ebenso gut reinigt, als die prismatische Zerlegung, so habe ich auch noch in dieser Richtung Versuche angestellt. Zu dem Ende wurde statt der einfachen Ansatzröhre vor der Kollimator-Linse eine solche vorgesetzt, die ein Glaskästchen aus Spiegelglas mit zwei Abteilungen aufnehmen konnte, von welchen jede 15 mm tief war. Das Lippich'sche Strahlenfilter besteht aus einer 15 mm dicken, absorbierenden Schicht von Uranosulphatlösung und einer 100 mm langen Schicht einer sechsprozentigen Kaliumdichromatlösung. Herr Professor Gnehm vom eidgen. Polytechnikum hatte die Güte, mir eine Uranosulphatlösung genau nach der Lippich'schen Vorschrift²⁾ in seinem Laboratorium für diesen Gebrauch herstellen zu lassen; statt der Kaliumdichromatlösung, welche eine unbequeme Länge der absorbierenden Schicht erfordert,

¹⁾ L. c. S. 254.

²⁾ Landolt, Das optische Drehungsvermögen, S. 362.

fand ich nach einigen Versuchen eine Lösung von Anilin-Orange, welche genau dieselbe Absorption schon in 15 mm dicker Schicht ergibt. Es ist dies eine Lösung von 0,8 g. Anilin-Orange in 1 Liter Wasser und zwar ist das von mir benutzte Anilin-Orange nach einer gefälligen Bestimmung des Herrn Professor Werner von der Universität: Orange II (β Naphtol-Orange oder Tropäolin 000). Drei unabhängige Messungsreihen an der Quarzplatte *R* unter Benutzung dieses modifizierten Lippich'schen Strahlenfilters, auch wieder mit einem Schattenwinkel $e = 7\frac{1}{2}^\circ$ ergaben als Drehungsgrößen bei 20° C. :

$$22^\circ 2',23, \quad 22^\circ 2',43, \quad 22^\circ 2',15$$

$$\text{Mittel: } 22^\circ 2',27 \pm 0',11.$$

Ungereinigtes Natriumlicht aber, wobei ein Schattenwinkel von $e = 5^\circ$ benutzt werden konnte, lieferte für die Platte *R* folgende, wieder auf 20° C. reduzierte Drehungswinkel:

$$22^\circ 4',5, \quad 22^\circ 4',2, \quad 22^\circ 5',0$$

$$\text{Mittel: } 22^\circ 4',57 + 0',29.$$

Hier entsteht also ein Fehler von über $2'$ infolge der Beimischung anderer Strahlen, während bei der Reinigung durch das modifizierte Lippich'sche Filter innerhalb der Beobachtungsfehlergrenze richtige Werte erhalten wurden.

Herr Geheimrat Professor Landolt in Berlin hatte die Güte, für mich bei der Firma F. Schmidt & Haensch daselbst eine etwas dickere Quarzplatte für meine Prüfungsuntersuchungen mit der Weisung zu bestellen, dieselbe in der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt in Charlottenburg verifizieren zu lassen. Diese Platte ist nebst dem Prüfungsschein der Reichsanstalt anfangs Januar 1899 in meinen Besitz gelangt. Ich gebe hier zunächst wieder eine genaue Kopie des Prüfungsscheines:

Charlottenburg, den 7. Januar 1899.

Prüfungsschein

P. T. R. II, 4700 b./98

für eine Quarzplatte (von etwa 16,7 mm Durchmesser), eingesandt von der Firma Schmidt & Haensch in Berlin S. Stallschreiberstr. 4. Zum Zeichen der Prüfung sind die beiden Teile der zugehörigen

Fassung mit der Nummer 2, sowie dem Reichsadler und der Jahreszahl 1898 gestempelt worden.

I. Resultate der optischen Prüfung.

Die Flächen der rechtsdrehenden Quarzplatte sind ziemlich gut planparallel. Der Keilwinkel beträgt in der Mitte 0,2 Bogenminuten, so dass eine Verschiebung der Platte in der Richtung des Keiles um 1 mm nur eine Drehungsänderung von etwa fünf Sekunden für Natriumlicht oder etwa $0^{\circ},004$ Ventzke hervorbringt. Die Platte enthält nur einige punktförmige Unreinheiten, sonst ist die Mitte von 11 mm Durchmesser optisch homogen.

