XII. *Ueber das Kathetometer von Breithaupt und Sohn; von E. Gerland.*

Das Kathetometer hat mit einer Anzahl von astronomischen Instrumenten das gemeinsam, dass es, von vornherein für einen sehr eng begrenzten Zweck bestimmt, tiefer eingreifenden constructiven Aenderungen so gut wie gar nicht unterworfen worden ist. Doch hat man es deshalb nicht unterlassen, eine Menge von Verbesserungen an ihm anzubringen, welche, wenn sie auch vielfach nicht sehr in die Augen fallen, doch geeignet sind, seine Leistungsfähigkeit sehr zu erhöhen. Namentlich in zwei Richtungen hat man es auszubilden gesucht: Die französischen Mechaniker behielten die Form des Apparates, die ihm seine Erfinder Dulong und Petit¹⁾ gegeben hatten, der Hauptsache nach bei. Sie brachten die Scala und das Fernrohr möglichst nahe der Umdrehungsaxe an, durften aber bei der Leichtigkeit, die sie dem Instrumente trotz der grösseren Länge der angewandten Scala zu bewahren suchten, die Möglichkeit, das Fernrohr um eine horizontale Axe zu neigen, nicht aufgeben. In Deutschland dagegen legte man wohl seit Staudinger's Vorgang mit vollem Rechte mehr Gewicht auf die Erreichung grösserer Stabilität. Das Prisma, welches die Theilung trägt und an welchem sich der Schlitten des Fernrohrs verschiebt, wurde in einem gewissen Abstände von der Axe des ganzen Instrumentes angebracht, musste dann aber durch ein auf der entgegengesetzten Seite derselben angebrachtes Gegengewicht äquilibrirt werden, welches nun zugleich als bequeme Handhabe bei der Drehung des Instrumentes diente. Von der Neigung des Fernrohres glaubte man dabei absehen zu dürfen.

Dem Breithaupt'schen Kathetometer ist die Staudinger'sche Construction zu Grunde gelegt, nur ist für

1) Ann. de chim. et de phys. VII. p. 133. 1817.

noch grössere Stabilität Sorge getragen. Das Prisma besteht aus Gusseisen mit eingelegter Silberscala und ist mittelst einer besonderen, von Breithaupt wohl zuerst eingeführten Vorrichtung der Umdrehungsaxe des ganzen Instrumentes parallel zu stellen, beziehungsweise auf diese Parallelität zu prüfen. Zu diesem Zwecke ist zunächst die auf der Stahlaxe drehbare Messingbuxe mit einer empfindlichen Libelle versehen (1 Theilstrich = $10''$), mittelst welcher in bekannter Weise durch Verstellen einer Schraube des Dreifusses und der Stellschrauben der Libelle die genau verticale Stellung der Axe erzielt werden kann. An der Buxe ist das Prisma oben um eine horizontale Axe drehbar befestigt, während es unten durch zwei Schrauben, deren Muttern von der Buxe getragen werden, in zwei auf einander senkrechten Ebenen ein wenig zu verstellen ist. Zur Verticalstellung dient eine dem Instrument beigegebene Anlegelibelle, eine Libelle, welche auf dem kürzeren Schenkel eines mit breiter Anschlagfläche versehenen rechten Winkels aus Messing zwischen zwei Spitzen angebracht ist. Nachdem die Lage derselben gegen die Spitzen mittelst zweier an ihr angebrachter Correctionsschraubchen durch Umsetzen zwischen ihren Spitzen justirt worden ist, wird die Anlegelibelle erst mit dem längeren freien Schenkel des Winkels nach unten, dann nach oben an die Fläche des Prismas angelegt und durch die Stellschrauben des Dreifusses und die Correctionsschraube des Lagers der die Libelle tragenden Spitze die Libellenaxe zu der Ebene des freien Schenkels senkrecht gestellt. Alsdann kann das Prisma nach Verticalstellung der Umdrehungsaxe mittelst der so justirten Anlegelibelle leicht ihr parallel gestellt werden.¹⁾ Bei den neuesten Instrumenten ist das feste Anliegen der Kante des freien Schenkels des Winkels an die Kante des Prismas durch coulissenartige Schienen gesichert, welche sich in geschlitzten Schraubenlöchern bequem vor- und rück-

1) Vgl. Fr. Breithaupt, Carl's Repertorium XI. p. 175.

wärts bewegen und, wenn sie am weitesten nach vorn gerückt sind, etwa 1 mm über die Anschlagfläche herausragen.

