7. *Über ein neues Halbschattenpolarimeter;* *von L. Zehnder.*

1. Vor nahezu vier Jahren veröffentlichte ich das Prinzip eines neuen Halbschattenpolarimeters für elliptisch polarisiertes Licht¹⁾. Ein solches Polarimeter nebst Soleil-Babinetschem Kompensator²⁾ ist inzwischen von Schmidt & Haensch zu einem entsprechend abgeänderten von denselben bezogenen Goniometer nach Viktor von Lang für das physikalische Laboratorium der Ausbildungskurse am Kaiserl. Telegraphen-Versuchsamt angeschafft worden. Als Polarisator dient hierbei ein einfaches Nicol, als Analysator des durch den genannten Kompensator in geradliniges übergeführten elliptisch polarisierten Lichtes die neue Kombination eines kleinen Nicols mit einer Rauchglasplatte. Ich möchte hier über die genauere Konstruktion und Handhabung des Polarimeters, über seine Einstellung und seine Empfindlichkeit einige Angaben machen.

Nachdem das Fernrohr und das Spaltrohr des Goniometers in bekannter Weise senkrecht zur Drehachse des Goniometertischchens orientiert und auf Unendlich eingestellt sind, wird der Spalt weit geöffnet und mit breiter Natriumflamme beleuchtet (ich verwende den Brenner von Schmidt & Haensch, bei dem das Natriumsalz auf einem ausgehöhlten Platinring im Bunsenbrenner verdampft). Aus dem Spaltrohr tritt dann ein homogenes Bündel parallelen Lichtes aus und durch das polarisierende auf dem Spaltrohr *C* (Figur) hinter seinem Objektiv *O* angebrachte Nicol *P* hindurch. Um diesem geradlinig polarisierten Lichtbündel jede gewünschte Polarisationsrichtung geben zu können, ist das polarisierende Nicol um die Spaltrohrachse drehbar; ein mit dem Nicol fest verbundener, teils grob teils durch eine Präzisionsschraube S_1 fein verstell-

1) L. Zehnder, Verhandl. d. Deutsch. Physik. Gesellsch. 6. p. 837. 1904.

2) P. Drude, Optik. p. 237. 1900.

barer Teilkreis T_1 läßt an einem Nonius die Drehung in Graden und Minuten ablesen. Das aus diesem Polarisator austretende polarisierte Lichtbündel wird nun auf die zu untersuchende spiegelnde Fläche gerichtet und muß von ihr in der Richtung der Fernrohrachse ins Fernrohr F hineinreflektiert werden.

Das reflektierte Lichtbündel durchsetzt zuerst den Soleil-Babinetschen Kompensator K (Figur), der mit dem Fernrohr koaxial vor seinem Objektiv befestigt ist. Dieser Kompensator besteht bekanntlich im wesentlichen aus zwei planparallelen Quarzplatten, eine c von konstanter Dicke, die andere wie beim einfachen Babinetschen Kompensator von veränderlicher Dicke, indem sie hier wie dort aus zwei Keilen a und b zusammengesetzt ist, von denen der eine b mehr oder weniger über den andern a geschoben werden kann. Die optischen Achsen der Quarze sind in beiden planparallelen Platten senkrecht zur Fortpflanzungsrichtung des sie durchsetzenden Lichtbündels und überdies in beiden Platten senkrecht zueinander (also in beiden Keilen gleich) orientiert, wie in der Figur durch Striche bzw. durch Punktierung angedeutet wurde. Daher wird ein diesen Kompensator nach der Fernrohrachse durchsetzendes, in beliebiger Orientierung geradlinig polarisiertes homogenes Lichtbündel im allgemeinen in zwei senkrecht zueinander polarisierte Komponenten zerlegt, die ihn mit einer bestimmten Phasendifferenz verlassen, und zwar wird hier (zum Unterschied vom gewöhnlichen Babinetschen Kompensator) das Lichtbündel im ganzen Bereich des Gesichtsfeldes gleich beeinflusst. Umgekehrt wird ein in diesen Kompensator eintretendes elliptisch polarisiertes homogenes Parallelstrahlenbündel ihn als geradlinig polarisiertes Parallelstrahlenbündel

