

# Zum Aufbau eines einheitlichen Systems astronomisch beobachteter Längen

Autor(en): **Sigi, R.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Mensuration, photogrammétrie, génie rural**

Band (Jahr): **73-F (1975)**

Heft 3-4: **Prof. Dr. F. Kobold zum 70. Geburtstag**

PDF erstellt am: **06.08.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-227545>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern. Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Raum. DGK-Veröffentlichung; Reihe A, Heft 61, München 1969.

- [2] Heister, H., und Welsch, W.: Kritische Betrachtung verschiedener Methoden zur Kreisausgleichung bei Ingenieurvermessungen. Allg. Verm. Nachr. 80 (1973), S. 264.
- [3] Gotthardt, E.: Minimum von Funktionen vermittelnd ausgeglichener Unbekannter. ZfVerm. Wes. 99 (1974), S. 450.
- [4] Grün, A.: Ein praktisches Beispiel zur Minimierung von

Funktionen vermittelnd ausgeglichener Unbekannter. ZfVerm. Wes. 100 (1975), S. 77.

Adresse des Verfassers

o. Prof. Dr.-Ing. E. Gotthardt,  
Institut für Photogrammetrie und Kartographie,  
Technische Universität München, Arcisstrasse 21, 8 München

## Zum Aufbau eines einheitlichen Systems astronomisch beobachteter Längen<sup>1</sup>

R. Sigl, München

### Zusammenfassung

Der vorliegende Beitrag ist als Diskussionsgrundlage für die bei der Arbeitstagung der Permanenten IAG-Kommission für die Neuausgleichung der europäischen Hauptnetztriangulationen (RETrig) vom 1. bis 3. April 1974 in München angeregte «Überprüfung der astronomisch beobachteten Längen» gedacht. – Ausgehend von der in der Bundesrepublik Deutschland vorliegenden Situation werden Massnahmen für den Aufbau eines einheitlichen Längensystems und für die Aufbereitung vorhandener und künftiger Längenbeobachtungen empfohlen, die in modifizierter Form auch für den Bereich des RETrig anwendbar sein dürften.

### Summary

This contribution has been prepared for the discussion about the revision of the astronomically determined longitudes, recommended by the Permanent IAG Commission for the new adjustment of the European Triangulation (RETrig) on its working session in Munich, 1st–3rd April 1974. – Starting with the situation in the Federal Republic of Germany some proposals are given for the establishment of a uniform system of longitudes and for the treatment of existing and new observations, which can be used after some modifications also for the area of RETrig.

### 1. Zum Längensystem in der Bundesrepublik Deutschland

Im Jahre 1904 besorgte Th. Albrecht [1] die Ausgleichung des Zentraleuropäischen Längennetzes, in das insgesamt 176 in den Jahren 1863 bis 1903 telegraphisch bestimmte Längendifferenzen zwischen 79 Stationen einbezogen waren. Mit diesem Längennetz, das sich in West-Ost-Richtung von Brest bis Moskau, in Nord-Süd-Richtung von Oslo bis Rom erstreckte, war für Europa erstmals ein einheitliches System von Stationslängen hoher Genauigkeit geschaffen worden, das über Jahrzehnte hinweg allen wissenschaftlichen und praktischen Fragestellungen gerecht wurde.

Obleich nach Einführung der Radiozeitsignale Mitte der zwanziger Jahre und verstärkt auf Grund der Empfehlungen von 1954 der Internationalen Assoziation für Geodäsie (IAG) ab Mitte der fünfziger Jahre in einer Reihe von Ländern zahlreiche astronomische Längen auf Laplace- und Lotabweichungspunkten beobachtet wurden, kam es bis heute zu keiner Neubearbeitung eines einheitlichen Längensystems. Dies ist um so verwunderlicher, als auf die Notwendigkeit eines einheitlichen Systems von Längen, insbesondere für astro-geodätische Geoidbestimmungen und die Lagerung und Orientierung des Europäischen Triangulationsnetzes (RETrig) mehrfach hingewiesen wurde (vgl. z. B. [11]) und überdies theoretische Vorarbeiten vorliegen (vgl. z. B. [9]).