Eine Vorrichtung, das Fernrohr zu neigen, war bei der früheren Construction des Breithaupt'schen Kathetometers nicht angebracht, nur die nöthige Correction zur Horizontalstellung des Fernrohrträgers war vorgesehen. Das Fehlen derselben scheint aber je länger je mehr als Mangel betrachtet zu werden. Wenigstens bildet Hr. Wüllner in der 2. und 3. Auflage seiner Experimentalphysik zwei in seinem Besitz befindliche Kathetometer ab, das eine von Staudinger, das andere von Schubart in Gent verfertigt, bei denen eine solche Vorrichtung vorhanden ist. Auf Anregung des genannten Herrn ist nun auch dem Breithaupt'schen Instrumente dieselbe zugefügt und möchte die bei ihm angewandte Construction geeignet sein, den Beobachtungen die grösste Sicherheit zu verleihen. Das Fernrohr liegt bei dem Breithaupt'schen Kathetometer mit zwei Cylindern, auf welche eine umlegbare Libelle gesetzt ist, in einem gabelförmigen Träger. Dieser hat unter seiner Mitte einen kleinen Cylinderabschnitt, welcher auf einem am Prismaschieber angebrachten Winkel so aufgeschraubt ist, dass eine Neigung des Fernrohrträgers mittelst einer Mikrometerschraube möglich ist. Der Mikrometerschraube wirkt, anstatt eines federnden Metallstreifens, wie bei dem Staudinger'schen und Schubart'schen Instrumente, eine Spiralfeder entgegen, deren Wirkung aber nach Einstellung des Fernrohres durch eine Druckschraube aufgehoben, beziehungsweise ersetzt wird. Hierdurch ist der Vortheil erzielt, dass man bei längere Zeit dauernden Beobachtungen von einer ihre Spannung verändernden Feder unabhängig ist. Der Kopf der Mikrometerschraube ist wie ein Schlüssel abzunehmen, und dadurch wird das Fernrohr, wenn es einmal eingestellt ist, vor allen Verstellungen gesichert. Auf diese Weise würden mit Vermeidung ihrer Nachtheile die Vortheile der französischen mit denen der deutschen Construction vereinigt sein.

Auf die Vorrichtung zur Arretirung des ganzen Instrumentes war bisher als weniger wichtig von den Hrn. Breithaupt und Sohn weniger Gewicht gelegt. Bei der allerneuesten Construction wird dieselbe in der nämlichen Weise bewirkt, wie es bei Universalinstrumenten bereits seit längerer Zeit üblich ist. Bei dem Kathetometer, bei welchem diese Art der Arretirung zuerst angebracht ist, wurden durch das Anziehen der sie bewirkenden Schraube die Libelle um noch nicht 0,2 Theilstrich seitwärts verschoben, während die Empfindlichkeit derselben so gross war, dass eine Verschiebung um 1 Theilstrich das Rohr derselben um einen Winkel von $12''$ neigte.

Durch Untersuchung eines der mit der grössten Sorgfalt gearbeiteten Breithaupt'schen Kathetometer dürfte es nun wohl möglich sein, ein Urtheil darüber zu gewinnen, ob die Vorrichtung zur Neigung des Fernrohrs als eine nothwendige zu bezeichnen sei oder nicht. Zugleich wird eine solche Untersuchung ein selbständiges Interesse gewähren für die Beurtheilung der neuesten Präcisionsmechanik in Deutschland.

