

Tabelle 2.

	1913	1914	1915	1916	1917	1918	1919	Mittel
I. Gruppe	0.970	0.847	0.858	0.878	0.829	0.864	0.868	0.848
II. Gruppe	0.806	0.854	0.858	—	0.853	0.884	0.841	0.849
III. Gruppe	0.809	0.839	—	0.867	0.856	0.862	0.854	0.848

Wenn wir die Größe der Koeffizienten der Durchsichtigkeit in Tabelle 2 vergleichen, so sehen wir, daß die Größen  $p_2$  in der ersten und dritten Gruppe bald größer, bald kleiner sind als die entsprechenden Werte in der Gruppe II, daß jedoch im Mittel für jede von ihnen der Koeffizient der Durchsichtigkeit gleich  $p_2 = 0.848$  ist.

Das weist daraufhin, daß die Schwankungen von  $A$  in Abhängigkeit von der Veränderung der heliographischen Breite der Erde, auf die oben hingewiesen wurde, dem Anschein nach reell sind. Im höchsten Grade interessant wäre es, ähnliche

Zusammenstellungen der Sonnenkonstante für mehr südlich gelegene Orte mit geringerer Bewölkung als Pawlowsk auszuführen, da man dann nicht nur größere Beobachtungsreihen, sondern auch vier statt drei Gruppen haben könnte. Die vierte Wintergruppe, welche hinsichtlich ihrer Lage gegen die Ebene des Sonnenäquators der Sommergruppe analog wäre, würde volle Sicherheit bieten, daß die erhaltenen Resultate nicht entstellt sind durch den jährlichen Gang der Veränderung der Durchsichtigkeit der Atmosphäre.

Pawlowsk, 1921 Juli 25.

N. Kalitin.

### Ausgleichung des russischen Längennetzes nebst Gewichtsbestimmung. Von A. Berroth.

I. Von den grundlegenden Längenausgleichungen von *Bakhuyzen*<sup>1)</sup> 1893 und *Albrecht*<sup>2)</sup> 1905 umfaßt nur die erstere einen größeren Teil der im europäischen Rußland vorhandenen Längenbestimmungen.

Die *Albrechtsche* Ausgleichung erstreckt sich nur auf Punkte westlich der Linie Odessa-Kiew-Moskau-Pulkowa. Es war insbesondere für die Bearbeitung der Längengradmessung in 48° Breite und ihrer Verbindung mit der in 52° Breite wünschenswert, einen gleichwertigen Anschluß an die *Albrechtsche* Ausgleichung auch in dem östlich dieser Grenze liegenden Längengebiet zu erhalten.

Die Ausgleichung wurde nach zwei verschiedenen Gesichtspunkten ausgeführt. Einmal sollten sämtliche bereits von *Albrecht* im Zusammenhang mit den westeuropäischen Längen ausgeglichenen russischen Stationen keine neue Verbesserung erhalten. Dem war dadurch Rechnung zu tragen, daß zwei Zwangsbedingungen eingeführt wurden, durch die man den beobachteten Längenunterschieden Warschau-Kiew und Kiew-Moskau fest vorgeschriebene Verbesserungen erteilte (I).

Es erschien jedoch vorteilhafter, die volle Auswirkung des östlichen Netzteils auf den westlichen nicht durch obige Zwangsbedingungen zu unterbinden, sondern das ganze russische Netz als eine geschlossene Einheit zu behandeln. Um den Anschluß an die westeuropäischen Längen zu vollziehen, könnte man das Grenzpolygon dann so auf dem *Albrechtschen* verschieben, daß die Quadratsumme der Längenverbesserungen

aller Grenzpolygonpunkte ein Minimum wird. Die dadurch hervorgerufene Unstetigkeit im Grenzübergang läßt sich jedoch vollständig vermeiden, wenn man berücksichtigt, daß die Länge Warschau-Pulkowa bereits durch Potsdam und Greenwich mit einem Gewicht von 15 bis 20 (Maßstab vergleiche weiter unten) feststeht. So kommt man zu dem berechtigten Schluß, das ganze Netz an Warschau-Pulkowa mit Zwang anzuhängen, wie dies in einer zweiten Ausgleichung (II) geschehen ist. Das Verfahren ist nach bedingten Beobachtungen durchgeführt.