In diesem Zusammenhang ist auch die im Geophysikalischen Jahr 1957/58 ausgeführte Weltlängenbestimmung zu erwähnen, aus der seit 1960 für zahlreiche Zeitdienste astronomisch beobachtete Längen vorliegen. Diese Weltlängenbestimmung diente der Verbesserung der Zeitbestimmung, der Ableitung der Polbewegung, der Untersuchung der Ausbreitung von Radiozeitsignalen und anderes mehr. Als Resultate erbrachte sie unter anderem eine Liste sogenannter «konventioneller Längen» (vergleiche [17]), die durch einen Systemwechsel beim Bureau International de l'Heure (BIH) im Jahre 1968 Änderungen erfuhren (vergleiche [7]). – Dieses System «konventioneller Längen», das häufig – nicht ganz korrekt – als «Weltlängennetz» bezeichnet wird, ist für geodätische Aufgabenstellungen nicht unmittelbar geeignet.

Durch die Einführung transportabler Quarzuhren, den Empfang durch Zeitdienste kontrollierter Zeitsignale, die Verwendung auf Fundamentalkatalogen beruhender Sternörter und anderes mehr ist Ende der fünfziger Jahre bei astronomischen Längenbestimmungen auf Feldstationen eine spürbare Genauigkeitssteigerung eingetreten. – Bei den zur Elimination systematischer Fehler notwendigen «Eichmessungen» machte sich das Fehlen eines modernen übergeordneten und einheitlichen Längennetzes hoher Genauigkeit störend bemerkbar. – In der Bundesrepublik Deutschland wurde daher wie folgt verfahren: Von den insgesamt etwa fünfzig zum Beispiel auf Laplace-Punkten (vgl. z. B. [13], [14], [3]) beobachteten Längen wurde ein Teil über die Referenzstation München an Genf und so an das mit dem Albrechtschen Längennetz verbundene Längennetz der Schweiz angeschlossen<sup>2</sup> (vergleiche [4], [5], [12]). – Für die übrigen, überwiegend in Norddeutschland gelegenen

<sup>1</sup> Dieser Aufsatz wird eingereicht in: Lehrstuhl für Astronomische und Physikalische Geodäsie der TU München, Mitt. Nr. 125.

<sup>2</sup> Der damals geplante zusätzliche Anschluss an Potsdam konnte nicht verwirklicht werden.

Laplace-Punkte wurde an die «konventionellen Längen» der Zeitdienststationen in Hamburg und Neuchâtel angeschlossen (vergleiche [3], [10]).

Die Anschlussmessungen in Hamburg wurden meist auf Pfeilern in der Nähe des Meridiankreises durchgeführt, für den nur ein aktueller nomineller Längenwert des BIH bis 1962 existiert. – Der Anschluss 1964 wurde auf einem (nach Schrick ungünstigen) Pfeiler im PZR-Haus unter Verwendung der im sogenannten BIH-System 1962 gültigen konventionellen Länge des PZR ausgeführt.

Es ist daher kaum verwunderlich, dass bei der Ableitung der Länge für die Referenzstation München durch Anschluss an beide Systeme eine Differenz von der Grösse 0,4" auftrat. Diese mitunter als «Systemdifferenz» bezeichnete Abweichung muss natürlich nicht allein auf den Anschluss an zwei verschiedene Systeme zurückzuführen sein: Bei den 1973/74 vom Institut für Angewandte Geodäsie (II. Abteilung des Deutschen Geodätischen Forschungsinstitutes) ausgeführten Beobachtungen mit dem Zenital VUGTK (vergleiche [16]) traten Abweichungen in den Längendifferenzen gegenüber den Beobachtungen des Jahres 1964 (vergleiche [10]) auf. – Bei dieser Gelegenheit ist noch auf folgendes hinzuweisen: Wie schon erwähnt wurden die «konventionellen Längen» der Zeitdienste vom BIH auf Grund der laufend anfallenden Beobachtungen sowohl 1962 als auch 1968 geändert (vergleiche [17], [7]). Die jeweiligen Sätze dieser Längen werden meist kurz als «BIH-System 1962» beziehungsweise als BIH-System 1968 bezeichnet. – Durch die Einführung des BIH-Systems 1968 änderten sich die Längen von Hamburg und Neuchâtel um 0,44" beziehungsweise 0,24"³, wodurch die oben erwähnte, für die Referenzstation München abgeleitete «Systemdifferenz» nahezu beseitigt wird. Dies ist auch durch die vorläufigen Ergebnisse der Messungen mit dem Zirkumzenital bestätigt. – Natürlich ist dieser glückliche Zufall keine Lösung; es wird vielmehr deutlich, dass, wie schon erwähnt, die «konventionellen Längen der Zeitdienste» für den Aufbau geodätischer Längennetze, wie sie für die Orientierung und Lagerung von Hauptdreiecksnetzen und für astro-geodätische Geoidbestimmungen nötig sind, nicht unmittelbar geeignet sind.