Die Libelle des Fernrohrs wird beim Verschieben des Prismenschlittens ihren Stand dann nicht ändern, wenn das Prisma sehr vollkommen ebene Flächen hat. In wie weit diese Bedingung erfüllt ist, wird man leicht finden, wenn man an dem sorgfältig lothrecht gestellten Prisma den Schlitten verschiebt und den Stand der Libelle in verschiedenen Höhen abliest. Bei dem Instrument, an dem diese Untersuchung vorgenommen wurde, entsprach der Verschiebung der Libellenblase um 1 Theilstrich eine Neigung von $7,5''$, welchem Winkel in einem Abstände von etwa 3 m ein Höhenunterschied von 0,1 mm entspricht. Bei einer Reihe von Beobachtungen, bei denen der Schlitten bald von oben nach unten, bald umgekehrt verschoben wurde, während alles Andere ungeändert blieb, wich die Blase der Libelle um höchstens 2 Theilstriche aus. Dabei war aber, wie zu erwarten, ein Einfluss der verschiedenen Spannungen der Stahlfeder, die der

Mikrometerschraube zur Verschiebung des Schlittens entgegenwirkt, wahrzunehmen, welcher eine Abweichung bis zu einem Betrage von 2,5 Theilstrichen der Libelle bewirken konnte. Ebenso zeigte sich ein auf einen der Knöpfe, welche neuerdings zur bequemen Handhabung des Schlittens an beiden Seiten angebracht sind, ausgeübter Druck von Einfluss. Sogar das gänzliche Auschieben des Oculars bewirkte eine sichtbare, aber nicht mehr ablesbare Verschiebung.

Unter diesen Umständen konnte die Geradlinigkeit des Prismas nur geprüft werden, indem nach vorsichtiger Lösung der Arretirungsschraube des Schlittens dieser allein durch sein eigenes Gewicht sinken gelassen wurde. In Abständen von 5 zu 5 cm wurde er festgeklemmt und alsdann jedesmal der Stand der Libelle abgelesen. Die erhaltenen Resultate sind in folgender Tabelle zusammengestellt. Spalte 1 enthält den Scalenpunkt, Spalte 2 die zugehörigen Stände der Blase. Die Spalten 3—5 enthalten sodann die Resultate von 10 in der Weise angestellten Beobachtungsreihen, dass der Schlitten von verschiedenen Scalenpunkten aus um verschieden grosse Entfernungen verschoben, zur genaueren Einstellung auch die Mikrometerschraube benutzt wurde. In Spalte 3 finden sich die Mittel der abgelesenen Stände der Libellenblase für die entsprechenden Scalenpunkte der Spalte 1, in Spalte 4 die Anzahl der zum Mittel in Spalte 3 benutzten Beobachtungen, in Spalte 5 endlich der mittlere Fehler des Mittels.

Die Zahlen der Spalte 2 ergeben eine grösste Abweichung unter einander von 0,8 oder bei Weglassung der untersten Beobachtung von 0,7 Theilstrichen der Libelle, was also im Abstände von 3 m einem Höhenunterschiede von 0,08 bis 0,07 mm entsprechen würde. Dieses wäre demnach der grösste Fehler, welcher bei dem untersuchten Instrumente durch die Abweichung der Seiten des Prismas von ebenen Flächen entstehen kann. Durch Beobachtungen der Libelle kann er leicht corrigirt werden.