verlassen, wenn durch passende Verschiebung der Quarzkeile den beiden Komponenten ihre Phasendifferenz genommen, d. h. auf Null (oder auf $\pm \pi$, $\pm 2\pi$. . .) zurückgeführt wird. In meinem Polarimeter hat der Kompensator stets den Zweck, das reflektierte mehr oder weniger elliptisch polarisierte in ein geradlinig polarisiertes Lichtbündel zu verwandeln.

Das reflektierte durch den Kompensator geradlinig polarisierte Lichtbündel tritt in den Halbschattenanalysator A (Figur) ein, der aus einem kleinen Nicol N Glanscher Konstruktion und aus einer planparallelen Rauchglasplatte R besteht. Ein kreisförmiges Diaphragma D begrenzt außen das Gesichtsfeld; eine Hälfte des Gesichtsfeldes wird also durch das Nicol, die andere Hälfte durch die Rauchglasplatte beleuchtet. Mit diesem Analysator ist gleichfalls ein Teilkreis T_2 fest verbunden, den man um die Fernrohrachse drehen und teils grob, teils durch eine Präzisionsschraube S_2 fein verstellen kann, wobei am Nonius Grade und Minuten abzulesen sind. Dreht man also den Analysator um 360° , so wird die von seinem Nicol bedeckte Gesichtsfeldhälfte zweimal ganz dunkel, zweimal ganz hell, wenn das in den Analysator eintretende Lichtbündel geradlinig polarisiert ist. Die von der Rauchglasplatte bedeckte Gesichtsfeldhälfte behält dagegen, ihrer Absorption des Lichtes entsprechend, die ziemlich geringe, aber von der Drehung des Analysators unabhängige gleichmäßige Halbschattenhelligkeit bei, wie sie zu den Messungen als die vorteilhafteste erschienen ist. Zu beiden Seiten jeder Dunkeleinstellung des Nicols findet man daher mit diesem Analysator bei seiner Drehung je eine Einstellung für Halbschattengleichheit, zwischen denen die Dunkelstellung des Nicols in der Mitte liegt.

Mit diesem Analysator kann übrigens wie mit dem einfachen Nicol unmittelbar auf größte Dunkelheit seines Nicols eingestellt werden; weil man dabei durch die Rauchglasplatte immer etwas Licht erhält, weiß man jederzeit genau, wo der verschwindende Nicolhalbkreis ist, und man kann daher sein Verschwinden und Wiedererscheinen besser beurteilen, als wenn das ganze Gesichtsfeld vorübergehend vollkommen dunkel würde.

Der Analysator wird mit dem Goniometerfernrohr F beobachtet, dessen Okularlinse durch einen Okularspalt ersetzt

wird, so daß man auf das Diaphragma D und die nahezu in seiner Ebene befindliche, das Gesichtsfeld halbierende Nicol-kante des Analysators scharf einstellen kann. Der Okularspalt läßt sich erweitern oder verengern, je nachdem das reflektierte Lichtbündel zu geringe oder zu große Intensität hat. Zum bloßen Suchen des reflektierten Lichtbündels nimmt man den Okularspalt am besten ganz heraus.

