Über eine große praktisch fehlerfreie Mikrometerschraube von M. Wolz in Bonn zur Untersuchung photographischer Gitter.

Von F. Küstner.

Die Bonner Sternwarte besitzt zur Ausmessung photographischer Platten einen Repsoldschen Meßapparat mit centralem festen Mikrometer-Mikroskop. Unter diesem läßt sich die Platte in zwei Richtungen hin und her bewegen durch zwei rahmenförmige Schlitten, die auf zwei senkrecht zu einander liegenden Stahlcylindern gleiten. Der Bonner Apparat entspricht also dem von Repsold zuerst für das Potsdamer Observatorium ausgeführten Modell, wie es ausführlich in den Potsdamer Publikationen, Photographische Himmelskarte Band I p. XVI beschrieben und abgebildet ist. Ein ähnlicher Apparat ist von Repsold für Gill konstruiert worden und in den Monthly Notices Vol. LIX Plate 2 und 3 abgebildet.

Von dem Potsdamer Apparat unterscheidet sich der Bonner dadurch, daß das total reflektierende Prisma im Mikroskop weggeblieben ist, einmal weil durch dieses kleine Verzerrungen des optischen Feldes verursacht werden können und ferner aus Rücksicht auf die gleich zu erwähnende Einrichtung zur Messung von Positionswinkeln. Das Mikroskop ist also gerade gelassen und steht bei horizontal liegender Platte senkrecht. Der Beobachter kann so ohne weiteres jede Stellung vor demselben einnehmen und beliebig oben und unten, rechts und links auf der Platte vertauschen. Er kann jedoch auch, wenn er dies zu seiner Bequemlichkeit wünscht, den ganzen Apparat — ähnlich wie dies mit dem der Kapsternwarte geschehen ist — um etwa 30° neigen und bewirkt dies in einfachster Weise durch Unterschieben einer beigegebenen eisernen Stütze unter einen der drei Füße und gleichzeitigem Anhängen eines Gegengewichtes zur Balancierung der beweglichen Teile.

Auf meinen Wunsch haben ferner die Herren Repsold die am Potsdamer und Kap-Apparat in beschränktem Maße bereits vorhandene und dort nur zur genauen Orientierung der Mikrometerschrauben dienende Drehung des Mikroskopes um seine Achse zu einer vollständigen durchgebildet und an einem Positionskreis durch zwei diametrale Lupen auf 0,01 ablesbar gemacht. Es geschah dies, beiläufig bemerkt, um bei engen Doppelsternen gelegentlich auch unmittelbar Distanz und Positionswinkel messen zu können.

Das Mikrometer des Mikroskopes hat zwei zu einander senkrechte Mikrometerschrauben — ein Umgang beträgt 0,5 mm = 20" für den Bonner Refraktor — wie in Potsdam und am Kap, nur mit Weglassung der entbehrlichen, von Herrn Gill für seine besonderen Zwecke gewünschten Justiervorrichtungen. Durch eine kleine Verkuppelung nehmen

die Schrauben gleich die Okularschlitten mit, so daß das Okular von selbst stets genau centrisch über dem eingestellten Punkt bleibt. Mit beiden Händen arbeitend ist man so imstande, gleichzeitig beide rechtwinklige Koordinaten scharf einzustellen, wie es bei der Vermessung enggedrängter Sternhaufen — wofür ich den Apparat in erster Linie bestimmt hatte — unerlässlich ist.

Zur Ausmessung der rechtwinkligen Koordinaten über die ganze Platte weg ist jedoch bei einem solchen Apparat mit festem Mikroskop ein aufkopiertes Strichnetz oder Gitter erforderlich. Die Originalgitter hierzu werden bekanntlich von Herrn Gautier in vorzüglicher Güte geliefert; ihre Teilfehler übersteigen nicht einige wenige Tausendstel des Millimeter. Bei den ersten Anwendungen unseres Apparates, die Herr Prof. Mönnichmeyer auf meine Veranlassung zur Ausmessung des kugelförmigen Sternhaufens Messier 92 machte, zeigte sich jedoch, daß die Kopien des Gitters recht beträchtliche und von Platte zu Platte wechselnde Abweichungen vom Originalgitter haben können (vgl. V. J. S. Band 37 p. 86) und daß man also der Strenge nach bei jeder einzelnen Kopie die Teilfehler bestimmen muß, zum mindesten aber sich zu überzeugen hat, ob solche Abweichungen vom Original in merklichem Grade eingetreten sind oder nicht.

