

LATVIJAS ŪNIVERSITĀTES ASTRONOMISKĀS OBSERVĀTŌ-
RIJAS RAKSTI. RĪGĀ
PUBLICATIONS DE L'OBSERVATOIRE ASTRONOMIQUE DE L'UNIVERSITÉ
DE LETTONIE À RIGA

Nr. 3.

**BEITRÄGE ZUR STEIGERUNG DER
GENAUIGKEIT BEI ASTRONOMISCHEN
MESSUNGEN**

VON

A. SCHAGGER

*

SONDERABDRUCK AUS DEN VERHANDLUNGEN DER NEUNTEN TAGUNG DER
BALTISCHEN GEODÄTISCHEN KOMMISSION.

HELSINKI
1937

LATVIJAS ŪNIVERSITĀTES ASTRONOMISKĀS OBSERVĀTŌ-
RIJAS RAKSTL. RĪGĀ
PUBLICATIONS DE L'OBSERVATOIRE ASTRONOMIQUE DE L'UNIVERSITÉ
DE LETTONIE À RIGA

Nr. 3.

**BEITRÄGE ZUR STEIGERUNG DER
GENAUIGKEIT BEI ASTRONOMISCHEN
MESSUNGEN**

VON

A. SCHAGGER

*

SONDERABDRUCK AUS DEN VERHANDLUNGEN DER NEUNTEN TAGUNG DER
BALTISCHEN GEODÄTISCHEN KOMMISSION.

HELSINKI
1937

Beiträge zur Steigerung der Genauigkeit bei astro- nomischen Messungen.

Von A. SCHAGGER.

Die Resultate der heutigen astronomischen Ortsbestimmungen entsprechen noch lange nicht der gewünschten Genauigkeit. Dieses ist zu gut bekannt. Die Aufgabe, die der Verfasser sich daher gestellt hatte, war etwas zur Steigerung der Genauigkeit durch möglichst einfache Mittel beizutragen, nicht aber dieselbe durch Anwendung komplizierter Apparate zu erreichen, denn solche, wenn auch noch so sinnreich gebaut, geben in der Praxis nicht immer den gewünschten Erfolg.

I.

Der Verfasser hat zuerst mit der Breitenbestimmung nach der PIEWZOWSCHEN Methode begonnen. Bekanntlich verlangt diese Methode, dass der Beobachter den Oberteil des Instruments während der Beobachtungen im Azimute verstellt, d. h. fast kontinuierlich mit der Mikrometerschraube drehend den bei grösseren Instrumenten schweren Oberteil bewegt. Die Ablesungen der Libelle, auf die es bei dieser Methode gerade sehr ankommt, entsprechen daher nicht immer der wirklichen Lage des Fernrohrs während der Durchgänge des Sternes durch die Fäden. Es wäre zweifellos besser, wenn der Beobachter das Instrument, nachdem er den Oberteil desselben auf den Stern eingestellt hat, weiter nicht mehr anrühren würde. Da aber die Sterndurchgänge an einer grösseren Anzahl der Fäden beobachtet werden müssen (gewöhnlich 7—9 oder mehr) so war dieses bis jetzt, besonders bei Süd-Sternen, nicht möglich, ohne den Oberteil des Instruments im Azimut zu verstellen. Der Verfasser hat diese Aufgabe derartig gelöst, dass *an Stelle der gewöhnlichen*

Fadenplatte eine Platte mit besonders nahe aneinander befindlichen und streng parallelen Fäden angewandt wurde. Da eine grössere Anzahl Fäden, deren Abstand sehr klein wäre und die streng parallel miteinander wären, nicht aufgezogen werden können, so liess der Verfasser der Firma Hartnack in Berlin-Steglitz auf optischem Glase eine Platte mit der in Fig. 1 gezeigten Faden-Anordnung nach dem von der Firma angewandten Schwarzätzverfahren herstellen. Die kleinste Entfernung zwischen den Fäden beträgt 0,02 mm und die Stärke der Striche 4μ . Ein Nord-Stern mit einer Deklination von $+75^\circ$ durchläuft 10 Fäden etwa in 20^s , ein Süd-Stern mit kleinerer Dekl. ($+27^\circ$) in etwa 19^s . Beim Gebrauch eines transportablen Chronographen lassen sich die einzelnen Sterndurchgänge noch ziemlich gut registrieren. Der Verfasser würde doch eine $1\frac{1}{2}$ mal breitere

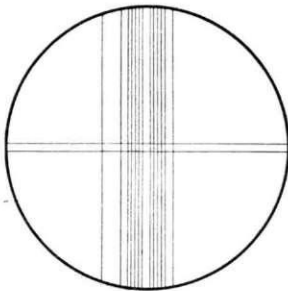


Fig. 1.

Anordnung der Fäden bei der extra-schmalen Fadenplatte. Der seitlich stehende Faden ist nur der leichteren schnellen Orientierung wegen angebracht. Beobachtungen werden an allen 12 Fäden ausgeführt, zur Rechnung werden nur die 10 inneren benutzt. Auf der Zeichnung ist der Durchmesser nicht dem Massstabe nach eingehalten worden.

Fadenplatte empfehlen, da die beschriebene doch eine gewisse Übung zum sicheren Vermerken der einzelnen Sterndurchgänge verlangt. Da die schwarzen Fäden, die auf chemisch-photographischem Wege auf der Platte gezeichnet und geätzt, wirklich streng parallel sind, so kann der Durchgang der Sterne an *beliebigen Stellen* der Fäden beobachtet werden und daher braucht man nicht das Instrument während der Beobachtungen anzurühren. Es ist jedoch zu empfehlen den Stern, wenn er im Gesichtsfelde des Fernrohres erschienen ist, mit der Azimutschraube so einzustellen, dass er ungefähr durch *die Mitte* der Fadenplatte gehen würde, dadurch würde der Fehler, der entstehen könnte, wenn die Fäden nicht absolut horizontal gestellt wären, eliminiert werden.

Es sollen hier in Kurze die *Vorteile* einer solchen Fadenplatte¹⁾ angegeben werden.

¹⁾ Die Platte kostet weniger als £0 R. M. Am besten empfiehlt sich diese Platte in einem besonderen Okularteil zu befestigen, den man dann nach Belieben am Instrument gegen den gewöhnlichen Okularteil austauschen kann.

1) *Das Instrument bleibt* während der Beobachtungen der Sterndurchgänge *unberührt* — der obere Teil des Instruments hat genügend Zeit eine ruhige Lage anzunehmen — die Ablesungen der Libelle müssten daher wirklich diejenigen sein, die den Zenitdistanzen der Sterndurchgänge entsprechen.

