

AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN DER DDR  
Forschungsbereich Geo- und Kosmoswissenschaften  
**ZENTRALINSTITUT FÜR PHYSIK DER ERDE**

---

Veröffentlichungen des Zentralinstituts für Physik der Erde  
Nr. 45

**Auswertung der Zeitbestimmungen des geodätisch-  
astronomischen Observatoriums Potsdam als  
Längenbestimmungen im System BIH 1968 und  
daraus erhaltene erste Untersuchungsergebnisse**

von

Joachim Höpfner

---

Als Manuskript gedruckt  
Potsdam 1976



Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Einleitung	8
2. Das Beobachtungsmaterial	9
3. Grundgleichungen zur astronomischen Längenbestimmung	10
4. Die Berechnung von Längenkorrekturen im System BIH 1968	11
4.1. Die Ausgangsdaten	11
4.2. Das System BIH 1968	11
4.3. Die Reduktionsformel	12
5. Die Reduktionsgrößen für die Berechnung der Längenkorrekturen im System BIH 1968	14
5.1. Differenz zwischen den definitiven Zeiten $\dot{E}V$ und BIH zur Beobachtungsepoche	14
5.2. Korrektur wegen Übergangs vom jeweiligen Zeitsystem BIH zum System BIH 1968	15
5.3. Korrektur wegen Übergangs vom Fundamentalsystem FK3R zum FK4 ab 1962.0	15
5.4. Korrektur wegen Änderung der jährlichen Aberrationskonstanten ab 1968.0	18
5.5. Korrektur wegen Übergangs vom jeweiligen Polkoordinatensystem zum CIO-System	21
5.6. Korrektur der physikalischen Zentrierung	22
6. Die Berechnung der Längenwerte im System BIH 1968	24
7. Erste Untersuchungen der im System BIH 1968 stehenden Längenwerte	25
7.1. Vergleichswert	25
7.2. Untersuchungen auf Genauigkeit und systematische Veränderung	25
7.3. Untersuchungen auf Veränderung mit Jahres- und Halbjahresperiode	36
7.4. Untersuchungen auf systematische Verschiedenheit	38
8. Schlußbemerkungen	41
9. Rückblick	42
Literatur	44



## Zusammenfassung

Für das geodätisch-astronomische Observatorium Potsdam wurden die astronomischen Zeitbestimmungen von 1957.5 bis 1973.0 als Längenbestimmungen im homogenen System BIH 1968 ausgewertet. Ausgangsdaten waren die auf das sowjetische Zeitsystem Étalonneo Vremja (ÉV) bezogenen Restabweichungen  $U_* - U$  der beobachteten, wegen des Einflusses der Polbewegung korrigierten Universalzeiten. Zuerst waren deren Vorzeichen umzukehren und dann für bestimmte Zeitabschnitte verschiedene Korrekturen anzubringen, und zwar für das Zeitsystem ÉV wegen Übergangs zum System BIH 1968 und für die Universalzeiten wegen Übergangs zum FK4-System, Änderung der jährlichen Aberrationskonstanten, Übergangs zum CIO-System und außerdem wegen Verschiedenheit der Lotabweichungen. Aus den so erhaltenen Längenkorrekturen ergaben sich die Längenwerte durch Addition des konventionellen Längenwertes. Diese wurden gemeinsam und getrennt für Passageinstrument- und Astrolab-Beobachtungen auf Genauigkeit, systematische Veränderung, insbesondere mit Jahres- und Halbjahresperiode, und systematische Verschiedenheit nach Registriersystemen untersucht. Die Untersuchungsergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Bei den Längenwerten für Astrolab-Beobachtungen trat eine systematische Abweichung auf.
- Nachweislich existieren von Periode zu Periode sich ändernde systematische Anteile in den Längenwerten, auch nach Angleichung der Astrolab-Längenwerte.
- Die Längenwerte für Astrolab-Beobachtungen variieren mit Jahresperiode.
- Mindestens zwei der Registriersystemmittel der astronomischen Länge unterscheiden sich jeweils statistisch gesichert voneinander.

## Summary

For Potsdam geodetic-astronomical observatory, the astronomical time determinations from 1957.5 to 1973.0 were evaluated as longitude determinations in the homogeneous 1968 BIH system. The residuals  $U_* - U$ , referred to the Soviet time system Étalonneo Vremya (ÉV), of the observed universal times, corrected for the influence of polar motion, were taken as the output data. First of all, their signs had to be reversed, and then various corrections had to be effected for specific periods of time, viz., concerning the ÉV time system for transition to the 1968 BIH system and concerning the universal times for transition to the FK4 system, change in the annual aberration constant, transition to the CIO system and, in addition, for differences in the plumb-line deflections. From the longitude corrections thus obtained the longitude values were calculated by adding the conventional longitudinal value. These results were examined together and separately for transit instrument and astrolabe observations as to accuracy, systematic variation, particularly with annual and semi-annual period, and systematic differences according to recording systems. The investigation results can be summarized as follows:

- A systematic deviation occurred in the longitude values obtained from the astrolabe observations.
- Evidently, there are systematic components in the longitude values which change from period to period, even after fitting of the astrolabe longitude values.
- The longitude values obtained from the astrolabe observations vary with the annual period.
- At least two of the recording system means of astronomical longitude differ from each other significantly in each case.

## Résumé

Pour l'observatoire géodésique et astronomique de Potsdam, les déterminations astronomiques du temps allant de 1957.5 à 1973.0 ont été utilisées pour en déduire les longitudes dans le système homogène BIH 1968. Les données initiales ont été les écarts résiduels  $U_* - U$  rapportés au système de temps soviétique "Étalonne Vremia" (ЭВ) des temps universels observés, corrigés à cause de l'influence du mouvement des pôles. D'abord il a fallu inverser les signes de ceux-ci et ensuite apporter quelques corrections relatives à certaines périodes et dues, dans le cas du système de temps ЭВ, au passage au système BIH 1968, et dans le cas des temps universels au passage au système FK4, dues ensuite aux modifications des constantes annuelles d'aberration, au passage au système CIO et en plus à la diversité des déviations de la verticale. Sur la base des corrections de longitude ainsi obtenues, les valeurs longitudinales ont été obtenues par addition de la valeur conventionnelle de longitude. Celles-ci ont été analysées, prises ensemble et séparément selon les observations à l'instrument des passages et celles à l'astrolabe, en ce qui concerne leur précision, les modifications systématiques, en particulier suivant les périodes annuelles et semestrielles, les différences systématiques selon les systèmes d'enregistrement. Les résultats de cette analyse peuvent être résumés de la façon suivante:

- Les valeurs de longitude basées sur des observations à l'aide de l'astrolabe présentent un écart systématique.
- Il a été mis en évidence que les valeurs de longitude comprennent des composantes variant systématiquement de période à période. même après la compensation des valeurs de longitude déterminées par astrolabe.
- Les valeurs de longitude des observations par l'astrolabe varient avec des fluctuations annuelles.
- Au moins deux des valeurs moyennes des systèmes d'enregistrement pour les longitudes astronomiques diffèrent d'une façon statistiquement significative l'une par rapport à l'autre.

## Резюме

Астрономические определения времени с 1957.5 по 1973.0 гг. геодезическо-астрономической обсерватории Потсдама были оценены как определения долготы в однородной системе BIH 1968 г. Исходными данными были остаточные уклонения  $U_* - U$ , относящиеся к советской системе эталонного времени (ЭВ), наблюдаемых всемирных времён, исправленных за влияние движения полюса. Сначала требовалось менять их знаки на обратные и затем прибавить различные поправки для определённых периодов, а именно для системы ЭВ из-за перехода на систему BIH 1968 г. и для всемирных времён из-за перехода на систему FK4, изменения постоянной годичной aberrации, перехода на систему CIO и, кроме того, из-за различных отклонений отвесных линий. Из полученных таким образом поправок долготы значения долготы вычислились прибавлением условного значения долготы. Они были исследованы совместно и отдельно для наблюдений на пассажных инструментах и на астроблании в отношении точности, систематического изменения - в частности с годовым и полугодовым периодами - и систематического различия по системам регистрации. Результаты исследований можно резюмировать следующим образом:

- В значениях долготы, полученных на астролябии, имелось систематическое отклонение.
- Достоверно существуют в значениях долготы систематические составляющие, изменяющиеся от периода к периоду, также после выравнивания значений долготы, полученных на астролябии.
- Значения долготы, полученные на астролябии, изменяются с годовым периодом.
- Как минимум две из средних значений астрономической долготы систем регистрации статистически достоверно отличаются каждый раз друг от друга.

## 1. Einleitung

Aufgabe eines geodätisch-astronomischen Observatoriums ist es, astronomische Präzisions-Zeit- und -Breitenbestimmungen auszuführen. In der Fachsprache bezeichnet man dies gewöhnlich mit Zeit- und Breitendienst. Von einem solchen Dienst wird angestrebt, ein möglichst dichtes Beobachtungsmaterial zu erhalten. Aus Gründen meist meteorologischer, zusätzlich technischer oder persönlicher Art gelingt dieses Ziel aber nur schwer. Daher sind geodätisch-astronomische Beobachtungen ziemlich unregelmäßig zu verzeichnen. Trotzdem haben ihre Resultate für die Geo- und Kosmoswissenschaften einen hohen Wert; denn sie bilden die Grundlage für Forschungen über Änderungen des Erdrotationsvektors, horizontale Erdkrustenbewegungen und lokale Erscheinungen wie gezeitenbedingte Lotschwankungen.

Astronomische Zeitbestimmungen können in Erweiterung der Aufgabenstellung als Längenbestimmungen ausgewertet werden. Wird zur Berechnung der Universalzeit aus der beobachteten Ortszeit die astronomische Länge als bekannt vorausgesetzt, so wird hierbei umgekehrt die astronomische Länge als Differenz zwischen bekannter Universalzeit und beobachteter Ortszeit gebildet. Für das geodätisch-astronomische Observatorium des Zentralinstituts für Physik der Erde in Potsdam (Pt) wurde solch eine Auswertung in jüngster Zeit vorgenommen. Das zugrunde gelegte Bezugssystem ist das System BIH 1968, das durch den Conventional International Origin als mittleren Bezugspol und den äquatorialen Bezugspunkt des mittleren Observatoriums 1968 definiert ist. Die Auswertung bezieht sich auf den Beobachtungszeitraum von 1957.5 bis 1973.0. Um die erhaltenen Längenwerte beurteilen zu können, wurden entsprechende Untersuchungen angestellt.

In der vorliegenden Veröffentlichung wird zunächst der zur Auswertung der Zeitbestimmungen des geodätisch-astronomischen Observatoriums Potsdam als Längenbestimmungen beschrittene Rechenweg dargestellt und dann über die aus den Längenwerten erhaltenen ersten Untersuchungsergebnisse berichtet. Mit als Unterlagen hierfür konnten die ausgearbeitete Anleitung für die Berechnung der Einzellängen der Beobachtungsstation Potsdam im System BIH 1968 von 1957.5 bis 1973.0 und die Mitteilung [12] dienen.

## 2. Das Beobachtungsmaterial

Aus dem Zeitraum von 1957.5 bis 1973.0 stehen insgesamt 5459 Zeitbestimmungen zur Verfügung 20 - 237. Ohne Ausnahme wurden sie auch als Längenbestimmungen ausgewertet. Der Zeitraum beginnt mit dem Internationalen Geophysikalischen Jahr, das vom 1. Juli 1957 bis zum 31. Dezember 1958 stattfand. Das Jahr 1959 schloß sich als Internationale Geophysikalische Kooperation an. Während beider Unternehmungen war die Beobachtungstätigkeit intensiviert worden.

In Tab. 1 ist angegeben, wie sich die Zeitbestimmungen nach Instrument (I) und Beobachter (B) verteilen. Speziell handelt es sich um

- 2715 Zeitbestimmungen von 8 Beobachtern an 4 Passageinstrumenten (Nr. 1 - 4) und
- 2744 Zeitbestimmungen von 6 Beobachtern an 1 Astrolab DANJON (Nr. 5).

Die Anzahl der Zeitbestimmungen für die beiden Instrumententypen - Passageinstrumente (P) und Astrolab DANJON (A) - ist also fast gleich groß. Von den 18 Registriersystemen (IB) aber sind 12 Passageinstrument- und 6 Astrolab-Registriersysteme.

Nur 1957 war das (Passage-)Instrument Nr. 4 eingesetzt. Seit Oktober 1957 ist das Astrolab DANJON (Instrument Nr. 5) im Einsatz. Zur Zeitbestimmung an den Passageinstrumenten war nach einem fortlaufenden Sternprogramm beobachtet worden, bis ab Oktober 1958 meistens die in 207, S. 32 - 35 aufgeführten 16 Gruppen verwendet wurden. 12 Gruppen sind zur Beobachtung am Astrolab DANJON zusammengestellt worden (207, S. 59 - 64). Im gesamten Zeitraum wurden sie beobachtet, wobei allerdings die Gruppen 1, 7 und 12 wegen des Einflusses der Präzession ab September 1964 geringfügig geändert wurden (217 (1965) 1).

Das hier zugrunde liegende Beobachtungsmaterial ist in 20 - 237 publiziert. Wegen bestimmter Einzelheiten können diese Veröffentlichungen herangezogen werden.

Tab. 1. Anzahl der Zeitbestimmungen und deren Verteilung nach Instrument und Beobachter von 1957.5 bis 1973.0

B \ I	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Gesamt
1	-	118	-	-	317	-	-	60	15	-	510
2	-	-	748	-	99	-	-	-	-	-	847
3	68	-	61	90	-	-	1100	-	-	-	1319
4	-	-	-	29	10	-	-	-	-	-	39
5	106	440	-	1658	-	17	-	435	-	88	2744
Gesamt	174	558	809	1777	426	17	1100	495	15	88	5459

### 3. Grundgleichungen zur astronomischen Längenbestimmung

Im gleichen Zeitmoment ist die Differenz der Ortszeiten zweier Erdorte gleich deren astronomischer Längendifferenz. Dabei können die Zeitangaben in Sternzeit oder in Sonnenzeit vorliegen, müssen aber einheitlich sein. Folglich gilt für zweiseitige Längenunterschiede:

$$(1) \quad \lambda^A - \lambda^B = T^B - T^A .$$

Hierin bedeuten: A, B Erdorte,  $\lambda^A$ ,  $\lambda^B$  astronomische Länge von A bzw. B, nach Osten negativ gezählt,  $T^A$ ,  $T^B$  wegen des Einflusses der Polbewegung korrigierte Ortszeit von A bzw. B.

Ist die Ortszeit  $T^B$  gleich der wegen des Einflusses der Polbewegung korrigierten Universalzeit UT1, also

$$(2) \quad T^B = UT1,$$

so ergeben sich einseitige Längen gegen den Nullmeridian:

$$(3) \quad \lambda^A = UT1 - T^A .$$

Indem mit  $\lambda_0^A$  ein Näherungswert für die astronomische Länge eingeführt und mit  $\Delta\lambda^A$  die Längenkorrektion zu diesem bezeichnet wird, d.h.

$$(4) \quad \lambda^A = \lambda_0^A + \Delta\lambda^A$$

ist, erhält man auf Grund von (3) einseitige Längenkorrekturen nach

$$(5) \quad \Delta\lambda^A = UT1 - (T^A + \lambda_0^A) \quad \text{oder} \quad \Delta\lambda^A = UT1 - UT1^A$$

mit

$$(6) \quad UT1^A = T^A + \lambda_0^A .$$

Wie aus (5) ersichtlich, sind die Restabweichungen zwischen einem abgeleiteten Universalzeitsystem UT1 und den beobachteten, wegen des Einflusses der Polbewegung korrigierten Universalzeiten  $UT1^A$  einseitige Längenkorrekturen oder -fehler zur angenommenen Länge. Nachstehend soll dargelegt werden, wie im System BIH 1968 stehende Längenkorrekturen berechnet wurden.

