

Graphische Methode

zur

Auswahl der Sternpaare für die Breitenbestimmung

nach der Methode gleicher Zenitdistanzen.

Von

A. O r l o f f.



Dorpat.

Druck von C. Mattiesen.

1909.

Graphische Methode zur Auswahl der Sternpaare für die Breitenbestimmung nach der Methode gleicher Zenitdistanzen

von

A. Orloff.

Der Grundgedanke der oben genannten Methode der Breitenbestimmung ist schon längst bekannt und in vielen Lehrbüchern erörtert. Auf ihre praktische Bedeutung hat zuerst Pjewzow hingewiesen, weshalb sie unter dem Namen der Methode von Pjewzow bekannt ist. Die diesbezügliche Abhandlung von Pjewzow erschien im Jahre 1887 und hat eine ganze Reihe von Arbeiten anderer russischer Gelehrten hervorgerufen. Die Arbeiten von Lewitzky (1890), Kortazzi (1891), Ehrenfeicht (1894), Pjewzow (1899), Wittram (1899), Benajew (1903) und andern russischen Gelehrten dürften allgemein bekannt sein.

Die im Jahre 1905 erschienene Abhandlung von Prof. Dr. Stechert in Hamburg beweist, dass die Methode von Pjewzow auch in Deutschland eine ihr zukommende Anerkennung gefunden hat.

Der Zweck der vorliegenden Arbeit ist eine neue Methode zur Auswahl der vorteilhaftesten Sternpaare zu geben.

1. Die Sternpaare müssen so gewählt werden, dass der Einfluss von Fehlern in den beobachteten Stundenwinkeln t und t' auf die zu bestimmende Breite ein Minimum werde. Es seien Δt und $\Delta t'$ Fehler der Stundenwinkel, welche einen Fehler $\Delta \varphi$ der Breite bewirken. Um $\Delta \varphi$ zu finden, differenzieren wir die Grundgleichung¹⁾ der Methode:

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{\cos \delta \cos t - \cos \delta' \cos t'}{\sin \delta' - \sin \delta}$$

und erhalten

$$\Delta \varphi = - \frac{\cos \delta \sin t}{\sin \delta' - \sin \delta} \cos^2 \varphi \Delta t + \frac{\cos \delta' \sin t'}{\sin \delta' - \sin \delta} \cos^2 \varphi \Delta t'.$$

Es ist aber

$$\begin{aligned} \sin \delta &= \sin \varphi \cos z - \cos \varphi \sin z \cos A \\ \sin \delta' &= \sin \varphi \cos z - \cos \varphi \sin z \cos A' \\ \cos \delta \sin t &= \sin z \sin A \\ \cos \delta' \sin t' &= \sin z \sin A' \end{aligned}$$

und daher

$$\Delta \varphi = - \frac{\cos \varphi \sin A}{\cos A - \cos A'} \Delta t + \frac{\cos \varphi \sin A'}{\cos A - \cos A'} \Delta t'.$$

1) Die gestrichelten Buchstaben entsprechen jedes Mal dem nördlichen Stern.

Die Schlussfolgerungen aus dieser Formel sind, wie folgt:

- a) Ein durch Unsicherheit von t und t' hervorgerufener Fehler der Breite hängt ausschliesslich vom Azimut und nicht von der Zenitdistanz der Sterne ab.
- b) Es ist am vorteilhaftesten, wenn die zu beobachtenden Sterne symmetrisch zum ersten Vertikal liegen; in diesem Falle braucht man die Uhrkorrektion nicht genau zu kennen, ausserdem hat die Differenz $\cos A - \cos A'$ immer einen beträchtlichen Wert.
- c) Die Sterne müssen in der Nähe des Meridians beobachtet werden.

2. Nach diesen Bemerkungen soll folgende Aufgabe gelöst werden:

Gegeben sei der südliche Stern (α, δ) , es ist ein nördlicher Stern (α', δ') zu finden, der für Sternzeit θ den Bedingungen

$$z = z' \quad \text{und} \quad A = 180 - A' \quad (*)$$

genügt.

Die Bedingungen $(*)$ sind gleichbedeutend mit den folgenden:

$$\begin{aligned} \cos z &= \cos z' \\ \sin z \sin A &= \sin z' \sin A' \end{aligned}$$

oder auch

$$\begin{aligned} \cos \delta \cos t - \cos \delta' \cos t' &= \operatorname{tg} \varphi (\sin \delta' - \sin \delta) \\ \cos \delta \sin t - \cos \delta' \sin t' &= 0. \end{aligned}$$

Die beiden letzten Gleichungen lassen eine interessante geometrische Interpretation zu. Wird in denselben

$$\begin{aligned} x &= \cos \delta \cos (\alpha - \theta) & , & & y &= \cos \delta \sin (\alpha - \theta) \\ x' &= \cos \delta' \cos (\alpha' - \theta) & , & & y' &= \cos \delta' \sin (\alpha' - \theta) \end{aligned}$$

gesetzt, so erhält man

$$\begin{aligned} x - x' &= \operatorname{tg} \varphi (\sin \delta' - \sin \delta) \\ y - y' &= 0. \end{aligned}$$

Diese Gleichungen zeigen, dass auf einer Sternkarte in orthographischer Polarprojektion die durch die beiden Sterne des Paares gelegte Gerade parallel derjenigen Geraden ist, welche den Deklinationskreis, dessen Rektascension gleich θ ist, d. h. den Meridian darstellt; der Abstand zwischen den Sternen ist gleich:

$$\operatorname{tg} \varphi (\sin \delta' - \sin \delta).$$

Es sei auf der betrachteten Karte P der Himmelspol, Z der Zenit des Beobachtungsortes, S der südliche und S' der nördliche Stern. Wird $SS' = R$ gesetzt, so ist $R = \operatorname{tg} \varphi (\sin \delta' - \sin \delta)$.