2) Da hier nur der zentrale Teil des Gesichtsfeldes zur Beobachtungen gebraucht wird, so kann man mit Erfolg eine viel *grössere Vergrösserung* als die üblich angewandte benutzen. Das gibt *bestimmt* eine Erhöhung der Genauigkeit der Sternbeobachtungen. Der Verfasser konnte durch Anwendung eines Okulars von einem anderen Instrumente die maximale Vergrösserung 65 Mal beim Hildebrandschen Universalinstrument bequem auf 87 steigern. Die Sterne waren trotzdem als deutliche runde, kleine, scharfe Scheiben zu sehen.

3) Die Berechnung der Beobachtungen wird stark vereinfacht. Man kann einfach *das Mittel* von den vermerkten Momenten nehmen und so rechnen, als ob man nur an einem (fiktiven) Mittelfaden den Sterndurchgang beobachtet hätte. Die Breite ist für die vom Verfasser benutzte Fadenplatte durch Abzug von nur $0'01$ bis $0'02$ zu korrigieren, letzteres nur für Sternpaare, bei denen der Nord-Stern eine grosse Deklination besitzt, und die Korrektion wird ein für alle Mal berechnet. Das bei Gebrauch einer gewöhnlichen Fadenplatte ausgezeichnete Rechnungsverfahren, das von M. KAMIENSKI¹⁾ angegeben ist und welches auch die Rechnung so zu führen gestattet, als ob nur an einem Mittelfaden beobachtet wäre, und das zum Vergleich mit den alten, früher angewandten Rechenverfahren eine elegante Lösung liefert, wird beim Gebrauch der beschriebenen *extra schmalen* Fadenplatte noch bedeutend vereinfacht, da eine Subtraktion eines jeden Momentes vom Mittel der beobachteten Momente, dann deren Erhebung ins Quadrat, das Summieren der gefundenen Quadrate und so weiter vollständig fortfällt.

4) Die kurze Beobachtungsdauer erlaubt auch solche Sternpaare zu absolvieren, die bei einer gewöhnlichen Fadenplatte nicht benutzt werden können, da der nächste Stern zu schnell dem ersten folgt. Man kann daher in kürzerer Zeit eine grössere Anzahl von Sternpaaren beobachten. Die kurze Beobachtungsdauer giebt auch bedeutend kürzere Chronographenstreifen.

Der Verfasser hat im Jahre 1933 die Anwendung der extra schmalen Platte auch praktisch geprüft. Es wurden mit dem grossen Hildebrandschen Universalinstrument bei Anwendung der beschriebe-

1) Siehe Literaturverzeichnis . . . I.

nen schmalen Fadenplatte 17 Sternpaare zur Bestimmung der Breite nach der PIEWZOWSchen Methode in mehreren Nächten beobachtet, ohne den Oberteil des Instrumentes im Azimut während des Sterndurchganges zu verstellen.

Damit die HORREBOW-TALCOTT-Libelle von einer seitlichen Beleuchtung während des Ablesens des Standes der Libellenblase nicht beeinflusst werden würde, wurde eine besondere Beleuchtungs-

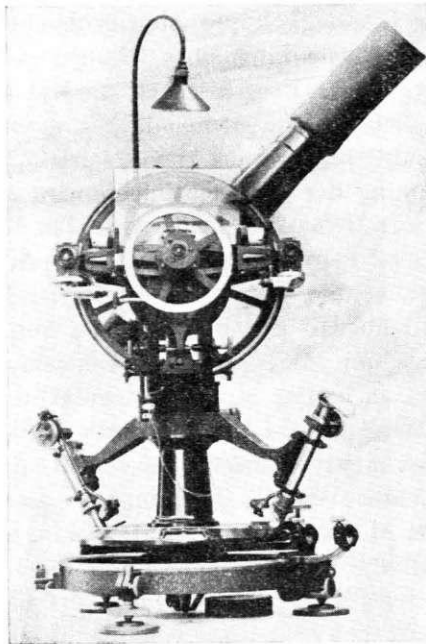


Fig. 2

Universalinstrument mit angebrachter Beleuchtungs-
 vorrichtung (oben) zum Ablesen der Libelle und Zelluloidschirm zum Schutze der HORREBOW-TALCOTT-Libelle
 von direkter Erwärmung durch den Beobachter.

richtung mit einer ganz kleinen Lampe, die von einem Accumulator gespeist wurde und leicht eingeschaltet werden konnte, in genügender Höhe und möglichst zentral zur Libelle angebracht. Die Anordnung ist auf der hinzugefügten Photographie (Fig. 2) zu ersehen. Ebenso wurden Massregeln zum Schutz gegen die Erwärmung der Libelle durch den Beobachter ergriffen. Zu diesem Zwecke wurde eine Zelluloidwand am Instrument vor der HORREBOW-TALCOTT-Libelle befestigt (siehe auch Fig. 2). Tabelle 1 zeigt die beobachteten Sternpaare, die Zenitdistanzen derselben, wie auch andere Daten.

Tabelle 1.