Die Drehung für spektral gereinigtes Natriumlicht beträgt in der Mitte der Platte bei t Grad C.

$$34^{\circ},612 + 0^{\circ},0049 (t-20) \pm 0^{\circ},006.$$

Die Platte ist daher als für saccharimetrische Zwecke geeignet zu betrachten.

II. Resultat der Dickenmessung.

Die Dicke der Quarzplatte, in der Mitte gemessen, wurde bei 20° C. gefunden zu:

$$d = 1,5932 \pm 0,0003 \text{ mm.}$$

Physikalisch-Technische Reichsanstalt
Abteilung II.

(Stempel
der Anstalt)

Hagen.

Aus den beiden Daten ergibt sich für spektral gereinigtes Natriumlicht als Drehungsvermögen des Quarzes bei 20° C. pro 1 mm Dicke

$$21^{\circ},725$$

d. h. eine Grösse, die bis auf $0^{\circ},001$ dem oben, S. 140, nach den Beobachtungen von Soret und Sarasin von mir adoptierten Wert entspricht.

Zu obiger Beschreibung der Fassung der Quarzplatte ist noch nachzutragen, dass dieselbe eine Röhre von 135 mm Länge darstellt, die am einen Ende und in einem Abstand von 120 mm gegen das andere Ende hin gleich dicke hervorragende Wulste besitzt. Ausserhalb des letzteren Wulstes ist die Platte in die Röhre

eingesetzt und wird an ihrer Stelle durch einen eingeschraubten Ring mit Tuchfütterung festgehalten; eine durch die Röhre und diesen Ring durchgehende Schraube, deren Schlitz nachträglich weggefeilt wurde, soll das Herausnehmen der Platte aus ihrer Fassung verhindern.

Diese neue Quarzplatte wurde mit ihrer Fassung nun ebenfalls in den Trog des Polaristrobometers eingelegt und mittels der erwähnten Vorrichtung wieder die Stellung der Fassung aufgesucht und markiert, wo die Plattennormale mit der optischen Axe des Fernrohrs zusammenfiel. Es war dies durch Drehung der Röhre um ihre Axe nur für eine bestimmte Lage möglich, was beweist, dass die Quarzplatte nicht ganz senkrecht auf der Röhrenaxe steht und ebenso die Trogaxe des Apparates der optischen Axe des Fernrohrs nicht genau parallel ist.

Nach dieser Justierung habe ich mit dieser Quarzplatte, die ich mit *P* 2 bezeichnen will, an denselben Tagen wie mit *R* unter Benutzung des auf zweierlei Art spektral gereinigten Natriumlichts entsprechende Messungen angestellt und folgende Resultate erhalten.

Spektral stark zerlegtes Natriumlicht; auf 20° C. reduzierte Mittel der vier Beobachtungsreihen:

34° 36',31	Mittel:
37,10	
37,02	34° 36',77 ± 0',29.
36,65	

Mit dem Prismenansatz gereinigtes Natriumlicht:

34° 37',10,	34° 36',33,	34° 36',94
Mittel: 34° 36',79 ± 0',30.		

Beide Werte stimmen mit dem in der Reichsanstalt erhaltenen:

$$34^{\circ},612 = 34^{\circ} 36',72$$

ganz befriedigend überein.

Mit ungereinigtem Natrium-Licht erhielt ich dagegen für diese Platte *P* 2 den Wert:

$$34^{\circ} 38',70,$$

der also um 2' zu gross erscheint, entsprechend wie dies auch die Platte *R* ergeben hatte.

Nach diesen Verifikationen können wir also sagen, dass das gut justierte Polaristrobometer im Mittel von Messungen in den beiden dunkeln Quadranten für spektral gereinigtes Natrium-Licht innerhalb der damit überhaupt zu erzielenden Genauigkeitsgrenze absolut richtige Drehungswinkel, wenigstens bis auf solche von 35° , liefert.