Da nun $SS' \parallel PZ$ ist, so ist $\angle PSS' = \angle ZPS = t$ und daher

$$\cos^2 \delta' = \cos^2 \delta + R^2 - 2 R \cos \delta \cos t.$$

Hieraus folgt, dass

$$\sin^2 \delta' - \sin^2 \delta = 2 R \cos \delta \cos t - R^2$$

ist. Es ist aber

$$\sin \delta' - \sin \delta = \frac{R}{\operatorname{tg} \varphi}$$

und deswegen

$$\sin \delta' + \sin \delta = \operatorname{tg} \varphi (2 \cos \delta \cos t - R).$$

Werden die beiden letzten Gleichungen von einander substrahiert, so erhält man

$$R = a \cos t + b; \dots \dots \dots (6)$$

wo

$$\begin{aligned} a &= 2 \cos \delta \sin^2 \varphi \\ b &= -\sin \delta \sin 2 \varphi. \end{aligned}$$

Es befinden sich also alle Sterne, welche mit dem gegebenen südlichen Stern ein Paar bilden, sehr nahe an der durch die Gleichung (6) dargestellten Kurve, einer Pascal'schen Schnecke.

3. Da man, den Bedingungen der Aufgabe entsprechend, sich nur auf kleine Werte von t zu beschränken hat, ist es in der Praxis nicht nötig, die ganze Schnecke zu construiren: es genügt ein kleiner Teil der Kurve, und zwar in der Nähe des Scheitelpunkts. Es soll nun gezeigt werden, dass dieser Teil der Pascalschen Schnecke mit genügender Genauigkeit durch den Kreisbogen des im Punkte $t = 0$ oskulierenden Kreises immer ersetzt werden kann. Für den Radius ρ dieses Kreises erhält man nach der Formel

$$\rho = \frac{\left[R^2 + \left(\frac{dR}{dt} \right)^2 \right]^{\frac{3}{2}}}{R^2 + 2 \left(\frac{dR}{dt} \right)^2 - R \frac{d^2 R}{dt^2}}$$

den Ausdruck

$$\rho = \frac{R_0^2}{R_0 + a},$$

wo $R_0 = a + b = 2 \sin \varphi \sin (\varphi - \delta)$ ist.

Da die erwähnte Kurve symmetrisch zur Geraden SP ist, enthält letztere den Mittelpunkt des oskulierenden Kreises, dessen Abstand p vom Himmelpol durch die Formel

$$p = \cos \delta + \rho - R_0$$

bestimmt ist. Wird der gegebene südliche Stern auf unserer Karte als Pol der Polarkoordinaten betrachtet, die Gerade SP — als Polaraxe und bedeutet r den Abstand eines beliebigen Punktes des oskulierenden Kreises vom Punkte S, so ist die Gleichung dieses Kreises folgende:

$$r = (R_0 - \rho) \cos t + \sqrt{\rho^2 - (R_0 - \rho)^2 \sin^2 t} \quad (7).$$

Diese Gleichung soll nun mit derjenigen (6) der Pascal'schen Schnecke verglichen werden.

Die Gleichung (7) schreiben wir, wie folgt

$$r = (R_0 - \rho) \sqrt{1 - \sin^2 t} + \rho \sqrt{1 - \frac{R_0 - \rho}{\rho} \sin^2 t}.$$

Da sich die Sterne in der Nähe des Meridians befinden müssen, so werden $\sin t$ und

$$\frac{R_0 - \rho}{\rho} \sin t = \frac{a}{R_0} \sin t = \frac{\sin \varphi \sin z \sin A}{\sin (\varphi - \delta)}$$

kleine Grössen sein. Werden die Quadratwurzeln in Reihen nach den Potenzen dieser Grössen entwickelt, so erhält man:

$$r = R_0 - (R_0 - \rho) \left[1 + \frac{R_0 - \rho}{\rho} \right] \frac{\sin^2 t}{2} - (R_0 - \rho) \left[1 + \left(\frac{R_0 - \rho}{\rho} \right)^3 \right] \frac{\sin^4 t}{8} \dots \dots \dots$$

Wird nun der Gleichung (6) die Form

$$R = R_0 - \frac{a \sin^2 t}{2} - \frac{a \sin^4 t}{8} - \dots \dots \dots$$

gegeben und hiervon die vorhergehende Gleichung subtrahirt, so bekommt man leicht:

$$R - r = -\frac{a^2 b \sin^4 t}{R_0^2 \cdot 8} - \dots \dots \dots$$

Hier sind diejenigen Glieder, welche die 6-ten und höhere Potenzen von $\sin t$ enthalten, weggelassen. Um nun zu zeigen, dass auch das beibehaltene Glied weggelassen werden kann, soll dessen Wert für ver-

schiedene φ und δ bei einem Azimut von 30° berechnet werden. Wird bei der Konstruktion die Länge von 150 mm. als Einheit gewählt, so ist der Wert dieses Gliedes in Millimetern, wie folgt:

$\varphi \backslash \delta$	22°	30°	38°	46°
44°	0.05	0.04	—	—
52	0.11	0.09	0.06	—
60	0.16	0.17	0.15	0.10

Die Differenz $R - r$ bei einem Azimut von 30° übersteigt also nicht den Wert 0.2 mm. Da aber ein grösseres Azimut nicht zulässig ist, so kann ohne weiteres

$$R = r$$

gesetzt werden.

4. Aus dem Gesagten folgt: um alle Sterne, die mit dem gegebenen südlichen Stern ein Paar bilden können, zu finden, ist aus einem Punkte der Geraden SP, dessen Abstand vom Himmelspol

$$p = \cos \delta + \rho - R$$

ist mit dem Radius

$$\rho = \frac{R_0^2}{R_0 + a}$$

ein Kreisbogen, symmetrisch zur Geraden SP, zu beschreiben. Alle Sterne, durch welche dieser Kreisbogen geht, bilden mit dem gegebenen südlichen Stern ein Paar, das den oben gestellten Bedingungen genügt.