N:o des Paares	Name des Sternes	Rich- tung	Mag.	Sternzeit	ΔS	Zenit- distanz	Azimut	1933 Genäherte	
								α	δ
1	\circ Herc. S	3.8	16h 39 ^m 5			322° 52'	18h 5 ^m 0	28° 45' 1	
	β Cephei .. N	3.1	16 43. 4	3 ^m 9	31° 57' 7	217 8	21 27. 9	70 16.0	
2	d Ursae Maj. N	4.5	16 52. 8		7. 2 43 48.2	152 43	9 28. 6	70 7.6	
	β Serp. S	3.4	17 0. 0			27 17	15 43. 1	15 37.7	
3	γ Ursae Min. N	3.0	17 19. 5		6. 4 19 22.7	152 39	15 20. 9	72 4.4	
	η Herc. S	3.3	17 25. 9			27 21	16 40. 6	39 2.9	
4	β Ceph. N	3.1	17 30. 4		5. 3 28 0.7	218 12	21 27. 9	70 16.0	
	γ Lyrae S	3.2	17 35. 7			321 48	18 56. 5	32 35.8	
5	γ Lyrae S	3.2	17 39. 5		7. 5 27 42.2	323 18	18 56. 5	32 35.8	
	η Ceph. N	4.8	17 47. 0			216 42	21 41. 0	71 0.2	
6	ζ Aquilae .. S	4.0	17 50. 9		8. 9 44 48.2	201 47	1 57. 7	72 5.9	
	γ Ursae Min. N	3.0	18 1. 9			338 13	19 2. 4	13 45.8	
7	π Herc. S	3.1	18 10. 3		8. 4 22 14.7	148 17	15 20. 9	72 4.4	
	π Ceph. N	4.5	18 20. 2			31 43	17 12. 8	36 53.0	
8	β^r Cygni S	3.0	18 23. 7		3. 5 31 16.9	208 8	23 5. 8	75 1.5	
	μ Herc. S	3.3	18 35. 0			331 52	19 28. 1	27 49.1	
9	4 Ursae Min. N	5.0	18 44. 3		9. 3 30 34.3	22 40	17 43. 9	27 45.5	
	γ^2 Delph. .. S	4.1	18 55. 1			157 20	14 9. 1	77 51.8	
10	ε Cass. N	3.3	18 59. 9		4. 8 45 52.0	322 23	20 43. 6	15 53.0	
	β Ceph. N	3.1	19 19. 8			217 37	1 49. 6	63 20.5	
11	γ Cygni S	2.3	19 25. 7		5. 9 19 4.2	213 13	21 27. 9	70 16.0	
	γ Cygni S	2.3	19 32. 2			326 47	20 19. 9	40 2.5	
12	η Ceph. N	4.8	19 44. 9		12. 7 18 35.9	330 19	20 19. 9	40 2.5	
	ε Cygni S	2.4	19 51. 8			209 41	21 41. 0	71 0.2	
13	π Ceph. N	4.5	20 1. 2		9. 4 24 51.2	333 41	20 43. 6	33 43.2	
	κ Drac. N	3.6	20 3. 8			206 19	23 5. 8	75 1.5	
13a	ε Aquilae .. S	4.0	20 11. 9		8. 1 44 20.2	153 30	12 30. 7	70 9.5	
	κ Pegasi .. S	4.1	20 23. 0			26 30	18 56. 6	14 58.6	
14	50 Cass. N	4.0	20 32. 6		9. 6 34 37.3	327 40	21 41. 7	25 20.3	
	η Pegasi S	2.9	21 24. 0			212 20	1 57. 7	72 5.9	
15	50 Cass. N	4.0	21 32. 0		8. 0 30 9.0	325 53	22 39. 9	29 52.4	
	2 H. Ursae Min. N	4.8	21 59. 5			214 7	1 57. 7	72 5.9	
16	α Delph. .. S	3.7	22 11. 6		12. 1 45 0.7	146 42	14 56. 6	66 12.0	
						33 18	20 36. 6	15 40.6	

Für ein Sternpaar ist hier ein Rechenbeispiel gegeben.

1933 Juli 19—20

$z = 43^{\circ}48'z$

d Ursae Maj. (4.5) $\alpha = 9^h 28^m 36^s.942$ $\delta = 70^{\circ} 7' 37''.92$
 β Serpentis (3.4) $\alpha = 15 43 8.430$ $\delta = 15 37 43.03$

T^s	17h 0m 52.31	T^n	16h 52m 52.858
	7.42		54.75
	9.40		56.76
	11.53		59.00
	13.39		60.95
	17.56		64.62
	19.29		66.94
	21.79		68.66
	24.05		70.68
	25.46		72.82
T_0^s	17 0 15.520	T_0^n	16 53 2.776
Δu	— 8.167	Δu	— 8.167
p_s	— 0.082	p_n	— 0.040
	17 0 7.271		16 52 54.569
α_s	15 43 8.430	α_n	9 28 36.942
i_0^s	1 16 58.841	i_0^n	7 24 17.627
	19° 14' 42''62		111° 4' 24''40
$\sin \delta_n$	0.940 4496	$\cos \delta_s$	0.963 0281
$\sin \delta_s$	0.269 4009	$\cos i_0^s$	0.944 1168
$\sin \delta_n - \sin \delta_s$	0.671 0487	$\cos \delta_n$	0.339 9331
$i_s - i_n$	+ 0.55	$\cos i_0^n$	— 0.359 5644
$I.\tau$	0.6672	$\cos \delta_s \cos i_0^s - \cos \delta_n \cos i_0^n$	1.031 4388
		$\text{tg } \varphi_0$	1.537 0551
		φ_0	56° 57' 7''.86
		$\Delta \varphi_0$	— 0.01
		Δi	+ 0.37
		φ	56° 57' 8''.22

Hier sind mit T die Ablesungen der Chronographenstreifen mit den vermerkten Durchgangszeiten durch die Fäden bezeichnet, T_0 sind die gefundenen Mittel, Δu die Korrektur der Uhr gegen Sternzeit, die kleine Korrektur p der persönliche Fehler, der mittelst einer von Assistent VASILEWSKI konstruierten Maschine mit künstlichem Stern für die gegebene Deklination bestimmt worden ist, i_0 bedeutet den Stundenwinkel. Bei allen Buchstaben gelten die Zeichen s für den Süd-Stern, n für den Nord-Stern.

$\Delta \varphi_0$ ist die ganz kleine Korrektur, die ein für alle Mal für das gegebene Sternpaar berechnet worden ist, und dadurch hervorgerufen ist, dass hier direkt mit dem arithmetischen Mittel der Momente gerechnet worden ist. $\Delta \varphi_i$ giebt die Korrektur für die beobachtete Neigungsdifferenz bei den Sternen an.

Tabelle 2 zeigt die gefundenen Resultate von 114 Beobachtungen, die mit den Koordinaten nach dem System des FK3 berechnet worden sind.

Tabelle 2.

$$p = 56^{\circ} 57' +$$

Beobach- tungsda- tum	N:o des paares																Abend- mittel	n		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	13a	14	15			16	
1933. Juli																				
15—16	—	—	—	—	7''24	7''16	—	7''66	—	7''53	7''39	7''01	7''54	7''73	6''86	—	—	7''34	9	
19—20	8''27	8''22	8''18	7''70	6. 57	7. 47	—	7. 05	8''50	8. 54	8. 12	7. 04	7. 31	—	—	—	—	7. 75	12	
20—21	—	—	8. 45	7. 86	—	—	8''46	—	—	8. 19	8. 18	8. 01	8. 04	7. 78	7. 33	—	—	8. 01	9	
21—22	7. 95	8. 86	8. 87	8. 24	—	7. 77	8. 73	7. 55	9. 02	8. 39	7. 87	8. 50	8. 16	8. 43	8. 52	—	—	8. 35	14	
22—23	8. 52	8. 29	8. 13	7. 83	—	8. 47	8. 29	7. 32	9. 44	8. 00	8. 35	8. 37	7. 24	—	8. 79	8''18	8''53	8. 25	15	
23—24	—	7. 60	8. 69	7. 54	6. 74	8. 06	—	6. 94	8. 53	8. 38	8. 30	7. 33	—	—	7. 60	7. 58	8. 32	7. 82	13	
24—25	—	—	—	7. 45	—	—	7. 93	7. 63	8. 16	—	7. 86	6. 83	9. 88	7. 99	7. 01	—	—	7. 86	9	
27—28	7. 87	8. 60	8. 88	7. 89	8. 39	8. 92	9. 03	7. 39	8. 66	8. 26	9. 12	8. 06	9. 00	8. 60	7. 37	8. 68	—	8. 42	16	
28—29	7. 60	7. 92	8. 53	7. 91	—	8. 56	—	—	7. 78	—	—	—	—	8. 44	7. 39	7. 71	—	7. 98	19	
29—30	7. 90	7. 35	—	—	—	—	—	—	—	6. 78	7. 38	6. 81	8. 02	7. 11	7. 56	—	—	7. 36	8	
	8. 02	8. 12	8. 53	7. 80	7. 24	8. 06	8. 49	7. 36	8. 58	8. 01	8. 06	7. 55	8. 15	8. 01	7. 60	8. 04	8. 42			
n	6	7	7	8	4	7	5	7	7	8	9	9	8	7	9	4	2			

Nimmt man das arithmetische Mittel aus allen Beobachtungen, so findet man für die Momentanpolhöhe $\varphi = 56^{\circ} 57' 7'' 98 \pm 0'' 06$.