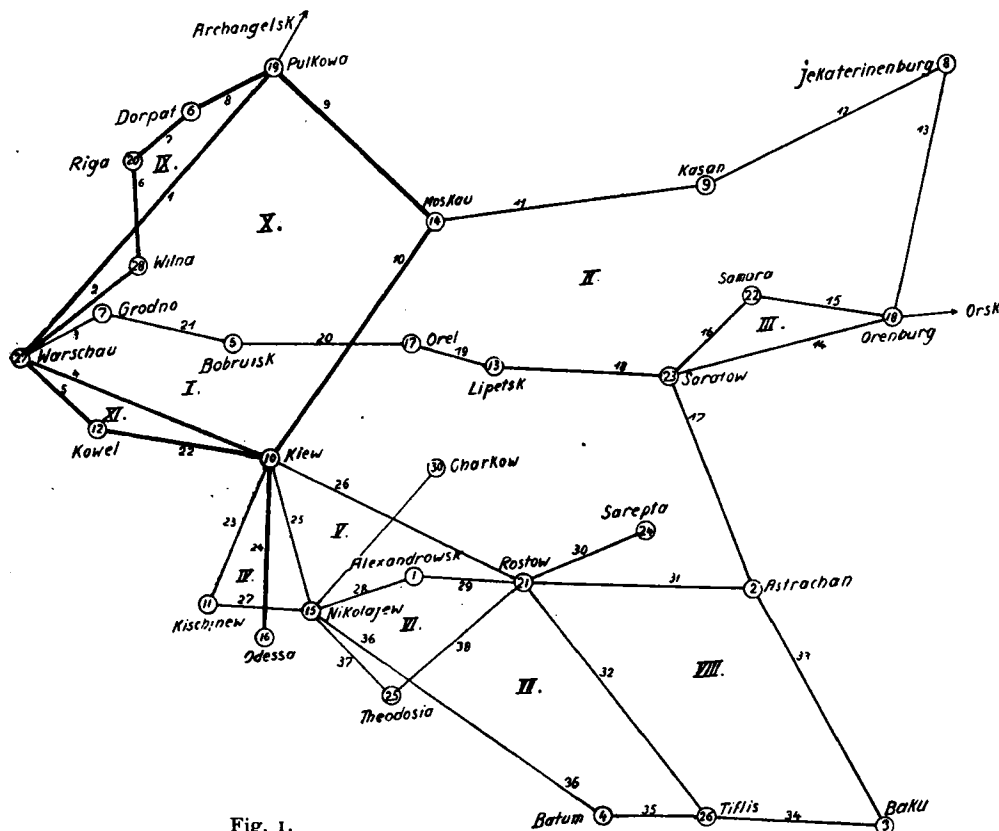


Fig. 1.

<sup>1)</sup> H. G. van de Sande Bakhuyzen, Genfer Verhandlungen I. E. 1893 und Astron. Nachr. Nr. 3202 (134.153).

<sup>2)</sup> Th. Albrecht, Ausgleichung des zentraleuropäischen Längennetzes. Astron. Nachr. Nr. 3993-94 (167.145).

Für die Gewichtsannahme a priori waren die Grundsätze der *Albrechtschen* Publikation maßgebend, wonach »einer guten neueren Längenbestimmung von hinreichendem Umfang der Beobachtungen unter strengem Ausgleich der Stromstärken und mit Wechsel der Beobachter ausgeführt das Gewicht 3 beigelegt wird.«

Das Gewicht 3 konnte nur einer einzigen Längendifferenz, nämlich Pulkowa-Moskau zuerkannt werden, welche unabhängig voneinander zweimal bestimmt worden ist, 1863 (Sap. 35) Gew. = 1 und 1872 (Sap. 35) Gew. = 2.

Das Gewicht 2 wurde ebenfalls nur einmal erteilt, der zweimal unabhängig ausgeführten Bestimmung von Warschau-Kiew 1877 (Ann. de l'Obs. de Kiew, Vol. 1 und Sap. 42) je mit Gew. = 1.