Die Grössen p und ρ werden mit dem Argumente φ resp. δ den Tafeln I und II entnommen.

5. Wie schon erwähnt, darf das Azimut der Sterne die Grenze $\pm 30^\circ$ nicht übersteigen. Ebenso wenig dürfen Sterne bei einem Azimut, das kleiner, als $\pm 6^\circ$ ist, beobachtet werden. Wir haben also noch zu zeigen, wie die Grenzen der Azimute konstruiert werden können.

Wir wollen annehmen, dass die oben erwähnten Kreise vom Radius ρ konstruiert sind. Die Schnittpunkte eines beliebigen Kreises mit den Grenzkurven der Azimute wollen wir durch die Abstände dieser Punkte vom Schnittpunkt desselben Kreises mit der Geraden PS bestimmen. Ein solcher Abstand, der durch q bezeichnet werde, kann nach der Formel

$$q^2 = R_0^2 + R^2 - 2R R_0 \cos t$$

oder

$$q^2 = 2 R_0 R \sin^2 \frac{t}{2} + 4 a^2 \sin^4 \frac{t}{2}$$

berechnet werden. Der Stundenwinkel t berechnet sich aus den Formeln:

$$\sin \delta = \sin \varphi \cos z - \cos \varphi \sin z \cos A$$

$$\sin t = \frac{\sin z \sin A}{\cos \delta}$$

In den Tabellen III und IV sind die Werte von q den Grenzen $\pm 6^\circ$ und $\pm 30^\circ$ der Azimute für die Deklinationen von 10° zu 10° gegeben.

6. Um das Gesagte an einem Beispiel zu erläutern, soll nun diese Konstruktion und die Auswahl einiger Sternpaare für die Breite von Pulkowo ($\varphi = 59^\circ 46'.3$) vorgenommen werden. Zunächst sind mit dem Argumente φ die entsprechenden Werte von ρ und p den Tabellen I und II zu entnehmen. Ferner wird auf einem Stück durchsichtigen Papiers eine Gerade gezogen. Ein beliebiger Punkt dieser Geraden

wird als Pol angenommen und von ihm aus werden auf der Geraden die Strecken p abgetragen. Aus dem Endpunkt einer jeden Strecke wird mit dem zugehörigen Radius ρ ein Kreis beschrieben.

Zur Konstruktion der Grenzkurven der Azimute erhält man aus den Tabellen III und IV folgende Werte von q

$\delta \backslash A$	$\pm 6^\circ$	$\pm 30^\circ$
	mm	mm
0°	20	100
10	16	80
20	12	60
30	8	40
40	4	22

Es ist aber nicht notwendig die Kurven ganz zu zeichnen. Es genügt nur diese Punkte aufzutragen.

7. Mit Hilfe dieser Konstruktion werden Sternpaare zur Breitenbestimmung folgendermassen gefunden. Man legt das durchsichtige Papier auf die Sternkarte so, dass der Pol der Geraden mit der Projektion des Himmelspol auf der Sternkarte zusammenfällt. Darauf wird das Papier um den gemeinsamen Punkt auf der Karte verschoben, bis die Gerade durch einen südlichen Stern geht. Dann bildet ein jeder Stern, der auf dem Kreise δ liegt, mit letzterem ein Paar. Hierbei ist noch zu bemerken, dass je nachdem der nördliche Stern links oder rechts von der Geraden liegt, das Sternpaar östlich resp. westlich vom Meridian zu beobachten ist.

Für Pulkovo, z. B., erhalten wir auf diese Art folgende Sternpaare.

№			
640:	387 W.,	70 O.	
641:	e W.,	874 O.,	893 O.
			u. s. w.

Die hinzugefügten Buchstaben O und W bedeuten, dass das Sternpaar östlich resp. westlich vom Meridian zu beobachten ist.

Endlich kann noch die genäherte Beobachtungszeit des Sternpaares graphisch gefunden werden. Zu dem Zwecke wird durch den Himmelspol eine der Verbindungslinie der beiden Sterne des Paares parallele Gerade gelegt. Der Schnittpunkt dieser Geraden mit dem Stundenkreise der Karte giebt die gesuchte Beobachtungszeit an.

Die beigegefügte Sternkarte ist für die Epoche 1910.0 konstruiert und enthält alle Sterne des Berliner Astrón. Jahrbuchs die nicht schwächer, als 5.5 mg. sind. Zur bequemeren Handhabung wird unten das Verzeichnis aller auf der Karte befindlichen Sterne angeführt.

Tafel I (ρ).