Die Thatsache, dass man speziell für die Zuckertechnik das Lippich'sche Halbschattenpolarimeter unter Aufgeben des grossen Vorteils der direkten Ablesung der Drehungsgrösse auch wieder mit einer Quarzkeil-Kompensation versehen hat, ist neben dem Einfluss der vis inertiae jedenfalls auch auf den Wunsch zurückzuführen, statt des homogenen Natrium-Lichts, dessen Herstellung immerhin einige Umstände verursacht und das auf die Länge der Zeit auch durch die entwickelten Dämpfe etwas lästig wird, das unmittelbar gegebene weisse Licht einer gewöhnlichen Petroleum- oder Gasflamme benutzen zu können. Es schien mir daher geboten, einen Versuch zu machen, auch beim Polaristrobometer, womöglich ohne Verwendung eines Quarzkeil-Kompensators, für technische Zwecke die Benutzbarkeit desselben mit einer gewöhnlichen weissen Lichtquelle zu erzielen.

Benutzung von weissem Licht mit Spektroskopansatz. Zu dem Ende wurde die S. 145 bereits erwähnte, statt des Kollimators am vordern Ende anzusetzende Spektroskopröhre konstruiert. Dieselbe wird zunächst vermittelt der Justierungsschrauben und einer vor die Spalte des Spektroskops gesetzten Natriumflamme fest so eingestellt, dass das Bild des 1 mm breiten Spaltes im Fernrohr durch das Fadenkreuz halbiert wird. Beleuchtet man darauf die Spalte mit einem Auergasbrenner oder einer Glühlampe von 50 Kerzenstärke, so sieht man im Gesichtsfeld einen Teil des Spektrums um das Gelb in der Mitte desselben, welches von dunkeln vom Rot gegen das Grün hin sich verengenden schwarzen Horizontalstreifen durchzogen ist. Durch Drehen des Analysators kann man wieder den hellen Querstreif über das Spektrum hinwandern und auf die Mitte des Fadenkreuzes sich einstellen lassen. Thut man dies ohne und mit eingelegtem drehendem Körper, so wird die Differenz offenbar die Drehungsgrösse für gelbes Licht von der Brechbarkeit der D-Linien resp. des Natrium-Lichts ergeben, und es

frägt sich nur, mit welcher Genauigkeit auf diese Weise die Drehung erhalten werde. Die bezüglichen Versuche haben folgendes ergeben. Die Einstellung des hellen Querstreifens auf das Fadenkreuz lässt sich bei einem Schattenwinkel von $e = 5^\circ$ und den oberwähnten Lichtquellen in den dunkeln Quadranten noch sehr gut ausführen und gewährt bei der Nullpunktbestimmung ohne vorgesezte Quarzplatte dieselbe Genauigkeit von $\pm 0',8$, wie ich sie bei Beleuchtung mit Natrium-Licht erhalten habe. Als aber die Quarzplatte R in den Apparat gelegt wurde, erschien diese Einstellung unsicherer. Da nämlich schon, wie wir gesehen haben, die beiden Linien D für eine Quarzplatte von 1 mm Dicke einen Unterschied der Drehung von $0^0,0355 = 2',13$ zeigen, so liegen im Spektrum unseres nicht sehr stark zerstreuen Amici'schen Prismas Strahlen mit starken Unterschieden der Drehung so nahe aneinander, dass nicht mehr ein eigentliches Auslöschen der Interferenzstreifen entsteht, sondern bei der betreffenden Farbe, für welche diese Bedingung durch die Stellung des Analysators erfüllt ist, bloss komplementäre Streifen in einer Zick-Zack-Linie aneinanderstossen. Diese Zick-Zack-Linie lässt sich nun allerdings unmittelbar nacheinander, wo man sich der betreffenden Lage noch erinnert, mit einer Genauigkeit von $\pm 1',6$ auf das Fadenkreuz einstellen, aber bei unterbrochenen Versuchen wählt man leicht eine etwas andere Stelle der Zick-Zack-Linie, so dass sich dann in den Mittelwerten Differenzen bis zu $3'$ ergeben können, wie folgende zwei Beobachtungsreihen zeigen. Mit Auerbrenner und einem Schattenwinkel von $e = 5^\circ$ fand ich für die Quarzplatte R an zwei aufeinanderfolgenden Tagen bei 20° die Werte:

$$22^\circ 2',97 \text{ und } 21^\circ 59',95,$$

$$\text{Mittel: } 22^\circ 1',46 \pm 1',51.$$

Auch der absolute Drehungswert bleibt, wie wir sehen, aus demselben Grunde einer Unsicherheit von $1-2'$ ausgesetzt. Immerhin wird man so bis auf ungefähr $\frac{1}{20}^\circ$ richtige absolute Werte gewinnen können, was für technische Zwecke genügen dürfte.