Die große Menge der Längenbestimmungen ist ausgeführt durch Beobachtungen über 6–8 Abende zu je zwei Zeitbestimmungen mit eingeschlossenem Signalwechsel, wobei stets Beobachterwechsel, verschiedentlich auch Instrumentenwechsel stattfand; mit einem solchen erhielten sie das Gewicht 1.5, ohne solchen 1.0.

Die für die Längengradmessung in 52° Breite veranstalteten Längenbestimmungen sind insofern indirekte, als Referenzstationen eingerichtet wurden, vgl. L. Gr. I, S. 6 Nr. 4.

Ein Beobachterwechsel fand nicht statt, die Beobachtungsabende entsprachen an Zahl der zuletzt erwähnten Gruppe; Gewichtsannahme = 0.75.

Die Gewichte der bereits von *Albrecht* verwendeten Messungen sind nicht geändert worden.

Im 4. Abschnitt werden scharfe Gewichtsbestimmungen an Hand der Ausgleichung vorgenommen zum Zweck der späteren Einführung in die Bedingungsgleichungen für die Lotabweichungen. Diese konnten sich zur Beziehung auf Greenwich an den schon in der Längengradmessung<sup>1)</sup> in 52° Breite und in Heft 5 der Lotabweichungen<sup>2)</sup> im Gewicht scharf bestimmten Laplaceschen Punkt Warschau anhängen.

Die Polygonwidersprüche des bearbeiteten Netzes bewegen sich unterhalb der Grenze von 0.27, der mittlere Fehler der Gewichtseinheit wird um  $\frac{1}{4}$  kleiner als in der *Albrechtschen* Ausgleichung. Dabei muß man bedenken, daß bei dieser zwar nur das beste, jedoch nach Nationalitäten verschiedene Material Verwendung fand, was infolge Verschiedenheit von Instrumentenbau und Beobachtungsmethode zu systematischen Fehlerquellen Anlaß bietet.

Beim Studium der Quellen in den »Sapiski« war mir Oberst v. *Mende* vom fr. russischen Generalstab behilflich.

## 2. Die ursprünglichen Beobachtungen und ihre Verbesserungen.

Nr.	Stationen	Längendiff.	m. F.	Beob.- Jahr	Beob.- Wechs.	Instr.- Wechs.	Quelle	Gew. $p$	Verb. d. Ausgl. II
1	Warschau-Pulkowa	37 <sup>m</sup> 11.30	± 0.013	1875	1	—	Sap. 37	1	+ 0.025
2	Warschau-Wilna	17 1.57	0.013	1878	1	—	Brüssel V.	1	— 61
3	Warschau-Grodno	11 11.61	0.045	1865	—	—	Sap. 46	0.75	— 26
4	Warschau-Kiew	37 53.35	0.013	1877	1	1	» 42	2	+ 19
		37 53.25		1877	1	1	Ann. Kiew		
5	Warschau-Kowel	14 39.74	0.011	1878	1	—	Brüssel V.	1	— 7
6	Wilna-Riga	4 40.59		1880	1	—	» »	1	+ 61
7	Riga-Dorpat	10 25.18	0.018	1885	1	—	Sap. 41	1	— 61
8	Dorpat-Pulkowa	14 25.41		1879	1	—	Brüssel V.	1	— 61
9	Pulkowa-Moskau	28 58.46	0.021	1863	1	1	Sap. 35	3	— 4
		28 58.45	0.010	1872	1	1			
10	Moskau-Kiew	28 16.47	0.015	1877	1	1	» 42	1	— 13
11	Moskau-Kasan	46 11.97	0.030	1875	—	—	» 37	1	— 25
12	Kasan-Jekaterinenburg	45 59.64	0.043	1876	—	—	» 37	1	— 25
13	Jekaterinenburg-Orenburg	22 1.629	0.019	1887	—	—	» 48	1	+ 25
14	Orenburg-Saratow	36 17.210	0.014	1887	1	—	» 48	1	— 20
15	Orenburg-Samara	20 7.054	0.015	1866	—	—	» 46	0.75	+ 60
16	Samara-Saratow	16 10.016	0.015	1866	—	—	» 46	0.75	+ 60
17	Saratow-Astrachan	7 59.066	0.008	1888	1	—	» 49	1	— 45
18	Saratow-Lipetsk	25 45.114	0.022	1865	—	—	» 46	0.75	— 25
19	Lipetsk-Orel	14 9.21	0.022	1865	—	—	» 46	0.75	— 25
20	Orel-Bobruisk	27 21.58	0.022	1865	—	—	» 46	0.75	— 25
21	Bobruisk-Grodno	21 35.10	0.045	1865	—	—	» 46	0.75	— 25
22	Kowel-Kiew	23 13.59	0.018	1885	1	—	» 41	1	— 7
23	Kiew-Kischinew	6 39.532	0.017	1885	1	—	» 49	1	+ 14
24	Kiew-Odessa	1 1.432	0.018	1886	1	—	» 49	—	—
25	Kiew-Nikolajew	5 53.15	0.014	1877	1	1	» 49	1.50	+ 12
26	Kiew-Rostow	36 50.825	0.016	1877	1	1	» 49	1.50	+ 26
27	Kischinew-Nikolajew	12 32.718	0.015	1880	1	1	» 49	1.50	— 9