#### 4. Die Berechnung von Längenkorrekturen im System BIH 1968

##### 4.1. Die Ausgangsdaten

Für das geodätisch-astronomische Observatorium Potsdam sind die Zeitbestimmungsergebnisse im Zeitraum 1957.5 bis 1973.0 durch die Restabweichungen zu zwei Zeitsystemen publiziert. Die eigenen Veröffentlichungen [20 - 23] enthalten sie als e-Werte (ab 1967  $\Delta U$ -Werte). In den sowjetischen Zeitbulletins "Étalonné Vremja" [19] werden sie unter der Bezeichnung  $U_* - U$  gegeben. Erstere haben das Vorzeichen im Sinne einer Längenkorrektur, letztere im Sinne eines Längenfehlers. Jede Wertereihe läßt sich zur Berechnung von Längenkorrekturen im System BIH 1968 benutzen.

Im Jahre 1957 wurde das sowjetische Zeitsystem Étalonné Vremja (ÉV) aus den Zeitbestimmungsergebnissen von 16 Observatorien abgeleitet. Danach hat sich die Anzahl mitarbeitender Observatorien auf 19 erhöht [19]. Das Potsdamer Zeitsystem hingegen basiert nur auf dem eigenen Beobachtungsmaterial [20 - 23] und ist infolgedessen ungenauer. Deshalb waren die ( $U_* - U$ )-Werte als Ausgangsdaten zu bevorzugen.

Es kommt vor, daß einzelne Werte in [19] fehlen. Um Vollständigkeit zu haben, wurden sie mit Hilfe der Differenzen zwischen den entsprechenden e-Werten ergänzt.

##### 4.2. Das System BIH 1968

Wegen verschiedener Änderungen wurde über den Zeitraum von 1957.5 bis 1973.0 kein homogenes Zeitsystem erhalten. Nachdem das Bureau International de l'Heure (BIH) in Paris das System BIH 1968 eingeführt hatte [6, 7], teilte es auch Korrekturen für die Zeit von 1955 bis 1967 mit, die eine Homogenisierung des alten Systems BIH ermöglichen.

Wie bereits erwähnt, ist das System BIH 1968 durch den Conventional International Origin (CIO) als mittleren Bezugspol und den äquatorialen Bezugspunkt des mittleren Observatoriums 1968 festgelegt. Dabei sind:

CIO - der mittlere Pol von 1900 bis 1905, der durch die anfänglichen mittleren Breitenwerte der 5 klassischen Breitenstationen (Mizusawa, Kitab, Carloforte, Gaithersburg und Ukiah) auf dem Breitenkreis  $+39^{\circ}08'$  definiert ist, und

äquatorialer Bezugspunkt des mittleren Observatoriums 1968

- der Schnittpunkt zwischen dem Meridian des mittleren Observatoriums 1968, das durch die modifizierten Breiten- und Längenwerte mit dazugehörigen Gewichten der beteiligten Observatorien gebildet wird, und dem Äquator zum CIO.

Um wegen der international beschlossenen Änderung des mittleren Bezugspols vom mittleren Pol der Epoche auf den CIO keinen Sprung im System UT1 zu erhalten, hat das BIH die konventionellen Längen und Breiten modifiziert. Für die Länge  $\lambda_H = -0^{\text{h}}01^{\text{m}}21^{\text{s}}.0785$  des Observatoriums Herstmonceux beträgt die angebrachte Korrektur  $+23,5 \text{ ms}$  [29]. Galt bis Ende 1967 der Meridian von Greenwich als Nullmeridian, so liegt dieser nun in der genannten Größenordnung östlicher.

4.3. Die Reduktionsformel

Aus den oben gemachten Ausführungen geht hervor, daß die im System  $\dot{E}V$  stehenden  $(U_* - U)$ -Werte zu ihrer Homogenisierung auf das System BIH 1968 zu überführen sind. Da die Längenkorektionswerte wie die einseitigen Längen selbst Zeitdifferenzen sind, müssen jeweils auch beide Zeiten entsprechend reduziert werden. Gemäß (5) lauten die Längenkorektionswerte im System  $\dot{E}V$

$$(7) \quad \Delta\lambda_{\dot{E}V}^A = - (U_* - U)^A$$

und unter Berücksichtigung der verschiedenen Korrekturen für bestimmte Zeitabschnitte im System BIH 1968

$$(8) \quad \Delta\lambda_{BIH1968}^A = - (U_* - U)^A - (\dot{E}V - BIH) + \Delta BIH - \\ - \{ \Delta(\Delta U)_{FK4-FK3R}^A + \Delta(\Delta U)_{\Delta\alpha}^A + \Delta(\Delta\lambda)_{CIO-\dot{E}V}^A \} + (\Delta\lambda)_{phys}^A .$$

Die einzelnen Reduktionsgrößen haben dabei die in Tab. 2 aufgeführte Bedeutung. Wie leicht erkennbar, betreffen die ersten beiden Reduktionsgrößen von (8) das Universalzeitsystem UT1 und die in geschwungene Klammern eingeschlossenen die Universalzeiten  $UT1^A$  der Grundgleichung (5). Wird die Längendifferenz zwischen verschiedenen Beobachtungspfeilern durch die geometrische Zentrierung berücksichtigt, so trägt zusätzlich die Korrektur der physikalischen Zentrierung der Verschiedenheit der Lotabweichungen in diesen Punkten Rechnung [16].

Für das geodätisch-astronomische Observatorium Potsdam wurden die Längenkorektionswerte  $\Delta\lambda_{BIH1968}^{Pt}$  nach der Reduktionsformel (8) berechnet. Obgleich die  $(U_* - U)$ -Werte in den monatlichen Zeitbulletins [19] nur in  $0,001^s$  angegeben sind, erfolgten die Rechnungen zur Vermeidung von Abrundungsfehlern auf  $0,0001^s$ . Wie hierzu die Werte der verschiedenen Reduktionsgrößen erhalten wurden, wird im folgenden Kapitel behandelt.

Tab. 2. Die Reduktionsgrößen für die Berechnung von Längenkorrekturen im System BIH 1968

Reduktionsgröße	Bedeutung	Zeitraum für die Reduktion		Betrag bei A = Pt		
$(\dot{E}V - BIH)$	Differenz zwischen den definitiven Zeiten $\dot{E}V$ und BIH zur Beobachtungsepoche	1957.5 bis 1973.0		-0,0150 bis +0,0281		
$\Delta BIH$	Korrektur wegen Übergang vom jeweiligen Zeitsystem BIH zum System BIH 1968	1957.5	1968.0	-0,0037	+0,0034	
$\Delta(\Delta U)_{FK4-FK3R}^A(=Pt)$	Korrektur wegen Übergang vom Fundamentalsystem FK3R zum FK4 ab 1962.0	1957.5	1962.0	P: -0,0023 bis +0,0222 A: +0,0008 +0,0147		
$\Delta(\Delta U)_{\Delta\epsilon}^A$	Korrektur wegen Änderung der jährlichen Aberrationskonstanten von 20,47 auf 20,496 ab 1968.0	1957.5	1968.0	P: -0,0007 +0,0028 A: +0,0018 +0,0024		
$\Delta(\Delta\lambda)_{CIO-\dot{E}V}^A$	Korrektur wegen Übergang vom jeweiligen Polkoordinatensystem zum CIO-System	1957.5	1968.0	}	-0,0250	
		1970.0	1973.0			-0,0124
$(\Delta\lambda)_{phys}^A$	Korrektur der physikalischen Zentrierung	Pt: 1957.6	1957.8	}	-0,0025	Breitenhaus
		1960.6	1961.9		-0,0019	westl. Meridianhaus
		1965.5	1966.9			

## 5. Die Reduktionsgrößen für die Berechnung der Längenkorrekturen im System BIH 1968

Um zunächst einen Überblick über die Zeitabschnitte für die nötigen Reduktionen und deren Größenordnung zu geben, sind diese Angaben mit in Tab. 2 zusammengestellt. Durch P und A wird in Spalte 4 zwischen Passageinstrument- und Astrolab-Beobachtungen unterschieden, für die verschiedene Wertebereiche gelten.

### 5.1. Differenz zwischen den definitiven Zeiten $\dot{E}V$ und BIH zur Beobachtungsepoche

Indem die Differenz zwischen den definitiven Zeiten  $\dot{E}V$  und BIH zur Beobachtungsepoche berücksichtigt wird, geht man vom Zeitsystem  $\dot{E}V$  zum System BIH über. Somit war diese Reduktion für den gesamten Zeitraum vorzunehmen.

Erst für die Zeit ab 1969 werden die Differenzen der beiden Zeitsysteme in [19] mitgeteilt, so daß sie für die Zeit davor unter Verwendung der definitiven Sendezeiten von Zeitsignalen aus den Bulletins "Étalonne Vremja" [19] und "Bulletin Horaire" [24] bzw. "Circulaire D" [25] berechnet werden mußten. Dafür lauten die Formeln:

$$(9) \quad (\dot{E}V - BIH) = \Delta UT_1(\dot{E}V) - \text{Signal} - \Delta UT_1(BIH) - \text{Signal}$$

bzw.

$$(10) \quad (\dot{E}V - BIH) = \Delta UT_2(\dot{E}V) - \text{Signal} - \Delta UT_2(BIH) - \text{Signal} .$$

In (9) beziehen sich die Signalsendezeiten auf das UT<sub>1</sub>-System und in (10) auf das UT<sub>2</sub>-System, das ein noch von den jahreszeitlichen Rotationsschwankungen  $\Delta T_s$  befreites UT<sub>1</sub>-System ist.

- Für die Jahre 1957 bis 1960 stehen die Signalsendezeiten in [19] im UT<sub>1</sub>-System, dagegen in [24] im UT<sub>2</sub>-System. Anschließend bis 1965 beziehen sie sich einheitlich auf das UT<sub>2</sub>-System. Um Formel (10) für den gesamten Zeitabschnitt von 1957.5 bis 1966.0 verwenden zu können, mußten deshalb die auf das UT<sub>1</sub>-System bezogenen Werte [19] in das UT<sub>2</sub>-System übergeführt werden. Dies geschah gemäß

$$(11) \quad \Delta UT_2(\dot{E}V) - \text{Signal} = \Delta UT_1(\dot{E}V) - \text{Signal} + \Delta T_s .$$

Es wurden jeweils die Differenzen  $(\dot{E}V - BIH)$  mit den Daten von 2 Zeitsignalen für jeden Tag 0.00 UT berechnet und dann gemittelt. Speziell sind die Sendezeiten der Zeitsignale

RWM oder ROR um 0.00 UT,

FYP um 9.00 (bzw. 9.30) UT bis einschließlich November 1958 und

GBR um 10.00 UT ab Dezember 1958

benutzt worden. Bevor das Mittel aus den Werten beider Signale gebildet wurde, war daher der für das Signal FYP bzw. GBR auf 0.00 UT zu reduzieren.

- Ab 1966 sind die Signalsendezeiten in [19] wieder im UT<sub>1</sub>-System gegeben. In [24] und [25] beziehen sie sich auf das koordinierte Zeitsystem UTC. Letztere waren also in das UT<sub>1</sub>-System zu übertragen, das dort mit den Differenzen  $\Delta UT_1(BIH) - UTC$  aufgeführt ist. Als Formel hierfür gilt:

$$(12) \quad \overline{UT1(BIH) - Signal} = \overline{UT1(BIH) - UTC} + \overline{UTC - Signal} .$$

Nachdem so die auf das UT1-System bezogenen Signalsendezeiten vorlagen, konnten die eigentlichen Rechnungen für den Zeitabschnitt 1966.0 bis 1969.0 nach Formel (9) ausgeführt werden. Zugrunde gelegt wurden die Daten der Zeitsignale

RWM und GBR.

Da die  $\overline{UT1(BIH) - UTC}$ -Werte nur im Abstand von 5 Tagen angegeben sind, ergaben sich die  $(\dot{E}V - BIH)$ -Werte auch nur mit diesem Zeitabstand.

- Für den Zeitabschnitt 1969.0 bis 1973.0 sind die Differenzen unmittelbar als 5-Tage-Werte aus  $\overline{19}$  entnommen worden.

Schließlich wurden die zu den Beobachtungsepochen benötigten Differenzen  $(\dot{E}V - BIH)$  aus den Tages- bzw. 5-Tage-Werten interpoliert.

### 5.2. Korrektion wegen Übergangs vom jeweiligen Zeitsystem BIH zum System BIH 1968

Mit der Korrektur wegen Übergangs vom jeweiligen Zeitsystem BIH zum System BIH 1968 wird folgenden Änderungen Rechnung getragen:

- Übergang zu einem anderen Polkoordinatensystem zwischen 1958.65 und 1959.10 sowie ab 1968.0,
- Übergang vom Fundamentalsystem FK3R zum FK4 ab 1962.0,
- Übergang zu neuen konventionellen Längen ab 1962.0 und 1968.0,
- Änderung der jährlichen Aberrationskonstanten von  $20''47$  auf  $20''496$  ab 1968.0,
- Modifikationen bei der Festlegung des mittleren Observatoriums.

Tab. 3 enthält die vom BIH in den Jahresberichten  $\overline{6}$ ,  $\overline{7}$  veröffentlichten Korrekturen von 1957 bis 1967. Bis auf die Periode August 1958 bis Februar 1959 brauchen diese nicht interpoliert zu werden.

### 5.3. Korrektion wegen Übergangs vom Fundamentalsystem FK3R zum FK4 ab 1962.0

Seit 1962.0 werden auf Empfehlung der Internationalen Astronomischen Union (IAU) bei der Auswertung geodätisch-astronomischer Beobachtungen die Sternkoordinaten im Fundamentalsystem FK4  $\overline{5}$  zugrunde gelegt. Also galt es, die im FK3R-System stehenden Zeitbestimmungsergebnisse für den Zeitabschnitt 1957.5 bis 1962.0 auf das FK4-System zu reduzieren. Die Korrekturen hierfür sind von den beobachteten Gruppen abhängig. Nachstehend soll erläutert werden, wie sie zu berechnen waren. Dazu sind der Übersichtlichkeit wegen die benötigten allgemeinen Formeln und Ausdrücke für Passageinstrument-Beobachtungen parallel zu denen für Astrolab-Beobachtungen in Tab. 4 aufgeführt.