Ohne auf Details einzugehen, soll kurz die Art der konventionellen Längen aufgezeigt werden. – In dem vom BIH für die Bestimmung der Polkoordinaten  $x$ ,  $y$  und der Grösse  $t = UT_1 - UTC$  benützten Ansatz (vergleiche [3])

$$\begin{aligned} x \cos L + y \sin L + z &= \varphi_i - \varphi_{0,i} \\ -x \tan \varphi + y \tan \varphi \cos L + t &= UTO_i - UTC, \end{aligned} \quad (1)$$

bedeuten

- $\varphi_i$  = beobachtete (instantane) Breite in  $P_i$ ,
- $\varphi_{0,i}$  = konventionelle Breite in  $P_i$ ,
- $UTO_i$  = in  $P_i$  beobachtete, mit der konventionellen Länge  $L_{0,i}$  berechnete Zeit UTO,
- $L_{0,i}$  = konventionelle Länge in  $P_i$ ,
- $z$  = zusätzliche Hilfsunbekannte,
- UTC = koordinierte Weltzeit für Zeitsignalsendungen.

³ H. Grosse hat in [6] irrtümlicherweise eine Änderung der Längendifferenz Hamburg–Neuchâtel von 2,08" angegeben.

Die für jede Station und das jeweilige Berechnungszeitintervall gebildeten Residuen

$$S_i = (UTO_i - UTC) - (-x \tan \varphi + y \tan \varphi \cos L + t),$$

die unter Verwendung der ausgeglichenen Grössen  $x$ ,  $y$  und  $t$  berechnet werden, und der Koeffizientensatz  $a'_i, b'_i, \dots, e'_i$  für die Darstellung der  $S_i$  in einer allgemeinen trigonometrischen Reihe in Abhängigkeit von der Zeit  $\theta$  gemäss

$$S_i = a'_i + b'_i \sin 2\pi\theta + c'_i \cos 2\pi\theta + d'_i \sin 4\pi\theta + e'_i \cos 4\pi\theta$$

zeigen den Unterschied zwischen den aktuellen (beobachteten) Längen und den konventionellen Längen. – Zudem sind die angesprochenen Längen im Sinne der in der Geodätischen Astronomie üblichen Verfahren (vgl. z. B. [15]) als «einseitig gegen Greenwich bestimmte Längen» anzusehen, die trotz der hohen inneren Genauigkeit infolge nicht eliminierter instrumenteller (und teilweise persönlicher) Fehler systematisch verfälscht sein können.

Zusammenfassend ist also festzustellen, dass in der Bundesrepublik Deutschland derzeit ein streng einheitliches System astronomisch beobachteter Längen nicht vorliegt.

Die anlässlich der RETrig-Arbeitssitzung vom 1. bis 3. April 1974 in München von L. Asplund erbetene Berichterstattung über den Stand der Längenbeobachtungen und die anschliessende Diskussion<sup>4</sup> zeigten, dass innerhalb der Teilnehmerstaaten zwar grösstenteils einheitlich beobachtete und bearbeitete Längen vorliegen, diese aber in ihrer Gesamtheit wegen teilweise unterschiedlicher Bezugsstationen für den Bereich des RETrig kein homogenes System bilden.

Damit ist auch offenkundig, dass die in der Bearbeitungsphase 2 des RETrig benützten Laplace-Azimute – in der Bundesrepublik Deutschland in üblicher Weise reduziert und als orientierte Richtungen in die Netzausgleichung eingeführt – keine einheitliche Orientierung vermitteln können. Es wäre daher zu überlegen, zunächst Laplacesche Azimute nur in Verbindung mit Längendifferenzen zu benützen, das heisst etwa Widerspruchsgleichungen der Form

$$\begin{aligned} w_1 \operatorname{cosec} \varphi_1 - w_2 \operatorname{cosec} \varphi_2 = \\ \{a_1 - A_1\} \operatorname{cosec} \varphi_1 - \{a_2 - A_2\} \operatorname{cosec} \varphi_2 - \\ \{(\lambda_2 - \lambda_1) - (L_2 - L_1)\} \end{aligned} \quad (2)$$

zu benützen, wobei ein etwaiger systematischer Fehler  $d\lambda$  der beiden Stationslängen  $\lambda_1$  und  $\lambda_2$  ohne Wirkung bleiben würde.