Um dies mit dem Bonner Apparat ausführen zu können, habe ich in denselben von Herrn Wolz hier eine große Mikrometerschraube, deren mit Sicherheit nutzbare Länge gleich der vollen Seitenlänge des Gautierschen Gitters d. h. gleich 130 mm sein mußte, einfügen lassen. Die Schraube, auf einem Stahlcylinder von 350 mm Länge und 25 mm Durchmesser mit einer Gewindehöhe von 0,5 mm geschnitten, ist fest auf der eisernen Grundplatte gelagert, dicht neben und genau parallel zu dem unteren Führungscylinder *a b* in der Gillschen Zeichnung. Sie wird ohne Federung von zwei kurzen Stellschrauben gehalten, deren kugelförmige Enden eingreifen in zwei centrisch in den Stirnflächen befindliche konische Vertiefungen, die schon bei Herstellung der Schraube gedient hatten; Kugeln und Konen sind gehärtet. Die Mutter, 60 mm gleich 120 Rev. lang, ist an dem unteren Schlitten, der auf dem Cylinder *a b* gleitet, befestigt. Dieselbe ist in zwei Halbcylinder zerschnitten, und die Hälften bewegen sich an der einen zur Schraubenachse parallelen Schnittlinie zwischen Spitzen, während sie an der anderen durch kräftige Federn zusammengehalten werden. Durch ein sinnreiches von Herrn Wolz konstruiertes Excenter kann man beide Mutterhälften mit einem Handgriff schließen oder lüften

und je nach dem die Schraube in oder außer Tätigkeit setzen, die photographische Platte also entweder vermittels der Schraube oder unabhängig von ihr bewegen.

Die Zählung der ganzen Umgänge erfolgt einfach durch die schon am Apparat vorhandene Skala f bei Gill, deren Bezifferung mit derjenigen der B -Linien bei Gautier übereinstimmt und also von 30 bis 56 geht. Da genau 10 Umgänge auf ein Gitterintervall gehen, so hat man nur an diese Zahlen eine Null sich angehängen zu denken. Am Skalenindex ist noch eine kleine Hülfssteilung von 10 Strich auf 5 mm angebracht, um nötigenfalls die Ziffer für jede einzelne Umdrehung sofort ablesen zu können.

Die Schraube wird nicht unmittelbar von der Hand bewegt, da dies eine unbequeme Handhaltung und leicht schädlichen seitlichen Druck verursachen könnte, sondern durch eine kleine horizontal nach rechts gelagerte Triebstange, die durch ein Kegelrad in den Schraubenkopf eingreift und deren Griffscheibe mit Kurbel etwa bei h in der Gillschen Zeichnung liegt. Der Beobachter kann, durch das Mikroskop sehend, so in sehr bequemer Haltung die Schraube entweder fein oder rasch bewegen, oder auch durch einen Griff am Excenter der Mutter sie ganz auslösen, wenn er von der Untersuchung des aufkopierten Strichnetzes zum mikrometrischen Anschluß der Sterne selbst an die nächst benachbarten Striche in gewöhnlicher Weise durch das Mikroskop-Mikrometer übergehen will. — Man untersucht natürlich erst die einen Gitterlinien, z. B. die A -Linien, und dann, nachdem die Platte um 90° gedreht auf dem oberen Schlitten befestigt ist, die B -Linien. Legt man die Platte um 45° gedreht auf, so lassen sich auch diagonal gelegene Schnittpunkte des Strichnetzes zur Ermittlung des Winkelfehlers einstellen.

Herr Wolz hat diese Schraube nach einem Verfahren hergestellt, welches dem Rowlandschen (s. Kayser, Handbuch der Spektroskopie Band I p. 406) nachgebildet ist. Sie ist erst vor wenigen Wochen an die Sternwarte gelangt und ich habe sie alsbald durch Herrn cand. Zurhellen einer vorläufigen Untersuchung unterziehen lassen, deren Ergebnisse bemerkenswert genug sind, um sie hier in Kürze mitzuteilen.

Zur Ermittlung der periodischen Fehler hat Zurhellen ein Intervall von 0.4 am Anfang, in der Mitte und am Ende der Schraube durch je zwei Umdrehungen hindurch von Zehntel zu Zehntel gemessen. Die Messungen ergaben die folgenden Abweichungen vom Mittel in Einheiten von 0.0001 :

Periodische Fehler.