Tab. 3. Korrekturen  $\Delta BIH$  von 1957 bis 1967 aus [6,7]

Jahr	Dezimalteil des Jahres	Datum	$\Delta BIH$	Bemerkungen
1957			+0 <sup>s</sup> ,0024	
1958	,00 bis ,60		+ 24	} progressiver Übergang vom CECCHINI-Pol zum mittleren Pol der Epoche
	,65	Aug. 26,3	+ 15	
	,70	Sept. 13,5	+ 7	
	,75	Okt. 1,8	- 2	
	,80	20,1	- 10	
	,85	Nov. 7,3	- 18	
	,90	25,6	- 27	
	,95	Dez. 13,9	- 35	
1959	,00	Jan. 1,1	- 27	
	,05	19,4	- 28	
	,10	Febr. 6,6	- 28	
	,15 ,95		- 28	
1960			- 32	} Übergang zum FK4 und zu neuen Längen
1961			- 37	
1962			+ 04	
1963			+ 03	
1964			+ 04	
1965			+ 05	
1966			+ 34	
1967	,00 ,45		+ 20	
	,50 ,95		+ 20	
1968			+ 0	

Für jede beobachtete Passageinstrument- bzw. Astrolab-Gruppe erhält man aus den betreffenden Verbesserungsgleichungen (13) mit den entsprechenden Beobachtungsgliedern (14) durch Ausgleichung nach der Methode der kleinsten Quadrate die günstigsten Resultate der Unbekannten (15). Die auf das FK4-System bezogenen Rektaszensions- und Deklinationskorrekturen (16) zum FK3R-System stehen nicht unmittelbar zur Verfügung. Sie ergeben sich mit den individuellen Korrekturen FK3R - FK3 [26, 27] und den definitiven Korrekturen FK4 - FK3 [28] nach

$$(16a) \begin{cases} \Delta\alpha_{FK4-FK3R} = \Delta\alpha_{FK4-FK3} - \Delta\alpha_{FK3R-FK3} , \\ \Delta\delta_{FK4-FK3R} = \Delta\delta_{FK4-FK3} - \Delta\delta_{FK3R-FK3} . \end{cases}$$

Bildet man die Differenzen zwischen den allgemeinen, in beiden Systemen stehenden Beobachtungsgliedern (14), so gelangt man zu den Absolutgliedern (17), die den funktionalen Zusammenhang zu den Sternkoordinatenkorrekturen (16) angeben. Indem nun in den Verbesserungsgleichungen (13) die Beobachtungsglieder (14) durch die Absolutglieder (17) ersetzt werden und dann ausgeglichen wird, gewinnt man die Korrekturen (18) wegen Übergangs vom FK3R- zum FK4-System, speziell für die Zeit  $\Delta(\Delta U)_{FK4-FK3R}^{Pt}$ . Daraus ist

Tab. 4. Zur Berechnung der Korrekturen  $\Delta(\Delta U)_{FK4-FK3R}^A$  und  $\Delta(\Delta U)_{\Delta\varpi}^A$ 

Größe	Passageinstrument- Beobachtungen	Astrolab-Beobachtungen
Verbesserungs- gleichung	$v_i = \Delta U + K_i k - l_i$	$v_i = 15 \sin A_i (\cos \varphi_0) x + (\cos A_i) y - z + \delta h_i$ (13)
Beobachtungs- glied	$-l_i = -(\alpha_i - U_i)$	$\delta h_i$ (14)
Resultat	$\Delta U, k$	$x, y, z$ (15)
$\Delta(\Delta U)_{FK4-FK3R}^A$		
Korrekturen	$\Delta\alpha_{FK4-FK3R}$	$\Delta\alpha_{FK4-FK3R}, \Delta\delta_{FK4-FK3R}$ (16)
Absolutglied	$-\Delta l_i = -\Delta\alpha_{FK4-FK3R}$	$\Delta\delta h_i = -15 \sin A_i (\cos \varphi_0) \Delta\alpha_{FK4-FK3R} + (\cos S) \Delta\delta_{FK4-FK3R}$ (17)
Resultat	$\Delta(\Delta U)_{FK4-FK3R}^A, \Delta k$	$\Delta x, \Delta y, \Delta z;$ $\Delta(\Delta U)_{FK4-FK3R}^A = \Delta x$ (18)
$\Delta(\Delta U)_{\Delta\varpi}^A$		
Einfluß von $\varpi$ bzw. $\Delta\varpi$	$\Delta\alpha_{\varpi} = C c + D d$ $\Delta\alpha_{\Delta\varpi} = \frac{\Delta\varpi}{\varpi} \Delta\alpha_{\varpi}$	$\Delta\alpha_{\varpi} = C c + D d,$ $\Delta\alpha_{\Delta\varpi} = \frac{\Delta\varpi}{\varpi} \Delta\alpha_{\varpi},$ $\Delta\delta_{\varpi} = C c' + D d'$ $\Delta\delta_{\Delta\varpi} = \frac{\Delta\varpi}{\varpi} \Delta\delta_{\varpi}$ (19) (20)
Absolutglied Resultat	analog dem bei $\Delta(\Delta U)_{FK4-FK3R}^A$ $\Delta(\Delta U)_{\Delta\varpi}^A = \overline{\Delta\alpha_{\Delta\varpi}^A}$ (Näherungsformel) (21)	

Hierbei bedeuten:

$i$	Nummer des Sterns in der beobachteten Gruppe
$v_i$	Verbesserung
$K_i$	Azimutkoeffizient
$A_i$	Azimut, positiv gezählt von Nord über Ost
$\varphi_0$	Näherungswert der geographischen Breite
$-l_i$	Differenz zwischen korrigierter beobachteter Meridiandurchgangszeit $U_i$ und Rektaszension $\alpha_i$
$\delta h_i$	Differenz zwischen beobachteter und vorausberechneter Almukantaratdurchgangszeit mit Verbesserungsgliedern
$\Delta U, k$	Unbekannte für Zeit und Achsazimut
$x, y, z$	Unbekannte für Zeit, geographische Breite und Zenitdistanz des Almukantarats
$S$	parallaktischer Winkel am Stern
$C, D$	Reduktionsgrößen
$c, d$ $c', d'$	BESSELSche Sternkonstanten

zu folgern, daß es sich als vorteilhaft erweist, wegen Reduktion feste Passageinstrument- und Astrolab-Gruppen beobachtet zu haben bzw. zu beobachten.

Im vorliegenden Falle waren die numerischen Rechnungen für alle Passageinstrument-Beobachtungen von Juli 1957 bis September 1958 auszuführen, weil in dieser Zeit noch keine festen Gruppen an den Passageinstrumenten beobachtet wurden (s. Kap. 2). Darüber hinaus brauchten sie aber nur für die 16 Passageinstrument-Gruppen und auch nur für die 12 Astrolab-Gruppen vorgenommen zu werden. Die für die festen Gruppen erhaltenen Korrekturen  $\Delta(\Delta U)_{FK4-FK3R}^{Pt}$  werden in Tab. 5 mitgeteilt (vgl. mit [117], S. 26 u. 27).

Tab. 5. Korrekturen  $\Delta(\Delta U)_{FK4-FK3R}^{Pt}$  für Passageinstrument- und Astrolab-Gruppen

Gr.	$\Delta(\Delta U)_{FK4-FK3R}^{Pt}$	
	P	A
1	+0 <sup>s</sup> ,0153	+0 <sup>s</sup> ,0007
2	+ 162	+ 86
3	+ 81	+ 145
4	+ 21	+ 101
5	+ 122	+ 85
6	+ 187	+ 107
7	+ 222	+ 68
8	+ 148	+ 23
9	+ 55	+ 22
10	- 23	+ 21
11	- 43	+ 70
12	- 36	+ 63
13	- 29	
14	+ 32	
15	+ 8	
16	+ 50	

#### 5.4. Korrektur wegen Änderung der jährlichen Aberrationskonstanten ab 1968.0

Auf der in Hamburg im September 1964 abgehaltenen 12. Generalversammlung der IAU wurde das "IAU-System der astronomischen Konstanten" angenommen [147]. Es umfaßt auch die Konstanten der Präzession, Nutation und Aberration, die in die Ephemeridenrechnung eingehen. Davon hat sich aber nur die jährliche Aberrationskonstante  $\alpha$  von 20",47 auf 20",496 geändert. Der neue konventionelle Wert wird in den astronomischen Jahrbüchern vom Jahre 1968 an benutzt, so daß für den Zeitabschnitt von 1957.5 bis 1968.0 Korrekturen wegen der getroffenen Änderung anzubringen waren. Da die Berechnungen der Korrekturen  $\Delta(\Delta U)_{FK4-FK3R}^A$  und  $\Delta(\Delta U)_{\Delta\alpha}^A$  einander analog sind, wurden die Formeln und Ausdrücke für beide in Tab. 4 aufgenommen.

In den algebraischen Formeln zur Berechnung scheinbarer Sternörter aus mittleren (s. z.B. [157]) wird der Einfluß der Aberration  $\varepsilon$  durch die Ausdrücke (19) berücksichtigt. Wegen

$$C = -\varepsilon \cos \varrho \cos \varepsilon \quad \text{und} \quad D = -\varepsilon \sin \varrho$$

mit  $\varrho$  = wahre Länge der Sonne,  $\varepsilon$  = wahre Schiefe der Ekliptik sind  $\Delta\alpha_{\varepsilon}$  und  $\Delta\delta_{\varepsilon}$  nur linear mit  $\varepsilon$  verknüpft. Folglich beeinflusst eine Änderung von  $\varepsilon$  die Ephemeriden  $\alpha$  und  $\delta$  gemäß (20) in proportionaler Weise. Speziell gilt als Proportionalitätsfaktor

$$\frac{\Delta\varepsilon}{\varepsilon} = 0,00127.$$

Um die Korrekturen wegen Änderung der jährlichen Aberrationskonstanten zu den Ausgleichsergebnissen (15) für Passageinstrument- bzw. Astrolab-Beobachtungen angeben zu können, hat man wie im Abschnitt 5.3. die Absolutglieder zu bilden, diese in (13) anstelle von (14) zu verwenden und auszugleichen. Von den Resultaten steht dann mit  $\Delta(\Delta U)_{\Delta\varepsilon}^A$  die gesuchte Korrektur zur Verfügung. Gegenüber der Korrektur

$\Delta(\Delta U)_{FK4-FK3R}^A$  ist sie nicht nur von der Gruppe, sondern auch von der Zeit abhängig, da die Reduktionsgrößen C und D Funktionen der wahren Länge der Sonne sind und sich sowie abgeleitete Größen somit zeitlich ändern. - Zur Berechnung von  $\Delta(\Delta U)_{\Delta\varepsilon}^A$  für Passageinstrument-Beobachtungen darf wegen guter Näherung nach (21) einfach das Gruppenmittel  $\overline{\Delta\alpha}_{\Delta\varepsilon}^A$  von den Zeitsternen (ohne Polsterne) verwendet werden.

Da die in Kap. 2 erwähnten Passageinstrument-Gruppen als Abend- und Morgengruppen beobachtet worden sind, haben sie zwei Beobachtungsperioden im Jahr. Diese sind meistens von etwa zwei- bis dreiwöchiger Dauer ([207], S. 13). Andererseits liegt die Beobachtungszeit der Astrolab-Gruppen um Mitternacht, und deren Beobachtungsperiode ist zwei Monate lang ([207], S. 17). Die Korrekturen  $\Delta(\Delta U)_{\Delta\varepsilon}^{Pt}$  wurden für diese festen Passageinstrument- und Astrolab-Gruppen zu Anfang und am Ende ihrer Beobachtungsperioden ([207], S. 13 und 17) für das Jahr 1963 berechnet. - Zur astronomischen Längenbestimmung zwischen den Stationen Borowiec - Dresden - Potsdam vom 1. April bis 10. August 1966 sind Extragruppen zusammengestellt und beobachtet worden [107]. Auch für sie wurde die Berechnung der Korrekturen  $\Delta(\Delta U)_{\Delta\varepsilon}^{Pt}$  zum ersten und letzten Beobachtungstag ausgeführt.

In Tab. 6 und 6a sind die ermittelten Werte  $\Delta(\Delta U)_{\Delta\varepsilon}^{Pt}$  für die Passageinstrument-Gruppen und in Tab. 7 für die Astrolab-Gruppen zusammengestellt. Die jeweils zu berücksichtigenden Korrekturen waren für die betreffenden Beobachtungsepochen zu interpolieren bzw. bei Ausnahmen zu extrapolieren. Untersuchungen ergaben, daß auch die Korrekturen für den anfänglichen Zeitabschnitt ohne feste Passageinstrument-Gruppen (s. Kap. 2) durch Interpolation oder Extrapolation aus den Werten der Tab. 6 hinreichend genau erhalten werden, falls die Epochen dieser Beobachtungen mit denen der festen Gruppen etwa gleich sind und die Beobachtungstage innerhalb bzw. nahe den Beobachtungsperioden der betreffenden Gruppen liegen. Nur für wenige Passageinstrument-Beobachtungen war es nicht möglich, auf diese Weise die Werte  $\Delta(\Delta U)_{\Delta\varepsilon}^{Pt}$  zu gewinnen. Folglich mußten sie einzeln berechnet werden. Dabei konnte zwecks weiterer Vereinfachung von (21) mit mittleren Sternkonstanten

$$\bar{c} = \frac{1}{15} \sec \bar{\delta} \cos \bar{\alpha},$$

$$\bar{d} = \frac{1}{15} \sec \bar{\delta} \sin \bar{\alpha}$$

gerechnet werden, wo  $\bar{\alpha}$  das Mittel der Rektaszensionen des ersten und letzten Sterns in der Gruppe und  $\bar{\delta}$  das Mittel der Deklinationen der Zeitsterne (ohne Polsterne) in der Gruppe bezeichnet.

Tab. 6. Korrekturen  $\Delta(\Delta U)_{\Delta\alpha}^{Pt}$  für Passageinstrument-Gruppen

Gr.	Beobachtungsperiode am Abend	$\Delta(\Delta U)_{\Delta\alpha}^{Pt}$	Beobachtungsperiode am Morgen	$\Delta(\Delta U)_{\Delta\alpha}^{Pt}$
1	19. Dez. bis 4. Jan.	+0 <sup>s</sup> ,0003 bis -0 <sup>s</sup> ,0004	13. Aug. bis 29. Aug.	+0 <sup>s</sup> ,0018 bis +0 <sup>s</sup> ,0022
2	5. Jan. 20. Jan.	+ 5 - 1	30. Aug. 14. Sept.	+ 16 + 20
3	21. Jan. 5. Febr.	+ 9 + 2	15. Sept. 30. Sept.	+ 13 + 19
4	6. Febr. 20. Febr.	+ 10 + 4	1. Okt. 15. Okt.	+ 11 + 16
5	21. Febr. 7. März	+ 14 + 8	16. Okt. 30. Okt.	+ 9 + 15
6	8. März 22. März	+ 14 + 9	31. Okt. 15. Nov.	+ 6 + 12
7	23. März 7. April	+ 18 + 12	16. Nov. 1. Dez.	+ 3 + 9
8	8. April 23. April	+ 20 + 15	2. Dez. 18. Dez.	- 1 + 7
9	24. April 10. Mai	+ 20 + 16	19. Dez. 4. Jan.	- 3 + 4
10	11. Mai 28. Mai	+ 23 + 19	5. Jan. 5. Febr.	- 5 + 8
11	29. Mai 16. Juni	+ 22 + 19	6. Febr. 22. März	+ 0 + 17
12	17. Juni 6. Juli	+ 28 + 24	23. März 10. Mai	+ 11 + 27
13	7. Juli 12. Aug.	+ 24 + 17	11. Mai 16. Juni	+ 19 + 25
14	13. Aug. 30. Sept.	+ 22 + 7	17. Juni 6. Juli	+ 22 + 25
15	1. Okt. 15. Nov.	+ 14 - 1	7. Juli 25. Juli	+ 19 + 22
16	16. Nov. 18. Dez.	+ 6 - 7	26. Juli 12. Aug.	+ 19 + 22

Tab. 6a. Korrekturen  $\Delta(\Delta U)_{\Delta\alpha}^{Pt}$  für Passageinstrument-Gruppen vom 1. April bis 10. August 1966

Gruppe	Beobachtungsperiode	$\Delta(\Delta U)_{\Delta\alpha}^{Pt}$
2a	2. April bis 25. April	+0 <sup>s</sup> ,0023 bis +0 <sup>s</sup> ,0017
2b/3a	2. April 15. Mai	+ 26 + 20
3b/4a	26. April 30. Mai	+ 27 + 24
4b	16. Mai 30. Mai	+ 28 + 28
5a	4. Juni 1. Aug.	+ 28 + 16
5b/6a	4. Juni 10. Aug.	+ 25 + 22
6b	4. Juli 10. Aug.	+ 23 + 27

Tab. 7. Korrekturen  $\Delta(\Delta U)_{\Delta\varphi}^{Pt}$  für Astrolab-Gruppen

Gruppe	Beobachtungsperiode	$\Delta(\Delta U)_{\Delta\varphi}^{Pt}$
1	1. Sept. bis 1. Nov.	+0 <sup>s</sup> ,0019 bis +0 <sup>s</sup> ,0020
2	1. Okt. 1. Dez.	+ 19 + 22
3	1. Nov. 1. Jan.	+ 20 + 22
4	1. Dez. 1. Febr.	+ 20 + 20
5	1. Jan. 1. März	+ 20 + 20
6	1. Febr. 1. April	+ 20 + 19
7	1. März 1. Mai	+ 18 + 22
8	1. April 1. Juni	+ 18 + 21
9	1. Mai 1. Juli	+ 20 + 22
10	1. Juni 1. Aug.	+ 21 + 21
11	1. Juli 1. Sept.	+ 20 + 20
12	1. Aug. 1. Okt.	+ 19 + 20

### 5.5. Korrektion wegen Übergangs vom jeweiligen Polkoordinatensystem zum CIO-System

Bei der Berechnung des sowjetischen Zeitsystems  $\dot{E}V$  [19] ist der Einfluß der Polbewegung nur für die Jahre 1968 und 1969 unter Zugrundelegung der im CIO-System stehenden Polkoordinaten berücksichtigt. Davor und danach wurden folgende Polkoordinaten benutzt:

- für 1957 bis 1960 vom Gravimetrischen Observatorium Poltava der AdW der Ukrainischen SSR,
- für 1961 bis 1967 vom BIH mit dem mittleren Pol der Epoche als mittlerem Bezugspol und
- für 1970 bis 1972 vom Gravimetrischen Observatorium Poltava der AdW der Ukrainischen SSR.