Benutzung von weissem Licht unter Anwendung eines Strahlenfilters. Herr Landolt¹⁾ hat zuerst zur Be-

¹⁾ Sitzungsber. der preuss. Akademie in Berlin 1894, S. 923; siehe auch Landolt, Das optische Drehungsvermögen etc. S. 387.

nutzung weissen Lichtes ohne prismatische Zerlegung desselben die Vorsetzung von solchen Strahlenfiltern bei den Polarimetern empfohlen, dass sie alle Strahlen bis auf eine ziemlich engbegrenzte Farbe absorbieren. Es schien mir wünschenswert, auch in dieser Richtung einen Versuch anzustellen. Leider findet sich unter den von Landolt angegebenen Farbenfiltern keines, welches genau genug der Linie D entspricht. Nach einigen Versuchen fand ich in Modifikation der von ihm für Gelb aufgeführten Kombination folgendes, dieser Bedingung entsprechendes Filter mit bloss zwei Flüssigkeiten:

37 g Nickelsulphat auf 100 cm³ Wasser in 30 mm dicker Schicht,
0,17 g Anilin-Orange II auf 100 cm³ Wasser in 15 mm dicker Schicht.

Ein Glaskästchen aus Spiegelglasplatten zusammengesetzt, mit einer 15 mm und einer 30 mm weiten Zelle wurde entsprechend wie das modifizierte Lippich'sche Filter (S. 146) vorn am Apparat angebracht und mit obigen Flüssigkeiten gefüllt. Selbst bei Benutzung eines Auerbrenners war aber die Schwächung auch des Gelb so stark, dass der Schattenwinkel auf $e = 17^{\circ},5$ vergrössert werden musste, um die Interferenzfransen noch genügend deutlich sehen zu können. Messungen an zwei Tagen mit der Quarzplatte R ergaben dann folgende Drehungsgrössen bei 20° C.:

$22^{\circ} 1',83$ und $22^{\circ} 2',81$

Mittel: $22^{\circ} 2',32 \pm 0',49$.

Die Sicherheit der einzelnen Einstellung betrug mit und ohne Quarzplatte in gleicher Weise $\pm 1',6$, so dass also diese Methode der Herstellung homogenen Lichts von der Brechbarkeit der Linien D aus dem weissen Licht etwas genauere Resultate auch in absolutem Sinne zu ergeben scheint, als die vorige mit spektraler Zerlegung so, wie sie das fünffache Amici'sche Prisma zu geben vermag.

Ich verkenne indessen nicht, dass es zur sicheren Begründung dieser Verhältnisse wohl noch einer grösseren Zahl von Beobachtungsreihen bedürfte. Leider war mir dies unter den obwaltenden Umständen nicht möglich.

Aus dem Aufgeführten kann man aber bereits schliessen, dass für technische Bedürfnisse beide Methoden der Beobachtung mit dem Polaristrobometer unter Benutzung einer weissen Lichtquelle genügen dürften, indem sie die Drehungsgrösse für gelbes Licht

entsprechend spektral gereinigtem Natrium-Licht jedenfalls mit einer absoluten Sicherheit von $1/30^0$ ermitteln lassen. Man kann dann nach Tafeln, die für dieses Licht berechnet sind, ebenso wie bei direkter Beleuchtung mit gereinigtem Natrium-Licht, die Konzentration der benutzten Zuckerlösung aus den gemessenen Drehungen entnehmen.

Nach den Beobachtungen von Tollens¹⁾ und Nasini²⁾ ist nämlich die Konzentration c , d. h. die in 100 cm³ Lösung enthaltene Menge Rohrzucker in Grammen nach der Formel:

$$c = 1,504 \cdot \frac{\alpha}{l}$$

zu berechnen, wo α die Drehung in Graden bezeichnet, welche die zu untersuchende Zuckerlösung in einer Röhre von l Decimeter Länge in spektral gereinigtem Natrium-Licht (oder Licht von entsprechender Wellenlänge, das auf andere Weise wie oben angedeutet erhalten worden ist) bewirkt. Wenn die Konzentration aber 30 übersteigen sollte, so wird obiger Zahlenwert etwas grösser, z. B. würde er um die Konzentration 60 herum 1,513 betragen. Für genauere Beobachtungen mit spektral gereinigtem Natrium-Licht gebe ich am Schluss eine Tabelle, welcher der Rohrzuckergehalt aus dem beobachteten Drehungswinkel unmittelbar bis zur Konzentration 60 sicher zu entnehmen ist.

