Über Breitenbestimmung mit Hilfe einer hängenden Zenitkamera.

Von K. Schwarzschild.

Den in A. N. 3913 beschriebenen Versuchen der photographischen Breitenbestimmung mit Hilfe eines hängenden Zenitkollimators habe ich inzwischen solche mit einer hängenden Zenitkamera folgen lassen.

Es wurde eine hölzerne Doppelkamera angefertigt, bestehend aus zwei unabhängigen, aber starr mit einander verbundenen photographischen Kammern. Die ursprüngliche Absicht war, die Achsen derselben nach oben etwa um 4° divergieren zu lassen, sodaß die eine die Gegend nördlich vom Zenit aufgenommen hätte, während die andere Sterne südlich vom Zenit photographierte. Da mir aber nur ein Objektiv zur Verfügung stand — das frühere Tessar von 46 mm Durchmesser und 460 mm Brennweite — so wurden die Kammern parallel gesetzt mit vertikalen Achsen und die eine, bei der das Objektiv durch ein Gewicht ersetzt war, diente nur zur Ausbalancierung der andern.

Die Doppelkamera wurde zunächst an derselben um 180° umlegbaren Aufhängevorrichtung mit Schneide und Feder befestigt, an der früher der Zenitkollimator gehangen hatte. Dabei zeigte sich aber, daß den Torsionsschwingungen der Feder kein genügendes Drehmoment entgegen wirkte und die Kamera nicht zur Ruhe kam. Deswegen wurde die frühere schmale Feder durch die beiden in der Figur ersichtlichen 3 cm breiten und 14 cm auseinander stehenden Stahlfedern ersetzt. Die Dämpfungsvorrichtung konnte hier noch einfacher gehalten werden als bei dem Zenitkollimator, bei dem der freie Durchblick nach abwärts gewahrt werden mußte. Eine dünne Stahlnadel war unten zentral zwischen beiden Kammern eingesetzt und trug große in eine mit Glyzerin gefüllte Schale vollständig eintauchende Messing-

flügel. Die ganze Einrichtung war wieder von dem Institutswärter Herrn H. Berger hergestellt.

Der Apparat hing zwischen den beiden Südpfeilern im Meridiansaal der Sternwarte. Zum Schutz gegen Luftzug wurden die Pfeiler bis zur Höhe des Objektivs mit Tüchern umhängt und während der Aufnahmen die Seitenspalten des Saales geschlossen gelassen. Der Erfolg der Anordnung war, daß 20^s nach dem Umlegen die Schwingungen unmerklich wurden und die Sternstriche im allgemeinen so glatt verliefen, wie bei einer fest aufgestellten Kamera. Nur die Platte vom 19. Oktober zeigt stärkere Ausbiegungen der Sternspuren, was sich daraus erklärt, daß an diesem Tage im Meridiansaal infolge eines raschen Temperatursprunges merklicher Zug herrschte. Diese Platte hat unten das Gewicht $\frac{1}{2}$ erhalten.

Die Aufnahmen erfolgten gewöhnlich in der Art, daß 20^m in einer Lage der Kamera, dann 40^m in der um 180° gedrehten und zum Schluß wieder 20^m in der ursprünglichen Lage exponiert wurde. Die Ausmessung der Platten geschah durch den Hilfsrechner Herrn E. Jastram in der früheren Weise.

Bei der Reduktion der Messungen nach der Methode der kleinsten Quadrate waren drei Unbekannte einzuführen: der Skalenwert, die Abszisse des Zenitpunktes auf der Platte und die Polhöhe. Bei der Reduktion der ersten Platten zeigte sich nun eine merkliche systematische nichtlineare Abweichung von den AG.-Deklinationen, welche sich durch die Formel $\pm 0.6 z^2$ (z Zenitdistanz in Graden, das Vorzeichen hängt von der Lage N oder S der Kamera ab) darstellen ließ. Dieselbe erklärt sich aus einer kleinen Neigung der photographischen Platte gegen die Horizontale. Ich habe

diese Korrektur dann von vornherein an die Messungen auf sämtlichen Platten vor ihrer definitiven Reduktion angebracht und dadurch haben, wie die unten folgende Zusammenstellung lehrt, die Abweichungen gegen die AG-Deklinationen in der Tat ihren systematischen Charakter verloren.