Hier bezeichnen  $x, y$  die Polkoordinaten,  $x_{CIO}, y_{CIO}$  die Polkoordinaten im CIO-System,  $x_N, y_N$  die Polkoordinaten im Nicht-CIO-System,  $\lambda_o^A, \varphi_o^A$  die Näherungskordinaten von A.

Auf Grund der allgemeinen Formel zur Berechnung der Korrektur wegen des Einflusses der Polbewegung

$$(22) \quad \Delta\lambda^A = \frac{1}{15} (x \sin \lambda_o^A - y \cos \lambda_o^A) \tan \varphi_o^A$$

gilt für den Übergang vom Nicht-CIO-System zum CIO-System

$$(23) \quad \Delta(\Delta\lambda)_{CIO-N}^A = \frac{1}{15} [(x_{CIO} - x_N) \sin \lambda_o^A - (y_{CIO} - y_N) \cos \lambda_o^A] \tan \varphi_o^A.$$

Die nach (23) zu berechnenden Korrekturen waren für die Perioden 1957.5 bis 1968.0 und 1970.0 bis 1973.0 notwendig.

Erst ab 1962 standen die Polkoordinaten im CIO-System vom BIH zur Verfügung. Deshalb wurden für den Zeitabschnitt 1957.5 bis 1962.0 die Werte gemäß

$$(24) \begin{cases} x_{\text{CIO}} = x_2 + \Delta x, \\ y_{\text{CIO}} = y_2 + \Delta y \end{cases}$$

aus [4] entnommen. Dabei sind  $x_2, y_2$  die Polkoordinaten, bezogen auf den mittleren Pol der Epoche, der Tab. 7 in [4] und  $\Delta x, \Delta y$  die Korrekturen wegen Übergangs zum CIO-System der Tab. 8 in [4].

Die Berechnung der  $\Delta(\Delta\lambda)_{\text{CIO-N}}^{\text{Pt}}$  wurde mit dem Argument in Dezimalteilen des Jahres ausgeführt, und zwar

- von 1957.5 bis 1961.0 im Abstand von 0,1 Jahren und
- vom 31. Dezember 1960 bis 26. Dezember 1961 im Abstand von 0,05 Jahren.

Für den letztgenannten Zeitabschnitt waren dazu noch die für  $x_N, y_N$  geltenden Epochen von Tagesangaben in Dezimalteile des Jahres zu verwandeln und die Polkoordinaten im Abstand von 0,05 Jahren zu interpolieren; denn die Werte  $x_2, y_2$  resp.  $x_{\text{CIO}}, y_{\text{CIO}}$  sind in [4] im Abstand von 0,05 Jahren enthalten, und die Werte  $x_N, y_N$  sind in [19] zuerst für jedes Zehnteljahr und dann für jeden zehnten Tag gegeben.

Um die Korrekturen  $\Delta(\Delta\lambda)_{\text{CIO-N}}^{\text{Pt}}$  für die Beobachtungsepochen interpolieren zu können, mußten nun auch diese von Dezimalteilen des Tages in Dezimalteile des Jahres umgewandelt werden. Die notwendigen Umwandlungen der Zeitangaben erfolgten zweckmäßigerweise mit Hilfe der Tafel 38 in [7].

Für die Zeitabschnitte 5. Januar 1962 bis 4. Januar 1968 und 29. Dezember 1969 bis 2. Januar 1973 wurden den Berechnungen die  $x_{\text{CIO}}, y_{\text{CIO}}$ -Koordinaten aus [8, 9 und 25] zugrunde gelegt. Da sowohl  $x_{\text{CIO}}, y_{\text{CIO}}$  als auch  $x_N, y_N$  als 10-Tage-Werte vorliegen, ließen sich die Korrekturen  $\Delta(\Delta\lambda)_{\text{CIO-N}}^{\text{Pt}}$  ebenfalls im Abstand von 10 Tagen ermitteln. Hieraus konnten die zu den Beobachtungsepochen gehörigen Werte unmittelbar interpoliert werden.

#### 5.6. Korrektur der physikalischen Zentrierung

Werden astronomische Zeitbestimmungen exzentrisch beobachtet, so ist die Längendifferenz vom Exzentrum zum Zentrum zu berücksichtigen. Vorausgesetzt, daß die Lotabweichungen in beiden Punkten gleich groß sind, genügt diese geometrische Zentrierung. Andernfalls muß noch eine Korrektur der physikalischen Zentrierung angebracht werden [16].

Der Einfluß einer Lotabweichung auf die astronomische Länge von A beträgt

$$\eta^A \sec \varphi_0^A,$$

wo  $\eta^A$  die Komponente der totalen Lotabweichung im 1. Vertikal in A bezeichnet.

Sind nun die Lotabweichungen im Zentrum und Exzentrum verschieden, so folgt als Korrektur der physikalischen Zentrierung

$$(25) (\Delta\lambda)_{\text{phys}}^A = (\eta_{\text{Zentrum}} - \eta_{\text{Exzentrum}}) \sec \varphi_0^A .$$

Da zur Berechnung von  $(\Delta\lambda)_{\text{phys}}^A$  nur die Differenz der Lotabweichungen benötigt wird, können statt der astronomisch-geodätischen Lotabweichungen auch gravimetrische oder aus den sichtbaren topographischen Massen abgeleitete verwendet werden.

Grundsätzlich wurden die astronomischen Zeitbestimmungen im geodätisch-astronomischen Observatorium Potsdam an den verschiedenen Instrumenten (s. Tab. 1) auf folgenden Beobachtungspfeilern ausgeführt:

I	Beobachtungspfeiler
1	Mittelpfeiler
2	Nordpfeiler
3	Südpfeiler
4	Pfeiler des Breitenhauses
5	Pfeiler des Astrolabhauses

} des östlichen  
} oder westlichen  
} Meridianhauses

Als Zentrum des Observatoriums gilt der Mittelpfeiler des östlichen Meridianhauses.

Unmittelbar bei der Auswertung der Zeitbestimmungen erfolgte bereits deren geometrische Zentrierung. Zum Zwecke der physikalischen Zentrierung wurden zunächst mit Hilfe des Lage- und Höhenplans 1 : 500 vom Telegrafenberg die Lotabweichungen und daraus nach (25) die Korrekturen wegen Verschiedenheit der Lotabweichungen berechnet. Es ergaben sich:

Beobachtungspfeiler	$(\Delta\lambda)_{\text{phys}}^{\text{Pt}}$
Pfeiler des westlichen Meridianhauses	$-0^{\text{S}}0019$
Pfeiler des Breitenhauses	$-0^{\text{S}}0025$
Pfeiler des Astrolabhauses	$\pm 0^{\text{S}}$

Diese Beträge waren für Instrument und Zeitabschnitt gemäß Tab. 8 zu berücksichtigen.

Tab. 8. Korrekturen  $(\Delta\lambda)_{\text{phys}}^{\text{Pt}}$

I	Zeitabschnitt für die Reduktion	$(\Delta\lambda)_{\text{phys}}^{\text{Pt}}$
1	22. Juli 1960 bis 21. Nov. 1961	} $-0^{\text{S}}0019$
	10. Juli 1965 23. Nov. 1966	
2 } 3 }	22. Juli 1960 5. Nov. 1961	} $-0^{\text{S}}0025$
4	20. Juli 1957 8. Okt. 1957	
5		$\pm 0^{\text{S}}$

6. Die Berechnung der Längenwerte im System BIH 1968

Aus den Längenkorrekturen sind die Längenwerte nach (4) zu berechnen. Speziell lautet die Formel zur Berechnung der Längenwerte im System BIH 1968

$$(26) \quad \lambda_{\text{BIH}1968}^A = \lambda_0^A + \Delta\lambda_{\text{BIH}1968}^A,$$

wobei  $\lambda_0^A$  die jeweilige konventionelle Länge von A ist.

In den Meldungen an das Vsesojuznyj Naučno-Issledovatel'skij Institut Fiziko-Techičeskich i Radiotechičeskich Izmerenij (VNIIFTRI) in Moskau wurde bis 31. Dezember 1971 der alte konventionelle Längenwert für das geodätisch-astronomische Observatorium Potsdam und ab 1. Januar 1972 der neue zugrunde gelegt. Also war bei der Berechnung der Längenwerte  $\lambda_{\text{BIH}1968}^{\text{Pt}}$  ebenso zu verfahren.

In den ( $U_* - U$ )-Werten tritt zwischen dem 31. August und 1. September 1962 <sup>[19]</sup> ein Sprung von  $0^{\text{s}},005$  auf. Er ist darauf zurückzuführen, daß ab 1. September 1962 zur Registrierung der Zeitsignale an Stelle eines elektronischen Zählers ein Zeitzeichenszillograph verwendet wurde und sich damit die Empfängerverzögerungszeit änderte <sup>[37]</sup>. Zur Beseitigung des Sprunges wurden die Längenwerte  $\lambda_{\text{BIH}1968}^{\text{Pt}}$  um  $+0^{\text{s}},005$  für den Zeitabschnitt vom 1. Juli 1957 bis 31. August 1962 korrigiert.

Da zur astronomischen Längenbestimmung gemäß den Grundgleichungen (1) und (3) Differenzen von Ortszeiten gebildet werden, eliminieren sich grundsätzlich die Rotationschwankungen der Erde. Vom Einfluß der Polbewegung sind die Längenwerte befreit, indem an die Ortszeiten Korrekturen angebracht werden. Neben den unvermeidbaren Einflüssen der Beobachtungs- und Sternkoordinatenfehler dürften demnach nur zeitliche Änderungen nichtpolaren Ursprungs durch die E—W-Komponenten gezeitenbedingter Lotschwankungen direkter und indirekter Natur und evtl. rezenter horizontaler Erdkrustenbewegungen vorhanden sein.

## 7. Erste Untersuchungen der im System BIH 1968 stehenden Längenwerte

### 7.1. Vergleichswert

In der Zeit vom 1. April bis 10. August 1966 ist die astronomisch-geodätische Längenbestimmung Borowiec - Dresden - Potsdam ausgeführt worden. Für die Station Potsdam hatte sich als definitiver Längenwert im System BIH 1968 zur mittleren Bezugsepoche 1966.427

$$\bar{\lambda}_{\text{BIH1968, def}}^{\text{Pt, 1966.427}} = -0^{\text{h}}52^{\text{m}}16^{\text{s}}0293 \pm 0^{\text{s}}0024$$

ergeben [10]. Zum Zwecke des Vergleichs mit diesem Wert wurden die einzelnen Längenwerte des genannten Zeitabschnittes gleichgewichtig gemittelt und im Ergebnis

$$\bar{\lambda}_{\text{BIH1968}}^{\text{Pt, 1966.427}} = -0^{\text{h}}52^{\text{m}}16^{\text{s}}0323 \pm 0^{\text{s}}0012$$

erhalten. Die beiden Resultate weichen nur um 3,0 ms voneinander ab. In der Arbeit [10] ist ein ganz anderes Berechnungsverfahren angewandt worden. Außerdem war die Verschiedenheit der Lotabweichungen auf den Beobachtungspfeilern des Observatoriums unberücksichtigt geblieben. An den definitiven Längenwert ist deswegen noch eine Korrektur von -0,4 ms anzubringen, so daß sich die Differenz auf 2,6 ms verringert. Diese Übereinstimmung der auf verschiedene Weise erhaltenen Längenwerte ist vortrefflich.

### 7.2. Untersuchungen auf Genauigkeit und systematische Veränderung

Sind veränderlich-systematische Anteile in den Einzelwerten einer Größe enthalten, was speziell für die Längenwerte  $\lambda_{\text{BIH1968}}^{\text{Pt}}$  zu erwarten ist, so kommt die Berechnung mittlerer Fehler aus den Verbesserungen zum Gesamtmittel nicht in Betracht. Um die erhaltenen Längenwerte auf Genauigkeit und systematische Veränderung hin beurteilen zu können, waren deshalb zweckmäßigerweise Periodenmittel zu bilden, empirische Varianzen und mittlere Fehler innerhalb und zwischen den Perioden (Zeitabschnitten) zu berechnen und auf die empirischen Varianzen der F-Test anzuwenden.

Bezeichnen  $j$  die Nummer der Periode ( $j = 1, 2, 3, \dots, k$ ),  $k$  die Anzahl der Perioden bzw. Periodenwerte,  $n = P$  die Anzahl der Einzelwerte in der Periode,  $N = \sum P$  die Gesamtanzahl der Einzelwerte,  $V$  die Verbesserung des Einzelwertes zum betreffenden Periodenmittel und  $V^*$  die Verbesserung des Periodenmittels zum Gesamtmittel, so gelten für die Fehlerrechnung die in Tab. 9 zusammengestellten Ausdrücke und Formeln. Nachweislich existieren von Periode zu Periode sich ändernde systematische Komponenten, falls der F-Test zu dem Ergebnis

$$(27) \quad F > F_S$$

mit

$$(28) \quad F = \frac{\sum_{j=1}^k m_j^2}{m_0^2} \quad \text{und} \quad F_S = F(S, f, \bar{F}_0)$$

führt. Für die gewählte statistische Sicherheit

$$S = 0,999$$

ist der kritische  $F_S$ -Wert der F-Tafel (z.B. in [18]) zu entnehmen. Schließlich kann der mittlere Fehler der veränderlich-systematischen Anteile nach der Formel (s. [2])

$$(29) \quad m_V^2 = \frac{N f}{N^2 - [P^2]} (m^2 - \bar{m}_0^2)$$

berechnet werden.

Tab. 9. Fehlerrechnung

Größe	Periode	Innerhalb der Perioden	Zwischen den Perioden
Summe der Verbesserungquadrate	$\sum_j \Delta V_j^2$	$\sum_{j=1}^k \Delta V_j^2$	$\Delta PV^* V^*$
Anzahl der Freiheitsgrade	$f_0 = (n - 1)$	$f_0 = \sum_{j=1}^k (n - 1)_j = N - k$	$f = k - 1$
Mittlerer Fehler des Einzelwertes	$m_0 = \sqrt{\frac{\sum \Delta V_j^2}{n - 1}}$	$\bar{m}_0 = \sqrt{\frac{\sum \Delta V_j^2}{N - k}}$	$m = \sqrt{\frac{\Delta PV^* V^*}{k - 1}}$
Mittlerer Fehler des Perioden- bzw. Gesamtmittels	$m_{0\lambda} = \frac{m_0}{\sqrt{n}}$	$m_{0\bar{\lambda}} = \frac{\bar{m}_0}{\sqrt{N}}$	$m_{\bar{\lambda}} = \frac{m}{\sqrt{N}}$

Periode: Halbjahr, Vierteljahr, Monat

Es erhob sich die Frage, welche Periodenlänge gewählt werden sollte. Außer nach Halbjahren (H) wurden die Längenwerte noch nach Vierteljahren (V) und nach Monaten (M) unterteilt und jeweils analog bearbeitet. Ihre Bearbeitung erfolgte gemeinsam und getrennt für beide Instrumententypen.

In Tab. 10 sind die innerhalb der Perioden erhaltenen mittleren Fehler zusammengestellt. Die Gesamtmittel (gewogene Mittel der Periodenmittel)  $\bar{\lambda}_{BIH1968}^{Pt}$  für Passageinstrument- und Astrolab-Beobachtungen weichen um 3,4 ms bzw. 3,3 ms vom gemeinsamen Mittelwert ab. Dagegen sind die zugehörigen mittleren Fehler  $m_{0\bar{\lambda}}$  der Tab. 10, die innere Genauigkeiten darstellen, um eine ganze Größenordnung kleiner. Hieraus folgt, daß sich die verschiedenen Längenwerte systematisch voneinander unterscheiden.

