

## **Werk**

**Jahr:** 1928

**Kollektion:** fid.geo

**Signatur:** 8 GEOGR PHYS 203:4

**Werk Id:** PPN101433392X\_0004

**PURL:** [http://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?PID=PPN101433392X\\_0004](http://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?PID=PPN101433392X_0004) | LOG\_0036

## **Terms and Conditions**

The Goettingen State and University Library provides access to digitized documents strictly for noncommercial educational, research and private purposes and makes no warranty with regard to their use for other purposes. Some of our collections are protected by copyright. Publication and/or broadcast in any form (including electronic) requires prior written permission from the Goettingen State- and University Library.

Each copy of any part of this document must contain these Terms and Conditions. With the usage of the library's online system to access or download a digitized document you accept the Terms and Conditions.

Reproductions of material on the web site may not be made for or donated to other repositories, nor may be further reproduced without written permission from the Goettingen State- and University Library.

For reproduction requests and permissions, please contact us. If citing materials, please give proper attribution of the source.

## **Contact**

Niedersächsische Staats- und Universitätsbibliothek Göttingen  
Georg-August-Universität Göttingen  
Platz der Göttinger Sieben 1  
37073 Göttingen  
Germany  
Email: [gdz@sub.uni-goettingen.de](mailto:gdz@sub.uni-goettingen.de)

können hierdurch den tatsächlich vorliegenden Verhältnissen in einem sehr wesentlichen Punkte gerecht werden. Dies ist besonders für diejenigen geoelektrischen Verfahren von großer Wichtigkeit, bei denen von vornherein bei der Erzeugung des Stromfeldes kein Wert darauf gelegt wird, ein möglichst homogenes Feld zu erhalten. Ein ausgesprochenes Beispiel hierfür ist ein von N. Gella ausgearbeitetes Verfahren, bei dem die äußere Spannung an zwei punktförmige Elektroden angelegt wird, die einen Abstand von nur etwa 100 m voneinander besitzen\*). Hierher gehören weiterhin diejenigen Verfahren, bei denen zwei kreuzweise angeordnete punktförmige Elektrodenpaare zur Anwendung gelangen. Allen diesen bislang noch recht undurchsichtigen Verfahren kann mit Hilfe der Quellsenkmethode die für die Auswertung der Meßergebnisse erforderliche rechnerische Grundlage geschaffen werden.

Endlich ist es möglich, die bedeutsame Frage zu beantworten, bei welcher Elektrodenform und -anordnung die Indikationen eines Störungskörpers am ausgeprägtesten sind, ein Punkt, über den noch weitgehende Unklarheit herrscht. Es soll auch nicht unerwähnt bleiben, daß die Quellsenkmethode für die theoretische Behandlung der gravimetrischen und magnetischen Verfahren der angewandten Geophysik in ähnlicher Weise von Bedeutung sein kann, da es sich in diesen Gebieten ebenfalls um Potentialprobleme handelt\*\*). Auf alle diese Punkte werden wir in späteren Arbeiten noch zum Teil ausführlich zurückkommen.

Berlin, den 26. Mai 1928.

---

## Zum Uhrvergleich auf drahtlosem Wege nach der Koinzidenzhörmethode.

Von **H. Mahnkopf.**

Gegen die von Martin in Jahrg. 4, Heft 2 dieser Zeitschrift gegebene Methode werden Bedenken vorgebracht, und es wird die Genauigkeit der Registrierung von Funkzeit-signalen mit Hilfe des Chronographen untersucht.

Unter dieser Überschrift entwickelt Herr H. Martin in dieser Zeitschrift 4, 53 neue Methoden der Uhrvergleichung mit Hilfe von funktelegraphischen Koinzidenzsignalen. Der leitende Gedanke ist, die Schwierigkeiten, die der von Bäschlin\*\*\*) und Rune †) benutzten Methode anhaften, zu umgehen.

