

Über die Bestimmung der Zeitsignal- Verbesserung

Autor(en): **Lindinger Schärding, Eckart**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Zeitschrift für Vermessung, Kulturtechnik und
Photogrammetrie = Revue technique suisse des mensurations, du
génie rural et de la photogrammétrie**

Band (Jahr): **46 (1948)**

Heft 1

PDF erstellt am: **11.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-205575>

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.

gen, Stütz- und Futtermauern. Wo dies nicht der Fall ist, hat sich eine Praxis ausgebildet, die einer evtl. Korrektur bedarf.

Die Dimensionen der Marksteine sind auch noch mitbestimmend für die Qualität und Kostenhöhe einer Vermarkung. Art. 13, lit. h der eidg. Instruktion erklärt für das Instruktionsgebiet II und die wertvolleren Gebiete der Instruktion III als zulässig, Marksteine aus wetterbeständigem hartem Material, roh behauen, 60–70 cm lang mit einem Kopfquerschnitt von mindestens 12/12 cm. Diese Dimensionen werden in Ackerbaugebieten meist als zu klein angesehen für eine dauerhafte Vermarkung. Bern, Baselland, Zürich, Schaffhausen verwenden Steine mit den Maßen 65–70 cm Länge und einer Kopfgröße von 14/14 cm. Die Abgrenzung der Staatsstraßen wird mit größeren Steinen gekennzeichnet, mit Vorliebe wird eine rechteckige Kopffläche gewählt, vermutlich, daß die Längskante die Grenzrichtung gut angibt. Die Steine für Gemeindegrenzen haben in der Regel Dimensionen von 100/22/22 cm, evtl. eine Kopfgröße von 20/20 cm.

Mit diesen Ausführungen dürften einige nicht unwichtige Fragen der Praxis angeschnitten worden sein. Die eingangs erwähnte Fläche von über 100 000 ha neu zu vermarkender Güterzusammenlegungsgebiete verlangt eine weitere Abklärung. Die Vermarkung ist die Grenzfestlegung auf dem Felde und damit die Grundlage der Neuvermessung. Ich würde mit großem Interesse ein Echo zu meinem Artikel vernehmen.

Über die Bestimmung der Zeitsignal-Verbesserungen

von *Prof. Dr. Eckart Lindinger Schärding*
ehem. Sachbearbeiter: Astronomischer Zeitdienst
der Deutschen Seewarte

Unter absoluter Zeit soll die bestmögliche Näherung an den etwa von v. Brunn [1] gegebenen empirischen Zeitbegriff verstanden werden, der sich bekanntlich auf Theorien stützt, die nur in der klassischen Mechanik verankert sind. Diese absolute Zeit wird von den Zeitinstituten in mehreren Genauigkeitsstufen ermittelt, von denen die letzte Stufe durch die Anbringung der Signalverbesserungen an die Funkzeitzeichen erreicht wird. Im Folgenden werden theoretische Untersuchungen und zum Teil praktisch verwirklichte Vorschläge zur Bestimmung dieser Verbesserungen angegeben, welche somit zur Bestimmung der eingangs umschriebenen absoluten Zeit führen.

I.

Der vorwiegend wissenschaftlichen Grundhaltung des Zeitdienst-Personals entsprechend, wird eine Verbesserung des Zeitdienstes, losgelöst von allen Fragen der Praxis an sich ununterbrochen versucht. Indessen sind die Forderungen der Verbraucher von Zeitangaben jener wissenschaftlichen Entwicklung sprunghaft vorangeeilt, indem zuletzt