$\delta \backslash \varphi$	40°	41°	42°	43°	44°	45°	46°	47°	48°	49°	50°	51°	52°	$\varphi \backslash \delta$
	mm													
—10°	80.9	83.5	86.1	88.7	91.3	93.9	96.5	98.9	101.5	103.9	106.3	108.7	111.1	—10°
— 8	77.2	79.9	82.4	85.1	87.7	90.3	92.8	95.4	97.9	100.4	102.9	105.2	107.7	— 8
— 6	73.4	76.2	78.7	81.4	84.0	86.6	89.1	91.7	94.3	96.7	99.3	101.7	104.2	— 6
— 4	69.6	72.3	74.9	77.5	80.1	82.7	85.4	87.9	90.5	93.0	95.6	98.0	100.6	— 4
— 2	65.8	68.4	71.1	73.6	76.3	78.8	81.5	84.0	86.7	89.1	91.8	94.2	96.9	— 2
0	62.0	64.5	67.2	69.7	72.4	74.9	77.6	80.1	82.8	85.3	88.0	90.4	93.1	0
+ 2	58.1	60.6	63.2	65.8	68.4	71.0	73.7	76.2	78.9	81.5	84.1	86.7	89.3	+ 2
4	54.2	56.7	59.3	61.9	64.4	67.1	69.7	72.3	74.9	76.5	80.2	82.8	85.4	4
6	50.3	52.8	55.3	57.9	60.4	63.0	65.6	78.2	70.1	73.4	76.2	78.7	81.4	6
8	46.4	48.9	51.4	53.9	56.4	59.0	61.6	64.2	66.8	69.4	72.1	74.6	77.3	8
10	42.6	45.0	47.4	49.8	52.4	54.9	57.5	60.1	62.7	65.3	68.0	70.5	73.2	10
12	38.7	41.0	43.4	45.8	48.4	50.8	53.4	56.0	58.6	61.2	63.8	66.4	69.1	12
14	34.9	37.2	39.5	42.0	44.4	46.9	49.3	51.9	54.5	57.1	59.6	62.3	64.9	14
16	31.1	33.4	35.7	38.0	40.4	42.8	45.3	47.9	50.3	52.9	55.5	58.0	60.7	16
18	27.4	29.7	31.8	34.2	36.4	38.8	41.2	43.7	46.2	48.7	51.3	53.8	56.5	18
20	23.8	26.0	28.1	30.4	32.5	34.9	37.2	39.6	42.1	44.5	47.1	49.6	52.3	20
22	20.3	22.4	24.4	26.5	28.7	30.9	33.2	35.5	38.0	40.4	42.9	45.4	48.0	22
24	17.0	18.9	20.8	22.9	25.0	27.1	29.3	31.6	34.0	36.3	38.8	41.3	43.8	24
26	13.8	15.6	17.4	19.3	21.3	23.4	25.5	27.7	30.0	32.3	34.7	37.1	39.6	26
28					17.8	19.8	21.8	23.9	26.1	28.3	30.7	33.0	35.4	28
30					14.5	16.3	18.2	20.2	22.4	24.5	26.7	29.0	31.4	30
32									18.7	20.7	22.9	25.0	27.4	32
34									15.2	17.1	19.2	21.2	23.5	34

Tafel I (ρ).

$\delta \backslash \varphi$	52°	53°	54°	55°	56°	57°	58°	59°	60°	61°	62°	63°	64°	$\varphi \backslash \delta$
	mm													
—10°	111.1	113.3	115.6	117.8	120.0									—10°
— 8	107.7	110.0	112.3	114.6	116.8									— 8
— 6	104.2	106.5	108.9	111.2	113.5	115.7	118.0	120.0	122.1					— 6
— 4	100.6	102.9	105.5	107.8	110.2	112.5	114.7	116.9	119.0					— 4
— 2	96.9	99.3	101.9	104.3	106.7	109.1	111.3	113.6	115.8	118.0	120.1	122.2	124.2	— 2
0	93.1	95.6	98.2	100.6	103.1	105.6	107.9	110.2	112.5	114.7	116.9	119.0	121.2	0
+ 2	89.3	91.9	94.4	97.0	99.4	102.0	104.3	106.8	109.0	111.4	113.6	115.8	118.0	+ 2
4	85.4	88.0	90.5	93.2	95.6	98.2	100.6	103.1	105.5	107.8	110.2	112.4	114.8	4
6	81.4	84.0	86.6	89.2	91.8	94.4	96.8	99.4	101.8	104.3	106.7	109.0	111.3	6
8	77.3	80.0	82.6	85.2	87.8	90.4	93.0	95.6	98.0	100.5	103.0	105.3	107.8	8
10	73.2	75.9	78.5	81.2	83.7	86.4	89.0	91.6	94.2	96.7	99.2	101.7	104.2	10
12	69.1	71.8	74.4	77.1	79.7	82.4	85.0	87.6	90.2	92.8	95.4	97.9	100.4	12
14	64.9	67.6	70.2	72.9	75.6	78.3	80.9	83.5	86.1	88.8	91.4	94.0	96.6	14
16	60.7	63.3	66.0	68.8	71.4	74.1	76.7	79.3	82.1	84.7	87.4	90.1	92.7	16
18	56.5	59.1	61.8	64.5	67.1	69.9	72.5	75.2	77.9	80.6	83.3	86.0	88.6	18
20	52.3	54.8	57.5	60.2	62.9	65.6	68.3	71.0	73.7	76.5	79.1	81.9	84.5	20
22	48.0	50.6	53.2	55.8	58.6	61.2	64.0	66.8	69.4	74.3	74.9	77.7	80.4	22
24	43.8	46.4	49.0	52.6	54.3	56.9	59.6	62.4	65.1	67.8	70.6	73.4	76.1	24
26	39.6	42.1	44.7	47.3	49.9	52.6	55.3	58.0	60.7	63.4	66.2	69.0	71.8	26
28	35.4	37.9	40.5	43.0	45.6	48.2	50.9	53.6	56.4	59.0	61.9	64.6	67.4	28
30	31.4	33.8	36.3	38.8	41.3	44.0	46.6	49.2	52.0	53.6	57.4	60.2	63.0	30
32	27.4	29.7	32.1	34.6	37.1	39.6	42.2	44.8	47.5	50.2	53.0	55.8	58.6	32
34	23.5	25.7	28.0	30.4	32.9	35.4	37.9	40.6	43.2	45.8	48.6	51.3	54.1	34
36	19.7	21.9	24.1	26.4	28.7	31.1	33.7	36.2	38.8	41.4	44.2	46.8	49.7	36
38	16.0	18.1	20.2	22.4	24.7	27.0	29.5	32.0	34.5	37.1	39.7	42.4	45.2	38
40					20.7	23.0	25.3	27.8	30.2	32.8	35.4	38.0	40.7	40
42					17.0	29.1	21.3	23.7	26.0	28.6	31.0	33.7	36.3	42
44									22.0	24.4	26.8	29.3	32.9	44
46									18.0	20.3	22.6	25.1	27.6	46

Tafel II (p).