2. Für die Untersuchung elliptisch polarisierten Lichtes wird das Halbschattenpolarimeter in ähnlicher Weise eingestellt, wie die anderen Polarimeter. Um das Halbschattenprinzip sogleich verwerten zu können, beginnen wir mit dem Einstellen des Analysators. Wir befestigen also einen Glaskörper mit spiegelnder Fläche, z. B. ein Glasprisma, so auf dem Goniometertischchen und orientieren ihn mit Hilfe des seitlich beleuchteten und von der Fläche zurückgespiegelten Fernrohrfadenkreuzes (des Autokollimationsokulars) so, daß die genannte Fläche möglichst genau die Drehachse des Goniometers enthält. An dieser Glasfläche lassen wir das aus dem Spaltrohr austretende Parallelstrahlenbündel unter dem Polarisationswinkel des Glases (etwa 58°) reflektieren und richten das Fernrohr mit dem Analysator auf das reflektierte Parallelstrahlenbündel. Wäre die Voraussetzung richtig, daß das an einer Glasfläche unter dem Polarisationswinkel reflektierte Licht vollkommen geradlinig polarisiert sei, so würden wir nun mit unserem Analysator, wenn wir ihn drehen, in seiner einen Hälfte, auf der Nicolseite, eine vollkommene Verdunkelung erhalten; tatsächlich ist die Verdunkelung keine vollständige. Das liegt wohl zum Teil daran, daß der gewählte Einfallswinkel (58°) noch nicht genau dem Polarisationswinkel unserer Glassorte entspricht. Um den zum benutzten Glase gehörigen Polarisationswinkel genauer zu erhalten, drehen wir zuerst den Analysator um die Fernrohrachse bis zur Halbschattengleichheit (nicht bis zur stärksten Verdunkelung) und verändern dann den Einfallswinkel durch entsprechende Drehungen des Goniometertischchens und des Beobachtungsfernrohres, bis wir bei einem bestimmten Einfallswinkel die stärkste Verdunkelung im Halbschattenbild gefunden haben. Dies ist dann der Polarisationswinkel, auf den wir die reflektierende Glasfläche sowie das Beobachtungsfernrohr bleibend einstellen. Je weniger sich

dabei die Nicolverdunklung von der Halbschattengleichheit unterscheidet, in um so engere Grenzen kann man den Polarisationswinkel einschließen. Durch geeignetes Drehen und Einstellen des Analysators läßt sich jeder Grenzenabstand erreichen. Nun erhalten wir die dunkelste Nicolstellung, die diesem Einfallswinkel, dem Polarisationswinkel entspricht, durch Hin- und Herdrehen des Analysators um seine Achse jeweils bis zum Verdunkeln oder bis zum ersten Sichtbarwerden des Nicolhalbkreises von beiden Seiten her und durch Mittelnehmen aus beiden Einstellungen, oder wir stellen eben nach dem Halbschattenprinzip noch genauer ein, indem wir aus der dunkelsten Nicolstellung den Analysator einmal rechts herum bis zur Halbschattengleichheit, einmal links herum bis zur Halbschattengleichheit drehen, beide Stellungen ablesen und dann aus ihnen das Mittel nehmen. Auf dieses Mittel wird der Analysator bleibend eingestellt. Sodann entfernen wir den reflektierenden Glaskörper, bringen das Fernrohr mit dem Analysator in die Richtung des Spaltrohres, so daß Spaltrohrachse und Fernrohrachse zusammenfallen, und drehen bei unverändertem Analysator das nun auf das Spaltrohr aufgesetzte polarisierende Nicol mit seinem Teilkreis in analoger Weise hin und her, um zwei seiner benachbarten Stellungen zu finden, die sich im Analysator durch Halbschattengleichheit zu erkennen geben; das Mittel aus beiden Einstellungen ergibt dann die zum Analysator gekreuzte Stellung des polarisierenden Nicols, auf die wir dieses Nicol einstellen. Da wir bei vollständigen Drehungen um 360° sowohl für die Analysatornicol- als auch für die Polarisatornicol-Dunkelstellungen je 2 um 180° verschiedene Werte finden, die von je zwei Halbschatteneinstellungen eingeschlossen werden, so müssen je vier entsprechende Halbschatteneinstellungen beobachtet werden.