---

\*) R. Krahnmann: Die Anwendbarkeit der geophysikalischen Lagerstättenuntersuchungsverfahren, insbesondere der elektrischen und magnetischen Methoden. Halle a. S. 1926, S. 9.

\*\*\*) J. Koenigsberger: Über die Berechnung der Wirkungen von Einlagerungen auf natürliche und künstliche homogene Felder in der Erde. Gerl. Beiträge 18, 115—126 (1927).

\*\*\*) Astron. Nachr. 219, 269 (1923).

†) Ebenda 227, 29 (1926).

In der Praxis hat sich das von den beiden genannten Geodäten angewandte Verfahren durchaus bewährt, auch bei den vom Geodätischen Institut zu Potsdam ausgeführten Längenbestimmungen. Dagegen scheint mir das neue Verfahren Bedenken zu erregen.

Inwieweit man bei der Auswertung der Beobachtungen von Koinzidenzsignalen die Fehlertheorie anwenden will, ist zu einem guten Teile gewiß Geschmackssache; die Erfahrung hat aber schon oft gezeigt, daß die Einschränkung der Fehlerrechnung über ein gewisses Maß hinaus die Sicherheit der Ergebnisse herabdrückt. — Herr Martin bezeichnet das Intervall zwischen zwei Koinzidenzsignalen mit  $d = 0.977$  sec; dann ist  $\varepsilon = 1 - d = 0.023$  sec. Wie er selbst angibt, schwankt die Gesamtlänge des Nauener Koinzidenzsignals an den einzelnen Tagen um  $\pm 0.01$  sec. (Oft treten noch größere Schwankungen auf, übrigens auch bei den Signalen anderer Stationen; es ist technisch sehr schwierig, vielleicht undurchführbar, eine wesentlich größere Konstanz zu erreichen.) Nun ruft eine Schwankung der Signallänge um  $\pm 0.01$  sec in  $\varepsilon$  eine Schwankung von etwa  $\pm 0.000\,03$  sec hervor, in der Uhrkorrektion, wenn diese ebenso wie auf den S. 55 bis 57 berechnet wird, eine Schwankung von  $\pm 0.005$  sec. Mithin wird allein schon durch das Rechenverfahren (Annahme, daß  $\varepsilon$  den konstanten Wert  $0.023$  sec hat) in das Ergebnis eine Unsicherheit getragen, die ebenso groß, ja, größer ist als der aus der Unsicherheit der Beobachtungen folgende Fehler der Uhrkorrektion, der in den Beispielen zu  $\pm 0.005$  bzw.  $\pm 0.003$  sec angegeben wird. Die Größe  $\varepsilon$  ist ebenso wie die gesuchte Uhrkorrektion eine Unbekannte, die in dem Problem steckt und die aus den Beobachtungen bestimmt werden muß, wenn man richtige Fehlergrenzen für die Uhrkorrektion angeben will. Wir haben hier also ein typisches Problem der Ausgleichsrechnung vor uns, und ohne eine entsprechende Fehlerrechnung wird es schwerlich möglich sein, sichere Fehlergrenzen anzugeben.

Vor allem aber ist es bedenklich, daß bei der (ersten) vorgeschlagenen Methode die Uhrkorrektion ganz von zwei Koinzidenzmomenten, oft sogar von einer einzigen Koinzidenz abhängt. Wir betrachten das Beispiel vom 7. September (S. 56). Wenn der Beobachter nicht ganz sicher ist, ob er bei 4 Min. 38 sec schon ein kurzes Knacken gehört hat oder nicht (und jeder Beobachter, der Hännis Methode anwendet, weiß, daß solche Zweifelfälle oft eintreten), so bedeutet diese kleine Ungewißheit schon eine sehr merkliche Unsicherheit der Uhrkorrektion, denn für 4 Min. 38 sec würde sich nach Martin ergeben:  $q = 0.703$  sec,  $q' = 0.697 \pm 0.005$  sec, für 4 Min. 40 sec dagegen  $q = 0.749$  sec,  $q' = 0.708 \pm 0.005$  sec. Die angegebene Fehlergrenze von  $\pm 0.005$  sec würde dann also viel zu klein sein. Leider gibt es nun eine Reihe von Störungsquellen beim Funkempfang, gegen die man sich gerade beim Arbeiten im Gelände besonders schwer schützen kann und die es als gewagt erscheinen lassen, sich auf die einzelne Koinzidenz allzu sehr zu verlassen; genannt seien hier nur benachbarte Rundfunksender, Hochspannungsnetze, und vor allem luftelektrische Entladungen mit ihren knackenden Geräuschen, die teils die Signale