<sup>1)</sup> A. Börsch und L. Krüger, Die Europ. Längengradmessung in 52° Breite, II. Heft, Veröff. d. Preuß. Geod. Inst., Berlin 1896.

<sup>2)</sup> L. Krüger, Veröff. d. Preuß. Geod. Inst. N. F. Nr. 68, Berlin 1916.

Nr.	Stationen	Längendiff.	m. F.	Beob.- Jahr	Beob.- Wechs.	Instr.- Wechs.	Quelle	Gew. $p$	Verb. d. Ausgl. II
28	Nikolajew-Alexandrowsk	12 <sup>m</sup> 50 <sup>s</sup> 59 <sup>s</sup> 6	$\pm 0.022$	1890	I	—	Sap. 49	I	+0.011
29	Alexandrowsk-Rostow	18 7.070	0.018	1890	I	—	» 49	I	+ 11
30	Rostow-Sarepta	19 22.072	0.018	1890	I	—	» 49	—	—
31	Rostow-Astrachan	33 17.326	0.012	1888	I	—	» 49	I	+ 16
32	Rostow-Tiflis	20 19.758	0.027	1882	I	—	N.*) u. Sap. 48	I	+ 47
33	Astrachan-Baku	7 13.029	0.014	1888	I	—	Sap. 48	I	— 28
34	Baku-Tiflis	20 10.511	0.018	1883	I	—	N. u. Sap. 48	I	+ 28
35	Tiflis-Batum	12 39.48	0.014	1885	—	—	N. u. Sap. 48	0.75	— 25
36	Batum-Nikolajew	38 38.06	0.012	1884	I	—	M. J. **)	I	— 19
37	Nikolajew-Theodosia	13 39.05	0.012	1888	I	—	Sap. 48	I	+ 12
38	Theodosia-Rostow	17 18.618	0.018	1893	I	I	» 58	1.50	+ 8
39	Charkow-Nikolajew	17 1.97	0.014	1889	I	I	Ann. Charkow	—	—
40	Orsk-Orenburg	13 47.18	0.064	1867	—	—	Sap. 46	—	—
41	Archangelsk-Pulkowa	40 45.87	0.030	1887	—	—	Brüssel V.	—	—

\*) N. = Nachrichten der Geogr. Gesellschaft Bd. VIII (Jeswiski). \*\*) M. J. = Marine-Journal.

3. Die Ausgleichungsergebnisse. Die Polygonwidersprüche betragen der Reihe nach +0.232, +0.155, -0.140, -0.036, +0.009, -0.002, -0.114, +0.086, +0.270, -0.014, -0.033.

Die Auflösung der Normalgleichungen I ergab die zugehörigen Korrelaten -0.0183, -0.0262, +0.0454, +0.0140, -0.0049, -0.0125, +0.0190, -0.0270, +0.0255, +0.0183 (die letzten beiden für die Zwangsbedingungen). Ferner  $[p_{vv}] = 0.0202 \text{ sec}^2$ , damit folgt als mittlerer Fehler einer Längenbestimmung vom Gewicht 1 vor der Ausgleichung  $m = \pm 0.045$ .