Nun wird der Soleil-Babinetsche Kompensator zwischen beide Polarisationsvorrichtungen gebracht, indem er vor dem Analysator auf das Goniometerfernrohr gesteckt wird, wie die Figur zeigt. Er ist um die Fernrohrachse drehbar; es können nämlich jetzt die optischen Achsen der Quarzplatten des Kompensators mit Hilfe des Halbschattenanalysators genauer parallel bzw. senkrecht zur Goniometerachse orientiert werden, als es wohl sonst möglich wäre, wie weiter unten gezeigt wird.

Bevor man aber weiß, welchen Phasendifferenzen die verschiedenen Kompensatorstellungen entsprechen, wird nur die Goniometerachse mit der Libelle vertikal und der Kompensator durch Auflegen der Libelle auf sein Gehäuse horizontal eingestellt. Dann werden Polarisator und Analysator um ihre Drehachsen um je 45° aus den oben gefundenen Stellungen in demselben Sinne gedreht und befestigt. Wenn nun durch den weit geöffneten Spalt Natriumlicht eingelassen wird, so tritt aus dem polarisierenden Nicol ein in seiner Schwingungsrichtung um 45° gegen die Goniometerdrehachse geneigtes Parallelstrahlenbündel aus und dies wird im Kompensator in zwei gleich starke senkrecht zueinander polarisierte Komponenten zerlegt, die sich beim Austritt aus dem Kompensator wieder zu einem einzigen geradlinig-, elliptisch- oder zirkularpolarisierten Bündel zusammensetzen, je nach der ihnen im Kompensator erteilten Phasendifferenz. Die Vorrichtung ist nunmehr für die Untersuchung des reflektierten elliptischpolarisierten Lichtes brauchbar, weil dies Licht durch den Kompensator in geradlinig polarisiertes verwandelt und dann mit Hilfe des Analysators untersucht werden kann.

3. Zuerst wird die Kompensatortrommelteilung ausgewertet, nämlich in Phasendifferenzen beider Komponenten durch π ausgedrückt; auch dies wird mit Hilfe des Analysators nach dem Verfahren der Halbschatteneinstellung ausgeführt: Der bewegliche Kompensatorkeil wird zuerst so lange verschoben, bis das Analysatornicol dunkel zeigt, dann wird er zuerst in der einen, nachher in der anderen Richtung weiter verschoben, bis der Analysator jedesmal Halbschattengleichheit erkennen läßt. Das Mittel aus beiden Einstellungen des Kompensatorkeiles ergibt die zur Dunkleinstellung des Analysators gehörige Kompensatoreinstellung genauer, als wenn man auf Dunkelheit des Analysatornicols selber einstellen würde. Damit die Genauigkeit, die mit solchen Einstellungen erreicht wird, besser beurteilt werden kann, sollen in der nebenstehenden Tab. 1 je sechs Ablesungen der Trommelteile auf der Kompensatorschraubenspindel, wie sie den beiden oben erwähnten Halbschatteneinstellungen a) und b) entsprechen, und ebensolche sechs Ablesungen c) und d) für die um die Phasendifferenz 2π verschobenen Kompensatorstellungen angegeben werden:

Tabelle 1.

a) 4121,7	b) 4349,7	c) 6805,6	d) 7032,0
4,4	50,6	6,8	0,8
3,0	52,8	5,5	5,1
4,5	49,7	6,8	1,1
6,6	48,6	7,6	3,1
6,9	50,4	7,6	4,9
Mittel 4124,52	4350,30	6806,65	7032,83
4287,41		6919,74	