Vergleicht man die mittleren Fehler der Einzelwerte innerhalb der Perioden -  $\bar{m}_0$  - miteinander, so stellt man fest, daß die innere Genauigkeit der Längenwerte für Passageinstrument-Beobachtungen etwa um 1/3 geringer ist als die für Astrolab-Beobachtungen. Das gleiche Resultat ist für die Zeitbestimmungen anhand der inneren mittleren Fehler  $m_{\Delta U}$  erhalten worden [3]. Ferner zeigt sich, daß die  $\bar{m}_0$ -Werte mit wachsender Periodenlänge ansteigen. Der Anstieg ist damit zu begründen, daß die Variabilität innerhalb der Perioden wegen zunehmenden Einflusses von systematischen Längenänderungen

größer wird. Dabei tritt bezeichnenderweise für Astrolab-Beobachtungen ein deutlich höherer Genauigkeitsverlust als für Passageinstrument-Beobachtungen auf. Dieses Ergebnis überrascht, und man muß es darauf zurückführen, daß in die Längenwerte für Astrolab-Beobachtungen relativ größere veränderlich-systematische Anteile eingegangen sind als in die für Passageinstrument-Beobachtungen.

Tab. 10. Mittlere Fehler innerhalb der Perioden  
(vor Angleichung der Astrolab-Längenwerte)

Instr.-Typ	N	Halbjahre			Innerhalb der Vierteljahre			Monate		
		$\bar{m}_0$	$m_{0\lambda}$	k	$\bar{m}_0$	$m_{0\lambda}$	k	$\bar{m}_0$	$m_{0\lambda}$	k
A + P	5459	$\pm 207$	$\pm 3$	31	$\pm 201$	$\pm 3$	62	$\pm 198$	$\pm 3$	185
A	2744	163	3	31	141	3	61	133	2	180
P	2715	226	4	31	220	4	61	214	4	174

Einheit:  $0^s,0001$

Die mittleren Fehler  $\bar{m}_0$  der gemeinsamen Bearbeitung der Längenwerte liegen jeweils zwischen denen der getrennten Bearbeitung, und ihr Anstieg mit wachsender Periodenlänge ist betragsmäßig geringer. Allgemein kann noch eingeschätzt werden, daß auf Grund der inneren mittleren Fehler für Zeitbestimmungen wesentlich kleinere  $\bar{m}_0$ -Werte der Längenbestimmungen erwartet worden sind, nämlich etwa  $\pm 14$  ms für Passageinstrument-Beobachtungen und etwa  $\pm 10$  ms für Astrolab-Beobachtungen.

Tab. 11 enthält die zu den Genauigkeitsangaben der Tab. 10 entsprechenden mittleren Fehler zwischen den Perioden. Diese sind als äußere Genauigkeiten zu betrachten. Die Werte  $m_\lambda$  und  $m$  sind bedeutend größer als die  $m_{0\lambda}$  bzw.  $\bar{m}_0$ . Dies bestärkt sogleich die Ansicht, daß zeitliche systematische Änderungen der Länge vorhanden sind. Die Genauigkeiten für Astrolab-Beobachtungen sind geringer als die für Passageinstrument-Beobachtungen. Damit hat sich bestätigt, daß die Längenwerte aus Astrolab-Beobachtungen auch größere Veränderungen aufweisen. Von den berechneten mittleren Fehlern  $m_\lambda$  der Gesamtmittel  $\bar{\lambda}_{\text{BIH}1968}^{\text{Pt}}$  ist es nötig, den größten den Vorzug zu geben, da diese am besten den zwischen den verschiedenen Gesamtmitteln bestehenden systematischen Differenzen Rechnung tragen. Praktisch ist hiermit auch schon die Frage nach der zur Fehlerrechnung zu wählenden Periodenlänge beantwortet, und zwar in der Weise, daß im vorliegenden Falle die Entscheidung zugunsten des Halbjahres ausgefallen ist. Für andere, gleichartige Fälle sollte man die Periode so lang wählen, daß der Gesamtzeitraum einen Umfang von etwa 10 bis 30 Perioden hat. Im Vergleich mit den  $\bar{m}_0$ -Werten ist der Anstieg mit der Periodenlänge bei den  $m$ -Werten wesentlich größer. Außerdem liegen die  $m$ -Werte der gemeinsamen Bearbeitung der Längenwerte in einem Falle nur geringfügig unter dem für Astrolab-Beobachtungen und in den anderen beiden Fällen sogar darüber.

Die mittleren Fehler  $m$  der Längenbestimmungen erscheinen außergewöhnlich hoch. Hierbei ist jedoch zu beachten, daß es sich um die Längenwerte über einen Zeitraum von 15,5 Jahren handelt, in dem diese in einem nicht unerheblichen Variationsbereich auftreten. Speziell ergab sich

- für Passageinstrument-Beobachtungen

$$-0^{\text{h}}52^{\text{m}}16^{\text{s}},1295 \cong \lambda_{\text{BIH}1968}^{\text{Pt}} \cong -0^{\text{h}}52^{\text{m}}15^{\text{s}},9525$$

mit der Variationsbreite  $w = 0^{\text{s}},1770$  und

- für Astrolab-Beobachtungen

$$-0^{\text{h}}52^{\text{m}}16^{\text{s}},1254 \cong \lambda_{\text{BIH}1968}^{\text{Pt}} \cong -0^{\text{h}}52^{\text{m}}15^{\text{s}},9741$$

mit  $w = 0^{\text{s}},1513$ .

Das bedeutet, daß die  $m$ -Werte zwischen den Vierteljahren und den Halbjahren die Größenordnung von  $w/2$  erreichen bzw. sogar übersteigen. Dieses Resultat dürfte wiederum allein deswegen erhalten werden, weil außer zufälligen noch veränderlich-systematische Anteile in den Längenwerten enthalten sind. Nicht zu erwarten ist, daß bei noch länger gewählter Periode die  $m$ -Werte weiter anwachsen werden.

Tab. 11. Mittlere Fehler zwischen den Perioden  
(vor Angleichung der Astrolab-Längenwerte)

Instr.-Typ	Zwischen den					
	Halbjahren		Vierteljahren		Monaten	
	$m$	$m\bar{\lambda}$	$m$	$m\bar{\lambda}$	$m$	$m\bar{\lambda}$
A + P	$\pm 982$	$\pm 13$	$\pm 845$	$\pm 11$	$\pm 548$	$\pm 7$
A	918	18	850	16	536	10
P	833	16	693	13	491	9

Einheit:  $0^{\text{s}},0001$

Mit dem F-Test läßt sich eine statistisch signifikante Aussage zur zeitlichen Änderung der astronomischen Länge erhalten. Auf Grund der Testergebnisse existieren ohne Ausnahme von Periode zu Periode sich ändernde systematische Anteile in den Längenwerten. Daß die Längenwerte Stichproben aus einem Zufallsprozeß darstellen und deswegen eine Autokorrelation aufweisen, wurde berücksichtigt [17].

Die Berechnung der mittleren Fehler der veränderlich-systematischen Anteile ergab die in Tab. 12 aufgeführten Resultate. Wie zu erwarten, sind die mittleren Fehler  $m_Y$  für Astrolab-Beobachtungen etwas größer als die für Passageinstrument-Beobachtungen. Mit der Periodenlänge werden die  $m_Y$ -Werte kleiner, weil das Datenmaterial jeweils mehr geglättet ist. Ferner sind die mittleren Fehler  $m_Y$  der gemeinsamen Bearbeitung der Längenwerte wegen des umfangreicheren Datenmaterials kleiner als die der getrennten Bearbeitung.

Um den zeitlichen Verlauf der astronomischen Länge von Potsdam zu veranschaulichen, wurden gemeinsam und getrennt für beide Instrumententypen die verschiedenen Periodenmittel graphisch dargestellt. Je länger die Periode, um so mehr ist das Datenmaterial dezimiert, und umgekehrt. Abb. 1 zeigt die Halbjahresmittel  $\lambda_{\text{BIH}1968}^{\text{Pt,H}}$ . Hieraus ist die

langzeitige Variation zu ersehen. Auf den ersten Blick lassen die Linienzüge der Halbjahresmittel für Passageinstrument- und Astrolab-Beobachtungen keine Diskrepanz erkennen. Für die Jahre 1969 und 1970 variieren die Werte für Passageinstrument-Beobachtungen augenscheinlich mehr. Beim näheren Hinsehen fällt aber auf, daß für Astrolab-Beobachtungen die Halbjahresmittel von 1963 bis 1966 deutlich höher liegen. Dagegen verlaufen die gemeinsamen Halbjahresmittel ausgesprochen glatt, und diese Details sind nicht mehr zu bemerken. Möglicherweise liegt eine Änderung langperiodischer Art vor, was auch allein aus den Werten für Passageinstrument-Beobachtungen gefolgert werden kann. Gemäß Tab. 12 würde ihre Amplitude die Größe von etwa 10 ms haben. Nachstehend sind die Differenzen der Extremwerte aufgeführt:

Instr.-Typ	Max. Differenz
A + P	0 <sup>s</sup> ,0247
A	384
P	403

Tab. 12. Mittlere Fehler der veränderlich-systematischen Anteile (vor Angleichung der Astrolab-Längenwerte)

Instr.-Typ	$m_Y^H$	$m_Y^V$	$m_Y^M$
A + P	$\pm 73$	88	94
A	96	125	133
P	86	100	112

Einheit: 0<sup>s</sup>,0001

In Abb. 2 sind die Vierteljahresmittel  $\lambda_{BIH1968}^{Pt,V}$  als Funktion der Zeit wiedergegeben. Hier ist sogleich augenfällig, daß die Vierteljahresmittel für Astrolab-Beobachtungen ab 4. Vierteljahr 1962 bis zum 3. Vierteljahr 1966 systematisch um etwa 20 ms größer sind. Verständlicherweise ändern sich die verschiedenen Werte von Vierteljahr zu Vierteljahr zum Teil schon bedeutender. Dabei haben sie folgende Variationsbreite:

Instr.-Typ	Max. Differenz
A + P	0 <sup>s</sup> ,0361
A	636
P	503

Abb. 3 veranschaulicht den Verlauf der Monatsmittel  $\lambda_{BIH1968}^{Pt,M}$ . Hierin kommen noch die kurzzeitigen Variationen und auch Fluktuationen zum Ausdruck. Die beiden Sprungstellen für die bereits aus Abb. 1 und 2 bekannte systematische Abweichung der Längen-

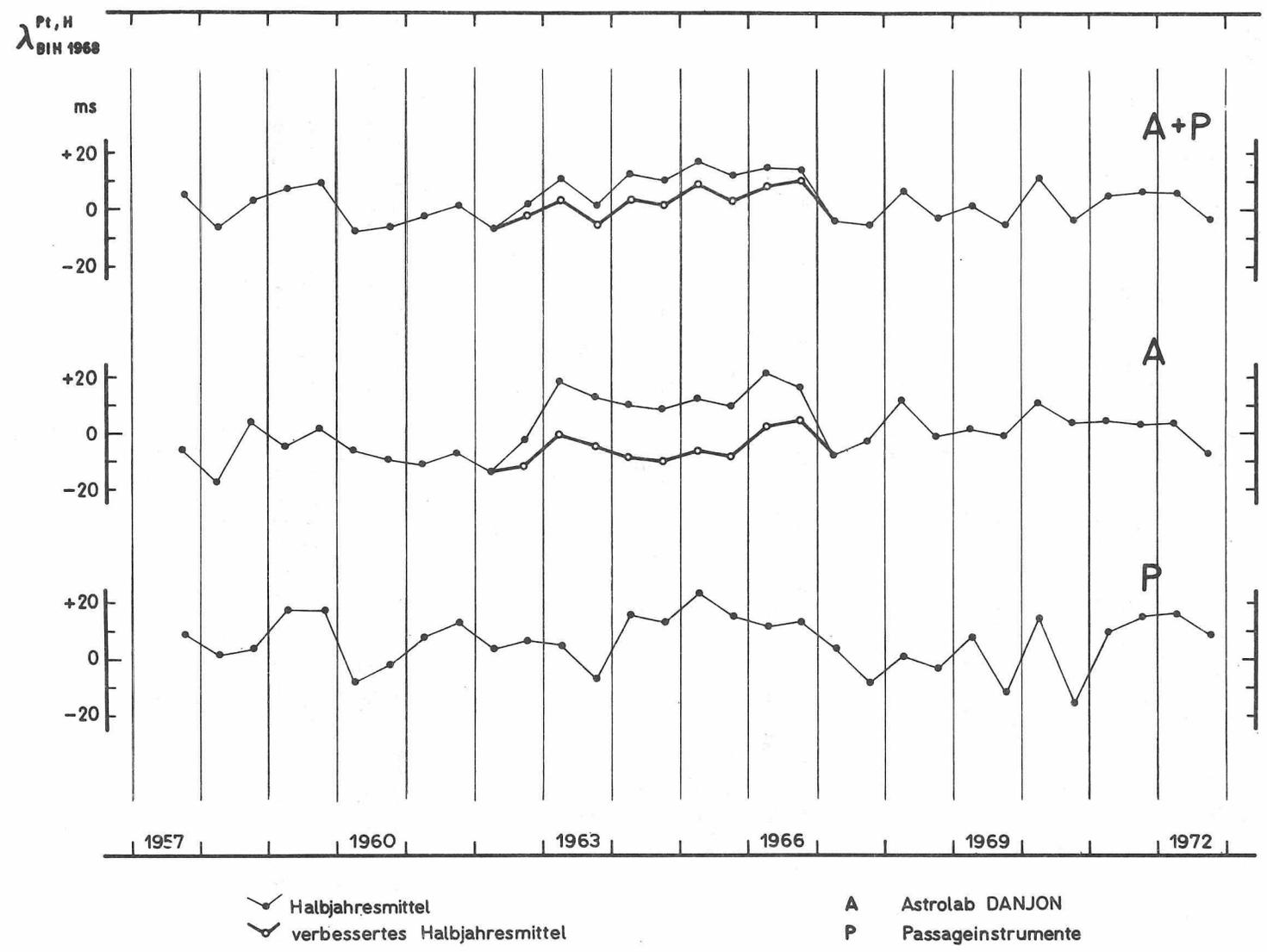


Abb. 1. Zeitliche Variation der Halbjahresmittel der astronomischen Länge von Potsdam

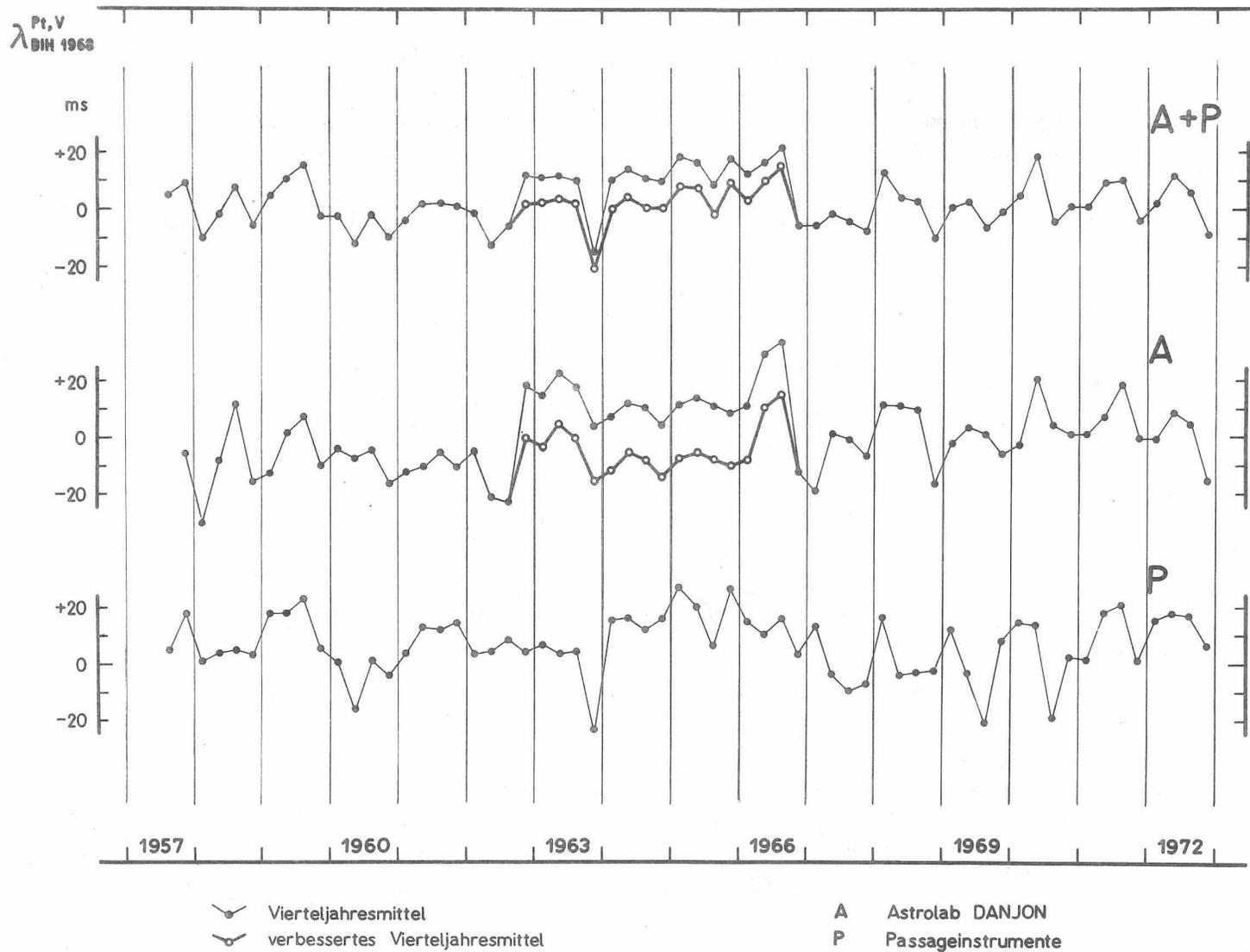


Abb. 2. Zeitliche Variation der Vierteljahresmittel der astronomischen Länge von Potsdam