Um dieses Problem bis zur Bearbeitungsphase 3 des RETrig zu klären, wurde nicht nur die IAG-Spezialstudienengruppe 1.04 um Vorschläge gebeten, sondern darüber hinaus eine kleine Arbeitsgruppe gebildet. – Als Beitrag für die bei der IAG-Generalversammlung im August 1975 in Grenoble zu erwartende Diskussion hier einige

<sup>4</sup> Vgl. F. Kobold, Report on the Working Session of the Permanent IAG-Commission for the New Adjustment of the European Triangulation (Draft 1974).

## 2. Vorschläge zum Aufbau eines einheitlichen Längennetzes in der Bundesrepublik Deutschland beziehungsweise für den Bereich des RETrig

Den vorliegenden Beobachtungen und den dabei aufgetretenen Schwierigkeiten entsprechend, sind für die Bundesrepublik Deutschland folgende Massnahmen zu empfehlen:

1. *Längendifferenzen:* Alle bisher für Referenzstationen und Laplace- und Lotabweichungspunkte ausgeführten beziehungsweise noch auszuführenden Beobachtungen werden vorläufig nicht in Form von Stationslängen, sondern nur noch als Längendifferenzen ausgewiesen.<sup>5</sup>
2. *Ergänzungsmessungen:* Zwischen allen Referenzstationen und den zum Anschluss an das BIH-System benützten Observatorien werden Ergänzungsmessungen ausgeführt. Diese dienen einmal der Kontrolle der beobachteten Längendifferenzen und zum anderen der Feststellung etwaiger systematischer Abweichungen in den «konventionellen Längen» der Zeitdienste. – Nach Möglichkeit sollten dabei verschiedene Präzisionsinstrumente und -verfahren eingesetzt werden.<sup>6</sup>
3. *Einheitliches Längensystem:* Mit Hilfe dieser beobachteten – bei Überbestimmung ausgeglichenen – Längendifferenzen wird zunächst für die Referenz- und Anschlussstationen ein übergeordnetes homogenes Längensystem, möglicherweise bezogen auf das jeweils gültige BIH-System, gerechnet<sup>7</sup>, an das bei Bedarf auch alle Laplace- und Lotabweichungspunkte anzuschliessen sind. – Ergänzend zu diesen Vorschlägen, die weitgehend mit denen von *H. Dirk* (vergleiche [3]) übereinstimmen, erscheinen noch einige Empfehlungen für die praktische Durchführung erforderlich.
4. *Aufbereitung älterer Beobachtungen:* Für alle Anschlusspunkte (Zeitdienste), Referenzstationen, Laplace- und Lotabweichungspunkte sollten sorgfältige Stationsbeschreibungen mit allen zum Übergang auf die verwendeten Punktzentren notwendigen Daten erstellt und veröffentlicht werden. – Bei grösseren Entfernungen zwischen den verschiedenen Punktzentren sollten die Zentrierlängendifferenzen nicht aus der geodätischen Lagemessung, sondern aus astronomischen Beobachtungen hergeleitet werden.<sup>8</sup>

<sup>5</sup> Vgl. dazu auch Ziff. 5.

<sup>6</sup> Auch *H. Grosse* hatte dies (vgl. [6]) vorgeschlagen. – Seine Anregung, in diesem Zusammenhang auch die von *K.-W. Schrick* 1964 mit dem Ap 70 ausgeführten Beobachtungen einer erneuten «zwangsfreien» Auswertung zu unterziehen, bringt keine Lösung des Problems.

<sup>7</sup> Der bei der RETrig-Arbeitssitzung von 1974 vorgeschlagenen Bestimmung einer Systemdifferenz zwischen dem *Albrechtschen* Längennetz und dem BIH-System kommt dabei nur eine untergeordnete Bedeutung zu.

<sup>8</sup> Dass andernfalls weit über der Beobachtungsgenauigkeit liegende Fehler in den Zentrierungen möglich sind, hat sich bei den in Hamburg ausgeführten Beobachtungen gezeigt (vgl. [10], S. 27).

In die Zusammenstellung der Beobachtungen sollten die ursprünglichen, das heisst nicht zentrierten Ergebnisse mit Angaben über die verwendeten Zeitsignale und Sternkataloge, etwaige Korrekturen der Sternpositionen und die Art der für die Reduktion wegen Polschwankung benützten Polkoordinaten aufgenommen werden.