Anfang	beob. Abweichungen bei			beob. Mittel	R	v
	328 ^R	434 ^R	542 ^R			
0.0	-0.0001	-5	-3	-0.0003	-6	+3
0.1	-0.0010	-3	-2	-0.0005	-5	0
0.2	-0.0005	-3	+4	-0.0001	-2	+1
0.3	-0.0005	+8	-4	0.0000	+1	-1
0.4	+0.0001	+6	+2	+0.0003	+4	-1
0.5	+0.0009	+9	+9	+0.0009	+6	+3
0.6	+0.0005	+6	+5	+0.0005	+5	0
0.7	+0.0006	-4	+1	+0.0001	+2	-1
0.8	0.0000	-7	-2	-0.0003	-1	-2
0.9	-0.0001	-4	-8	-0.0004	-4	0

Die beobachteten Abweichungen sind äußerst klein und liegen eigentlich noch im Bereich der zufälligen Beobachtungsfehler. Ein kleiner periodischer Gang scheint jedoch angedeutet und man ist um so eher geneigt, ihn für reell zu halten, weil er an allen drei Stellen nahe in gleicher Weise auftritt. Bildet man daher die Mittel, so ergibt sich rechnermäßig aus diesen die Korrektur wegen periodischer Fehler gleich $+0.0003 \sin(u - 76^\circ)$, die jedoch mit Fug und Recht als verschwindend zu bezeichnen ist.

Die fortschreitenden Fehler hat Zurhellen in dieser ersten Untersuchung für jede zwanzigste Umdrehung bestimmt, nach einer Methode, die im Prinzip identisch ist mit der von Gill und Lorentzen zur Untersuchung der Teilfehler der Heliometerskalen. Definiert man die fehlerfreie ideale Schraube durch die Rev. 360 und 480, so sind unmittelbar nachstehende Werte f gefunden, anzubringen als Korrekturen an die Angaben der realen Schraube zur Reduktion auf die ideale.

Korrekturen wegen fortschreitender Fehler.

Rev.	beob. f	K	B - K
300	-0.0005	0.0000	-0.0005
320	-0.0012	-0.0015	+0.0003
340	-0.0014	-0.0015	+0.0001
360	0	0	0
380	+0.0014	+0.0015	-0.0001
400	+0.0022	+0.0015	+0.0007
420	-0.0006	0.0000	-0.0006
440	-0.0016	-0.0015	-0.0001
460	-0.0013	-0.0015	+0.0002
480	0	0	0
500	+0.0018	+0.0015	+0.0003
520	+0.0010	+0.0015	-0.0005
540	-0.0025	0.0000	-0.0025
560	-0.0045	-0.0015	-0.0030

Es scheint sich in den beobachteten Werten f eine kleine Sinuswelle kundzugeben, deren ganze Länge gleich 120 Rev., d. h. gleich der Länge der Schraubenmutter ist, und deren Amplitude etwa ± 0.00017 beträgt. Setzt man daher

$$f = +0.00017 \sin\left(\frac{\text{Rev.} - 360}{120} \cdot 360^\circ\right),$$

so folgen die oben unter K stehenden Werte. Die übrig bleibenden Fehler B - K liegen, mit Ausnahme der letzten beiden, innerhalb der zufälligen Beobachtungsfehler.

Zur sicheren Bestätigung dieser Sinuswelle würde noch eine ähnliche Untersuchung für die ungeraden Zehner der Umdrehungen erforderlich sein. Rührt die Welle, wie wir vermuten, von der Mutter her, so dürfte sie übrigens durch häufigen Gebrauch der Schraube sich von selbst vermindern. Jedenfalls beweist aber die vorliegende Untersuchung, daß die fortschreitenden Fehler der Schraube, abgesehen vom äußersten Ende, wo ein geringes Anwachsen derselben stattzufinden scheint, $0.0002 = 0.001$ mm nicht übersteigen und somit noch nicht ein Hunderttausendstel der ganzen Länge

betragen. Man kann deshalb Herrn Wolz zu dieser vorzüglichen Leistung mit Recht beglückwünschen.

Mittels dieser Schraube, die wohl als praktisch fehlerfrei bezeichnet werden darf, werden wir, wie ich hoffe, sowohl die Originalgitter von Gautier als auch nach Bedarf die einzelnen Kopien mit verhältnismäßig geringer Mühe, da sich mit der Schraube rasch und bequem arbeiten läßt, auf Teilfehler oder Projektionsfehler untersuchen können. Man ist zwar neuerdings geneigt, die Anwendung des Gitters überhaupt zu verwerfen. Dasselbe hat aber für die Ausmessung, besonders von sternreichen Platten, so große Vorteile, daß ich ungern darauf verzichten möchte. Ferner bietet es die

einzige Möglichkeit, um Verziehnungen der Gelatine, die nach unseren Erfahrungen gelegentlich doch vorkommen, zu erkennen und unschädlich zu machen. Eine solche Verziehung könnte allerdings unter Umständen — z. B. wenn beim Trocknen der Platte das Wasser an einem Stäubchen oder einer sonstigen kleinen Verunreinigung der Schicht stärker und länger haften geblieben ist, als an den umgebenden Teilen — von so geringer Erstreckung sein, daß sie ganz innerhalb einer der 5 mm weiten Maschen läge. Dann wäre aber vielmehr eine noch geringere Maschenweite zu fordern, als wie das Gitter ganz zu verwerfen.