Die Tabelle gibt die Sternzeiten der Expositionen in den Lagen N oder S der Kamera, den aus jeder Platte berechneten Wert der Polhöhe, die Nummer des Sterns in den AG-Kata-

logen (B = Bonn, C = Cambridge U. S. A.), die Lage der Kamera beim Durchgang des Sterns, die Zenitdistanz und die Differenz der hier gefundenen gegen die AG-Deklination (im Sinne G - AG genommen und aus den für die betreffende Platte erhaltenen Werten der drei Unbekannten abgeleitet). Die eingeklammerten Werte G - AG entsprechen Sternspuren, die bei der Ausmessung als verschwommen bezeichnet sind, und haben das Gewicht $\frac{1}{2}$ erhalten.

Stern	$\delta - \varphi$	G - AG
-------	--------------------	--------

19. September.

N $20^h 19^m - 20^h 42^m$

21 28 - 21 48

S $20 45 - 21 28$

$\varphi = 51^\circ 31' 46''$

14316 B	N	-174'	+0.9
15966 B	N	-160	+1.9
14244 B	N	-147	+0.4
6986 C	S	+124	-1.5
15675 B	N	-118	+0.8
14570 B	N	-92	-1.1
7102 C	S	+61	+3.9
7079 C	S	+57	+1.3
7227 C	N	-46	-1.7
7140 C	N	-15	-0.1
6647 C	N	0	-0.7
6833 C	S	-49	-1.7
6835 C	S	-70	-0.3
6550 C	N	+103	-1.1
15355 B	S	-145	+1.1
15520 B	S	-186	-2.5

20. September.

N $20^h 25^m - 20^h 51^m$

21 31 - 21 52

S $20 51 - 21 31$

$\varphi = 51^\circ 31' 48''$

7090 C	S	+208'	-2.1
14316 B	N	-174	+1.0
15966 B	N	-160	-1.2
14334 B	N	-158	+0.9
6986 C	S	+124	[-1.5]
14388 B	N	-121	-3.9
6943 C	S	+110	+3.5
6935 C	S	+99	+0.2
14570 B	N	-92	+1.7
7102 C	S	+61	-0.5
7079 C	S	+57	+0.8
7227 C	N	-46	+1.3
6787 C	N	-34	+0.4
6794 C	N	-28	+2.0
6647 C	N	0	[-1.0]
6778 C	N	+2	-2.0
7140 C	S	-16	+0.1
7055 C	S	-17	-0.8