δ	φ	40°	41°	42°	43°	44°	45°	46°	47°	48°	49°	50°	51°	52°	δ	φ
		mm														
—	10°	80.9	78.3	75.7	73.1	70.5	67.9	65.3	62.7	60.2	57.6	55.0	52.6	50.2	—	10°
—	8	82.4	79.8	77.3	74.7	72.1	69.4	66.8	64.2	61.6	59.0	56.5	54.0	51.5	—	8
—	6	83.9	81.3	78.8	76.2	73.6	70.9	68.3	65.7	63.1	60.5	58.0	55.4	52.9	—	6
—	4	85.3	82.7	80.1	77.5	74.9	72.3	69.7	67.0	64.5	61.9	59.3	56.8	54.3	—	4
—	2	86.7	84.1	81.5	78.9	76.3	73.7	71.0	68.4	65.8	63.2	60.7	58.1	55.6	—	2
	0	88.0	85.4	82.8	80.2	77.6	75.0	72.4	69.8	67.2	64.6	62.0	59.4	56.9		0
+	2	89.3	86.7	84.1	81.5	78.9	76.3	73.7	71.0	68.4	65.8	63.2	60.7	58.1	+	2
	4	90.5	87.9	85.3	82.7	80.1	77.5	74.9	72.3	69.7	67.1	64.5	61.9	59.3		4
	6	91.7	89.1	86.5	83.9	81.3	78.7	76.1	73.5	70.9	68.3	65.7	63.1	60.5		6
	8	92.8	90.2	87.6	85.1	82.5	79.9	77.3	74.7	72.1	69.5	66.9	64.3	61.7		8
	10	93.9	91.3	88.8	86.2	83.6	81.0	78.4	75.8	73.2	70.6	68.0	65.4	62.8		10
	12	94.9	92.4	89.8	87.2	84.7	82.1	79.5	76.9	74.3	71.7	69.1	66.5	63.9		12
	14	95.9	93.4	90.8	88.3	85.7	83.1	80.5	77.9	75.4	72.7	70.0	67.5	64.9		14
	16	96.9	94.4	91.8	89.3	86.7	84.2	81.7	79.1	76.6	73.9	71.2	68.6	66.0		16
	18	97.9	95.3	92.8	90.2	87.7	85.2	82.7	80.2	77.6	74.9	72.3	69.6	67.0		18
	20	98.8	96.3	93.8	91.2	88.6	86.1	83.6	81.0	78.4	75.8	73.2	70.6	68.0		20
	22	99.8	97.3	94.8	92.3	89.7	87.1	84.6	81.9	79.3	76.7	74.1	71.5	68.9		22
	24	100.9	98.4	95.8	93.3	90.7	88.2	85.6	82.9	80.3	77.7	75.1	72.5	69.9		24
	26	102.0	99.5	96.9	94.4	91.8	89.2	86.6	83.9	81.3	78.6	76.0	73.4	70.8		26
	28					92.9	90.3	87.7	85.0	82.4	79.7	77.0	74.4	71.8		28
	30					94.0	91.3	88.7	86.1	83.4	80.7	78.0	75.4	72.7		30
	32									84.4	81.7	79.0	76.4	73.7		32
	34									85.5	82.8	80.1	77.4	74.7		34

Tafel II (p).

δ	φ	52°	53°	54°	55°	56°	57°	58°	59°	60°	61°	62°	63°	64°	δ	φ
		mm														
—	10°	50.1	47.7	45.2	42.8	40.5									—	10°
—	8	51.6	49.1	46.6	44.2	41.8									—	8
—	6	52.9	50.4	48.0	45.5	43.1	40.8	38.5	36.2	34.0					—	6
—	4	54.3	51.8	49.3	46.8	44.4	42.1	39.7	37.5	35.2					—	4
—	2	55.6	53.1	50.6	48.1	45.7	43.3	41.0	38.7	36.4	34.2	32.0	29.9	27.8	—	2
	0	56.8	54.3	51.8	49.4	46.9	44.5	42.2	39.8	37.5	35.3	33.1	30.9	28.8		0
+	2	58.1	55.6	53.1	50.6	48.1	45.7	43.3	41.0	38.7	36.4	34.2	32.0	29.8	+	2
	4	59.3	56.8	54.2	51.7	49.3	46.8	44.4	42.1	39.8	37.5	35.2	33.0	30.9		4
	6	60.5	58.0	55.4	52.9	50.4	47.9	45.5	43.1	40.8	38.5	36.2	34.0	31.9		6
	8	61.7	59.1	56.6	54.0	51.5	49.0	46.6	44.2	41.8	39.5	37.2	35.0	32.8		8
	10	62.8	60.2	57.7	55.1	52.6	50.1	47.7	45.2	42.9	40.5	38.2	36.0	33.7		10
	12	63.9	61.3	58.7	56.2	53.7	51.2	48.7	46.3	43.9	41.5	39.2	36.9	34.7		12
	14	64.9	62.4	59.8	57.3	54.7	52.2	49.7	47.3	44.9	42.5	40.1	37.8	35.6		14
	16	66.0	63.4	60.8	58.3	55.7	53.2	50.7	48.3	45.8	43.4	41.1	38.7	36.5		16
	18	67.0	64.4	61.8	59.2	56.7	54.2	51.7	49.2	46.8	44.3	42.0	39.6	37.4		18
	20	67.9	65.3	62.8	60.2	57.6	55.1	52.6	50.1	47.7	45.3	42.9	40.5	38.2		20
	22	68.9	66.3	63.7	61.1	58.6	56.0	53.5	51.0	48.6	46.1	43.7	41.4	39.0		22
	24	69.9	67.3	64.6	62.0	59.5	56.9	54.4	51.9	49.4	47.0	44.6	42.2	39.8		24
	26	70.8	68.2	65.6	63.0	60.4	57.8	55.3	52.8	50.3	47.8	45.4	43.0	40.6		26
	28	71.8	69.1	66.5	63.9	61.3	58.7	56.2	53.6	51.2	48.7	46.2	43.8	41.4		28
	30	72.7	70.1	67.4	64.8	62.2	59.6	57.0	54.5	52.0	49.5	47.0	44.6	42.2		30
	32	73.7	71.1	68.4	65.7	63.1	60.5	57.9	55.4	52.8	50.3	47.8	45.4	42.9		32
	34	74.8	72.1	69.4	66.7	64.0	61.4	58.8	56.2	53.6	51.1	48.6	46.1	43.7		34
	36	75.9	73.1	70.4	67.7	65.0	62.4	59.7	57.1	54.5	51.9	49.4	46.9	44.4		36
	38	77.0	74.3	71.5	68.8	66.0	63.3	60.6	58.0	55.4	52.8	50.2	47.7	45.2		38
	40					67.1	64.4	61.6	58.9	56.3	53.6	51.0	48.5	46.0		40
	42					68.3	65.5	62.7	59.9	57.2	54.6	51.9	49.3	46.7		42
	44									58.3	55.6	52.9	50.2	47.6		44
	46									59.4	56.6	53.9	51.1	48.5		46