zudecken und damit zum Ausfall von Koinzidenzen führen, gelegentlich aber auch Signale direkt vortäuschen. Besonders in solchen Störungsfällen kann auf ein Ausgleichsverfahren, bei dem alle beobachteten Koinzidenzen bei der Berechnung der Uhrkorrektion in gleicher Weise mitsprechen, schwerlich verzichtet werden.

Wenn die Uhrkorrektion mit einem Fehler von  $\pm 0.005$  sec angegeben werden kann, so läßt sich der (tägliche) Uhrgang keineswegs mit der gleichen Genauigkeit bestimmen, wie dies auf S. 56 angegeben wird; der Fehler des Ganges ist größer als der Fehler der Uhrkorrektion, weil jeder tägliche Gang sich als Differenz zweier Uhrkorrekturen ergibt.

Hier sei noch auf eine störende Unstimmigkeit hingewiesen, die wohl nur als Äußerlichkeit zu werten ist, jedoch das Verständnis der Formeln erschwert und bei mechanischer Anwendung der Formeln durch Ungeübte zu einem falschen Werte für die Uhrkorrektion führen kann: die Formeln auf S. 54 sind nur dann richtig, wenn die erste Koinzidenz mit Nr. 0, die zweite Koinzidenz mit Nr. 1 usw. bezeichnet wird, was zwar in den Beispielen (S. 55 bis 57) geschehen ist, sonst aber nirgendwo erwähnt wird. Wenn, wie es sein muß, der  $m$ -ten Koinzidenz auch die Ordnungszahl  $m$  zugesprochen werden soll, muß in den Formeln auf S. 54 überall (ausgenommen dort, wo  $m$  Index ist)  $m$  durch  $m - 1$  ersetzt werden.

Ganz nebenbei sei noch bemerkt, daß man der Uhrkorrektion, hier mit  $q$  bzw.  $q'$  bezeichnet, sinngemäß und nach Übereinkunft sonst das entgegengesetzte Vorzeichen zu geben pflegt, entsprechend der Gleichung  $u + \Delta u = Z$  ( $u =$  Uhrangabe,  $\Delta u =$  Uhrkorrektion,  $Z =$  richtige Zeit). Früher oft begangene Vorzeichenfehler und daraus folgende unrichtige Schlüsse zwingen dazu, auf Einheitlichkeit zu dringen.

Eine größere Genauigkeit als die erste gibt zweifellos die zweite Methode. Wenn nur das Auftauchen der Signale beobachtet wird (erste Methode), und wenn die Koinzidenzen nur auf ganze Sekunden angegeben werden, liegen die Fehler sämtlich in der gleichen Richtung. Das entgegengesetzte Vorzeichen haben die Fehler, wenn man das Verschwinden der Signale beobachtet. Dadurch, daß bei der zweiten Methode nun sowohl das Auftauchen als auch das Verschwinden der Signale berücksichtigt wird, heben sich die systematischen Fehler zum größten Teile heraus. — Übrigens kann man die Benutzung des Relais auch umgehen, indem man den Uhrkontakt, das Telephon und die Sekundärspule des Telephontransformators in Serie schaltet. Der Uhrkontakt wird am besten so eingestellt, daß er nur während eines kleinen Bruchteils der Sekunde geschlossen ist; nur während dieser Zeit sind dann die Signale hörbar. In dieser Form habe ich das Verfahren schon vor Jahren erprobt. — Diese zweite Methode möchte man dann für ideal halten, wenn erstens beim Auftauchen und beim Verschwinden der Signale Bruchteile der Sekunde geschätzt würden (wie beim Verfahren Bäschlins), und wenn zweitens die Länge der Funksignale stets genau bekannt wäre. Darin steckt nach meinen Er-