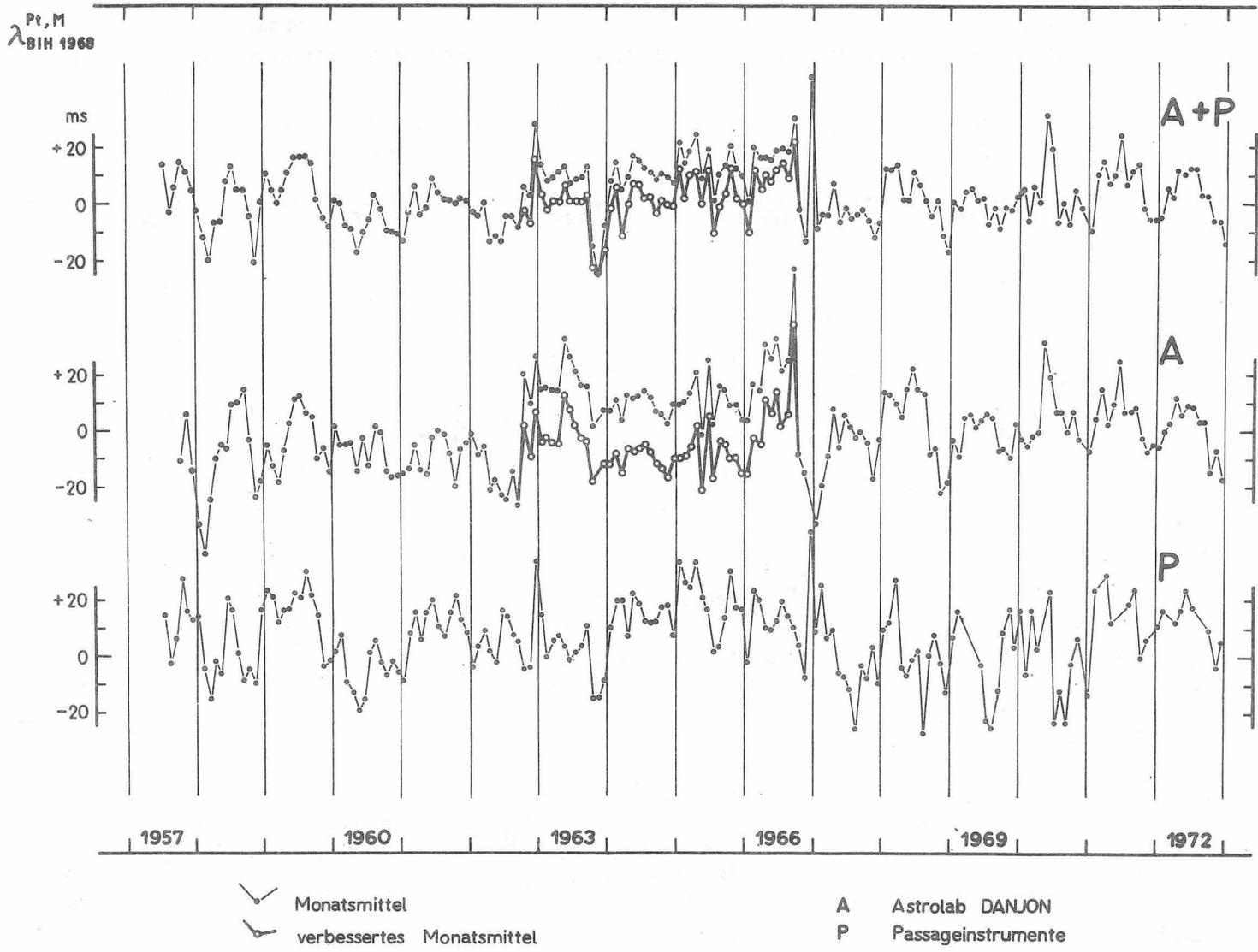


Abb. 3. Zeitliche Variation der Monatsmittel der astronomischen Länge von Potsdam

werte aus Astrolab-Beobachtungen lassen sich nunmehr zeitlich auf September/Okttober 1962 und September/Okttober 1966 eingrenzen. Als maximale Differenzen treten bei den Monatsmitteln auf:

Instr.-Typ	Max. Differenz
A + P	0 <sup>s</sup> ,0687
A	1010
P	715

Die Untersuchungen des Einflusses der beiden Instrumententypen - Astrolab DANJON und Passageinstrumente - auf die Genauigkeit des Potsdamer Zeitsystems von 1958 bis 1964 [12] hatten u.a. ergeben, daß eine Änderung der instrumentellen Gleichung des Astrolabs im September/Okttober 1962 eingetreten sein muß. Am 1. Oktober 1962 ist eine Störung an der Stromzuführung des Instrumentenmotors beseitigt und daraufhin der Geschwindigkeitsregler justiert worden. Darin liegt also die Ursache für diesen ersten Sprung. Auch im September 1966 trat eine ähnliche Störung auf, die erst am 1. Oktober 1966 gänzlich behoben war. Wie sich zeigt, liegen die Längenwerte seitdem wieder tiefer. Demnach hat der zweite Sprung, der in umgekehrter Richtung zum ersten verlief, die gleiche Ursache. - Mit der aufgedeckten systematischen Abweichung der Längenwerte für Astrolab-Beobachtungen von Oktober 1962 bis September 1966 erklärt sich, warum die Längenwerte für Astrolab-Beobachtungen bei den Untersuchungen auf äußere Genauigkeit und systematische Veränderung hin schlechter abgeschnitten haben als diejenigen für Passageinstrument-Beobachtungen.

Zur Bestimmung der Sprungbeträge wurden mit den Astrolab-Monatsmitteln  $\lambda_{BIH1968}^{Pt, M, A}$  entsprechende Teilmittel  $\lambda_{BIH1968}^{Pt, T, A}$  gebildet und die mittleren Fehler innerhalb der Monate und zwischen ihnen berechnet. Tab. 13 gibt die Zusammenstellung der Ergebnisse.

Tab. 13. Astrolab-Teilmittel der astronomischen Länge und mittlere Fehler innerhalb der Monate und zwischen ihnen

T	Zeitabschnitt	$\lambda_{BIH1968}^{Pt, T, A}$	N	$\bar{m}_0$	$m_{0\alpha}$	k	m	$m_{\lambda}$	Differenz
		$-0^h52^m16^s$							
1	1957 Okt. bis 1962 Sept.	0572	1169	$\pm 135$	$\pm 4$	60	$\pm 494$	$\pm 14$	$+0^s,0220$ (1-2)
2	1962 Okt. 1966 Sept.	0352	691	129	5	47	372	14	-
3	1966 Okt. 1972 Dez.	0491	884	134	4	73	369	12	+ 139 (3-2)
1 + 3	1957 Okt. 1962 Sept. + 1966 Okt. 1972 Dez.	0537	2053	135	3	133	456	10	+ 185 (1+3-2)

Einheit der mittleren Fehler: 0<sup>s</sup>,0001

Die mittleren Fehler  $\bar{m}_0$  stimmen mit dem entsprechenden Wert der Tab. 10, wie erwartet, sehr gut überein; und für die m-Werte bestätigt sich, daß diese kleiner als der Vergleichswert der Tab. 11 sind. Die äußeren Genauigkeiten der Längenwerte für Astrolab-

Beobachtungen (Tab. 13) erreichen jetzt diejenige für Passageinstrument-Beobachtungen (Tab. 11) oder sind sogar noch höher. In der letzten Spalte der Tab. 13 sind die systematischen Differenzen zwischen den Werten  $\lambda_{\text{BIH}1968}^{\text{Pt,T,A}}$  aufgeführt. Somit würde der erste Sprung  $+0^{\text{s}},0220$  und der zweite  $-0^{\text{s}},0139$  betragen. Die mittlere systematische Abweichung der Längenwerte von Oktober 1962 bis September 1966 von denen von Oktober 1957 bis September 1962 plus Oktober 1966 bis Dezember 1972 ergab sich zu  $+0^{\text{s}},0185$ . Hiernach bestehen zwei Möglichkeiten zur Angleichung der Längenwerte für Astrolab-Beobachtungen. Entweder wären die Längenwerte von Oktober 1957 bis September 1962 um  $+0^{\text{s}},0081$  und die von Oktober 1962 bis September 1966 um  $-0^{\text{s}},0139$  oder nur letztere um  $-0^{\text{s}},0185$  zu korrigieren. In Anbetracht dessen, daß beide Sprünge von der gleichen Ursache herrühren, aber nicht entschieden werden kann, ob die hierfür ermittelten Werte die günstigsten (bzw. günstiger als der mittlere Wert) sind, wurde es als das beste erachtet, mit der mittleren systematischen Abweichung zu rechnen, also die einfachere zweite Möglichkeit vorzuziehen.

Von den ausgeführten Berechnungen von Mittelwerten und mittleren Fehlern sind diejenigen wiederholt worden, bei denen mit den und/oder wegen der um  $-0^{\text{s}},0185$  korrigierten Längenwerte für Astrolab-Beobachtungen von Oktober 1962 bis September 1966 andere Resultate erhalten werden. Speziell wurden erneut berechnet:

- für Astrolab-Beobachtungen
  - die Halbjahresmittel für das 2. Halbjahr 1962 bis zum 2. Halbjahr 1966,
  - die Vierteljahresmittel für das 4. Vierteljahr 1962 bis zum 3. Vierteljahr 1966 und
  - die Monatsmittel für Oktober 1962 bis September 1966,
- für Astrolab- und Passageinstrument-Beobachtungen die gleichen Mittel, jeweils einschließlich der mittleren Fehler.

In Abb. 1 bis 3 sind die verbesserten Periodenmittel zusätzlich eingetragen. Wie hieraus zu ersehen, stimmt der langzeitige Verlauf der Linienzüge für beide Instrumententypen zusammen besser mit ihnen überein.

Analog zu Tab. 10 und 11 sind in Tab. 14 und 15 die nach Angleichung der Längenwerte für Astrolab-Beobachtungen erhaltenen Endergebnisse aufgeführt. Zwischen den Gesamtmitteln der astronomischen Länge für Passageinstrument- und Astrolab-Beobachtungen besteht eine Differenz von 11,4 ms, wohingegen die ursprüngliche nur 6,7 ms beträgt. Das heißt also, daß sich der Unterschied um 4,7 ms vergrößert hat. Die mittleren Fehler innerhalb der Perioden der Tab. 14 haben sich aber entweder gar nicht oder bloß unbedeutend gegenüber denen der Tab. 10 geändert. In Anbetracht dieser Umstände hat man von der bereits oben gezogenen Folgerung überzeugt zu sein, daß die Unterschiede zwischen den  $\lambda_{\text{BIH}1968}^{\text{Pt}}$  systematischer Natur sind. Ferner müßten die Längenwerte für Astrolab-Beobachtungen immer noch relativ größere veränderlich-systematische Anteile als die für Passageinstrument-Beobachtungen enthalten, weil ihre  $\bar{m}_0$ -Werte genauso wie vorher mit wachsender Periodenlänge stärker ansteigen. Bei den mittleren Fehlern zwischen den Perioden tritt nach Angleichung der Astrolab-Längenwerte eine deutliche Verbesserung ein. Waren die mittleren Fehler  $m$  der gemeinsamen Bearbeitung der Längenwerte ursprünglich mit einer Ausnahme größer als diejenigen der getrennten Bearbeitung nach Astrolab- und Passageinstrument-Beobachtungen und bei letzteren die für Astrolab-Beobachtungen die größeren (Tab. 11), so liegen die der gemeinsamen Be-

arbeitung nun mit derselben Ausnahme zwischen denen der getrennten Bearbeitung, und die für Astrolab-Beobachtungen sind kleiner als die für Passageinstrument-Beobachtungen (Tab. 15). Für Astrolab-Beobachtungen übersteigt der  $m$ -Wert zwischen den Vierteljahren nicht mehr den zwischen den Halbjahren. Dies spricht dafür, daß in bezug auf den Anstieg der  $m$ -Werte mit der Periodenlänge diese zwischen den Halbjahren bei den oberen Grenzen liegen.

Der erneut angewandte  $F$ -Test lieferte dieselben Ergebnisse; das bedeutet, daß die Längenwerte für Astrolab-Beobachtungen noch weitere systematische Veränderungen enthalten. Tab. 16 weist die mittleren Fehler der systematischen Variationsanteile nach Angleichung der Astrolab-Längenwerte aus. Im Vergleich mit Tab. 12 haben sich die  $m_Y$ -Werte für Astrolab-Beobachtungen verringert, und zwar so, daß sie nun kleiner als die für Passageinstrument-Beobachtungen sind.

Tab. 14. Mittlere Fehler innerhalb der Perioden nach Angleichung der Astrolab-Längenwerte

Instr.-Typ	N	Halbjahre			Innerhalb der Vierteljahre			Monate		
		$\bar{m}_0$	$m_{0\bar{\lambda}}$	k	$\bar{m}_0$	$m_{0\bar{\lambda}}$	k	$\bar{m}_0$	$m_{0\bar{\lambda}}$	k
A + P	5459	$\pm 209$	$\pm 3$	31	$\pm 204$	$\pm 3$	62	$\pm 201$	$\pm 3$	185
A	2744	157	3	31	141	3	61	133	2	180
P	2715	226	4	31	220	4	62	214	4	174

Der Vollständigkeit halber sind die Ergebnisse für Passageinstrument-Beobachtungen gemäß Tab. 10 mit angegeben.

Einheit:  $0,0001^S$

Tab. 15. Mittlere Fehler zwischen den Perioden nach Angleichung der Astrolab-Längenwerte

Instr.-Typ	Halbjahren		Zwischen den Vierteljahren		Monaten	
	m	$m_{\bar{\lambda}}$	m	$m_{\bar{\lambda}}$	m	$m_{\bar{\lambda}}$
A + P	$\pm 768$	$\pm 10$	$\pm 704$	$\pm 10$	$\pm 479$	$\pm 6$
A	642	12	654	12	434	8
P	833	16	693	13	491	9

Der Vollständigkeit halber sind die Ergebnisse für Passageinstrument-Beobachtungen gemäß Tab. 11 mit angegeben.

Einheit:  $0,0001^S$

Tab. 16. Mittlere Fehler der veränderlich-systematischen  
Anteile nach Angleichung der Astrolab-Längenwerte

Instr.-Typ	$m_Y^H$	$m_Y^V$	$m_Y^M$
A + P	+56	72	80
A	66	95	106
P	86	100	112

Der Vollständigkeit halber sind die Ergebnisse für Passageinstrument-  
Beobachtungen gemäß Tab. 12 mit angegeben.