Die Differenz der beiden Hauptmittel, also 2682,33 Trommelteile des Kompensators, entspricht daher einer Phasenverschiebung von 2π . Man sieht, daß die größte Abweichung der einzelnen Einstellung vom zugehörigen Mittel nur etwa 1,04 Promille der gesuchten Differenz beträgt, so daß offenbar die Einstellung dieses Soleil-Babinetschen Kompensators mit Hilfe des Halbschattenanalysators weit genauer ist, als die Einstellung eines gewöhnlichen Babinetschen Kompensators mit Hilfe eines Nicols. Denn bei diesem muß man, der Phasendifferenz 2π entsprechend, jeweils um einen Interferenzstreifen verschieben, und bei ebenso zahlreichen Beobachtungen ist es wohl kaum möglich, genauer einzustellen, als daß die größte Abweichung der einzelnen Einstellungen vom Mittel höchstens noch $\frac{1}{50}$ Streifenbreite beträgt. Etwa 20mal genauer, das heißt einer tausendstel Streifenbreite entsprechend, läßt sich aber nach dem oben beschriebenen Verfahren mit dem Soleil-Babinetschen Kompensator und dem Halbschattenanalysator einstellen.

4. Die mit der Libelle gefundene Kompensatorstellung kann nun in folgender Weise korrigiert werden: Man dreht den Polarisator wieder um 45° zurück und stellt den Kompensator auf die Phasendifferenz π fest ein, d. h. man verschiebt diesen aus einer der beiden gefundenen Stellungen um 1341,2 Trommelteile. Nun werden die zugehörigen Halbschattenstellungen des Analysators gesucht. Ihr Mittel muß mit dem früher gefundenen Mittel der zum Polarisator gekreuzten Analysatorstellung genau übereinstimmen, sonst wird der Kompensator noch etwas um die Fernrohrachse gedreht, bis diese Bedingung erfüllt ist. Diese Einstellungsmethode des

Kompensators ist sehr empfindlich, läßt also große Genauigkeit zu. Meine Einzeleinstellungen des Analysators auf Halbschattengleichheit wichen bei diesen Justierungen höchstens um zwei Minuten vom Mittel ab und der Kompensator ließ sich leicht so drehen, daß die durch seinen Orientierungsfehler bewirkte Veränderung der Analysatoreinstellung nur etwa 0,2 Minuten betrug. (Gleichfalls brauchbar, wenn auch etwas weniger genau, ist die analoge Korrektion, wenn man den Polarisator auf 45° und den Kompensator wieder auf die Phasendifferenz π einstellt; der Analysator muß dann nicht gekreuzt mit dem Polarisator, sondern parallel zu ihm dunkel zeigen.) Weil ein Fehler in der Achsenrichtung des Kompensators in der Nähe des Haupteinfallswinkels stark falsche Werte für die gefundenen Phasenverschiebungen ergibt¹⁾, sollte auch mit dem Kompensator ein Teilkreis mit Präzisionsschraube und Nonius verbunden werden, wie beim Polarisator und beim Analysator. Nachdem die Einstellung des Kompensators korrigiert ist, dreht man Polarisator und Analysator wieder um 45° im selben Sinne. Ist einmal die zu der Phasendifferenz π beider Komponenten gehörige Kompensatorstellung bekannt, so wird man nach dem soeben beschriebenen genaueren Verfahren (ohne Libelle) den Kompensator einstellen, sobald die gekreuzte Polarisator- und Analysatorstellung gefunden ist.

5. Verschieben wir nun den Kompensatorkeil aus einer seiner beiden für die Phasendifferenz 2π benutzten Einstellungen oder aus der Einstellung für die Phasendifferenz π um den vierten Teil der für 2π geltenden Differenz, also um 670,6 Trommelteile, so wird einfallendes zirkularpolarisiertes Licht durch den Kompensator in geradlinigpolarisiertes verwandelt. Daher können wir nun mit dieser Einstellung unseres Polarimeters den Haupteinfallswinkel einer Metallreflexion und das zugehörige Hauptazimut in bekannter Weise bestimmen, eine Totalreflexion in Glas analog untersuchen usw.