Die Normalgleichungen II lauten (die letzte für den Zwang):

$K_1$	$K_2$	$K_3$	$K_4$	$K_5$	$K_6$	$K_7$	$K_8$	$K_9$	$K_{10}$	$K_{11}$	$K_{12}$	$W = 0$
+9.83	+2.67	—	—	-0.67	—	—	-1.00	—	+0.50	-0.50	—	+0.232
	+7.67	+1.00	—	-0.67	—	—	-1.00	—	-1.00	—	—	+0.155
		+3.67	—	—	—	—	—	—	—	—	—	-0.140
			+2.33	-0.67	—	—	—	—	—	—	—	-0.036
				+3.33	-2.00	-2.00	—	—	—	—	—	+0.009
					+3.67	+2.00	—	—	—	—	—	-0.002
						+5.33	-1.00	—	—	—	—	-0.114
							+4.00	—	—	—	—	+0.086
								+5.00	-1.00	—	-1.00	+0.270
									+2.83	-0.50	+1.00	-0.014
										+2.50	—	-0.033
											+1.00	-0.025

Die Korrelaten sind: -0.0189 -0.0253 +0.0451 +0.0141 -0.0046 -0.0124  
+0.0191 -0.0278 -0.0613 -0.0128 +0.0069 -0.0235.

$[p_{vv}] = 0.0357 \text{ sec}^2$ , mittlerer Gewichtseinheitsfehler  $m = \pm 0.045$ .

Die Verbesserungen sind bereits in die vorstehende Tabelle aufgenommen. In der folgenden Zusammenstellung sind die Werte II die, welche die höhere Wahrscheinlichkeit beanspruchen können.

Nr.	Station	Bezugspunkt	Länge von Greenwich			
			I	II	I	II
1	Alexandrowsk	Kuppel der Neuen Kathedrale	2 <sup>h</sup> 20 <sup>m</sup> 44 <sup>s</sup> 334	.331	35° 11' 5" 01	4.965
	Archangelsk	Kathedrale	2 42 4.440	.440	40 31 6.60	.60
2	Astrachan	Kreuz des Glockenturms der Kathedrale	3 12 8.758	.754	48 2 11.37	.31
3	Baku	Palais du Khan. Minaret	3 19 21.760	.757	49 50 26.40	.355
4	Batum	Mosquée Assisie	2 46 31.768	.765	41 37 56.52	.475
5	Bobruisk	Astronom. Punkt	1 56 53.906	.904	29 13 28.59	.56
	Charkow	Neue Sternwarte, Meridiankreis	2 24 55.697	.694	36 13 55.455	.41
6	Dorpat	Observatorium, Meridiankreis	1 46 53.222	.222	26 43 18.33	.33
7	Grodno	Astronom. Punkt, Steinpfeiler	1 35 18.831	.829	23 49 42.465	.435
8	Jekaterinenburg	Astronom. Punkt	4 2 28.584	.578	60 37 8.76	.67
9	Kasan	Observatorium, Meridiankreis	3 16 28.970	.963	49 7 14.55	.445
10	Kiew	Observatorium, Meridiankreis	2 2 0.564	.561	30 30 8.46	.415
11	Kischinew	Kuppel der Kathedrale	1 55 21.018	.015	28 50 15.27	.225
12	Kowel	Hauptkuppel der orthod. Kathedrale	1 38 46.979	.978	24 41 44.685	.67