L. Rohde [2] von der Hochfrequenzphysik aus eine sehr vollkommene Lösung der Aufgabe als wünschenswert und zeitgemäß bezeichnet hat. Während auch früher eine möglichst standfreie, d. h. der absoluten Zeit entsprechende Ausstrahlung der Funkzeitzeichen angestrebt worden war, war eine Abweichung der Signale von der richtigen Zeit doch nicht so sehr von Belang, weil diese Abweichungen durch die Zeitzeichen Verbesserungen – allerdings erst nach zwei und mehr Monaten – wieder getilgt werden konnten. Die Rohdesche Forderung geht dagegen so weit, daß die Verbesserungen jeweils „in unmittelbarem Anschluß an das übermittelte Zeitzeichen durchgegeben werde“. Wenn es dabei dem Hochfrequenz-Physiker sowie dem Geophysiker nur auf eine genaue Ablängung des mittleren Tages, also auf die Schaffung des Zeitnormals zur Messung von Intervallen ankommt und dabei der Stand gegen die absolute Zeit nebensächlich erscheint, bedeutet eine absolute Angabe von Stand, Gang oder Acceleration, gleichgültig ob diese Größen gemeinsam oder getrennt benötigt werden (wie oben nur bezüglich des Ganges), für das Zeitinstitut eine Totallösung des Problems, weil ja diese Daten nur über absolute, astronomisch bestimmte Uhrstände hergeleitet werden können. Die Annahme, daß die absolute Zeit im Zeitinstitut quasi pro domo sowieso vorhanden sei, daß also Abweichungen der Signale nur durch veränderliche Relais – Leitungs-, Sender- und Ausbreitungsverzögerungen hervorgerufen werden, trifft leider nur selten zu. Es wird hier am Rande bemerkt, daß die aufgeführten Verzögerungen, den Rohdeschen Anregungen im Prinzip folgend, aus vor der Signalabgabe durchgegebenen Einzelzeichen bestimmt und berücksichtigt worden sind. Dieser Vorgang gewährleistet aber nur den Empfang des Signals zu einer Zeit, die das auslösende Institut momentan für die richtige Zeit hält; er ist vor allem dazu geeignet, den Gang des Zeitzeichens zu glätten, d. h., ihn von den zufälligen, außerhalb des Hauses liegenden, täglichen Verzögerungs-Schwankungen zu befreien.

Wenn im Folgenden ein Verfahren besprochen wird, welches zur wesentlichen Abkürzung der Wartezeit auf endgültige Signal-Verbesserungen führt, welches also den Rohdeschen Anregungen zwar nicht vollkommen, so doch sehr weit entgegen kommt, so muß doch hervorgehoben werden – was übrigens allen Fachgenossen bekannt ist –, daß alle Verbesserungsversuche dieser Art nur Umwege sind im Vergleich zu einer erfolgreichen Weiterentwicklung der astronomischen Beobachtungsmethoden und Unterlagen. Ich habe auch vor der Entwicklung des hier zur Darstellung kommenden Verfahrens Konstruktionen angegeben, die in jene Richtung weisen, doch konnte eine Verwirklichung dieser Absichten bisher nicht erreicht, bzw. immer wieder verhindert werden.

II.

Wenn man den Stand einer Quarzuhr oder des Mittels aus mehreren Quarzuhren (und nur um solche soll es sich im Folgenden handeln) lau-

fend aus Durchgangsbeobachtungen bestimmt, so ergeben sich, besonders, wenn verschiedene astronomische Beobachter angesetzt sind, tägliche Standsprünge bis zu 100 Millisekunden. Nun weiß man aber aus dem sonstigen Verhalten der Quarzuhren, daß derartige Standsprünge ganz unmöglich sind, daß sie vielmehr unter Einbeziehung aller Kontakt-, Registrier- und Ablesefehler durchschnittlich ± 2 Millisekunden betragen, woraus hervorgeht, daß der jeweils auftretende Streubetrag praktisch zur Gänze dem Komplex: Astronomische Zeitbestimmung zuzuschreiben ist. Da aber die astronomischen Durchgangsbeobachtungen das einzige Mittel zur Bestimmung des absoluten Standes (Ganges bzw. der Acceleration) der Uhren darstellen, kann die Standkurve nach der erwähnten Güte der Quarzuhren nur durch Zusammenfassung mehrerer zeitlich auseinander liegender Zeitbestimmungen und deren Ausgleichung ermittelt werden. Diese Kurve stellt dann den Verlauf des wahrscheinlichsten Standes der (mittleren) Quarzuhr gegen die absolute Zeit dar; auf sie müssen alle zur Verbesserungen kommenden (die eigenen wie die fremden) Zeitsignale nachträglich bezogen werden.