Einheit  $0^s,0001$

### 7.3. Untersuchungen auf Veränderung mit Jahres- und Halbjahresperiode

Die Untersuchungen des Längenmaterials haben ergeben, daß sich die Längenwerte nachweislich mit der Zeit ändern. Es interessiert, ob rein periodische Variationen existieren. Dies läßt sich sehr einfach nach dem Synchronisationsverfahren untersuchen. Hierbei werden jeweils alle Werte, die genau den Zeitabstand einer Periodenlänge haben, im arithmetischen Mittel zusammengefaßt. Naheliegend war, die Monatsmittel der astronomischen Länge dem Synchronisationsverfahren zu unterwerfen, um eine evtl. vorhandene Jahres- und Halbjahresperiode zu erkennen.

In Abb. 4 sind die mittleren Monatsmittel  $\bar{\lambda}_{BIH1968}^{Pt,M}$  graphisch dargestellt. Es zeigt sich deutlich, daß eine Jahresperiode in den Längenwerten für Astrolab-Beobachtungen auftritt, deren Amplitude etwa 7 ms beträgt. Dagegen läßt der Verlauf der mittleren Monatsmittel für Passageinstrument-Beobachtungen keinen periodischen Vorgang ausmachen. Demnach ist die jahresperiodische Erscheinung gemeinsam für Astrolab- und Passageinstrument-Beobachtungen nur auf die Jahresperiode für Astrolab-Beobachtungen zurückzuführen.

Da nicht ausgeschlossen ist, daß in den Längenwerten für Passageinstrument-Beobachtungen eine Jahresperiode wegen Inhomogenität des Datenmaterials durch die Vielzahl der Registriersysteme nicht gefunden wurde, wurden die gleichen Untersuchungen für ausgewählte Registriersysteme angestellt, und zwar für die Passageinstrument-Registriersysteme 23 und 37 sowie für das Astrolab-Registriersystem 54. Abb. 5 zeigt die erhaltenen Resultate. Man kann sehen, daß die Linienzüge für IB = 23 und 37 nicht analog verlaufen und auch keine Periode erkennen lassen. Für IB = 54 hingegen ist die Jahresperiode vorhanden. Ihre Amplitude läßt sich zu 9 ms abschätzen. Also haben die Längenwerte für Astrolab-Beobachtungen eine Schwankung mit Jahresperiode, während eine solche in den Längenwerten für Passageinstrument-Beobachtungen nicht festgestellt werden konnte.

Vergleicht man den Linienzug der mittleren Monatsmittel für Astrolab-Beobachtungen der Abb. 4 (bzw. für IB = 54 der Abb. 5) mit der Kurve der mittleren Temperatur aus B.7, so erkennt man einen deutlichen Zusammenhang zwischen diesen, nämlich, daß mit

steigender Temperatur die astronomische Länge größer wird und umgekehrt. Deshalb lohnt es sich, hierzu noch detaillierte Untersuchungen vorzunehmen.

Durch lineare Ausgleichung wurde für den jahresperiodischen Verlauf der mittleren Monatsmittel für Astrolab-Beobachtungen

$$\begin{aligned} & -6,6 \text{ ms } \cos (t + 0,8^\circ) , \\ & \pm 0,7 \text{ ms} \quad \quad \pm 6,1^\circ \end{aligned}$$

und speziell für das Registriersystem 54

$$\begin{aligned} & -9,1 \text{ ms } \cos (t + 8,8^\circ) , \\ & \pm 0,9 \text{ ms} \quad \quad \pm 5,9^\circ \end{aligned}$$

mit  $t$  = Jahresbruchteil in Grad erhalten. In Abb. 4 bzw. 5 sind auch diese Ausgleichsfunktionen dargestellt.

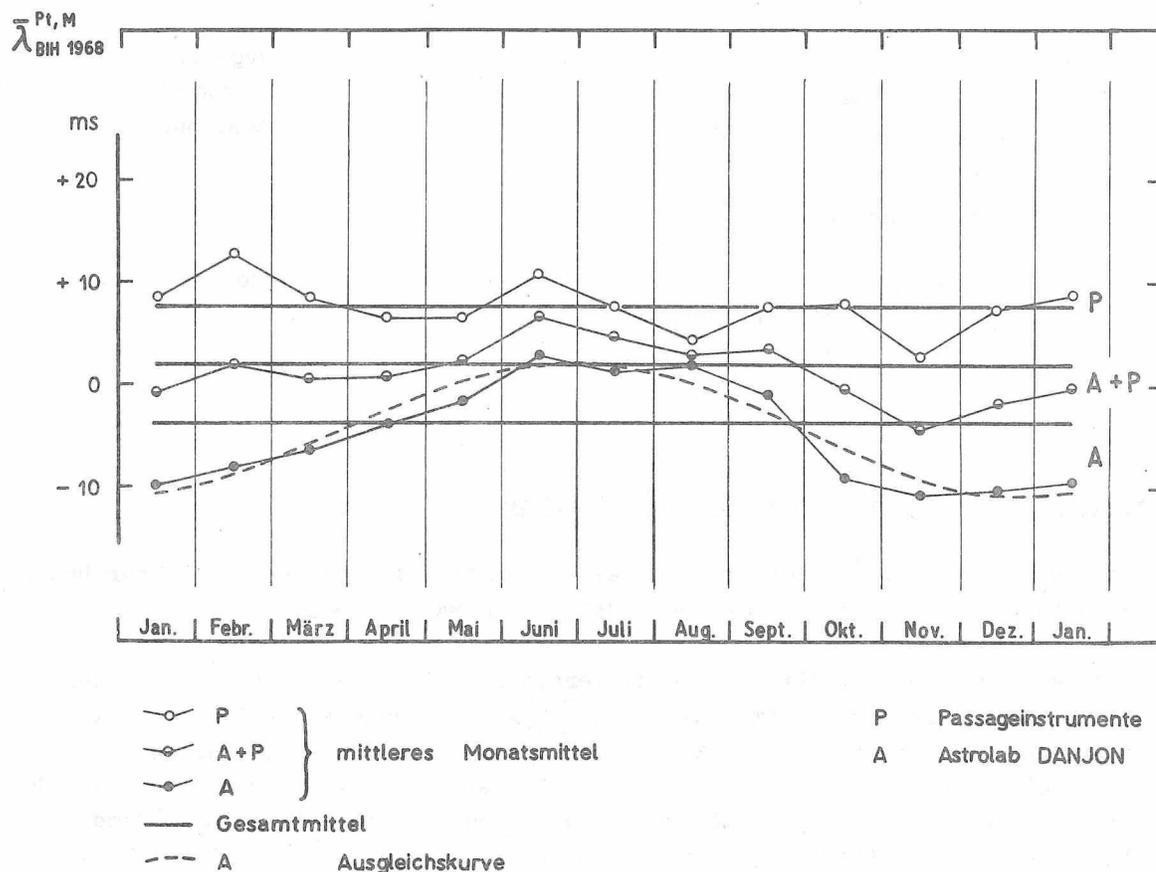


Abb. 4. Verlauf der mittleren Monatsmittel der astronomischen Länge von Potsdam (nach Instrumententypen)

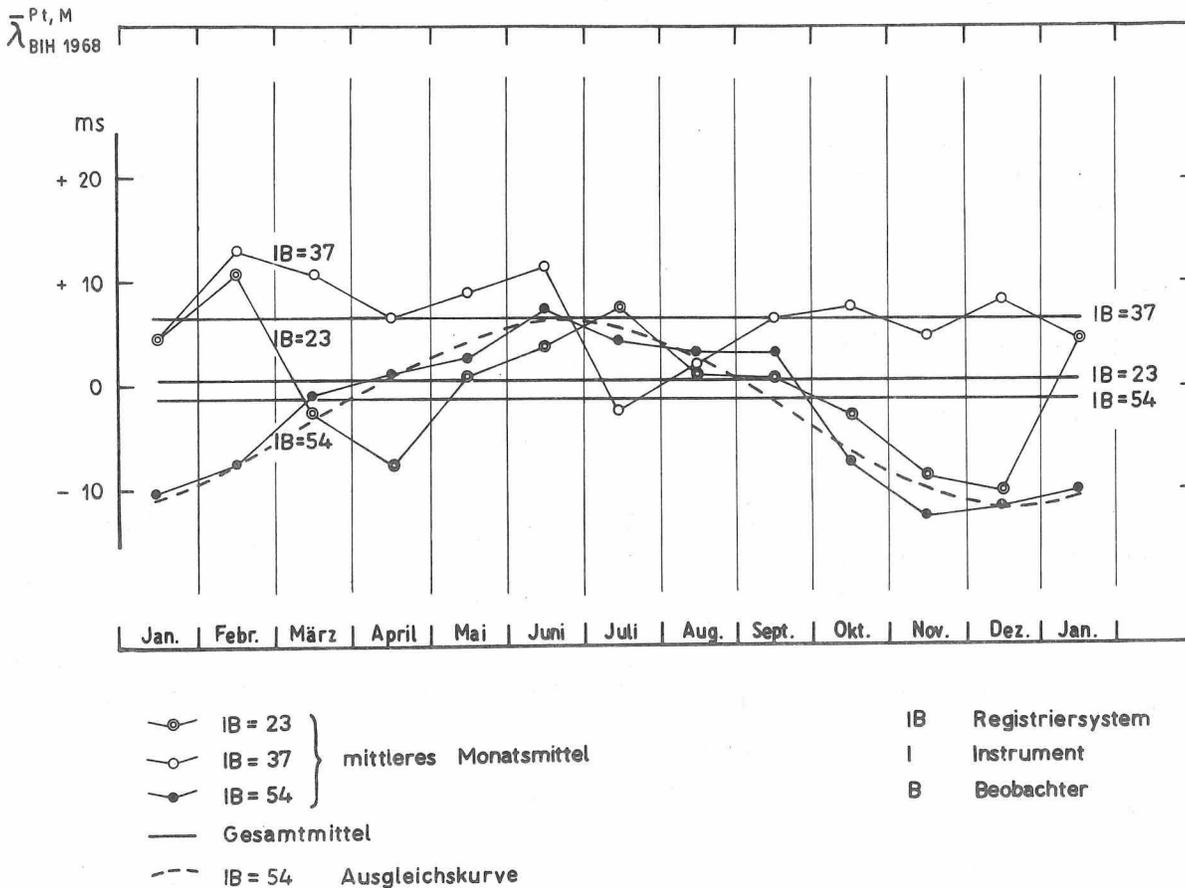


Abb. 5. Verlauf der mittleren Monatsmittel der astronomischen Länge von Potsdam für ausgewählte Registriersysteme

#### 7.4. Untersuchungen auf systematische Verschiedenheit

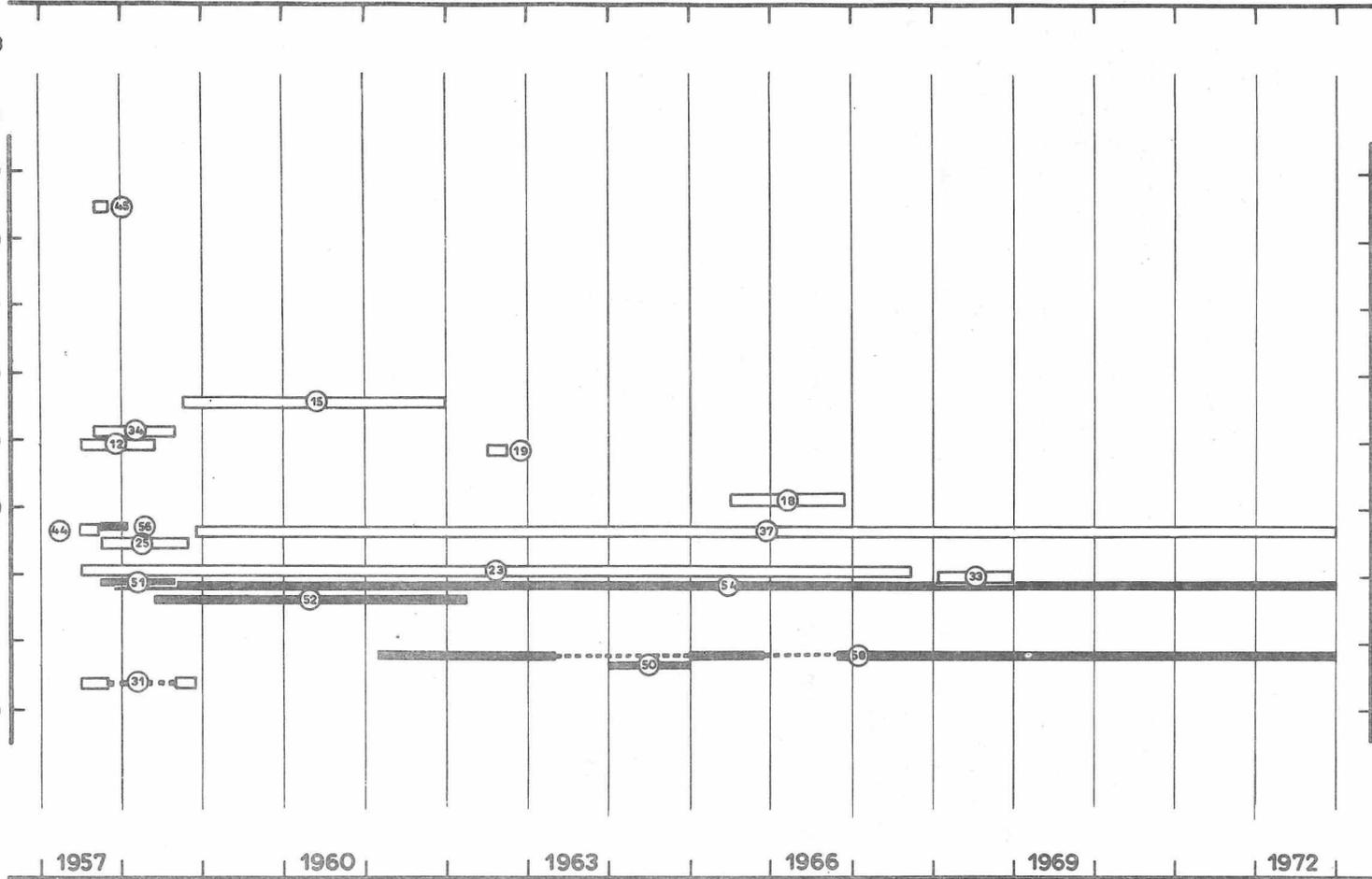
Eine andere Möglichkeit zur Beurteilung des Längenmaterials besteht in seiner Untersuchung nach Registriersystemen, wovon auch Gebrauch gemacht wurde.

Abb. 6 veranschaulicht die für die Registriersysteme IB aus den Einzelwerten der astronomischen Länge erhaltenen Mittelwerte  $\bar{\lambda}_{\text{BIH 1968}}^{\text{Pt, IB}}$  mit Angabe der Beobachtungszeiträume. Hieraus ist ersichtlich, daß die Variationsbreite nicht unerheblich ist. Sie beträgt  $0^{\text{s}}0708$  und bei Außerachtlassung des Wertes für IB = 45 wegen nur  $N = 10$  noch  $0^{\text{s}}0418$ . Von den Resultaten stimmen aber diejenigen für die Registriersysteme 23, 37 und 54 mit der größten Anzahl Einzelwerte (s. Tab. 1) recht gut überein. Als Differenzen zwischen ihnen sind vorhanden: 6,0 ms (IB = 23 und 37), 1,9 ms (IB = 23 und 54) und 7,9 ms (IB = 37 und 54). Es weichen die Mittelwerte für denselben Beobachter B = 2, 4 und 8 mit verschiedenem Instrumententyp im gleichen Sinne in der Größe von 22,8 ms bis 29,5 ms voneinander ab, nur für B = 1 entgegengesetzt um 14,9 ms, und die für verschiedene Beobachter mit demselben Instrument differieren ganz unterschied-

Pt, 18  
 $\lambda$  DIN 1969

ms

+60  
 +50  
 +40  
 +30  
 +20  
 +10  
 0  
 -10  
 -20



- |   |                  |         |                       |
|---|------------------|---------|-----------------------|
| ⊙   | Registriersystem | I 1...4 | Passageinstrument (P) |
| ⊖   | für A            | I 5     | Astrolab DANJON (A)   |
| ⊕   | für P            | B       | Beobachter            |
| } Registriersystemmittel mit Beobachtungszeitraum |                  |         |                       |

Abb. 6. Mittelwerte der astronomischen Länge von Potsdam nach Registriersystemen

lich, maximal um 48,0 ms bzw. 37,4 ms ohne  $I = 4$ . Indem man die mittleren Fehler  $m_{0\lambda}$  der Mittelwerte  $\lambda_{BIH1968}^{Pt,IB}$  in Betracht zieht, muß man einschätzen, daß die vorhandenen Differenzen nicht zufallsbedingt sein können.