Nr.	Station	Bezugspunkt	Länge von Greenwich			
			I	II	I	II
13	Lipetsk	Astronom. Punkt	2 <sup>h</sup> 38 <sup>m</sup> 24. <sup>s</sup> 647	.644	39° 36' 9. <sup>s</sup> 705	.666
14	Moskau	Observatorium, Meridiankreis	2 30 17.026	.018	37 34 15.39	.27
15	Nikolajew	Observatorium, Zentrum	2 07 53.727	.724	31 58 25.905	.86
16	Odessa	Observatorium, Meridiankreis	2 0 59.132	.129	30 14 46.98	.935
17	Orel	Astronom. Punkt	2 24 15.462	.459	36 3 51.93	.885
18	Orenburg	Astronom. Punkt	3 40 26.928	.923	55 6 43.92	.845
	Orsk	Astronom. Punkt	3 54 14.108	.103	58 33 31.62	.545
19	Pulkowa	Observatorium, Zentrum	2 1 18.570	.570	30 19 38.55	.55
20	Riga	Techn. Hochschule, Turm	1 36 28.103	.103	24 7 1.545	.545
21	Rostow	Kuppel der Neuen Kathedrale	2 38 51.415	.412	39 42 51.225	.18
22	Samara	Astronom. Punkt	3 20 19.813	.809	50 4 57.195	.135
23	Saratow	Astronom. Punkt	3 4 9.737	.733	46 2 26.055	25.995
24	Sarepta	Kreuz der Kirche	2 58 13.487	.484	44 33 22.305	.26
25	Theodosia	Signal Bertran, Geodät. Triang. P.	2 21 32.789	.786	35 23 11.835	.79
26	Tiflis	Physikal. Observatorium, kleiner Turm	2 59 11.223	.219	44 47 48.345	.285
27	Warschau	Observatorium, Zentrum	1 24 7.245	.245	21 1 48.675	.675
28	Wilna	Observatorium, Passag.-Instrument	1 41 8.754	.754	25 17 11.31	.31

4. Bereits in der Längengradmessung in 52° Breite wurden, fußend auf den *Bakhuysenschen* Resultaten, für eine Reihe von Längen die Gewichtsgleichungen und Gewichtsreziproken hergestellt. Mit diesen haben *A. Börsch* und *L. Krüger*, entsprechend dem *Helmertschen* »Verfahren zur Umwandlung von Stationsausgleichungen mit Winkeln als Unbekannten in einen vollen Satz von Richtungsbeobachtungen«, einen Satz unabhängiger Längenbestimmungen mit verschiedenen Gewichten eingeführt (»Längensatz«), welchem auch der Punkt Warschau angehört.

Prof. *L. Krüger* hat nun in den Lotabweichungen V die neueren Resultate der *Albrechtschen* Ausgleichung zur Gewichtsbestimmung verwertet. Die für Warschau ermittelte Gewichtsanzahl hat hierbei keine Veränderung erfahren.

Die zweite Fundamentalstation des russischen Netzes Pulkowa, ist nicht in den Längensatz aufgenommen, dagegen ist ihr resultierendes Gewicht, gleich 7.0, in *Albrechts* Publikation angegeben.

Ich habe in Fig. 2 zu den dort (S. 158) angegebenen Gewichten die in Lotabweich. V S. 83 ermittelten Gewichtsreziproken des Satzes graphisch aufgetragen, womit sich für Pulkowa die Reziproke 0.07 erwarten läßt.

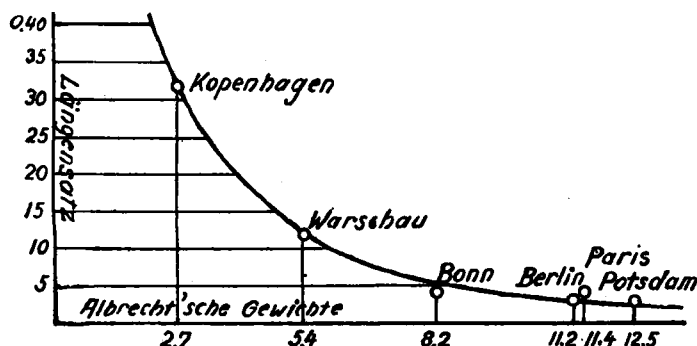


Fig. 2.

<sup>1)</sup> Diese Zahlen sind Mindestannahmen auf Grund des Netzbildes durch Analogieschluß.

<sup>2)</sup> Gewicht 8.5, nach der graphischen Darstellung.

Zu diesem Wert kommt man jedoch auch auf andere Weise. Die Punkte Potsdam, Warschau, Wien (indirekt) sind im Längensatz gegen Greenwich festgelegt (Spalte 3), die Gewichte ihrer Verbindungen mit Pulkowa bekannt (Spalte 2).