NB. Das Resultat (8''46), das vom Sternpaar 7. in der Nacht vom 20.—21. Juli gefunden ist, ist auf eine Anmerkung hin, die im Beobachtungsjournal gemacht worden ist, mit halbem Gewicht in Rechnung gezogen worden. Alle anderen 113 Resultate haben das Gewicht 1 erhalten.

Die schmale Platte lässt sich natürlich auch mit Erfolg für die Bestimmung der Uhrkorrektion nach der *ZINGERSCHEN Methode* anwenden. Da aber bei der *ZINGERSCHEN Methode* der persönliche Fehler das Resultat voll beeinflusst, so ist, wie auch beim Benutzen einer gewöhnlichen Fadenplatte, eine Bestimmung des persönlichen Fehlers nötig¹⁾.

Wenn es für den Beobachter anfangs scheinen sollte, dass der Stern die Fäden zu schnell durchläuft um sichere Kontakte geben zu können, so lässt sich dieses scheinbare Übel leicht beheben, indem man nur den Durchgang an jedem zweiten Faden beobachtet.

II.

Der Verfasser möchte hier noch auf eine Anwendung der extra schmalen Fadenplatte hinweisen.

Bekanntlich hat die Positionslinienmethode beim Beobachten von Sternen in gleichen Zenitdistanzen beim Gebrauch besonderer dazu konstruierter »Prismen-Astrolabe« und ähnlicher Instrumente gute Resultate aufgewiesen und wird mit Erfolg besonders von französischen, spanischen und auch anderen Geodäten viel benutzt.²⁾ Da man aber bei Triangulationen für Winkelmessungen schon entweder einen Mikrometertheodolit oder ein grösseres Universalinstrument nötig hat, so würde der Gebrauch der Positionslinienmethode erhebliche Unkosten verlangen, die durch die Anschaffung eines neuen »Prismen-Astrolabes« hervorgerufen worden wäre. Hat man aber eine extra schmale Fadenplatte für das Universalinstrument angeschafft, so kann man mit gutem Erfolg die genannte Methode benutzen — ja die schmale Fadenplatte hat noch manche Vorteile: Z. B. sie gestattet Beobachtungen an 10 oder mehr Fäden gegen nur *einen* Koinzidenzmoment beim gewöhnlichen Prismen-Astrolab, auszuführen.

1) Über Beschreibung der Apparate für die Bestimmung des persönlichen Fehlers siehe Literaturverzeichnis 6, 7, 8 und 9.

2) Siehe Literaturverzeichnis 2, 3, 4 und 5.

Arbeitet man mit einem Universalinstrument und der schmalen Fadenplatte, so hat man eine bestimmte Zenitdistanz zu wählen, für die man sich ein Beobachtungsprogramm, resp. Ephemeride, zusammenstellt. Der Verfasser hatte z. B. im Jahre 1934 für die Versuche die Zenitdistanz 50° gewählt — für diese wurde dann mit den genäherten Werten der Breite und Länge des Beobachtungsortes das Azimut der Sterne und die Sternzeit berechnet und nach Sternzeit tabuliert. Für die genäherte Rechnung ist ein graphisches Verfahren oder auch der Gebrauch eines in Breite verstellbaren Sternglobus sehr von Nutzen. Man hat eine so grosse Anzahl von Sternen, die diese Zenitdistanz erreichen, so dass man fast ununterbrochen beobachten kann, ja man hat in mehreren Azimuten fast gleichzeitig Sterne. Das Instrument wird sorgfältig nivelliert, dann der Horizontalkreis nach dem Polarstern richtig entsprechend dem Azimut eingestellt, dann unter Berücksichtigung der Refraktion und des Zenitpunktes der Vertikalkreis auf die entsprechende Ablesung (die gewählte Zenitdistanz) *nur einmal für die ganze Beobachtungsnacht* eingestellt und die HORREBOW-TALCOTT-Libelle befestigt, deren Blase man dann etwa auf die Mitte einstellt und einige Mal am Abend mit der Ablesung des Vertikalkreises vergleicht. *Die Beobachtungen sind äusserst einfach*: Man hat nur auf das Azimut (und dasselbe nicht allzu genau) einzustellen und zu warten bis der Stern im Gesichtsfelde erscheint — dann wird mit der Mikrometerschraube der Stern im Azimut so eingestellt, dass er etwa durch das Zentrum der Platte durchlaufen würde. Nachdem die Sterndurchgänge chronographisch notiert worden sind, liest man nur die HORREBOW-TALCOTT-Libelle ab und schreitet zur Beobachtung des nächsten Sternes. Bei einer schmalen Platte kann man Sterne, deren Durchgangszeiten nur etwa 3 Min. differieren, noch sehr gut beobachten — da man nur annähernd im Azimut einzustellen braucht und die HORREBOW-TALCOTT-Libelle abzulesen hat. Von Zeit zu Zeit liest man den Stand des Barometers und Thermometers ab. In einer Nacht kann man 60—80 Sterne beobachten. Das Berechnen der beiden geographischen Koordinaten nach Beobachtungen geschieht einfach durch Bildung der Differenz der beobachteten Zenitdistanz und der für einen angenommenen Punkt berechneten.

Zum schnelleren Absetzen der Positionslinien hat der Verfasser einen kleinen einfachen Apparat konstruieren lassen. Die Idee ist nicht neu, da ähnliche Apparate schon in der nautischen Praxis angewandt worden sind.