Der letztere Hinweis ist insbesondere für die in den Jahren von etwa 1955 bis 1967 ausgeführten Beobachtungen von Bedeutung: Der Bezugspol der vom «Rapid Latitude Service (RLS)» des BIH publizierten Koordinaten des Momentanpoles wurde mehrmals gewechselt. Das BIH-System 1968 wurde so erstellt, dass die mittlere Abweichung des BIH-Poles vom Conventional International Origin (CIO) für den Zeitraum 1964.0 bis 1967.0 gleich Null war; seither driften die beiden Systeme nur geringfügig auseinander. Letztlich sollten aber alle Längen nur auf den CIO bezogen werden.

5. *Neue Längenbestimmungen:* Die Auswertung sollte so transparent gehalten werden, dass der Einfluss der einzelnen Reduktionen auf das Endergebnis überschaubar bleibt. – Eine dieser Forderungen entsprechende und zudem universell, das heisst für die verschiedensten Methoden der Zeitbestimmung anwendbare Auswertung der Beobachtungen auf eine Station P ist die folgende (vgl. z. B. [15]): Ist  $\Delta U$  die aus der Zeitbestimmung gewonnene Uhrkorrektur, so lautet die zum Zeitpunkt U (Uhrzeit) der Signalaufnahmen gültige beobachtete Ortssternzeit

$$\Theta_P^{\text{beob.}} = U + \Delta U \quad (3)$$

Aus der Sendezeit des Signals (im System UTC<sub>Sender</sub>) erhält man eine genäherte Sternzeit Greenwich  $\Theta_0'$  und damit eine beobachtete Stationslänge gemäss

$$\lambda_P^{\text{beob.}} = \Theta_P^{\text{beob.}} - \Theta_0' \quad (4)$$

$\Theta_P^{\text{beob.}}$  bezieht sich auf den Momentanpol, ist also, um in das Zeitsystem UT1 zu gelangen, wegen Polschwankung um  $\Delta T_P$  zu verbessern. —  $\Theta_0'$  entspricht der Sendezeit UTC des benützten Senders, muss also verbessert werden um  $E = \text{UTC} - \text{UTC}_{\text{Sender}}$  (meist vernachlässigbar) und um  $\text{UT1} - \text{UTC}$ , um ins System UT1 zu gelangen; schliesslich muss die Laufzeit  $\Delta T_{LZ}$  des Signals berücksichtigt werden. Bildet man

$$\Theta_P = \Theta_P^{\text{beob.}} + \Delta T_P, \quad (5a)$$

$$\Theta_0 = \Theta_0' + E + (\text{UT1} - \text{UTC}) + \Delta T_{LZ}, \quad (5b)$$

so erhält man die «einseitig gegen Greenwich» bestimmte Stationslänge  $\lambda_P$  zu

$$\lambda_P = \Theta_P - \Theta_0' + \Delta T_P - E - (\text{UT1} - \text{UTC}) - \Delta T_{LZ} \quad (6)$$

In gleicher Weise sind die auf der Referenz- bzw. Anschlussstation  $P_0$  ausgeführten Beobachtungen auszuwerten ( $\lambda_{P_0}$ ). Die vollständig reduzierte und von systematischen Fehlereinflüssen weitgehend freie Längendifferenz  $\Delta \lambda_{P_0P}$  wird dann

$$\Delta \lambda_{P_0P} = \lambda_P - \lambda_{P_0} \quad (7)$$

Zur weitgehenden Elimination etwaiger Änderungen der «persönlichen und instrumentellen Gleichung» ist noch auf die *Beobachtungsanordnung* zu achten: Bei Laplace- und Lotabweichungspunkten wird es genügen, vor und nach den mehrmonatigen Feldarbeiten «Eichmessungen» auf einer Referenzstation  $P_0$  auszuführen ( $\lambda_{P_0}^{\text{vor}}$ ,  $\lambda_{P_0}^{\text{nach}}$ ), d. h.  $\lambda_{P_0}$  in (7) gemäss

$$\lambda_{P_0} = \frac{1}{2} (\lambda_{P_0}^{\text{vor}} + \lambda_{P_0}^{\text{nach}}) \quad (8)$$

einzuführen.

Dagegen sollten jedoch zwischen Referenzpunkten und Anschlussstationen echte «Einbeobachterlängendifferenzen», das heisst Beobachtungen im Rhythmus  $P_0, P, P_0$  usw., ausgeführt werden.