Tafel III (q).

A = ± 6°

φ \ δ	-10°	0°	+10°	+20°	+30°	+40°
40°	mm 12	8	5	3		
41	13	9	6	3		
42	13	9	6	3		
43	14	10	6	3		
44	15	11	7	4		
45	15	11	7	4		
46	16	12	8	5		
47	16	12	8	5		
48	17	13	9	5	3	
49	18	14	10	6	3	
50	18	14	10	6	3	
51	19	15	11	7	4	
52	20	15	11	7	4	
53	20	16	12	8	4	
54	21	17	12	8	5	
55	21	17	13	9	5	
56	22	18	14	10	6	3
57		19	14	10	6	3
58		19	15	11	7	3
59		20	16	11	7	4
60		20	16	12	8	4
61		21	17	13	8	5
62		22	17	13	9	5
63		22	18	14	10	6
64		23	19	15	10	6

Tafel IV (q).

A = ± 30

φ \ δ	-10°	0°	+10°	+20°	+30°	+40°
40°	mm 61	43	27	13		
41	64	46	29	15		
42	67	48	31	17		
43	70	51	34	18		
44	73	54	36	20		
45	76	57	38	22		
46	79	60	41	24		
47	82	62	44	26		
48	85	65	46	29	14	
49	88	68	49	31	15	
50	91	71	52	33	17	
51	94	74	54	36	19	
52	97	77	57	38	21	
53	100	80	60	41	23	
54	103	83	63	43	25	
55	106	86	66	46	28	
56	109	89	69	49	30	14
57		92	72	52	32	16
58		95	75	55	35	17
59		98	78	58	38	20
60		101	81	60	40	22
61		103	84	63	43	24
62		106	87	66	46	26
63		109	90	69	49	29
64		112	93	72	52	31

Verzeichnis der auf der Karte aufgetragenen Sterne.

N ^o d. Berl. J.	Gr.	δ	N ^o d. Berl. J.	Gr.	δ	N ^o d. Berl. J.	Gr.	δ
		0			0			0
1	2.1	+28.6	64	3.5	+29.1	[124]	4.8	+47.7
2	2.2	+58.7	65	4.6	+ 2.7	125	4.1	+12.6
[4]	5.2	+45.6	66	2.7	+20.4	127	3.5	- 9.8
7	2.7	+14.7	70	4.0	+72.0	[129]	5.4	+62.9
9	3.5	- 9.3	73	2.1	+41.9	131	3.0	+47.5
[16]	4.2	+62.4	74	2.0	+23.0	[132]	3.9	+32.0
17	3.8	+53.4	75	3.0	+34.6	134	3.9	+42.3
18	4.2	+33.2	[79]	4.2	+33.4	[136]	4.0	+23.8
[19]	4.3	+28.8	85	4.2	+ 8.1	[137]	5.4	- 1.4
20	3.2	+30.4	87	5.4	+72.4	138	4.5	+71.1
21	(2.2)	+56.0	91	3.9	- 0.1	139	3.0	+23.8
25	4.7	+47.8	93	4.1	+48.8	[142]	3.8	+23.8
27	4.1	+23.8	[94]	4.7	+27.3	144	2.9	+31.6
[28]	4.4	+ 7.1	[96]	3.4	+ 2.9	145	5.5	+60.8
32	2.0	+60.2	98	4.2	+ 9.7	147	3.0	+3.98
33	3.9	+38.0	[99]	3.8	+55.5	148	4.0	+35.5
36	4.2	+ 7.4	100	3.6	+26.9	150	(3.5)	+12.2
42	2.1	+35.1	103	4.0	+52.4	151	3.9	+ 5.7
[43]	4.3	+29.6	104	3.7	- 9.3	152	4.0	+47.5
45	4.6	+26.8	107	2.5	+ 3.7	154	4.1	- 7.1
47	3.4	- 8.6	108	3.0	+53.2	[158]	5.3	+34.4
[46]	5.0	+67.7	109	(3.8)	+38.5	[159]	3.7	+15.4
48	2.7	+59.8	111	(2.2)	+40.6	162	3.8	+17.3
50	3.6	+14.9	[112]	4.1	+49.3	164	3.5	+19.0
51	5.5	+72.6	114	4.3	+19.4	168	1	+16.3
52	3.6	+48.2	[116]	5.2	- 1.5	169	3.8	- 3.5
[56]	4.5	+ 5.0	120	1.9	+49.5	174	4.2	+22.8
57	4.1	+50.2	121	3.6	+ 8.7	175	5.5	+56.6
60	4.3	+ 8.7	122	4.4	+59.6	[176]	3.8	- 3.4
63	3.3	+63.2	[123]	3.6	+ 9.4	178	4.3	+66.2