Der Apparat ist in Fig. 3 dargestellt. Das Zentrum des unteren aus Zelluloid gefertigten Teiles lässt sich genau mit dem Zentrum des auf dem Papier gezeichneten Kreises (solche in Grade geteilte werden in grösserer Menge lithographisch angefertigt) einstellen und durch 4 gewöhnliche Reisstifte auf dem Papier befestigen. Der obere Teil kann dann in eine beliebige Richtung gedreht und leicht im gegebenen Azimute des Sternes, dessen Positionslinie man zeichnen will, eingestellt werden. Durch die in der Abbildung gezeigte Schraube kann das Mittelstück des Instruments mit dem kleinen Lineal genau

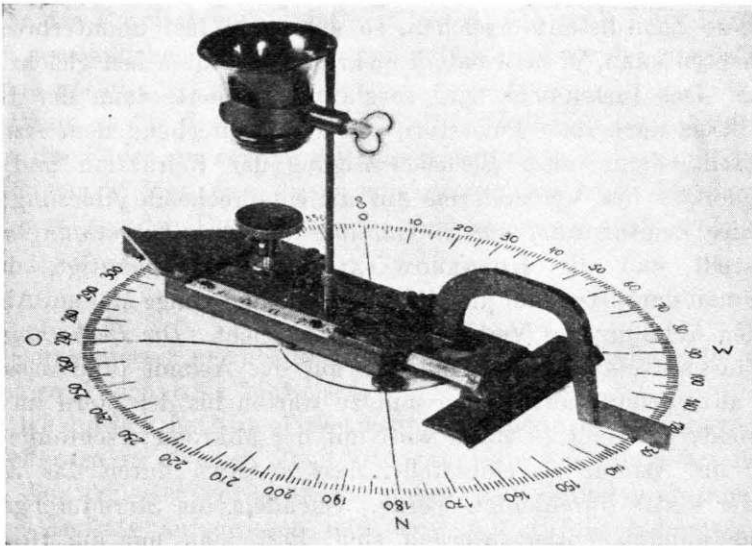


Fig. 3.

Apparat zum schnellen Zeichnen der Positionslinien.

auf Zehntel Millimeter verschoben werden, was der Index an der Scala (mittelst einer Lupe ablesbar) anzeigt. Mit einer scharfen Bleifeder hat man dann nur an dem eingestellten Lineal die Positionslinie zu ziehen.

Um nach den gezeichneten Positionslinien die Koordinaten des Beobachtungsortes zu finden, muss das Zentrum derjenigen Kreislinie gefunden werden, welche durch die meisten Schnittpunkte der sich kreuzenden Positionslinien gehen würde. Um dieses Zentrum leicht aufzufinden, hat der Verfasser mehrere Kreislinien mit heller farbiger Tusche auf durchsichtigem Papier gezeichnet. Die Radien der Kreise sind etwas verschieden und man sucht denjenigen Kreis aus, der sich den gezeichneten Positionslinien am besten anschliesst.

Dann braucht man nur das durchsichtige Papier mit der aufgezzeichneten Kreislinie so zu verschieben, dass die obenangegebene Bedingung erfüllt sei, d. h. die grösste Anzahl der Schnittpunkte sei von dieser Kreislinie getroffen worden, oder man kann auch die grösste Anzahl der Positionslinien als Tangenten für den Kreis be-

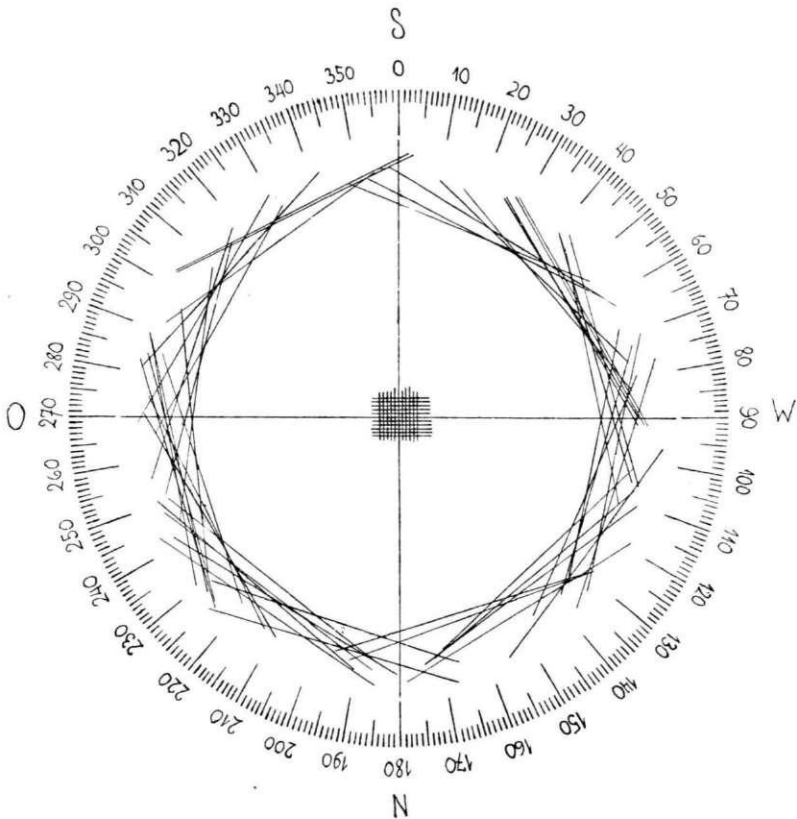


Fig. 4.

Positionslinien von einer Nacht (1934 30. VI—1. VII, 58 beobachtete Sterne) nach den Beobachtungen des Verfassers, gezeichnet im Ma:sstabe $1'' = 3 \text{ mm}$ mit dem Apparate in Fig. 3. Die Zeichnung ist verkleinert.

nutzen. Nun muss man nur auf der Zeichnung das gefundene Zentrum entweder durch einen Nadelstich vermerken, oder, was viel besser ist, nur die Entfernungen des jetzt gefundenen Punktes vom Zentrum des grossen Kreises, von dem die Positionslinien abgesetzt worden sind, ablesen.

Solche Einstellungen kann man leicht beliebig viele machen, und damit im Mittel eine bedeutende Genauigkeit erlangen. Um bei der jedesmaligen Einstellung des Kreises nicht von den schon früher erhaltenen Daten beeinflusst zu werden, ist zu empfehlen das Zentrum des durchscheinenden Papiers mit einem undurchsichtigen Papierstücke zu verdecken, das erst nach einer jeden definitiven Einstellung abgenommen wird.

Assistent BRIKMANIS¹⁾ hat nach dem angegebenen Verfahren mehrere Beobachtungsergebnisse des Verfassers wie auch seine eigene Beobachtungen graphisch dargestellt und auch die Resultate analytisch nach der Methode der kleinsten Quadrate berechnet. Er hat gezeigt, dass bei genügender Anzahl der Positionslinien das beschriebene graphische Verfahren dieselbe Genauigkeit wie das analytische liefert.