Ferner ist nach den Beobachtungen von Tollens³⁾ die Konzentration c' einer Lösung von Traubenzucker oder Harnzucker (Glukose) in Wasser aus der beobachteten Drehung α' auch wieder für gereinigtes Natrium-Licht oder dem entsprechendes nach der Formel:

$$c' = 1,894 \cdot \frac{\alpha'}{l}$$

zu berechnen, die aber auch wieder nur bis zur Konzentration von ungefähr 15 zu benutzen ist. Bei höhern Konzentrationen wird der vorstehende Zahlenwert kleiner, z. B. für Konzentrationen um 30 herum schon 1,868.

¹⁾ Bericht der Deutschen Chem. Gesellschaft Bd. X, S. 1403. 1877.

²⁾ Public. de lab. chim. centr. delle gabelle. Roma 1891, p. 47, siehe auch Landolt, Das optische Drehungsvermögen S. 419 und folg.

³⁾ Berichte der Deutsch. Chem. Ges. Bd. XVII, S. 2238. 1884.

Aus obigen Formeln folgt nun, dass die im Polaristrobometer bei gereinigtem Natrium-Licht beobachtete Drehung α in Graden und dezimalen Bruchteilen davon unmittelbar die in 100 Kubik-Centimeter Lösung enthaltene Gewichtsmenge Rohrzucker in Grammen und Bruchteilen davon angeben würde, wenn wir die Rohrzuckerlösung in einer Röhre von $l = 1,504$ Decimeter Länge untersucht haben; und dass die analog gemessene Drehung α' die in 100 Kubik-Centimeter Lösung enthaltene Gewichtsmenge Traubenzucker oder Harnzucker in Grammen darstellt, wenn wir diese Lösung in einer Röhre von $l = 1,894$ Decimeter Länge eingeschlossen haben.

Demgemäss kann man zur Vereinfachung der ganzen Operation, d. h. zur unmittelbaren Ablesung der Konzentration dieser beiderlei Zuckerlösungen am geteilten Kreise dem Apparat besondere Röhren von der obigen Länge begeben, wobei man sich aber stets bewusst sein muss, dass dann nur bis zur Konzentration 30 für Rohrzuckerlösung und bis zur Konzentration 15 für Traubenzucker oder Harnzuckerlösungen eine Sicherheit des Resultates von nahe $\frac{1}{10}$ Prozent zu erwarten ist.

Entsprechend den erwähnten geringern Genauigkeitsanforderungen der Zuckertechnik haben die Herren Pfister und Streit in Bern sich entschlossen, neben dem früher beschriebenen noch ein einfacheres Instrument zu konstruieren, bei welchem der Kreis nur in halbe Grade geteilt ist, mit dem einzelnen, oben befindlichen Vernier $0,1$ Kreisteil resp. $\frac{1}{20}^\circ$ abgelesen wird und die Feinstellung mit Mikrometerschraube wegfällt. Ebenso ist hier der Einsatz für das Halbschatten-Nikol fortgelassen. Der Schattenwinkel resp. Winkel der Polarisationssebene des Polarisators vorn mit dem Hauptschnitt der Savart'schen Platte ist auf $17\frac{1}{2}^\circ$ fixiert und zur Verwandlung der Strahlen der weissen Lichtquelle — Auerbrenner einer Gaslampe oder eine andere weisse Lichtquelle von entsprechender Intensität: 50—70 Kerzen — in nahezu homogenes Licht von der Brechbarkeit der Linie D wird eine zweizellige Absorptionsröhre mit Nickelsulphat und Anilin-Orange-Lösungen wie sie S. 151 angegeben ist, vorgesetzt. Zum Einlegen in den Trog des Apparats sind dem Vorigen gemäss Röhren von 1,504 und 1,894 Decimeter Länge demselben begegeben, so dass bei Füllung der ersteren mit Rohrzucker-Lösung und der letztern mit Trauben-

oder Harnzucker-Lösung die in Graden und decimalen Bruchteilen derselben bestimmten Drehungswinkel unmittelbar den Gehalt dieser Lösungen an den betreffenden Zuckerarten in Grammen und decimalen Bruchteilen derselben pro 100 Kubik-Centimeter angeben. — Selbstverständlich werden die Verfertiger auf besondern Wunsch auch für die erst angegebene Art der Benutzung von weissem Licht statt der Absorptionsröhre einen Spektroskop-Ansatz und eine Gaslampe für Natrium-Licht zur Einstellung des Spektroskops auf gelbes Licht für dieses einfachere Instrument liefern.