№ d. Berl. J.	Gr.	δ	№ d. Berl. J.	Gr.	δ	№ d. Berl. J.	Gr.	δ
		0			0			0
[179]	3.7	+ 5.5	294	3.4	+ 24.6	[430]	4.0	+ 11.0
180	3.7	+ 2.3	295	1.1	+ 28.2	433	3.6	+ 69.8
181	2.7	+ 33.0	296	5.5	+ 33.6	437	4.4	- 0.3
182	4.1	+ 60.3	300	5.5	+ 74.2	440	5.4	+ 67.2
183	(3.2)	+ 43.7	[304]	5.2	- 3.4	441	3.8	+ 48.3
184	4.8	+ 21.5	305	5.1	+ 28.0	444	2.1	+ 15.1
185	3.3	+ 41.1	307	4.6	+ 51.8	445	3.5	+ 2.3
188	2.7	- 5.2	312	3.5	+ 9.5	447	2.3	+ 54.2
[190]	4.2	- 8.9	314	4.4	+ 43.5	450	4.1	+ 9.2
192	5.1	+ 38.4	316	3.6	- 3.6	454	5.0	+ 78.1
191	5.1	+ 79.1	317	3.3	+ 61.0	456	3.4	+ 57.5
193	1	+ 45.9	326	3.9	+ 18.5	460	3.7	- 0.2
194	1	- 8.3	328	4.1	+ 29.1	[461]	5.3	+ 39.5
[195]	3.7	- 6.9	[329]	3.3	+ 6.8	470	4.3	+ 41.8
[200]	3.3	- 2.5	334	3.1	+ 6.3	472	3.6	+ 70.3
201	1.7	+ 6.3	335	2.9	+ 48.4	473	5.1	+ 18.9
202	1.8	+ 28.5	337	4.1	+ 12.2	[475]	4.9	- 7.5
206	2.2	- 0.4	[338]	4.9	+ 68.0	[477]	3.5	- 1.0
[208]	4.6	+ 9.4	339	3.9	+ 42.1	483	1.7	+ 56.4
209	2.8	- 6.0	341	3.3	+ 47.5	484	3.4	+ 3.9
210	1.6	- 1.3	344	4.9	+ 67.5	485	2.8	+ 38.8
211	3.0	+ 21.1	[346]	5.3	+ 43.6	486	5.2	+ 65.9
[213]	3.8	- 2.7	347	3.9	+ 2.7	488	2.8	+ 11.4
220	2.1	- 9.7	[349]	3.9	+ 37.2	490	4.3	- 5.1
[221]	3.9	+ 39.1	352	3.2	+ 34.8	492	4.2	+ 28.3
224	1	+ 7.4	354	2.0	- 8.3	[494]	4.6	+ 41.0
225	3.8	+ 54.3	355	3.5	+ 63.5	497	2.2	+ 55.4
227	1.9	+ 44.9	357	4.5	+ 70.2	500	5.5	+ 60.4
228	2.7	+ 37.2	358	3.1	+ 52.1	501	3.3	- 0.1
232	4.4	+ 14.8	360	4.6	+ 36.8	502	4.9	+ 37.6
234	4.6	+ 69.4	[365]	3.8	+ 10.3	507	4.5	+ 17.9
236	3.3	+ 22.5	367	3.0	+ 24.2	509	1.8	+ 49.8
[237]	4.4	+ 59.0	368	3.8	+ 59.5	[511]	4.8	+ 65.2
241	2.9	+ 22.6	[371]	4.0	+ 26.4	513	2.8	+ 18.8
242	5.1	+ 49.3	[374]	5.2	+ 41.5	516	4.2	+ 2.0
244	4.5	+ 4.6	378	4.9	+ 8.5	521	3.4	+ 64.8
246	5.0	- 4.7	379	3.4	+ 17.2	522	4.9	+ 25.5
251	2.0	+ 16.5	380	1.3	+ 12.4	523	4.2	- 9.9
253	(4.4)	+ 10.0	383	3.4	+ 43.4	524	5.0	+ 78.0
254	3.1	+ 25.2	384	3.4	+ 23.9	525	4.0	- 5.6
256	3.4	+ 13.0	386	3.0	+ 42.0	526	1	+ 19.6
[255]	5.5	+ 43.7	387	5.0	+ 66.0	527	4.0	+ 46.5
258	4.7	+ 2.5	390	4.2	+ 37.2	[528]	4.6	+ 51.8
[259]	5.1	+ 69.0	394	4.8	+ 56.4	531	3.9	+ 52.3
261	3.4	+ 34.1	395	4.9	+ 76.2	[533]	5.0	- 1.8
[260]	4.6	+ 77.1	[396]	3.8	+ 9.8	534	3.7	+ 30.8
265	4.6	+ 58.5	[398]	5.2	+ 57.5	535	2.9	+ 38.7
269	(3.8)	+ 20.7	[403]	5.1	+ 69.5	[540]	5.5	+ 44.8
274	5.0	+ 39.5	[405]	5.2	+ 23.7	543	3.6	+ 14.1
772	3.6	+ 16.7	407	5.3	+ 31.2	545	3.9	- 5.3
279	3.3	+ 22.1	409	5.4	+ 11.0	547	3.7	+ 2.3
280	5.5	+ 55.5	[412]	3.9	+ 34.7	550	2.0	+ 74.5
282	3.8	+ 28.0	416	2.3	+ 56.9	[554]	4.8	+ 66.3
285	2.9	+ 8.5	417	1.8	+ 62.2	555	3.3	+ 40.7
286	4.4	+ 32.0	418	4.8	+ 7.8	557	4.5	+ 27.3
287	(2.0)	+ 32.1	420	3.0	+ 45.0	[562]	5.5	+ 5.3
289	5.3	- 3.9	422	2.4	+ 21.0	563	3.2	+ 33.6
291	0.5	+ 5.5	423	3.3	+ 15.9	564	2.5	- 9.1
292	5.0	+ 58.9	425	3.4	+ 33.6	565	5.3	+ 67.7
[293]	4.0	- 9.3	427	4.1	+ 6.5	569	3.0	+ 72.2