Von	nach Pulkowa $\rho$ vor d. A.	$\rho$ nach d. A.	$1/\rho$ n. d. Längensatz	$1/\rho$ durch Übertragung	$\Sigma$
Potsdam	10 (12)	15.0 <sup>1)</sup>	0.03	0.07	0.10
Warschau	1.25	1.93	0.12	0.52	0.64
Wien	1.50	3.0 <sup>1)</sup>	0.05 <sup>2)</sup>	0.33	0.38

Daraus die Gewichtsreziproke für Pulkowa (vergl. Lotabweichungen V, S. 87):

$$q_p = (1/19.93^2) \{15^2 \cdot 0.10 + 1.93^2 \cdot 0.64 + 3.0^2 \cdot 0.38\} = 0.07.$$

Hiermit kann Pulkowa als Punkt des Längensatzes weiterbehandelt werden. Die weiteren Gewichte gegen Greenwich sind nun so gerechnet, daß im Anschluß an die Normalgleichungen II die Gewichtsreziproken sämtlicher Netzpunkte einmal gegen Warschau, das andere Mal gegen Pulkowa ermittelt wurden. Mit dem *Albrechtschen* mittleren Gewichteinheitsfehler von  $\pm 0.070$  und dem hier folgenden von  $\pm 0.054$  sind dann die mittleren Fehler sämtlicher Stationen gegen Greenwich sowohl über Warschau als über Pulkowa, die infolge der Zwangsbedingung Warschau-Pulkowa dasselbe numerische Ergebnis liefern müssen, angeschrieben worden. Die in die folgende Zusammenstellung aufgenommenen m. F. sind die Mittelwerte der sich nur um wenige 0.001 unterscheidenden m. F. der Greenwichlängen über Pulkowa und über Warschau.

Erwähnt wird, daß sämtliche Rechnungen mit dem Rechenschieber zweimal gemacht, die Verbesserungen und Gewichte durch Mitnahme der Summenkontrolle geprüft sind.

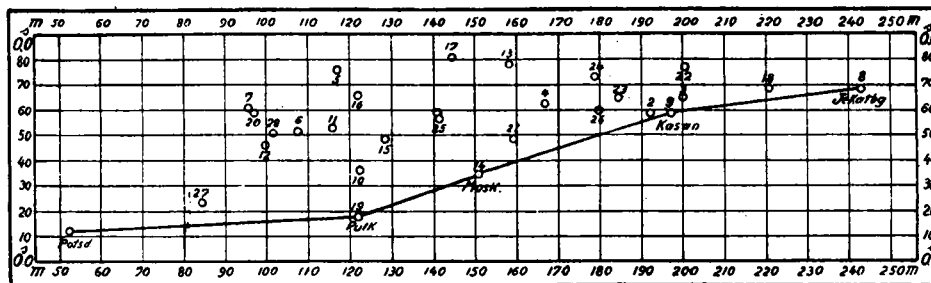
Die in die Tabelle aufgenommenen Zahlen sind voneinander abhängige Größen, die nicht ohne weiteres einen Schluß auf andere Längenunterschiede erlauben.

Die Gewichtsreziproken der ausgeglichenen Längendifferenzen bewegen sich jedenfalls unterhalb 1.2 und die aller existierenden Kombinationen wenig über 2.0.

## Mittlere Fehler der Greenwichlängen.

Nr.	Station	$1/p$ a. d. Netz	m. F. g. Greenw.	Nr.	Station	$1/p$ a. d. Netz	m. F. g. Greenw.	Nr.	Station	$1/p$ a. d. Netz	m. F. g. Greenw.
1	Alexandrowsk	1.02	$\pm 0^{\circ}059$	11	Kischinew	0.81	$\pm 0^{\circ}053$	21	Rostow	0.64	$\pm 0^{\circ}049$
2	Astrachan	1.03	59	12	Kowel	0.56	46	22	Samara	1.85	77
3	Baku	1.28	65	13	Lipetsk	1.89	78	23	Saratow	1.25	65
4	Batum	1.18	63	14	Moskau	0.26	35	24	Sarepta	1.64	73
5	Bobruisk	1.78	76	15	Nikolajew	0.62	48	25	Theodosia	0.93	57
6	Dorpat	0.75	52	16	Odessa	1.29	66	26	Tiflis	1.07	60
7	Grodno	1.11	61	17	Orel	2.06	81	27	Warschau	$\infty$	24
8	Jekaterinenburg	1.41	68	18	Orenburg	1.46	69	28	Wilna	0.73	51
9	Kasan	1.01	59	19	Pulkowa	$\infty$	18				
10	Kiew	0.29	36	20	Riga	1.00	59				

Zur Veranschaulichung fanden diese m. F. Aufnahme in nachfolgender graphischer Darstellung, welche erkennen läßt, daß die russischen Längenbestimmungen sich würdig in das europäische Längennetz einfügen.