Stern	$\delta - \varphi$	G - AG
-------	--------------------	--------

7303 C N + 43' -1.6

6833 C S - 49 -0.2

6640 C N + 58 +0.3

6835 C S - 70 +0.1

6850 C S - 86 -1.0

15675 B S -118 -0.1

7329 C N +121 -0.1

15355 B S -145 +3.6

15412 B S -147 +0.8

15467 B S -157 -0.7

15520 B S -186 -2.5

6812 C N +190 +2.1

6733 C N +205 +0.0

21. September.

N $20^h 25^m - 20^h 47^m$

21 36 - 22 11

S $20 47 - 21 36$

$\varphi = 51^\circ 31' 48''$

7090 C	S	+208'	[+0.6]
14316 B	N	-174	-2.6
15966 B	N	-160	+2.6
14334 B	N	-158	+4.0
6986 C	S	+124	[+2.5]
6943 C	S	+110	-0.7
6935 C	S	+99	-0.2
14570 B	N	-92	-2.6
7102 C	S	+61	-1.0
7079 C	S	+57	+1.0
7227 C	N	-46	+1.8
6787 C	N	-34	-0.1
6647 C	N	0	-1.9
6778 C	N	+2	-0.5
7140 C	S	-16	+0.6
7055 C	S	-17	-0.5
7303 C	N	+43	-1.0
6833 C	S	-49	+1.2
6640 C	N	+58	+0.1
6835 C	S	-70	+0.6
6850 C	S	-86	-0.9
15675 B	S	-118	-0.7
15355 B	S	-145	-1.0
15412 B	S	-147	-0.4
15467 B	S	-157	+0.1
15520 B	S	-186	-0.4

Stern	$\delta - \varphi$	G - AG
-------	--------------------	--------

29. September.

N $20^h 52^m - 21^h 17^m$

21 57 - 22 19

S $21 17 - 21 57$

$\varphi = 51^\circ 31' 48''$

15355 B	N	-145'	+0.0
6850 C	N	-86	+0.3
7500 C	N	-70	-7.7
7102 C	S	+61	-2.0
7079 C	S	+57	+0.4
7658 C	N	+13	-4.7
7140 C	S	-15	+0.8
7227 C	S	-46	0.0
7422 C	N	+54	+2.9
6935 C	N	+99	+0.9
15675 B	S	-118	+1.1
6986 C	N	+124	+1.8
15467 B	S	-157	-0.9
15966 B	S	-160	0.0
15520 B	S	-186	-0.2

30. September.

N $20^h 52^m - 21^h 19^m$

21 50 - 22 13

S $21 19 - 21 50$

$\varphi = 51^\circ 31' 48''$

15355 B	N	-145'	-1.4
6850 C	N	-86	-0.8
7102 C	S	+61	-3.8
7079 C	S	+57	+2.8
7140 C	S	-15	+0.7
7227 C	S	-46	+0.8
7422 C	N	+54	+6.9
6935 C	N	+99	-2.5
15675 B	S	-118	-0.5
6986 C	N	+124	-2.9
15467 B	S	-157	-1.4
15966 B	S	-160	+0.5
15520 B	S	-186	+1.2

Stern	$\delta - \varphi$	G—AG
-------	--------------------	------

19. Oktober.

N 20^h 17^m—20^h 37^m

21 17—21 37

S 20 37—21 17

 $\varphi = 51^\circ 31' 49''.4$

15520 B	N	—186'	+1''.4
14316 B	N	—174	+1.8
14244 B	N	—148	+0.9
6986 C	S	+124	—0.8
15675 B	N	—118	—1.1
6935 C	S	+ 99	+2.3
7140 C	N	— 15	—0.7
6778 C	S	+ 2	+1.3
6833 C	S	— 49	—2.0
7079 C	N	+ 57	—0.3
7102 C	N	+ 61	—2.7
6835 C	S	— 70	—0.3
6850 C	S	— 86	+0.5
14570 B	S	— 92	+1.4
6550 C	N	+103	+0.6
15355 B	S	—145	—2.4

20. Oktober.

S 20^h 43^m—21^h 4^m

21 48—22 10

N 21 4—21 48

 $\varphi = 51^\circ 31' 47''.9$

7090 C	N	+208'	+1''.9
16163 B	S	—199	—1.4
6986 C	N	+124	—0.9

Stern	$\delta - \varphi$	G—AG
-------	--------------------	------

6935 C	N	+ 99'	+0''.6
6850 C	S	— 86	—0.6
6835 C	S	— 70	+1.2
7102 C	N	+ 61	—1.2
7079 C	N	+ 57	+0.1
6833 C	S	— 49	+0.4
6778 C	S	+ 2	+0.2
7140 C	N	— 15	—3.1
7227 C	N	— 47	—0.6
7422 C	S	+ 54	+1.1
15355 B	N	—145	+2.3
15467 B	N	—157	+0.3
15966 B	N	—160	+1.1
15520 B	N	—186	+0.1
6812 C	S	+190	—0.6