Um zu prüfen, ob statistisch gesicherte Verschiedenheit besteht, ist wie bei den ausgeführten Untersuchungen der Längenwerte auf zeitliche Änderung der F-Test anzuwenden. Für diesen Zweck wurden die in Tab. 17 enthaltenen mittleren Fehler innerhalb der Registriersysteme und zwischen ihnen gemeinsam und getrennt für beide Instrumententypen analog den mittleren Fehlern innerhalb der Perioden und zwischen ihnen berechnet. Die Gesamtmittel der astronomischen Länge aus Registriersystemmitteln, zu denen die mittleren Fehler  $m_{0\bar{\lambda}}$  und  $m_{\bar{\lambda}}$  der Tab. 17 gehören, entsprechen denen aus Periodenmitteln. Die mittleren Fehler  $m_{0\bar{\lambda}}$  und  $\bar{m}_0$  der Tab. 14 und 17 liegen in der gleichen Größenordnung, während die  $m_{\bar{\lambda}}$  und  $m$  der Tab. 15 nur etwa halb so groß wie die der Tab. 17 sind. Die empirischen Varianzen  $\bar{m}_0^2$  und  $m^2$  weichen nach dem F-Test signifikant voneinander ab. Damit ist nachgewiesen, daß sich mindestens zwei der Registriersystemmittel jeweils statistisch gesichert unterscheiden, also eine Abhängigkeit vom Registriersystem vorhanden ist.

Tab. 17. Mittlere Fehler innerhalb der Registriersysteme  
und zwischen ihnen  
(nach Angleichung der Astrolab-Längenwerte)

Instr.-Typ	Innerhalb IB			Zwischen IB	
	$\bar{m}_0$	$m_{0\bar{\lambda}}$	k	m	$m_{\bar{\lambda}}$
A + P	$\pm 196$	$\pm 3$	18	$\pm 1664$	$\pm 22$
A	165	3	6	976	19
P	222	4	12	1491	29

Einheit: 0,0001

## 8. Schlußbemerkungen

Bekanntlich benötigt man um so längere Beobachtungsreihen, je kleiner die darin enthaltenen, zu erforschenden Effekte sind. Dabei werden an das Datenmaterial höchste Ansprüche auf Homogenität gestellt. Hinzu kommt noch, daß es von systematischen Fehlereinflüssen frei sein muß. Erst dann kann man mit Aussicht auf Erfolg darangehen, schwache Signale von relativ großen zufälligen und pseudozufälligen Fehlern zu separieren. Als effektiv haben sich hierfür die Verfahren der Korrelations- und Spektralanalyse erwiesen.

Lange geodätisch-astronomische Beobachtungsreihen enthalten Informationen, die durch die anderen Geo- und Kosmoswissenschaften nicht geliefert werden können. Diese betreffen die Dynamik und den Aufbau der Erde. Deshalb kommt ihnen große Bedeutung zu, und es ist schon der Mühe wert, die geodätisch-astronomischen Beobachtungsreihen daraufhin zu untersuchen.

Für das geodätisch-astronomische Observatorium Potsdam sind die astronomischen Zeitbestimmungen des Zeitraumes 1957.5 bis 1973.0 als Längenbestimmungen im homogenen System BIH 1968 ausgewertet worden. Anschließend wurden erste Untersuchungen der erhaltenen Längenwerte durchgeführt. Sie ergaben, daß die Längenwerte noch mit systematischen Fehlereinflüssen behaftet sind. Die bei den Längenwerten für Astrolab-Beobachtungen aufgedeckte systematische Abweichung wurde bereits beseitigt. Unter Berücksichtigung der anderen systematischen unterschiedlichen Anteile sollen die Längenwerte nunmehr für Untersuchungen zur globalen und planetaren Dynamik der Erde verwendet werden. Da die Datenreihe relativ lang und dicht ist, wird auf diese Weise ein wertvoller Beitrag geleistet werden können.

## 9. Rückblick

In Erweiterung der Aufgabenstellung können astronomische Zeitbestimmungen als Längenbestimmungen ausgewertet werden. Für das geodätisch-astronomische Observatorium Potsdam wurde eine solche Auswertung im homogenen System BIH 1968 ausgeführt. Diese bezieht sich auf den Beobachtungszeitraum von 1957.5 bis 1973.0. Das Beobachtungsmaterial hierfür umfaßt 5459 Zeitbestimmungen, davon 2715 von 8 Beobachtern an 4 Passageinstrumenten und 2744 von 6 Beobachtern an einem Astrolab DANJON.

Die Restabweichungen zwischen einem abgeleiteten Universalzeitsystem  $UT_1$  und den beobachteten, wegen des Einflusses der Polbewegung korrigierten Universalzeiten  $UT_1^A$  sind einseitige Längenkorrekturen oder -fehler zur angenommenen Länge. Für das geodätisch-astronomische Observatorium Potsdam stehen sie in zwei Zeitsystemen, im eigenen und im sowjetischen System, zur Verfügung. Da das sowjetische Zeitsystem *Étalonne Vremja* ( $\dot{E}V$ ) aus den Zeitbestimmungsergebnissen von 16 bis 19 Observatorien abgeleitet und deswegen genauer als das Potsdamer Zeitsystem ist, waren die auf das System  $\dot{E}V$  bezogenen Restabweichungen  $U_* - U$  als Ausgangsdaten zu bevorzugen.

Um Längenkorrekturen im System BIH 1968 zu erhalten, mußten die Vorzeichen der ( $U_* - U$ )-Werte umgekehrt und dann für bestimmte Zeitabschnitte verschiedene Korrekturen daran angebracht werden. Die einzelnen Reduktionen betrafen durch

- die Differenz zwischen den definitiven Zeiten  $\dot{E}V$  und BIH zur Beobachtungsepoche und
- die Korrektur wegen Übergangs vom jeweiligen Zeitsystem BIH zum System BIH 1968 das  $UT_1$ -System und durch

- die Korrektur wegen Übergangs vom Fundamentalsystem FK3R zum FK4 ab 1962.0,
- die Korrektur wegen Änderung der jährlichen Aberrationskonstanten von  $20''47$  auf  $20''496$  ab 1968.0 und
- die Korrektur wegen Übergangs vom jeweiligen Polkoordinatensystem zum CIO-System die Universalzeiten  $UT_1^{A(=Pt)}$ . Außerdem wurde durch

- die Korrektur der physikalischen Zentrierung

der Verschiedenheit der Lotabweichungen auf den verschiedenen Beobachtungspfeilern des Observatoriums Rechnung getragen.

Die Längenwerte im System BIH 1968 ergaben sich jeweils als Summe aus konventionellem Längenwert plus Längenkorrektur im System BIH 1968. Diejenigen für die Zeit vor September 1962 wurden um  $+0''005$  korrigiert, um einen technisch bedingten, in den ( $U_* - U$ )-Werten enthaltenen Sprung auszugleichen.

Der Vergleich des im Rahmen der astronomisch-geodätischen Längenbestimmung Boro-wiec - Dresden - Potsdam aus dem Jahre 1966 abgeleiteten Längenwertes im System BIH 1968 mit dem hier aus den einzelnen Längenwerten des betreffenden Zeitabschnittes berechneten zeigt eine ausgezeichnete Übereinstimmung.

Weiter wurden die im System BIH 1968 stehenden Längenwerte gemeinsam und getrennt für Passageinstrument- und Astrolab-Beobachtungen untersucht:

- Für Untersuchungen auf Genauigkeit und systematische Veränderung hin wurden sie zu Periodenmitteln zusammengefaßt und empirische Varianzen und mittlere Fehler innerhalb der Perioden und zwischen ihnen berechnet. Dabei sind als Periodenlängen das Halbjahr, das Vierteljahr und der Monat gewählt worden. Es zeigte sich, daß die mittleren Fehler zwischen den Perioden bedeutend größer als die innerhalb der Perioden sind und damit zeitliche systematische Änderungen der Länge vorhanden sein müssen. Ferner dürften die Längenwerte für Astrolab-Beobachtungen größere Veränderungen haben, da ihre äußeren Genauigkeiten geringer als diejenigen für Passageinstrument-Beobachtungen sind. Wie mit dem F-Test nachgewiesen wurde, existieren ohne Ausnahme von Periode zu Periode sich ändernde systematische Anteile in den Längenwerten. Die mittleren Fehler dieser veränderlich-systematischen Anteile wurden abgeschätzt. - Zur Veranschaulichung des zeitlichen Verlaufs der astronomischen Länge dienten die verschiedenen graphisch dargestellten Periodenmittel. Daraus wurde ersichtlich, daß eine systematische Abweichung der Längenwerte für Astrolab-Beobachtungen von Oktober 1962 bis September 1966 aufgetreten ist. Nach Angleichung der Astrolab-Längenwerte wurden die davon betroffenen Mittelwerte und mittleren Fehler neu berechnet. Während sich die mittleren Fehler innerhalb der Perioden gegenüber den früheren kaum geändert haben, trat bei denen zwischen ihnen eine beträchtliche Verbesserung ein. Auf Grund der Ergebnisse des erneut angewandten F-Testes unterliegen die Längenwerte für Astrolab-Beobachtungen aber noch systematischen Veränderungen.
- Um eine evtl. vorhandene Jahres- und Halbjahresperiode festzustellen, wurde das Synchronisationsverfahren auf die Monatsmittel der astronomischen Länge angewandt. Es erwies sich, daß die Längenwerte für Astrolab-Beobachtungen eine Schwankung von Jahresperiode haben, wohingegen eine solche Erscheinung in den Längenwerten für Passageinstrument-Beobachtungen nicht gefunden werden konnte. Die für ausgewählte Registriersysteme angestellten gleichen Untersuchungen haben dieses Resultat bestätigt.
- Abschließend sind die Längenwerte nach Registriersystemen auf systematische Verschiedenheit untersucht worden. Hierzu wurden Registriersystemmittel und empirische Varianzen sowie mittlere Fehler innerhalb der Registriersysteme und zwischen ihnen berechnet. Der F-Test ergab, daß jeweils zwischen mindestens zwei Registriersystemmitteln statistisch gesicherte Verschiedenheit besteht.

Vorgesehen ist, die im System BIH 1968 stehenden Längenwerte unter Berücksichtigung der festgestellten systematischen Fehleranteile zu Untersuchungen auf dem Gebiet der globalen und planetaren Dynamik der Erde zu nutzen.

Literatur

- [1] ALBRECHT, TH.: Formeln und Hilfstafeln für geographische Ortsbestimmungen.  
Leipzig: W. Engelmann 1908
- [2] BÖHM, J.: Theorie der gesamten Fehler.  
Z. Vermess.-Wesen 92 (1967) 3, S. 81-92, und 4, S. 139-149
- [3] BUSCHMANN, E.: Zufällige und systematische Fehler in geodätisch-astronomischen  
Zeitbestimmungen.  
Arb. geod. Inst. Potsdam 25 (1969)
- [4] FEDOROV, E.P.; u.a.: Dviženie poljusa Zemli s 1890.0 po 1969.0 gg.  
Kiev: Naukova Dumka 1972
- [5] FRICKE, W.; KOPFF, A.; u.a.: Fourth Fundamental Catalogue (FK4).  
Veröff. astron. Rechen-Inst. Heidelberg, Karlsruhe 10 (1963)
- [6] GUINOT, B.: Rapport annuel pour 1967.  
Bureau International de l'Heure, Paris 1968
- [7] GUINOT, B.; FEISSEL, M.: Annual report for 1968.  
Bureau International de l'Heure, Paris 1969
- [8] GUINOT, B.; FEISSEL, M.; LACLARE, F.: Rapport annuel pour 1969.  
Bureau International de l'Heure, Paris 1970
- [9] GUINOT, B.; FEISSEL, M.; GRANVEAUD, M.: Annual report for 1970.  
Bureau International de l'Heure, Paris 1971
- [10] HÖPFNER, J.: Analyse der Beobachtungsergebnisse der astronomisch-geodätischen  
Längenbestimmung Borowiec - Dresden - Potsdam aus dem Jahre 1966.  
Veröff. Zentralinst. Physik d. Erde, Potsdam 11 (1971)
- [11] HÖPFNER, J.: Sternkoordinatenkorrekturen für den FK4 aus Beobachtungsmaterial  
am Astrolab Danjon.  
Veröff. Zentralinst. Physik d. Erde, Potsdam 32 (1975)
- [12] HÖPFNER, J.: Untersuchungen der im System BIH 1968 stehenden Längenwerte für das  
geodätisch-astronomische Observatorium Potsdam.  
Wiss. Z. Techn. Univ. Dresden 25 (1976) 4, S. 924-926
- [13] KIRSCHNER, H.: Der Einfluß verschiedener Instrumententypen - Astrolab Danjon und  
Passageinstrumente - auf die Genauigkeit des Potsdamer Zeitsystems 1958 - 1964.  
Arb. geod. Inst. Potsdam 16 (1967)
- [14] LEDERLE, T.: Das verbesserte System der astronomischen Konstanten.  
Wiss. Z. Techn. Univ. Dresden, Dresden 14 (1965) 3, S. 643-646
- [15] SCHAUB, W.: Vorlesungen über sphärische Astronomie.  
Leipzig: Akadem. Verlagsges. Geest & Portig 1950
- [16] SOMMER, M.: Gradienten der Lotabweichungen und ihr Einfluß auf die astronomischen  
Orts- und Richtungsbestimmungen.  
2. Internat. Symposium "Geodäsie und Physik der Erde", Mai 1973, Potsdam.  
Veröff. Zentralinst. Physik d. Erde, Potsdam 30 (1974), S. 503-505
- [17] TAUBENHEIM, J.: Zur Berücksichtigung der Autokorrelation bei statistischen Tests  
von Durchschnitten, Streuungen und überlagerten Stichtagen.  
Gerlands Beitr. Geophysik, Leipzig 83 (1974) 2/3, S. 121-128
- [18] VAN DER WAERDEN, B.L.: Mathematische Statistik.  
Berlin/Heidelberg/New York: Springer-Verlag 1965
- [19] ... Etalonnoe vremja v srednie momenty peredač radiosignalov.  
Vsesojuznyj naučno-issledovatel'skij institut fiziko-techničeskich i  
radiotechničeskich izmerenij, Moskva 1957 - 1972
- [20] ... Beobachtungsergebnisse im Internationalen Geophysikalischen Jahr 1957/1958.  
Arb. geod. Inst. Potsdam 1 (1964)

- [21] ... Astronomische Zeit- und Breitenbestimmungen, Empfangszeiten von Zeitsignalen, 1959/1960.  
Arb. geod. Inst. Potsdam 4 (1964)
- [22] ... Astronomische Zeit- und Breitenbestimmungen, Empfangszeiten von Zeitsignalen, 1961/1962.  
Arb. geod. Inst. Potsdam 10 (1965)
- [23] ... Astronomische Zeit- und Breitenbestimmungen, Empfangszeiten von Zeitsignalen.  
Bulletins der Abt. geod. Astronomie, Potsdam 1 (1962) bis 6 (1972)
- [24] ... Bulletin Horaire.  
Bureau International de l'Heure, Paris 1957 - 1967
- [25] ... Circulaire D 15 bis D 76.  
Bureau International de l'Heure
- [26] ... Individuelle Verbesserungen des FK3 nördlich von  $-30^{\circ}$  Deklination.  
Veröff. astron. Rechen-Inst. Heidelberg, Karlsruhe 6 (1957)
- [27] ... Individuelle Verbesserungen FK3R-FK3 für die Jahre 1960 bis 1962.  
Veröff. astron. Rechen-Inst. Heidelberg, Karlsruhe 8 (1960)
- [28] ... Definitive Corrections FK4-FK3 for the Fundamental Stars for the Year 1962.  
Mitt. astron. Rechen-Inst. Heidelberg, Serie B Nr. 5
- [29] ... Greenwich Time Report.  
Royal Greenwich Observatory, Time and Latitude Service, 1968 January - March