Faßt man die einzelnen astronomisch bestimmten Quarzührstände als Elemente einer streuenden Punktreihe auf, so besteht nach dem Vorhergehenden eine Ausgleichungs-Aufgabe mit dem Ziel, diese streuenden Punkte in eine stetige Kurve laufend überzuführen. Hierbei tritt zunächst die Frage auf, welche Kurvengattung dabei heraus kommen soll. Es hat W. Uhink [3] einen interessanten Beitrag geliefert, in dem er zeigen konnte, daß die Gangkurven der Quarzuhren des Geodätischen Institutes Potsdam, einer Theorie folgend, einen logarithmischen Verlauf im Sinne einer Acceleration nehmen. Bei den Quarzuhren der Deutschen Seewarte konnte dieses Gesetz nicht gefunden werden, ja es tritt hier der Fall auf, daß gerade die beste und verlässlichste der sechs Hauptquarzuhren seit Jahren retardiert, wie H. Dobberstein [4] schon berichtet hat. Wir wollen daher annehmen, daß die Standkurven zwar keine analytischen, aber doch einschließlich der zweiten Ableitungen stetige Kurven sein müssen. Während nun an der deutschen Seewarte die Standkurven aus analytischen Kurven (Parabel) Stücken aufgebaut worden sind, die dann durch eine Gewichtsbelegung in einander stetig übergeführt werden konnten, wird in Potsdam ein aus längerer Zeit bestimmtes und für längere Zeit konstant angenommenes Accelerationsglied an die einzelnen zur Ausgleichung kommenden Uhrstände angebracht, sodaß für die eigentliche Ausgleichung nur mehr Stand und Gang, also eine lineare Form anzusetzen ist. Dabei werden an der Deutschen Seewarte 60 Tage¹, in Potsdam 80 Tage¹ zusammen genommen, wobei die Parabelausgleichung am 15ten des Monats (sie reicht dann vom 15. des Vormonats bis zum 15. des folgenden), die Geraden-Ausgleichung alle 10 Tage erfolgt. In beiden Fällen gilt der Mittelpunkt des Ausgleichungs-Zeitraumes als der am besten bestimmte Punkt.

¹ Präziser ausgedrückt: Es werden die in ein Intervall von 60 bzw. 80 Tage fallenden, astronomisch bestimmten Uhrstände durch eine Ausgleichung in eine stetige Kurve übergeführt.

III.

Um die Genauigkeitsverhältnisse längs einer derartigen Kurve insbesondere bei verschiedener Länge des Ausgleichungszeitraumes kennen zu lernen, wollen wir untersuchen, welchen Verlauf die Gewichtsreziproken a) bei Geraden, b) bei Parabelausgleichungen nehmen. Hiezu soll die Annahme gelten, daß an $2n + 1$ aufeinanderfolgenden Tagen Zeitbestimmungen, allgemein Beobachtungswerte vorlägen, die nach Ansatz a) bzw. b) auszugleichen sind. Das Koordinatensystem soll so liegen, daß sowohl zur Epoche $t=0$ als auch vor und nachher je n bezüglich der Abszissen t symmetrisch liegende Beobachtungspunkte vorkommen.

Zu a)

Die Stände sind eine lineare Funktion von t :

$$(1) \quad f(t) = x + t_i y$$

wobei also x den Uhrstand

y den Gang der Uhr

$a_i = 1$, bzw. $b_i = t_i$ die Koeffizienten der Bestimmungsgleichung (1) bezeichnen.