Die Vorteile der Positionslinienmethode bei *Benutzung der schmalen Platte* im Vergleich zu der Breitenbestimmung nach der PIEWZOWSchen oder einer jeden anderen Methode mit dem Universalinstrument und der Bestimmung der Länge sind folgende:

1) Ausserordentliche *Einfachheit der Beobachtung*. Man braucht nicht, wie bei den anderen Methoden, bei einem jeden Sternpaar genaue Vertikalkreiseinstellungen auszuführen, die HORREBOW-TALCOTT-Libelle von Neuem zu befestigen, dieselbe einzuregulieren u. s. w. Das Instrument muss allerdings vor den Beobachtungen auf die Axenperpendikularität geprüft sein, damit die Möglichkeit bestehe das Instrument in allen Azimuten nivellieren zu können.

2) Man kann leicht eine grosse Anzahl von Sternen in einer Nacht beobachten (leicht über 50—60).

Man ist daher beim Endresultat nicht abhängig von den Deklinationen (auch Rektascensionen) einer kleinen Anzahl gewählter Sternpaare (wie dieses z. B. bei der HORREBOW-TALCOTT-Methode der Fall ist, wo gewöhnlich für einen Beobachtungsort nur wenige Sternpaare zur Verfügung stehen).

3) Man kann auch bei teilweise bewölktem Wetter arbeiten. Einzelne sich bewegende Wolken stören fast gar nicht, da man nicht, wie z. B. bei der PIEWZOWSchen oder der HORREBOW-TALCOTTschen Methode zur bestimmten Zeit an *eine* ganz bestimmte Richtung gebunden ist, sondern für dieselbe oder sehr nahe liegende Zeiten Sterne in mehreren Azimuten zur Verfügung hat und natürlich diejenigen Sterne wählen kann, die von den Wolken nicht verdeckt sind.

1) Siehe Literaturverzeichnis 10.

Der Verfasser hat im Spätherbst des Jahres 1934 Beobachtungen nach der angeführten Methode mit der extra schmalen Fadenplatte an einigen Abenden, an denen der Wolken wegen nach keiner sonst üblichen Methode Ortsbestimmungen möglich waren, noch erfolgreich ausführen können.

III.

Die Resultate der gefundenen Breite nach der angewandten Modifikation der gewöhnlichen PIĘWZOWSCHEN Methode (das Instrument wurde im Azimute während der Beobachtungen nicht geschraubt und eine extra schmale Platte wurde benutzt) (siehe Tabelle 2 im I. Abschnitt) müssten etwas bessere Übereinstimmung als gewöhnlich aufweisen. 117 Beobachtungen ergaben auch im *Rahmen der einzelnen Abende* eine ziemlich angehende Übereinstimmung, aber die Abendmittel differierten stark untereinander. Die Tatsache, dass die in einer Nacht gefundenen Resultate gut übereinstimmen, aber oft einzelne Nächte herauspringen, war schon lange bekannt — eine einwandfreie Erklärung fehlte aber dafür. Man versuchte das oft durch Refraktionsanomalien zu erklären. In meinem Fall sah ich aber, dass die Differenzen der Resultate für einzelne Nächte doch zu gross waren, es musste daher noch ein anderer systematischer Fehler eingewirkt haben. Bei Refraktionsanomalien müssten ausserdem die Abweichungen einen ausgesprochenen Gang, abhängig von der Zenitdistanz der Sternpaare, haben. Um den konstanten Einfluss der persönlichen Fehler festzustellen, wurden alle möglichen Korrekturen in Betracht gezogen, folglich auch der Einfluss der Fehler, die bei dem Vermerken der Momente durch die verschiedene Schiefe der Bewegungsrichtung des entsprechenden Sterns zu den Fäden hervorgerufen sein könnten. Es wurden Versuche mit einer Maschine zur Bestimmung der persönlichen Fehler angestellt. Die Korrekturen sind meistens klein und sind zu den erzielten Resultaten für die Breite, die von den einzelnen Sternpaaren gefunden ist, hinzuzufügen, sind daher nicht von den einzelnen Abenden abhängig. Einige Bemerkungen im Beobachtungsjournal brachten der Verfasser auf den Gedanken, dass die Ursache in dem Verhalten der HORREBOW-TALCOTT-Libelle zu suchen wäre.












Die Möglichkeit ist vorhanden, dass der innere Glasteil der Libelle, der mit Aether gefüllt ist und der durch eine Luftschicht isoliert und gewöhnlich noch von einem äusseren Glasrohr umgeben ist, eine *andere* Temperatur besitzt, als die äussere Luft. Es wird auch beim Ausführen der Observationen die Libelle vom Beobachter

leicht erwärmt werden. Wenn man sich jetzt die Einwirkung eines Windstrahles ungefähr in der Längsrichtung der HORREBOW-TALCOTT-Libelle denkt, so müssten an den Enden des inneren Teils der Libelle ganz kleine Temperaturdifferenzen entstehen, die entsprechend eine kleine Änderung der Libellenblase zur Folge hätten. Die die Libelle umgebende Feuchtigkeit mag vielleicht beim Abkühlen der Libellenenden durch den Wind auch eine gewisse Rolle spielen. Bei Libellen, die ausserdem noch äusserlich gut isoliert sind, wird die angegebene Einwirkung des Windes weniger zum Vorschein treten.

Um den Änderungen der Libellenblase vorzubeugen müssten daher die empfindlichen Libellen besonders gut mit schlechten Wärmeleitern umkleidet werden und der Wind müsste vom Instrument durch eine verstellbare Wand abgeschirmt werden.

Die folgende Tabelle 3 zeigt die vom Verfasser erhaltenen Abendmittel (vergleiche mit Tabelle 2) und Windrichtungen.

Tabelle 3.

1933 Datum	Abend- mittel 56°57'+	n	Windrichtung		56°57'8".00 minus Abend- mittel	
			21h	7h		
15—16. VII	7''34	9	SW 3	—	+0''66	
16. „	—	—	—	SE 2	—	
19—20. „	7.75	12	SW 1	—	+0.25	
20. „	—	—	—	SW 1	—	
20—21. „	8.01	9	0	—	—0.01	
21. „	—	—	—	NNW 2	—	
21—22. „	8.35	14	NNW 1	—	—0.35	
22. „	—	—	—	NW 3	—	
22—23. „	8.25	15	NNE 2	—	—0.25	
23. „	—	—	—	SE 1	—	
23—24. „	7.82	13	ESE 1	—	+0.18	
24. „	—	—	—	N 1	—	
24—25. „	7.86	9	W 2	—	+0.14	
25. „	—	—	—	WSW 2	—	
27—28. „	8.42	16	WNW 2	—	—0.42	
28. „	—	—	—	WSW 3	—	
28—29. „	7.98	9	SSE 2	—	+0.02	
29. „	—	—	—	W 5	—	
29—30. „	7.36	8	WSW 2	—	+0.64	
30. „	—	—	—	SE 3	—	

Die Daten für die Windrichtung sind nach den Beobachtungen des Meteorologischen Observatoriums der Lettländischen Universität zu Riga angegeben worden. In der Tabelle 3 ist in der letzten Kolonne die Windrichtung graphisch dargestellt worden, wobei die für 9 Uhr abends angegebene als den Beobachtungen zeitlich am nächsten stehend mit voller Linie gezeichnet worden ist, wogegen die für 7 Uhr morgens nur mit punktierter Linie angezeigt worden ist.