Zu einem allgemeinen Überblick über die zu erwartenden m. F. der Unterschiede der Lotabweichungen in Länge irgend zweier Punkte zeigt den Zusammenhang die Grundgleichung:

$$\lambda_k = (L'_k - L'_i) - (\bar{L}_k - \bar{L}_i) + \delta L'_k + \delta L'_i + q_1 \{ (B'_i - \bar{B}_i) + \delta B'_i - \xi_i \} - q_2 \lambda_i + q_3 \{ (S'_{ik} - \bar{S}_{ik}) + \delta S'_{ik} \} + q_4 \{ (T'_{ik} - \bar{T}_{ik}) + \delta T'_{ik} \} + q_5 \cdot da/a + q_6 \cdot da.$$

Der m. F. von  $\lambda_n - \lambda_m$  setzt sich aus sämtlichen m. F. der Einzelglieder zusammen, von denen jedoch die von der astronomischen Orientierung, den Richtungsverbesserungen und den Seitenlängen des geodätischen Linienzugs herrührenden m. F. nur mit geringem Koeffizienten (im allgem.  $< 0.1$ ) eingehen. Neben  $\delta L'$  ist der einzige beträchtlicher werdende Koeffizient der von  $\delta B'_0$ , dem Messungsfehler in Breite der Referenzstation, wodurch jedoch ebenfalls ein kleiner Fehlerbeitrag entsteht, weil dieser Breitenfehler mit hoher Wahrscheinlichkeit unterhalb  $0.1$  gehalten werden kann. — Mit vollem Betrag wirkt der Messungsfehler der Längendifferenz.

Um ein abschließendes Urteil über die zu erwartenden Lotabweichungsfehler zu gewinnen, müssen neben den Pol-

höhen besonders die Azimutmessungen einer näheren Prüfung unterzogen werden. Dabei ist die aus der Ausgleichung des astronomisch-geodätischen Netzes hervorgehende  $[p_{vv}]$  ausschlaggebend.

Unter der Voraussetzung, daß die andern astronomischen Messungen in Rußland den Längenbestimmungen an Güte gleichkommen (den m. F. der astron. Orientierungen als das Doppelte der mittleren Längenfehler angesetzt, was den Erfahrungen in Lotabw. V entspricht), läßt sich sagen, daß die mittleren zu befürchtenden Fehler der Unterschiede der Lotabweichungen in Länge irgend zweier Punkte des russischen Netzes im allgemeinen unterhalb  $1.75$  bleiben werden.

Potsdam, 1921 Mai.

A. Berroth.

## Über einen thermodynamischen Fehler seitens Arthur Schusters. Von W. Anderson.

Bekanntlich werden auf der Sonnenoberfläche nicht selten gewaltige Geschwindigkeiten der Gase beobachtet, die Hunderte von km/sec betragen können. In einem vor 13 Jahren erschienenen Aufsatz (Nature 78.662-663) findet A. Schuster, daß solche Geschwindigkeiten schwer zu erklären sind: »For there is a limit to the velocity of a gas impelled by pressure only, this being the velocity with which it streams from a high pressure into a vacuum, and we may put this limiting velocity to be equal to that of propagation of sound in the gas. Observation shows that the highest velocities observed on the solar surface are about 200 times as great, as the velocity of sound in hydrogen at the temperature of freezing

water. If, then, these masses of moving matter are impelled by pressure only, the number expressing their absolute temperature divided by the density must be 40000 times greater than the corresponding number in the case of hydrogen at  $0^{\circ}$  C. Taking the absolute temperature of the sun to be forty times as great as that of freezing water . . . the observed velocities would become consistent with our supposition of pressure-motion only if the density of the gas were a thousand times less than that of hydrogen.« Weiter entwickelt A. Schuster eine Hypothese, nach welcher in der Sonnenatmosphäre freie Elektronen zum großen Teil die Rolle von Gas-molekülen spielen. Also die Sonnenatmosphäre sei eigentlich