6. Einstweilen interessierte ich mich für das Verhalten der beiden senkrecht und parallel zur Einfallsebene polarisierten Komponenten bei der gewöhnlichen Glasreflexion. Jamin hat gefunden, daß die Phasendifferenz dieser beiden Komponenten

1) Vgl. P. Drude, Wied. Ann. 34. p. 491. 1888.

in der Nähe des Polarisationswinkels sehr rasch um π zunehme, fast sprungweise, und daß dem Polarisationswinkel die Phasendifferenz $\pi/2$ der beiden Komponenten entspreche, weshalb er den Polarisationswinkel, wie er sich aus Brewsters Gesetz ergibt, ohne weiteres als den Haupteinfallswinkel bezeichnete.¹⁾ Eine besondere Schwierigkeit liegt bei solchen Versuchen darin, daß die Intensität der einen Komponente bei der Reflexion unter dem Polarisationswinkel fast verschwindet, während die andere Komponente noch in voller Intensität reflektiert wird. Diese Schwierigkeit läßt sich umgehen, wenn man die Polarisationsrichtung des zur Reflexion gelangenden Lichtes durch Drehung des Polarisators so ändert, daß beide reflektierten Komponenten gleiche Intensität erhalten²⁾, wenn man also das polarisierende Nicol in dem Sinne dreht, daß die stärker reflektierte Komponente geschwächt, die schwächer reflektierte verstärkt wird. Zur Prüfung der Leistungsfähigkeit meines neuen Polarimeters schien es mir aber von größerem Interesse zu sein, die schwierigere Untersuchung mit zwei Einfallskomponenten gleicher Intensität durchzuführen. Ich stellte also, wie oben angegeben, das polarisierende Nicol auf 45° , den Kompensator auf die Phasendifferenz $\pi/2$ ein und untersuchte die Reflexion an einem gewöhnlichen Glasprisma genau so, wie man bei der Metallreflexion Haupteinfallswinkel und Hauptazimut aufsucht.

7. Um den Haupteinfallswinkel des benutzten Glases durch einen Vorversuch zu finden, drehte ich die reflektierende Glasfläche und das Goniometerfernrohr stufenweise weiter, bis jedesmal das aus dem Spaltrohr kommende Licht möglichst stark ins Fernrohr reflektiert wurde; das Suchen und die Beobachtung erfolgte hierbei immer ohne Okularspalt (vgl. p. 988). Gleichzeitig wurde der Analysator so weit um seine Achse gedreht, bis sein Nicol möglichst dunkel erschien. Man ist beim Haupteinfallswinkel angelangt, wenn das Analysatornicol die stärkste Verdunkelung zeigt. Diese dunkelste Nicolstellung läßt sich noch ziemlich gut abschätzen (vgl. p. 987). Genauer wird aber der Haupteinfallswinkel mit der Halbschatten-

1) J. Jamin, Pogg. Ann., Erg.-Bd. III. p. 250 ff. 1853.

2) P. Drude, Wied. Ann. 36. p. 534. 1889.