1.	2.	3.	4.	5.
Abgelesene Sealenpunkte.	1. Beob- achtungsergebnisse.	Mittel aus 11 Beob- achtungen.	Anzahl der Ableitungen.	Mittlerer Fehler.
0	4,5	4,43	6	0,12
5	4,6	4,32	5	0,10
10	4,6	3,85	4	0,29
15	4,8	3,98	5	0,24
20	4,6	3,98	5	0,18
25	4,8	4,20	6	0,13
30	5,0	4,30	5	0,20
35	5,0	4,40	4	0,20
40	5,0	4,64	5	0,15
45	5,2	4,87	6	0,11
50	5,3	4,90	4	0,21

1.	2.	3.	4.	5.
Abgelesene Sealenpunkte.	1. Beob- achtungsergebnisse.	Mittel aus 11 Beob- achtungen.	Anzahl der Ableitungen.	Mittlerer Fehler.
55	5,0	5,04	5	0,24
60	4,8	4,92	6	0,20
65	4,8	4,82	5	0,09
70	5,0	5,08	4	0,25
75	4,7	4,88	5	0,07
80	4,6	4,92	5	0,16
85	5,0	5,07	6	0,05
90	5,0	5,04	5	0,15
95	4,9	4,77	4	0,06
100	4,6	4,75	6	0,06

Spalte 3 und 5 geben einen Ueberblick über die Genauigkeit solcher Beobachtungen, welche unter Wahrnehmung der gewöhnlichen Vorsichtsmassregeln angestellt werden und bei denen der Schlitten bald gehoben, bald gesenkt wird. Der grösste mittlere Fehler des Resultates beträgt bei 4 Beobachtungen desselben Höhenpunktes in etwa 3 m Entfernung $0,29 \times 0,1$, also etwa 0,03 mm, welchem als mittlere Abweichung der Einzelbeobachtung eine Abweichung von 0,06 mm entspräche. Aber auch diese Fehler könnten durch jedesmaliges Ablesen der Libelle corrigirt werden.

Diese Resultate möchten die Nützlichkeit der Vorrichtung, die das Fernrohr zu neigen erlaubt, unzweifelhaft machen. Ein so sorgfältig ausgeführtes Instrument, wie das untersuchte, bedürfte dieselbe für Beobachtungen, welche nicht den höchsten Grad von Genauigkeit erfordern, indessen nicht. In diesem Falle erlaubt die Breithaupt'sche Construction das Fernrohr gegen den Schlitten ein für allemal festzustellen. Da dieselbe aber auf der anderen Seite durch Ablesen der Libelle eine letzte Correctur gestattet, deren Grösse am einfachsten durch Anwendung

der Neigung erhalten wird, so dürfte es doch in hohem Grade wünschenswerth sein, die die letztere ermöglichende Vorrichtung auch an den sorgfältigst ausgeführten Instrumenten zu besitzen.

Cassel, im Februar 1878.

XIII. *Ueber ein Aneroidbarometer mit Spiegelablesung; von W. C. Röntgen.*

Schon vor mehreren Jahren theilte ich in einer Abhandlung über das Verhältniss der specifischen Wärmen von Gasen¹⁾ mit, dass ich die bei jener Untersuchung gewonnenen Erfahrungen über die Vorzüge und die Brauchbarkeit der dort beschriebenen Methode zur Messung von schnell verlaufenden, kleinen Druckänderungen in Gasen zur Construction eines Barometers zu verwerthen beabsichtigte, welches die bei Anwendung eines Quecksilberbarometers der Beobachtung 'entschwindenden' Schwankungen des Luftdruckes zu beobachten und zu messen gestattete. Ich veranlasste auch sofort Hrn. Mechaniker Goldschmidt in Zürich ein solches Instrument nach meinen Angaben und Zeichnungen zu verfertigen; allein es vergingen einige Jahre, bis ich das zuletzt von Hrn. Mechaniker Dr. Müller in Stuttgart fertig gemachte Barometer in einer den gestellten Anforderungen entsprechenden Form erhielt. Dasselbe soll in Folgendem kurz beschrieben werden. Siehe dazu Taf. II Fig. 3, 4 und 5.

Mit *A* sind die fünf übereinander gelagerten, fast luftleeren Büchsen aus starkem Neusilberblech bezeichnet, welche denjenigen Theil des Apparates bilden, der die Aenderungen des Druckes der ihn umgebenden Luft sichtbar und der Messung zugänglich machen soll. Die

1) Pogg. Ann. CXLVIII.