Die genauern Instrumente werden entgegen der frühern Beschreibung in Zukunft Kreisteilungen in $1/4^{\circ}$ mit Vernier-Ablesung bis zu $1/100^{\circ}$ erhalten und es wird denselben zur Reinigung des Natrium-Lichts der Gasflamme je nach Wunsch entweder der S. 145 beschriebene Spektroskop-Ansatz beigegeben oder die ebenda weiter unten erwähnte aus zwei gleichen, 15 mm weiten Zellen bestehende Absorptionsröhre, wovon die eine mit Uranosulphatlösung nach Lippich und die andere mit einer Lösung von 0,8 g Anilin-Orange II auf 1 Liter Wasser zu füllen sind.

Für den speziellen Gebrauch des genauern Instrumentes als Saccharimeter wässriger Rohrzuckerlösungen habe ich nach der Formel:

$$\alpha = \frac{c}{100} \cdot l \left[\alpha \right]_{D,c}^{20}$$

wo l die Länge der mit Rohrzuckerlösung gefüllten Röhre in Decimetern und $\left[\alpha \right]_{D,c}^{20}$ das spezifische Drehungsvermögen solcher Zuckerlösungen bei 20° C. von der Konzentration c und für Licht von der Brechbarkeit der Linie D im Spektrum, beziehungsweise für gereinigtes Natriumlicht darstellt¹⁾, die verschiedenen Konzentrationen c (i. e. die Quantität Zucker in Grammen in 100 Kubik-Centimeter Lösung) entsprechenden Drehungswinkel α unter der Voraussetzung, dass $l = 1$ sei berechnet und daraus dann durch Interpolation die folgende Tabelle abgeleitet, welche unmittelbar für die mit Röhren

¹⁾ Landolt hat hiefür aus den Beobachtungen von Tollens und Nasini, die für c von 0 bis 65 geltende Formel abgeleitet (siehe Opt. Drehungsvermögen S. 421)

$$\left[\alpha \right]_{D,c}^{20} = 66,435 + 0,00870 \cdot c - 0,000235 \cdot c^2.$$

von 100 mm Länge gemessenen Drehungswinkel die zugehörigen Konzentrationen der betreffenden Zuckerlösung angiebt. Die Tabelle geht von Grad zu Grad von 0 bis 42°; für die Zehntel-Grade findet man die hinzuzuaddierenden Konzentrationsgrößen unter den Proportional-Teilen nach der dem betreffenden Grad-Intervall entsprechenden Differenzgröße und die den Hundertstel-Größen zukommenden Konzentrationsgrößen sind aus diesen durch Versetzung um eine Stelle zu finden.

Ehe man aber mit den unmittelbar erhaltenen Drehungswinkeln diese Tafel benutzt, sind dieselben noch jeweilen auf die Normaltemperatur von 20° C. nach der Formel:

$$\alpha_{20} = \alpha_t + \alpha_t (t - 20^{\circ}) \cdot 0,000217 = \alpha_t + K$$

zu reduzieren, wo α_t den bei t° C. der Lösung beobachteten Drehungswinkel und α_{20} den auf 20° reduzierten Wert desselben darstellen¹⁾.

Die nachstehende kleine Tabelle giebt die Werte der Korrektion K für verschiedene Werte des Produkts $\alpha_t \cdot (t - 20^{\circ})$:

$\alpha_t \cdot (t - 20^{\circ})$	K
10	0,0022
20	0,0043
30	0,0065
40	0,0087
50	0,0108
60	0,0130
70	0,0152
80	0,0174
90	0,0195

Diese Korrektion ist zu α_t zu addieren, wenn t grösser als 20° und im umgekehrten Fall zu subtrahieren. Für grössere oder kleine Werte des Produkts, als oben angegeben, ist die Korrektion, wie leicht ersichtlich, durch Zusammensetzung aus dieser Tabelle ebenfalls sofort zu finden.

Sodann sind die Drehungswinkel, welche man bei Benutzung von 200 mm langen Röhren findet, zu halbieren, ehe man damit in die Tabelle eingeht.