einstellung des Analysators in folgender Weise gefunden: Bei dem durch den beschriebenen Vorversuch bestimmten Haupteinfallswinkel stellt man den Analysator auf seine dunkelste Nicolstellung ein, oder man stellt zwischen Dunkelstellung und Halbschattengleichheit ein, schiebt nun den Okularspalt ins Fernrohr ein und dreht dann bei unveränderlicher Analysatoreinstellung die reflektierende Fläche und das Fernrohr so weit in der einen Richtung um die Goniometerachse, bis man bei stärkster Lichtreflexion die Halbschatteneinstellung des Analysators wahrnimmt. Dann wird in der anderen Richtung nach der anderen Seite des Haupteinfallswinkels gedreht und die entsprechende Halbschatteneinstellung gesucht. Das Mittel aus beiden Einstellungen, die natürlich mehrfach wiederholt und abgelesen werden, ergibt den Haupteinfallswinkel, auf den man den reflektierenden Spiegel und das Fernrohr fest einstellt. Dreht man sodann den Analysator um seine Achse im einen und im anderen Sinne, so findet man gleichfalls zwei benachbarte Halbschatteneinstellungen, deren Mittel uns das Hauptazimut ergibt. In dieser Weise sind für jede Halbschattengleichheit je sechs Einstellungen und Ablesungen gemacht worden, und zwar für die Reflexion unter dem Haupteinfallswinkel nach der linken und für die Reflexion nach der rechten Seite, so daß sich aus der Berechnung der doppelte Wert des Haupteinfallswinkels ergibt. Tab. 2 stellt die abgelesenen Teilkreiswerte für den Haupteinfallswinkel dar und zwar a) und b) auf der linken Seite, c) und d) auf der rechten Seite. Die beiden Richtungen des Mittels von a) und b) und des Mittels von c) und d) schließen den Winkel der beiden unter den Haupteinfallswinkeln reflektierten Strahlen ein.

Tabelle 2.

a)	139° 22,0'	b)	157° 35,5'	c)	267° 32,5'	d)	285° 42,5'
	43,5		33,5		45,5		34,0
	24,0		23,0		48,0		35,0
	32,5		6,0		59,0		33,0
	33,0		17,0		54,0		38,0
	49,5		19,0		49,0		29,0
Mittel	139° 34,1'		157° 22,3'		267° 48,0'		285° 35,2'
	148° 28,2'				276° 41,6'		

Die Differenz beider Winkel ist $128^{\circ} 13,4'$, folglich der doppelte Haupteinfallswinkel $180^{\circ} - 64^{\circ} 6,7'$ und der Haupteinfallswinkel selber $90^{\circ} - 32^{\circ} 3,35' = 57^{\circ} 56,65'$. Die größte Abweichung einer Einstellung vom zugehörigen Mittel beträgt hier etwa 2,12 Promille der gesuchten Differenz, ist also doppelt so groß als die der Kompensatoreinstellungen. Dennoch darf wohl auch diese Einstellungsgenauigkeit noch als eine sehr gute bezeichnet werden, wenn man bedenkt, daß bei jeder Fernrohreinstellung und -ablesung sowohl das Fernrohr als auch das Prismentischchen um die Goniometerachse gedreht wurden und daß mir kein anderes Mittel der Orientierung des Prismentischchens zu Gebote stand, als die Stelle größter Helligkeit des reflektierten Lichtbündels aufzusuchen, zweifellos ein sehr unsicheres Verfahren, das durch die Anordnung einer automatischen Drehvorrichtung für das Prismentischchen nach Art der Konstruktion von Littrows¹⁾ bedeutend verbessert werden könnte.

Tab. 3 gibt die Ablesungen für die Halbschatteneinstellungen bei den Hin- und Herdrehungen des Analysators um seine Achse, wenn das Fernrohr auf den Haupteinfallswinkel fest eingestellt ist. Der Mittelwert dieser Ablesungen ist das Hauptazimut. a) und b) sind die Halbschatteneinstellungen des Analysators bei der Reflexion unter dem Haupteinfallswinkel nach der linken Seite, c) und d) die Einstellungen bei der Reflexion nach der rechten Seite.

Tabelle 3.

a) $86^{\circ} 24'$	b) $101^{\circ} 24'$	c) $86^{\circ} 9'$	d) $101^{\circ} 28'$
29	24	2	28
26	21	7	21
18	22	9	24
24	27	7	14
15	27	27	22
Mittel $86^{\circ} 22,7'$ $101^{\circ} 24,2'$		$86^{\circ} 10,2'$ $101^{\circ} 22,8'$	
$93^{\circ} 53,4'$		$93^{\circ} 46,5'$	

Bezüglich der Genauigkeit dieser Einstellungen fällt die sechste Ablesung der Reihe c) stark aus der Gleichmäßigkeit