Bonn, 1902 Dez. 21.

F. Küstner.

Seltene Konjunktionen im Jupitersystem.

Bei der nahe übereinstimmenden Bahnlage der vier hellen Jupitermonde ist anzunehmen, daß eine größere Anzahl von Konjunktionen der Monde unter einander Bedeckungen herbeiführen werden. Außer den in Houzeau, Vademecum, p. 666 aufgeführten Beobachtungen kenne ich aus neuerer Zeit nur einen Fall: Stanley Williams sah am 27. März 1885 an einem 7-cm Rohre mit 102-facher Vergrößerung um 12^h 20^m den III. Trabanten vor dem I., wobei beide ein birnförmiges Objekt bildeten.

Eine zufällige Beobachtungsgelegenheit veranlaßte mich, solchen Konjunktionen nachzuspüren, weil ich glaubte, es müßten dieselben öfters zu verfolgen sein und besonders unter Anwendung großer Instrumente eine sichere Grundlage für mannigfache Untersuchungen darbieten. Meine Erwartung wurde nicht getäuscht, denn in fünf Wochen konnte ich drei Bedeckungen verfolgen, wobei anzunehmen ist, daß mir durch schlechte Witterung etwa 10 andere Gelegenheiten entgangen sein mögen, unter denen sicher einige Bedeckungen vorkamen. Nach meiner Erfahrung können Konjunktionen der

Jupitermonde unter sich weit genauer beobachtet werden als Bedeckungen durch Jupiter oder Vorübergänge vor ihm. Somit möchten die hier angegebenen Beispiele Anlaß bieten, in den späteren Oppositionen Jupiters den durchaus nicht seltenen Bedeckungen oder wenigstens Berührungen und sehr nahen Konjunktionen der Trabanten unter sich mehr Aufmerksamkeit zu schenken, zumal schon kleine Instrumente zur Wahrnehmung der Phasen einer event. Bedeckung genügen. Die Beobachtungen der letzten Zeit sind:

1) Okt. 7; II bedeckt I; die S-Ränder berühren sich und I ragt im N etwas hervor; Konj. um 9^h 16^m M. E. Z.

2) Okt. 23; II bedeckt III so, daß die Mitte von II nördlich am N-Rand von III vorbeigeht; Konjunktion um 8^h 7^m 35^s.

3) Nov. 10; III bedeckt I so, daß der S-Rand von III die Mitte von I streift (gute Luft); Konjunktion um 7^h 33^m 20^s.

Instrument: 178 mm, Vergrößerung 176-fach.

Landstuhl, 1902 Dez. 8.

Ph. Fauth.

PS. vom 29. Dezember. Am Abend des 24. Dezember gelang nochmals die Beobachtung einer Bedeckung, bei welcher I über IV hinwegzog. Aus je fünf vor- und nachher notierten Zeitmomenten folgen als Mittelwerte 6^h 24^m 25, 24^m 625, 24^m 50, 24^m 625 und 24^m 50. Die Konjunktion fand also statt

6^h 24^m 30^s.

Der Uhrstand war um 3^h mit dem Zeitsignal verglichen worden. IV stand ein wenig südlicher als I, vielleicht um ein Viertel seines Durchmessers. Die weitaus interessantere Konjunktion zwischen II und IV am 25. Dezember blieb

gegenstandslos, weil IV um etwa zwei Durchmesser südlich vorüberging.

PS. vom 14. Januar. Heute Abend, am 14. Januar, bewegte sich der Trabant III über II hinweg. Die sehr schlechte Luft ließ nur den ersten Kontakt auf etwa 6^h 2^m feststellen. Um 6^h 18^m mochten sich beide Komponenten so weit getrennt haben, daß dies in einem weniger schlechten Augenblick bemerkt wurde; um 6^h 32^m, dem nächsten blickweisen Auftauchen der beiden Lichtpunkte, waren diese um etwa einen Durchmesser von einander entfernt. Die Bedeckung war fast genau central.

Ph. F.

Eclipse solaire 1902 octobre 30.

	T. m. Christ.	Ouv.	Gross.	Observateur
Dernier contact	20 ^h 26 ^m 7 ^s	188 mm	240	Geelmuyden
»	20 26 25	118 »	95	Schroeter

Bord du soleil fort ondoyant. Hauteur 6°.

Observatoire, Christiania, 1903 novembre.

H. Geelmuyden.