Aus den $2n + 1$ Gleichungen (1) erhält man nach bekannten Regeln 2 Normalgleichungen und daraus die Gewichtsgleichungen (2):

$$(2) \quad \begin{aligned} [aa] [aa] + [ab] [a\beta] &= 1 & [aa] [a\beta] + [ab] [\beta\beta] &= 0 \\ [ab] [aa] + [bb] [a\beta] &= 0 \quad \text{bzw.} & [ab] [a\beta] + [bb] [\beta\beta] &= 1 \end{aligned}$$

daraus die Gewichtskoeffizienten:

$$(3) \quad [aa] = \frac{[bb]}{[aa][bb] - [ab]^2}; \quad [\beta\beta] = \frac{[aa]}{[aa][bb] - [ab]^2}$$

$$[a\beta] = - \frac{[ab]}{[aa][bb] - [ab]^2}$$

Die Normalgleichungskoeffizienten nehmen wegen der symmetrischen Anordnung der Beobachtungen zum Koordinaten Nullpunkt eine geschlossene Form an und zwar:

$$(4) \quad [aa] = 2n + 1; [ab] = 0; [bb] = 2 \sum_{t=1}^{t=n} t^2 = 2 \frac{n(n+1)(2n+1)}{6}$$

Aus (3) und (4) ergeben sich die Gewichtskoeffizienten zu:

$$(5) \quad [aa] = \frac{1}{[aa]} = \frac{1}{2n+1}; \quad [\beta\beta] = \frac{1}{[bb]} = \frac{3}{n(n+1)(2n+1)}$$

$$[a\beta] = 0$$

Das reziproke Gewicht $\frac{1}{p}$ der Funktion $f(t)$ lautet allgemein:

$$\frac{1}{p} = [aa] + 2t [a\beta] + t^2 [\beta\beta] \text{ bzw. wegen } [a\beta] = 0$$

$$(6) \quad \frac{1}{p} = [aa] + [\beta\beta] t^2$$

Mit Berücksichtigung von (5) erhält man schließlich:

$$(7) \quad \frac{1}{p} = \frac{n(n+1) + 3t^2}{n(n+1)(2n+1)}$$

Der Verlauf der Gewichtsfunktion $\sqrt{\frac{1}{p}}$ ist in Abb. 1 für verschiedene Ausgleichszeiträume $n = 5$ bis $n = 60$, bzw. für ein Intervall von 11 bis 121 Tage dargestellt. Das Minimum der Funktion liegt eindeutig an der Stelle $t = 0$.

Zu b)

Der Stand der Uhr zur Zeit t_i sei durch die Form:

$$(8) \quad f(t_i) = x + t_i y + t_i^2 z \quad \text{gegeben,}$$

wobei also zum Stand x und Gang y noch die Gangschwankung z tritt; die Koeffizienten der Gleichung (8) lauten somit:

$$a_i = 1, b_i = t_i, c_i = t_i^2.$$

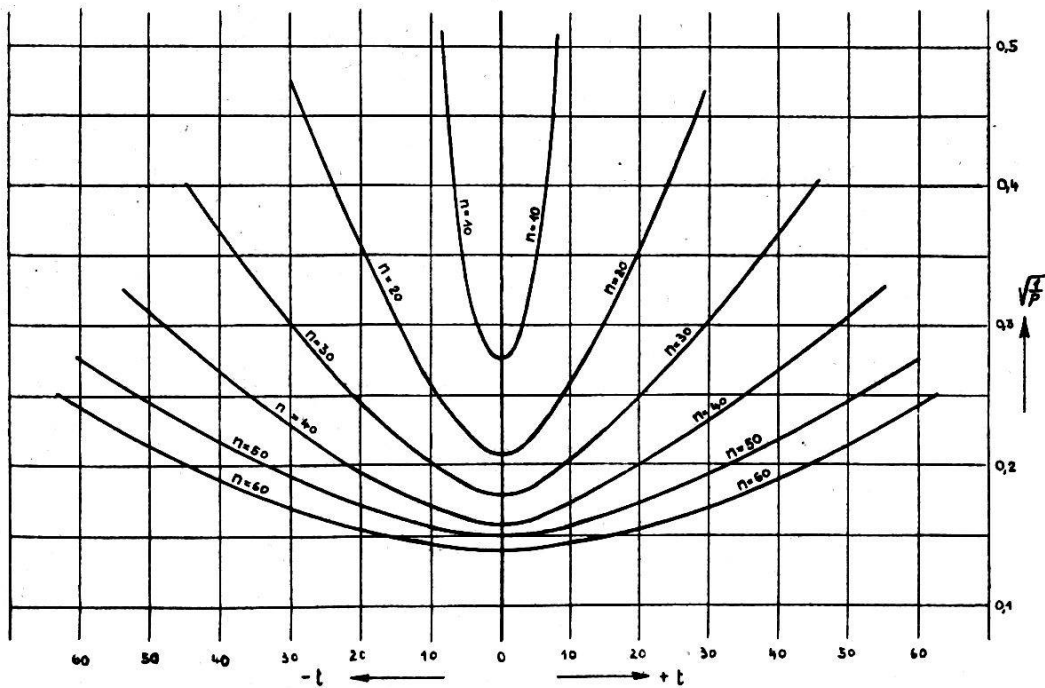


Abb.:1

Die Gewichtskoeffizienten für 3 Unbekannte finden sich (durch Auflösung mit Determinanten) z. B. in 5 zu:

$$(9) \quad \begin{aligned} [\alpha\alpha] &= \frac{[bb][cc] - [bc]^2}{\Delta} & [\alpha\beta] &= -\frac{[ab][cc] - [ac][bc]}{\Delta} \\ [\beta\beta] &= \frac{[cc][aa] - [ac]^2}{\Delta} & [\alpha\gamma] &= -\frac{[ac][bb] - [ab][bc]}{\Delta} \\ [\gamma\gamma] &= \frac{[aa][bb] - [ab]^2}{\Delta} & [\beta\gamma] &= -\frac{[bc][aa] - [ab][ac]}{\Delta} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta &= [aa][bb][cc] - [ac][bb][ac] \\ &\quad + [ab][bc][ac] - [aa][bc][bc] \\ &\quad + [ac][ab][bc] - [ab][ab][cc] \end{aligned}$$

Zu den Normalgleichungskoeffizienten (4) treten somit wegen $c_i = t_i^2$ noch die folgenden:

$$(10) \quad \begin{aligned} [ac] &= 2 \sum_{t=1}^{t=n} [t^2] = 2 \frac{n(n+1)(2n+1)}{6} \\ [bc] &= \sum_{t=-n}^{t=+n} [t^3] = 0 \\ [cc] &= 2 \sum_{t=1}^{t=n} [t^4] = 2 \left(\frac{n^5}{5} + \frac{n^4}{2} + \frac{n^3}{3} - \frac{n}{30} \right) \end{aligned}$$

Das reziproke Gewicht für eine Funktion von drei ausgeglichenen Größen von der Form (8) lautet:

$$\frac{1}{p} = [\alpha\alpha] + 2t[\alpha\beta] + t^2[\beta\beta] + 2t^3[\beta\gamma] + 2t^2[\alpha\gamma] + t^4[\gamma\gamma]$$

Wegen $[ab] = 0$ und $[bc] = 0$ verschwinden die Gewichtskoeffizienten nach (9), sodaß $\frac{1}{p}$ übergeht in:

$$(11) \quad \frac{1}{p} = [\alpha\alpha] + t^2[\beta\beta] + 2t^2[\alpha\gamma] + t^4[\gamma\gamma]$$

Gleichung (11) gestattet eine punktweise Berechnung der Kurve $\frac{1}{p}$

für verschiedene n und für laufende t ; indessen sollen noch einige charakteristische Funktionswerte festgelegt werden und zwar:

1. $\frac{1}{p_0}$ für $t = 0$
2. für welche t wird $\frac{1}{p}$ ein Extremum
3. für welche $t \neq 0$ wird $\frac{1}{p} = \frac{1}{p_0}$.

Zu 1.