Abschliessend ist zu bemerken, dass durch eine sinngemässe Anwendung dieser Vorschläge – Längendifferenzen zu Referenz- und Weltlängenstationen benachbarter Länder – auch für grössere Räume, zum Beispiel für den Bereich des RETrig, ein einheitliches System astronomisch beobachteter Längen erstellt werden kann.

#### Literaturverzeichnis

- [1] *Albrecht, Th.*: Ausgleichung des Zentraleuropäischen Längennetzes, *Astron. Nachr.*, Kiel (1905), 167.
- [2] Bureau International de l'Heure, Annual Report for 1972, Paris 1973.
- [3] *Dirk, H.*: Zum Längensystem in der Bundesrepublik Deutschland, Bericht zur Vorlage bei der RETrig-Arbeits-sitzung vom 1.–3. April 1974 in München.
- [4] *Engi, P.*: Bestimmung von Längenunterschieden erster Ordnung mit drahtloser Uhrvergleichung in den Jahren 1924–1930, *Astron.-Geod. Arb. in der Schweiz* (1936), 21.
- [5] *Engi, P., Sigl, R., Wunderlin, H.*: Bestimmung der Längendifferenz Genf–München 1957, Veröff., Bayer. Komm. f. d. Intern. Erdm., *Astron.-Geod. Arb.*, München (1961), 21.
- [6] *Grosse, H.*: Astronomische Referenzstationen und ihre Beziehungen zum Weltlängennetz, *Z. Vermess.-Wes.*, 1 (1974), p. 15–18.
- [7] *Guinot, B., Feissel, M.*: Bureau International de l'Heure, Annual Report for 1968, Paris 1969.
- [8] *Guinot, B., Feissel, M., Granveaud, M.*: Bureau International de l'Heure, Annual Report for 1970, Paris 1971.
- [9] *Knorr, H.*: Zur Gewichtssetzung von astronomischen Längenbestimmungen für eine Längennetzgleichung. – Zur Ausgleichung von astronomischen Längennetzen unter besonderer Berücksichtigung von systematisch wirkenden Fehlern, zugleich eine Vorstudie zu künftigem Grossraum – Längennetzgleichungen, Veröff. Inst. f. Erdmessung, Bamberg (1952), 15.
- [10] *Schrick, K.-W.*: Astronomische Längenbestimmungen 1964 auf den Hauptdreieckspunkten Niederreifenberg, Onstmettingen und München mit Anschluss an Hamburg und Neuchâtel, Dt. Geod. Kommiss., Veröff. R. B. (1968), 144.
- [11] *Sigl, R.*: Die Arbeiten der Sektion III – Geodätische Astronomie, Berichte zur XII. Generalversammlung der IUGG, Assoz. f. Geodäsie, vom 26. 7. bis 6. 8. 1960 in Helsinki, *Z. Vermess.-Wes.* (1961), Sonderheft 10.
- [12] *Sigl, R.*: Die Längen einiger süddeutscher *Laplace-Punkte*, eine Zusammenstellung und kritische Betrachtung, Veröff. Bayer. Komm. f. d. Intern. Erdm., *Astron.-Geod. Arb.*, München (1961), 21.
- [13] *Sigl, R.*: III. Geodätische Astronomie, Deutscher Landesbericht der Sektion Geodäsie für die Jahre 1963–1967, München 1967.
- [14] *Sigl, R.*: III. Geodätische Astronomie, Deutscher Landesbericht über die in den Jahren 1967 bis 1970 ausgeführten Arbeiten, Dt. Geod. Kommiss., Veröff. R. B. (1971), 187.
- [15] *Sigl, R.*: Geodätische Astronomie, Herbert Wichmann Verlag, Karlsruhe 1975.
- [16] *Soltau, G.*: Vorläufiges Ergebnis der Längenbestimmungen mit dem Zirkumzenital VUGTK (Überprüfung des Längensystems der Bundesrepublik Deutschland in den Jahren 1973/74), Arbeitsbericht vom 7. 4. 1974.
- [17] *Stoyko, A. et N.*: Revision des Longitudes Conventionnelles, *Bull. Horaire du B. I. H.* (1961), 16 (Série 5), p. 361–367.

Adresse des Verfassers

o. Prof. Dr. Ing. Rudolf Sigl, Technische Universität München, Lehrstuhl für Astronomische und Physikalische Geodäsie, D-8 München, Arcisstrasse 21