№ d. Berl. J.	Gr.	δ	№ d. Berl. J.	Gr.	δ	№ d. Berl. J.	Gr.	δ
		0			0			0
568	4.1	+37.7	680	3.6	+9.6	788	3.9	+40.8
[570]	5.5	+15.7	681	3.8	+28.7	[792]	3.9	+43.6
571	3.2	+59.3	[685]	5.0	+64.4	793	5.4	+38.3
572	3.7	+29.4	688	3.2	-2.9	797	3.1	+29.9
573	4.8	+41.1	690	3.9	+21.7	[799]	3.8	+37.7
[576]	4.1	+31.7	[693]	4.3	+71.3	800	3.9	+4.9
578	2.2	+27.0	694	5.1	+58.7	803	2.5	+62.2
[580]	5.3	+40.6	695	3.6	+72.7	804	4.2	+19.4
[581]	3.8	+26.6	699	1	+38.7	[807]	5.4	+46.1
582	2.5	+6.7	[702]	5.1	-8.4	808	2.9	-6.0
583	3.4	+15.7	703	4.1	+20.5	809	3.1	+70.2
584	4.0	+18.4	705	(3.3)	+33.3	811	5.1	+40.0
585	3.3	-3.2	707	4.6	+59.3	815	2.3	+9.5
[587]	5.3	+62.9	709	4.5	+4.1	[816]	4.1	+25.2
588	3.5	+4.7	711	(4.5)	+43.8	[817]	4.8	+70.9
590	4.3	+78.1	[714]	5.0	+71.2	821	4.3	+48.9
[591]	3.7	+16.0	[712]	4.0	+14.9	823	5.2	+25.5
593	4.0	+27.1	713	3.2	+32.6	827	2.9	-0.8
[595]	5.1	+55.0	716	3.0	+13.7	[831]	3.9	+24.9
598	3.8	+58.8	717	3.2	-5.0	834	3.6	+5.8
[601]	4.0	+45.2	[719]	5.2	+36.0	835	4.3	+32.7
603	2.8	-3.5	723	3.0	+67.5	836	3.4	+57.8
605	3.2	-4.5	724	4.3	+38.0	837	4.8	+71.9
608	3.6	+46.5	725	5.4	+11.4	840	4.2	-8.2
609	3.5	+19.4	726	3.8	+53.2	842	3.7	-1.8
[612]	5.1	+76.0	729	4.5	+73.2	[843]	4.9	+11.8
[613]	4.7	+14.2	730	3.3	+2.9	844	4.5	+51.8
615	2.7	+61.7	732	3.0	+27.8	[847]	(4.1)	+58.0
618	2.6	+21.7	733	3.9	+51.5	848	3.8	+49.8
[617]	3.7	+2.2	[737]	5.0	-7.2	850	3.9	-0.6
619	5.0	+69.0	738	4.5	+50.0	[851]	5.2	+73.2
621	4.1	+42.6	[740]	5.2	+37.1	852	4.9	+38.6
626	3.3	+39.1	741	2.7	+10.4	[853]	5.3	+63.1
627	4.9	+56.9	742	2.8	+44.9	855	3.3	+10.4
633	3.2	+9.5	743	3.8	+18.3	857	2.9	+29.8
634	3.6	+31.1	745	1	+8.6	[858]	5.4	+41.3
[635]	4.9	+12.9	[746]	(4.0)	+0.8	859	3.9	+23.1
639	3.0	+65.8	747	3.8	+70.0	[862]	3.6	+24.1
640	(3.0)	+14.5	749	3.7	+6.2	863	3.5	+65.7
641	3.0	+24.9	750	5.0	+52.2	864	3.8	-8.1
643	3.1	+36.9	752	3.6	+19.2	869	3.5	+41.8
[647]	4.5	-5.0	756	3.1	-1.1	870	2.4	+27.6
653	2.7	+52.4	757	4.3	+46.5	871	2.4	+14.7
[655]	4.7	+55.2	[758]	4.3	+56.3	874	4.5	+74.9
[657]	4.8	+55.2	759	4.3	+77.4	[878]	3.7	+2.8
656	2.1	+12.6	765	2.3	+40.0	880	4.5	+23.2
[659]	5.2	+68.2	767	4.1	+62.7	882	5.5	+61.8
663	3.6	+46.1	768	3.9	+11.0	[881]	4.4	+22.9
664	4.9	+68.8	770	5.3	+74.6	884	5.1	+0.8
665	2.8	+4.6	771	3.5	+14.3	885	4.7	+12.3
667	3.3	+27.8	[772]	5.1	+9.8	[887]	5.2	+30.8
[668]	3.7	+2.7	774	3.7	+15.6	[890]	3.8	+46.0
670	4.7	+72.2	777	1.3	+45.0	891	4.1	+42.8
671	3.6	+56.9	[778]	4.2	+14.8	892	4.1	+5.1
672	3.8	+37.3	780	2.4	+33.6	893	3.3	+77.1
675	5.1	+77.0	781	3.6	-9.8	895	5.2	+67.3
673	3.4	-9.8	[782]	4.5	+57.3	898	5.4	+18.6
[674]	3.7	+29.3	783	3.5	+61.5	[899]	4.8	+57.0
676	2.3	+51.5	784	4.6	+36.2	[900]	5.1	-4.1
677	4.0	+2.9	786	5.3	+27.7	902	3.9	+6.4
						e	4.3	+81.7
						f	5.2	+83.0
						g	4.2	+82.2