Aus (11) erhalten wir für $t = 0$:

$$\frac{1}{p_0} = [aa] = \frac{[bb][cc]}{[aa][bb][cc] - [ac]^2[bb]} = \frac{[cc]}{[aa][cc] - [ac]^2}$$

Durch Einsetzen der Ausdrücke (5) und (10) wird nach längeren Umformungen:

$$(12) \quad \frac{1}{p_0} = \frac{9n^2 + 9n - 3}{8n^3 + 12n^2 - 2n - 3}$$

Zu 2.

$\frac{1}{p}$ nimmt ein Extremum an wenn:

$$\frac{\delta}{\delta t} \frac{1}{p} = 0 = 2[\beta\beta]t + 4t[\alpha\gamma] + 4t^3[\gamma\gamma] \quad \text{oder}$$

$$[\beta\beta] + 2[\alpha\gamma] + 2t^2[\gamma\gamma] = 0 \quad \text{und daraus}$$

$$t^2 = -\frac{2[\alpha\gamma] + [\beta\beta]}{2[\gamma\gamma]}$$

Durch Einsetzen der Ausdrücke nach (9), (5) und (10) erhält man schließlich:

$$(13) \quad t_{\min} = \pm \sqrt{\frac{2n(n+1)+1}{10}},$$

die Stellen, an denen $\frac{1}{p}$ ein Extremum wird. Die weitere Untersuchung ergibt, daß es sich um ein Minimum handelt, was aber auch aus Abb. 2 ohne weiteres ersichtlich ist.

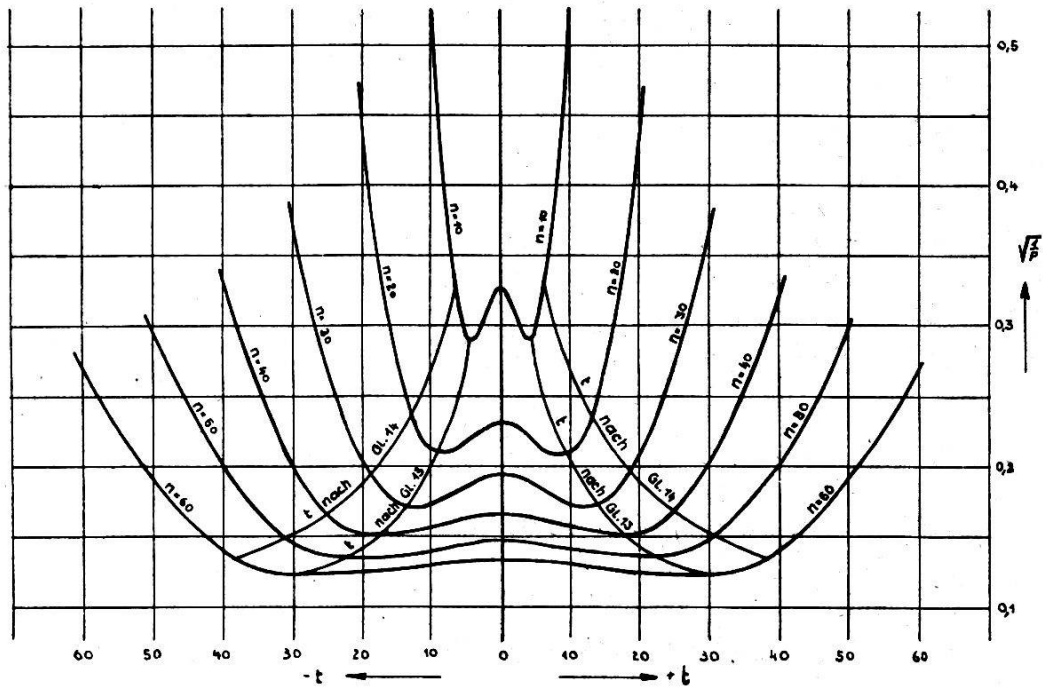


Abb.: 2.

Zu 3.