25. Oktober.

N 22^h 50^m—23^h 12^m

23 56—0 27

S 23 12—23 56

 $\varphi = 51^\circ 31' 47''.8$

179 B	N	—247'	+1''.1
8558 C	S	+222	—0.9
8544 C	S	+219	+0.2
17275 B	N	—201	—0.8
17542 B	N	—159	—0.1
154 C	N	— 2	—0.8
164 C	N	+ 59	—1.2
18009 B	S	— 95	+0.7
213 C	N	+148	+2.9

Stern	$\delta - \varphi$	G—AG
-------	--------------------	------

28. Oktober.

N 20^h 22^m—20^h 40^m

21 20—21 40

S 20 40—21 20

 $\varphi = 51^\circ 31' 48''.9$

15520 B	N	—186'	—1''.2
14316 B	N	—174	+2.5
14244 B	N	—148	+2.7
6986 C	S	+124	+0.5
15675 B	N	—118	—1.3
6935 C	S	+ 99	+1.4
14570 B	N	— 92	—1.6
7140 C	N	— 15	—1.4
6778 C	S	+ 2	—0.3
6833 C	S	— 49	—3.0
7079 C	N	+ 57	+1.4
7102 C	N	+ 61	—2.2
6835 C	S	— 70	—0.9
6850 C	S	— 86	—0.4
15355 B	S	—145	+2.5

Der mittlere Fehler einer Deklination ergibt sich aus den Differenzen G—AG zu $\pm 1''.9$, also etwas kleiner, als bei den früheren Aufnahmen mit fester Kamera, wo er zu $\pm 2''.2$ gefunden wurde. Dies scheint mir das wichtigste Resultat der vorstehenden Versuche zu sein, insofern es zeigt, daß die Stabilität der hängenden Kamera jedenfalls eine genügende ist.

Die resultierenden Werte der Polhöhe sind zusammengestellt folgende:

1903	φ	Gewicht
Sept. 19	51° 31' 46''.9	1
20	48.5	1
21	48.9	1
29	48.9	1
30	48.1	1
Okt. 19	49.4	1/2
20	47.9	1
25	47.8	1
28	48.9	1

Im Mittel ergibt sich: $51^\circ 31' 48''.31 \pm 0''.25$
in zufällig sehr genauer Übereinstimmung mit dem Ergebnis der Meridiankreisbeobachtungen $+51^\circ 31' 48''.2$.

Göttingen, 1903 Nov. 7.

Der mittlere Fehler des einzelnen Polhöhenwertes folgt aus den Abweichungen von diesem Mittel zu $\pm 0''.7$, während aus dem oben gefundenen Fehler der einzelnen Deklination ein Betrag von $\pm 0''.5$ zu erwarten wäre, da die Polhöhe im Durchschnitt auf 18 Sternen beruht.

Bei einem Vergleich zwischen dem Gebrauch der hängenden Kamera und dem des Zenitkollimators ist hervorzuheben, daß die hängende Kamera etwas geringerer instrumenteller Hilfsmittel bedarf. Zunächst fällt der Kollimator fort und außerdem ist das Aufkopieren eines Netzes auf die Platte weniger dringend erforderlich. Je öfter man nämlich die Kamera umdreht und je dichter die Sterne auf der Platte liegen, um so mehr werden alle Distorsionen und Schichtverzerrungen von selbst eliminiert, um so mehr nähert man sich dem idealen Fall der Horrebow-Methode. Nur der Umdrehungswinkel muß bei der Kamera genauer (innerhalb einiger Bogenminuten) auf 180° abgestimmt sein, als bei dem Hängekollimator, was bei dem bisherigen Apparat nicht in befriedigender Weise der Fall war. Vor einem definitiven Entscheid möchte ich das Ergebnis weiterer Versuche abwarten, die ich mit vollkommeneren Hilfsmitteln hoffe anstellen zu können.

K. Schwarzschild.