In den vorletzten Spalten deutet die Zahl, die neben der Windrichtung steht, die Windstärke nach der Beaufort-Skala an.

Vergleicht man die in der Tabelle 2 gefundenen Abendmittel mit der Windrichtung, die während der Beobachtungen geherrscht hat (siehe Tabelle 3), so sieht man, dass die Resultate von der Windrichtung (vielleicht auch Stärke) abhängig sind. Bei südlichen Winden ist fast durchweg ein kleinerer Wert für die Breite erhalten worden, bei nördlichen dagegen ein grösserer. Auch bei anderen Beobachtern in Riga, die in anderen Jahren Breitenbestimmungen ausgeführt haben, liess sich ein gleiches Verhältnis konstatieren.

In den Tabellen 2 und 3 sind nur die Resultate des Verfassers vom Jahre 1933, die noch bis jetzt nicht veröffentlicht sind, angeführt worden. Der Verfasser hat die Beobachtungsergebnisse von Herrn VIDENIEKS, die im Jahre 1932 erhalten worden sind, mit den Windrichtungen verglichen und in den Astron. Nachrichten¹⁾ veröffentlicht. Auch bei diesen in 19 Nächten ausgeführten Beobachtungen ist die Abhängigkeit der erhaltenen Abendmittel von der Windrichtung deutlich ausgesprochen. In derselben Arbeit¹⁾ sind auch die Versuche des Verfassers, die die Einwirkung eines künstlich erzeugten Windes auf die Stellung der Libellenblase zeigen, angegeben worden.

Ausser den Beobachtungen, die in Riga ausgeführt worden sind, hat der Verfasser einige anderwärts ausgeführte Beobachtungen mit den entsprechenden meteorologischen Daten verglichen. Es bildeten sich überhaupt Schwierigkeiten beim Auffinden der entsprechenden meteorologischen Daten, da die Windbeobachtungen leider nicht in der Nähe der Beobachtungsinstrumente, die oft in mehr oder weniger geschlossenen Räumen aufgestellt waren, ausgeführt worden sind, sondern von anderwärts sich befindlichen meteorologischen Stationen herrührten. Auch sind die meteorologischen Daten meistens nicht für einzelne Beobachtungsstunden angegeben, sondern nur für 9

1) Siehe Literaturverzeichnis II.

Uhr abends und dann für 7 Uhr morgens, wobei manchmal sogar für diese Termine einander entgegengesetzte Windrichtungen angegeben worden sind.

Das Beobachtungsmaterial dürfte daher gewiss *nur* einen grösseren Prozent an Übereinstimmung mit der vom Verfasser angenommenen Voraussetzung aufweisen. Ausser einigen anderen möglichen konstanten Fehlern werden die zufälligen Fehler besonders bei einer kleineren Anzahl von Beobachtungen auch immer stark die Abendmittel beeinflussen.

Vielleicht lässt sich durch die Beeinflussung der Lage der Libellenblase von der Windrichtung auch folgender in der astronomischen Literatur angegebener interessanter Fall erklären. Im Jahr 1876 bestimmte Capt. KIMOTSUKI¹⁾, Direktor des Marineobservatoriums, nach der TALCOTTSCHEM Methode die geographische Breite des Observatoriums und erhielt den Wert $35^{\circ}39'17''.492 \pm 0''.068$. Die einzelnen ziemlich zahlreichen (über 100) Beobachtungen stimmten *sehr* gut überein. Als im Jahre 1888 an Stelle des Marineobservatoriums die Universitätssternwarte kam, wurde durch H. WATANABE, einen erfahrenen Observator, eine sehr grosse Anzahl von Neubestimmungen der Breite nach zwei Methoden ausgeführt: er erhielt $35^{\circ}39'15''.05 \pm 0''.05$ nach der einen und $35^{\circ}39'15''.40 \pm 0''.11$ nach der anderen Methode. Wiederum war eine gute Übereinstimmung der einzelnen Beobachtungen zu konstatieren, obwohl die bekannte Tatsache, dass einzelne Abendmittel, trotz guter Übereinstimmung der Resultate im Rahmen einzelner Nächte, abweichende Resultate aufwiesen, auch hier ihre Bestätigung fand. Der Unterschied zwischen den Werten für die Breite, gefunden von KIMOTSUKI und WATANABE betrug mehr als 2''. Später hat H. KIMURA die Resultate mit neueren Werten für die Deklinationen der von KIMOTSUKI benutzten Sternpaare umgerechnet und hat den endgültigen Wert $35^{\circ}39'16''.99 \pm 0''.060$ erhalten. Um den doch noch über $1\frac{1}{2}$ '' grossen Unterschied zu klären, wurden im Jahre 1892 neue zahlreiche Breitenbestimmungen von KIMURA und auch WATANABE ausgeführt. Sie ergaben $15''.93 \pm 0''.043$ und $15''.90 \pm 0''.051$. Wenn man auch 'die möglichen Breitenvariationen in Betracht zieht, ist doch der Unterschied zwischen dem alten Wert von KIMOTSUKI und den neueren zu gross. KIMURA schreibt²⁾: "I think there must be some unknown accidental or systematic errors in some of the earlier results."

1) Siehe Literaturverzeichnis 12.

2) Siehe Literaturverzeichnis 13.

Tabelle 4.
Capt. Kimotsuki, Tôkyô

1876.	$35^{\circ}39'$
Nov. 15	16''88
18	(16. 70)
21	16. 97
24	16. 50
27	17. 05
30	16. 86
Dec. 2	16. 71
3	17. 28
6	17. 02
9	17. 26
15	16. 87
18	16. 70
21	17. 15

Dec. 15. 16''71 16''98 16''21 16''83 16''79 17''17 16''73 16''10 16''60 17''24
17' 47 17''71 16''71

In Tabelle 4 sind KIMOTSUKIS Abendmittel angeführt. Man sieht, dass die Übereinstimmung eine ausgezeichnete ist, auch für einzelne Nächte z. B. für Dec. 15 stimmen die einzelnen Werte sehr gut. Tabelle 5 giebt für zwei Nächte WATANABES Beobachtungen. Die innere Übereinstimmung ist auch eine gute — die Abendmittel

Tabelle 5.
Watanabe, Tôkyô, 1888.