Für die erst angefertigten Instrumente mit Ablesung von Minuten statt dezimaler Bruchteile des Grades habe ich noch eine Tabelle zur Verwandlung jener in diese beigegeben.

¹⁾ Diese Formel ist abgeleitet aus der bei Landolt, Opt. Drehungsvermögen S. 531 nach den Beobachtungen von Schönrock gegebenen.

Tabelle für Rohrzucker-Lösungen.

			Proportional-Teile			Verwandlung d. Minuten in decimale Teile d. Grades				
°	g	Diff.	°			'	°	'	°	
0	0,000			1,505	1,508	1,511				
1	1,505	1,505	0,1	0,150	0,151	0,151	1	0,017	11	0,183
2	3,009	1,504	0,2	0,301	0,302	0,302	2	0,033	12	0,200
3	4,513	1,504	0,3	0,451	0,452	0,453	3	0,050	13	0,217
4	6,017	1,504	0,4	0,602	0,603	0,604	4	0,067	14	0,233
5	7,520	1,503	0,5	0,752	0,754	0,755	5	0,083	15	0,250
6	9,023	1,503	0,6	0,903	0,905	0,907	6	0,100	16	0,267
7	10,526	1,503	0,7	1,053	1,056	1,058	7	0,117	17	0,283
8	12,029	1,503	0,8	1,204	1,206	1,209	8	0,133	18	0,300
9	13,532	1,503	0,9	1,354	1,357	1,360	9	0,150	19	0,317
10	15,035	1,503					10	0,167	20	0,333
				1,515	1,518	1,521				
11	16,538	1,503	0,1	0,151	0,152	0,152	21	0,350	31	0,517
12	18,041	1,503	0,2	0,303	0,304	0,304	22	0,367	32	0,533
13	19,544	1,503	0,3	0,454	0,455	0,456	23	0,383	33	0,550
14	21,048	1,504	0,4	0,606	0,607	0,608	24	0,400	34	0,567
15	22,552	1,504	0,5	0,757	0,759	0,760	25	0,417	35	0,583
16	24,057	1,505	0,6	0,909	0,911	0,913	26	0,433	36	0,600
17	25,562	1,505	0,7	1,060	1,063	1,065	27	0,450	37	0,617
18	27,068	1,506	0,8	1,212	1,214	1,217	28	0,467	38	0,633
19	28,575	1,507	0,9	1,363	1,366	1,369	29	0,483	39	0,650
20	30,082	1,507					30	0,500	40	0,667
				1,524	1,528	1,533				
21	31,590	1,508	0,1	0,152	0,153	0,153	41	0,683	51	0,850
22	33,100	1,510	0,2	0,305	0,306	0,307	42	0,700	52	0,867
23	34,611	1,511	0,3	0,457	0,458	0,460	43	0,717	53	0,883
24	36,122	1,511	0,4	0,610	0,611	0,613	44	0,733	54	0,900
25	37,634	1,512	0,5	0,762	0,764	0,766	45	0,750	55	0,917
26	39,148	1,514	0,6	0,914	0,917	0,920	46	0,767	56	0,933
27	40,663	1,515	0,7	1,067	1,070	1,073	47	0,783	57	0,950
28	42,179	1,516	0,8	1,219	1,222	1,226	48	0,800	58	0,967
29	43,697	1,518	0,9	1,372	1,375	1,380	49	0,817	59	0,983
30	45,216	1,519					50	0,833	60	1,000
				1,537	1,543					
31	46,737	1,521	0,1	0,154	0,154		0,1	0,002		
32	48,260	1,523	0,2	0,307	0,309		0,2	0,003		
33	49,784	1,524	0,3	0,461	0,463		0,3	0,005		
34	51,310	1,526	0,4	0,615	0,617		0,4	0,007		
35	52,838	1,528	0,5	0,768	0,771		0,5	0,008		
36	54,369	1,531	0,6	0,922	0,926		0,6	0,010		
37	55,902	1,533	0,7	1,076	1,080		0,7	0,012		
38	57,436	1,534	0,8	1,230	1,234		0,8	0,013		
39	58,973	1,537	0,9	1,383	1,388		0,9	0,015		
40	60,513	1,540								
41	62,056	1,543								
42	63,601	1,545								

Zürich, 6. Februar 1899.