Schließlich sollen noch die Örter angegeben werden, an denen $\frac{1}{p} = \frac{1}{p_0}$ wird. Für $\frac{1}{p}$ bzw. $\frac{1}{p_0}$ die allgemeinen Ausdrücke angesetzt ergibt:

$$[aa] = [aa] + t^2 [\beta\beta] + 2t^2 [a\gamma] + t^4 [\gamma\gamma] \quad \text{oder}$$

$$t^2 = - \frac{[\beta\beta] + 2 [a\gamma]}{[\gamma\gamma]}$$

Ersetzt man hierin wieder die Gewichtskoeffizienten nach (9), (5) und (10), so erhält man:

$$(14) \quad t = \pm \sqrt{\frac{2n(n+1)+1}{5}} = t_{\min} \sqrt{2}$$

Durch Auswertung der Gleichungen (11), (12), (13) und (14) kann die Kurvenschar endgültig entworfen werden. Der Verlauf der hierin dargestellten Gewichtsreziproken für die Funktion (8) der ausgeglichenen x, y, z zeigt einen, für die laufende Standbestimmung von Quarzuhren aus astronomischen Zeitbestimmungen, höchst bemerkenswerten Verlauf, der im letzten Abschnitt noch eingehender diskutiert werden soll. (Schluß folgt.)

Literaturnachweis

- [1] v. Brunn: Der empirische Zeitbegriff; Ergebnisse der exakten Naturwissenschaften, Band 4?

- [2] L. Rohde: Normalfrequenz und Frequenzmessung; Fortschritte der Hochfrequenztechnik, Band 2, S. 242 ff., 1943.
- [3] W. Uhink: Veröffentlichungen des Geodätischen Instituts Potsdam, Verbesserung der Zeitsignale, 1944, Januar?
- [4] H. Dobberstein: Über die Gangleistungen zweier technischer Quarzuhren; Zeitschrift für Instrumentenkunde, 61. Jahrgang, 1941, Heft 6, S. 188 ff.
- [5] Jordan Eggert: Handbuch der Vermessungskunde, I. Band.

Die mit ? versehenen Hinweise erfolgten aus dem Gedächtnis; sie konnten mit den vorhandenen Mitteln nicht mehr überprüft werden.

Mitteilungen der eidg. Vermessungsdirektion

Communications de la Direction fédérale des mensurations cadastrales

Der Bundesrat hat in seiner Sitzung vom 12. Dezember 1947 die eidg. Kommission für Grundbuchgeometerprüfungen folgendermaßen neu bestellt für die Amtsdauer vom 1. Januar 1948 bis 31. Dezember 1950:

Dans sa séance du 12 décembre 1947, le Conseil fédéral a constitué la Commission fédérale des examens de géomètres ainsi qu'il suit, pour la période administrative allant du 1^{er} janvier 1948 au 31 décembre 1950:

Präsident: Baeschlin, F. C., Dr. ing. e. h., Professor an der eidg. technischen Hochschule, in Zollikon,
président: nischen Hochschule, in Zollikon,

Mitglieder: Aeby, P., Dr. en droit, professeur à l'Université de Fribourg,
membres: à Fribourg,
 Bertschmann, S., Professor an der ETH. und Stadtgeometer,
 in Zürich,
 Bühlmann, W., Stadtgeometer, in Bern,
 Früh, J., Grundbuchgeometer, in Münchwilen,
 Hegg, L., Dr., professeur à l'École polytechnique de l'Université de Lausanne et directeur du cadastre du canton de Vaud, à Pully,
 Kübler, P., Adjunkt des Kantonsgeometers, in Bern,
 Nicod, L., géomètre officiel, à Payerne,
 Solari, R., Direttore dell'Ufficio cantonale delle bonifiche fondiaria e del catasto, a Bellinzona,

Ersatz- Cavin, F., géomètre officiel, à Baulmes,
männer: Kunz, G., Grundbuchgeometer, in Ruswil,
suppléants: Strüby, R., Kantonsgeometer, in Solothurn.

Bern, den 18. Dezember 1947

Berne, le 18 décembre 1947

Eidgenössische Vermessungsdirektion
Direction cadastrale des mensurations cadastrales