	Okt. 29	Nov. 7.
	$35^{\circ}39'+$	
1.	17''0	17''5
2.	15. 3	17. 7
3.	16. 1	18. 2
4.	15. 6	16. 4
6.	—	16. 1
7.	15. 1	15. 2
8.	15. 0	16. 1
9.	14. 6	15. 8
10.	14. 5	16. 8
11.	13. 6	16. 3
12.	14. 8	16. 2
13.	13. 7	15. 6
14.	14. 5	16. 0
15.	14. 3	15. 0
16.	13. 8	15. 4
17.	14. 9	15. 5
18.	13. 6	14. 4
19.	13. 4	—
Mittel	14. 69	16. 13

Tabelle 6.
Direction and Velocity (m/s) of Wind.
1876. Tôkyô.

Kyoto time	9.30 p.	3.30 a.
Nov. 15—16	N 2.4	NNW 2.0
21—22	NW 2.4	WNW 1.5
24—25	W 2.8	NW 1.8
27—28	N 1.6	NE 3.3
30—31	N 3.3	N 2.2
Dec. 2—3	N 2.0	NW 0.9
3—4	NW 2.0	N 1.1
6—7	NNW 5.4	NNW 5.9
9—10	NNW 4.1	WNW 2.6
15—16	N 2.4	N 2.0
18—19	NNW 2.8	NW 2.0
21—22	N 3.3	NNW 4.1

differieren jedoch — allerdings ist die Nacht Nov. 7 eine von denen, die fast am meisten herauspringen. Die meisten Abendmittel sind gegen 15". Da KIMOTSUKI'S Abendmittel so schön übereinstimmen und es anzunehmen ist, dass KIMOTSUKI die Beobachtungen im Freien ausgeführt hat, so dachte sich der Verfasser, dass während der Beobachtungsperiode ungefähr gleiche (nördliche) Winde geherrscht haben müssten. Während WATANABE'S Beobachtungen mögen jedoch verschiedene Winde gewesen sein. Auf meine Anfrage teilte Professor T. OKADA, Direktor des Zentralen Meteorologischen Observatoriums in Tôkyô, mir im März 1936 liebenswürdiger Weise die Daten für die Windrichtung und Stärke für 1876, 1888 und 1892 mit. Ich benutze die Gelegenheit um auch hier Herrn Direktor OKADA für seine freundliche Mitteilung zu danken. Es erwies sich tatsächlich, wie dieses Tabelle 6 zeigt, dass während der Beobachtungszeit von KIMOTSUKI vom 15. Nov. bis zum 22. Dec. 1876 durchweg nur nördliche und absolut keine südlichen Winde geherrscht haben. Während der Beobachtungszeit von WATANABE sind dagegen verschiedene Winde gewesen. Da jedoch WATANABE mit dem Meridiankreis arbeitete, der in einem fast geschlossenen Raum mit nur 14,3 cm breitem Meridianschlitz sich befand, so wird sich die Einwirkung des Windes auf die Libellenblase bedeutend komplizierter gestaltet haben.

Um den Ursachen der systematischen Libellenblasenveränderungen näher zu kommen, werden vom Verfasser noch eine Reihe von Versuchen ausgeführt. Nicht allein künstlicher Wind soll angewandt werden, sondern es sollen auch Prüfungen mit natürlichem Winde angestellt werden. Durch zeitweiliges Abschirmen der Libelle vom

Winde könnte die Einwirkung des Windes auf die Libelle gehemmt werden, und dann durch das Losdecken die Einwirkung wieder hervorgerufen werden.

Auch will der Verfasser die Temperaturdifferenzen an den Enden der Libellenblasen mittelst Thermolemente messen. Ausserdem sind einige folgende Arbeiten geplant worden. Es sollen Beobachtungen nach den üblichen Beobachtungsverfahren *ohne* speziellen Schutz der Libellen und ohne Abschirmung des Windes, dessen Richtung und Stärke in der Nähe des Instrumentes gemessen werden soll, ausgeführt werden und dann sollen die Libellen gut isoliert werden und auch der Wind abgeschirmt werden und wiederum bei solchen Konditionen Beobachtungsserien von denselben Beobachtern ausgeführt werden. Auch der Beleuchtungslampe zum Ablesen der Libellenteilung soll eine besondere Aufmerksamkeit geschenkt werden und Versuche mit Vorrichtungen, die die direkten Wärmestrahlen möglichst abfangen, ausgeführt werden.

Literaturverzeichnis.

1. M. KAMIENSKI. Determination of Latitude by the method of equal altitudes of different stars (PIEWZOWS Method). Volume 1. Part 1 (General Statement). Publ. of the Astronomical Observatory of the Warsaw University. Volume 3. Part 1. Warsaw 1927.
2. FR. NUŠL et JOSEF JAN FRIČ. Etude sur l'appareil circumzénithal. Prague 1903.
3. VICTORIANO F. ASCARZA. El Astrolabio de Prisma. Publicado en el Anuario del Observatorio de Madrid para 1928.
4. A. CLAUDE et L. DRIENCOURT. Description et usage de l'Astrolabe a Prisme. Paris 1910.
5. P. TARDI. Traité de Géodésie. Fascicule II. Astronomie géodésique de position. Chapitre XV (Détermination simultanée de l'heure local et de la latitude). Paris 1934.
6. W. S. EICHELBERGER and H. R. MORGAN. Results of Observations with the Nine-Inch Transit Circle, 1903—1911. Publ. of the United Naval Observatory. Second series. Vol. IX. Part I (1920). Page A XV.
7. R. LIVLÄNDER. Determinations of the Longitude of the Tartu Observatory by the Wireless. First paper: Observations with the old Dollond transit instrument in 1927. Publ. de l'Observatoire Astronomique de l'Université de Tartu (Dorpat). Tome XXVI (1924—1928) Nr. 7, page 12.
8. A. LAMBERT. La mesure de l'équation personnelle à l'instrument méridien Bulletin géodésique de l'Union Géodésique et Géophysique Internationale. Année 1931. Nr. 31.

9. A. LAMBERT. L'équation personnelle absolue dans les observations méridiennes de passages. Paris 1932.

10. A. BRIKMANIS. The graphical and analytical results if latitude and longitude are determined by the methode of equal altitudes. Riga (Noch im Manuskript).

11. A. SCHAGGER. Über die Beeinflussung der Lage der Libellenblase durch die Windrichtung. Astronomische Nachrichten Nr. 6200. Band 259 — Mai 1936.

12. H. WATANABE. Determination de la latitude de l'observatoire astronomique de Tōkyō. Annales de l'observatoire astronomique de Tōkyō. Tome I. 1^{er} fascicule.

13. H. KIMURA. On the latitude of the Tōkyō astronomical observatory. Annales de l'observatoire astronomique de Tōkyō. Tome II. 1^{er} fascicule.