1) Müller-Pouillet-Pfaunders Lehrb. d. Phys. 10. Aufl. Bd. II. 1. p. 601/2. 1907.

der sonstigen Abweichungen vom Mittel heraus. Wahrscheinlich war hier mein Auge durch zu langes Beobachten des Halbschattens ermüdet; in der Tat ist es besser, bei der einzelnen Einstellung sich nicht zu lange aufzuhalten, weil schließlich die Einstellung nicht genauer, sondern — eben wegen der Ermüdung — ungenauer wird, außer wenn man sich die Zeit nicht reuen läßt, immer wieder Ruhepausen zu machen (vgl. p. 1006). Sonst entspricht die Genauigkeit dieser Einstellungen durchaus derjenigen der Einstellungen auf den Haupteinfallswinkel. Als Mittel des Hauptazimuts erhalten wir $93^{\circ} 50'$.

8. Es könnte auffallen, daß die Einstellungsgenauigkeit bei der Kompensatorverschiebung größer ist als die bei der Ermittlung des Haupteinfallswinkels und des Hauptazimuts. Der Grund liegt für den Haupteinfallswinkel, wie schon erwähnt, teilweise darin, daß es ohne besondere Vorrichtungen nicht möglich ist, das Prismentischchen immer genau um die Hälfte der Drehung des Fernrohres mit zu drehen; teilweise fällt aber die größere Ungenauigkeit bei beiden Winklereinstellungen der reflektierenden Glasfläche zur Last. Wenn die Glasfläche nicht vollkommen eben ist, werden die unter gleichem Winkel einfallenden Strahlen unter verschiedenen Winkeln reflektiert und sie beleuchten dann die Rauchglasplatte und das Analysatornicol ungleichmäßig. Man hat daher die mehr oder weniger ungleichmäßig beleuchteten Halbkreise des Analysatorgesichtsfeldes zu vergleichen, was natürlich schwierig ist und zu fehlerhaften Einstellungen Veranlassung gibt. Dieser Nachteil einer mangelhaft ebenen Spiegelfläche macht sich auch bei den Kompensatoreinstellungen geltend, wenn man nicht wie hier mit einer bestimmten Kompensatoreinstellung ($\pi/2$) den Haupteinfallswinkel und das Hauptazimut sucht, sondern die verschiedenen Phasendifferenzen beider Komponenten bei verschiedenen Einfallswinkeln ermitteln will. Als ich zum erstenmal ungleichmäßig beleuchtete Halbschattenflächen im Analysator wahrnahm, glaubte ich, der Kompensator oder der Analysator seien nicht ganz tadellos gearbeitet. Erst später erkannte ich die Bedeutung möglichst ebener und gleichmäßig reflektierender Spiegelflächen, die natürlich um so mehr in Betracht kommt, bei je größerem Einfallswinkel

man beobachtet, weil eine um so größere Spiegelfläche zur Reflexion herangezogen wird.

Vorliegenden Messungen zufolge ist mein von Schmidt & Haensch hergestelltes Halbschattenpolarimeter nebst zugehörigem Soleil-Babinetschen Kompensator nicht nur in vorzüglicher Weise gearbeitet, sondern auch, wie ich bestimmt glaube, zu Präzisionsmessungen bei elliptischpolarisiertem Licht sehr geeignet. Meines Erachtens liefern diese Apparate unter sonst gleichen Umständen viel genauere Werte, als der gewöhnliche Babinetsche Kompensator oder als der Soleil-Babinetsche Kompensator in Verbindung mit einem gewöhnlichen Analysator Nicol. Ohne den Kompensator kann mein Polarimeter zur Messung der Drehung geradlinigpolarisierten Lichtes verwendet werden, wie die anderen Halbschattenpolarimeter.

Halensee-Berlin, Juni 1908.

(Eingegangen 1. Juli 1908.)