fahrungen aber die Schwierigkeit. Die Länge der „Punkt“-Signale ist an den verschiedenen Tagen nicht konstant; sie ändert sich bei den Nauener Signalen, stärker noch bei den Signalen anderer Stationen. Man würde sie oft bestimmen müssen, streng genommen sogar bei jeder Signalaufnahme. Darunter würde aber die Beobachtung der Koinzidenzen leiden. Außerdem bergen die Methoden, die man bei der Bestimmung der Signallänge, der Schlußzeiten von Kontakten usw. anzuwenden pflegt, oft Fehlerquellen in sich; bei den Registriermethoden wird z. B. oft nicht berücksichtigt, daß die Reaktionszeit der elektromagnetischen Teile der Registriereinrichtungen für Stromschluß und Stromöffnung gewöhnlich verschieden ist, — Auf festen Stationen würden alle diese Schwierigkeiten sich wohl noch überwinden lassen; wenn aber eine besondere Apparatur zur Bestimmung der Signallänge und der Öffnungszeit des Relais mit ins Feld genommen werden müßte, so würde das nicht nur als Unbequemlichkeit empfunden werden, sondern auch die Einfachheit der Methode würde verloren gehen.

Gegen Schluß der Arbeit behandelt Herr Martin in einigen Sätzen die Vorzüge der Hörmethode gegenüber dem nicht photographischen Registrierverfahren. Ohne der späteren ausführlichen Veröffentlichung von fast abgeschlossenen Untersuchungen über die Genauigkeit von Funksignalaufnahmen vorgreifen zu wollen, möchte ich hier auf diese Fragen, die für viele Interessenten wichtig sind, doch etwas näher eingehen.

Die von Herrn Martin erwähnten, bisher angestellten Versuche mit dem Glimmlichtrelais\*) sind zur Beurteilung der Genauigkeit chronographischer Registrierung von Funkzeitsignalen nicht geeignet, da diese Versuche, wie in der zitierten Arbeit über das Glimmlichtrelais ausdrücklich betont wird, mit einer für solche Zwecke ungenügenden Registrierapparatur angestellt werden mußten.

In den monatlichen Berichten des Geodätischen Instituts zu Potsdam, die Herr Martin erwähnt, werden die Abgabezeiten des ersten und des letzten Strichsignals der Nauener Koinzidenzsignale angegeben, ferner eine Größe  $V$ , die den Unterschied zwischen dem mittleren (150.) Signal und dem Mittel aus dem ersten (0.) und letzten (300.) Signal bezeichnet. Bildet man die Monatsmittel  $V_m$  der  $V$ -Werte (wobei man für den hier benutzten Zeitraum von Oktober 1927 bis April 1928 für  $V_m$  in fünf Fällen — 0,006 sec, in einem Falle — 0,005 sec und in einem Falle — 0,007 sec erhält, also eine recht gute Konstanz von  $V_m$ ) und betrachtet man die Abweichungen der einzelnen  $V$ -Werte von ihrem jeweiligen Monatsmittel als zufällige Fehler, so kann man unter Anwendung der einfachsten fehlertheoretischen Formeln leicht den von der chronographischen Registrierung herrührenden mittleren Fehler  $\eta$  eines Signalmoments (d. h. des Signalanfangs oder Signalendes) ableiten. Man erhält so  $\eta = \pm 0,003$  sec. Dieser Betrag ist nun sicher noch zu groß, weil in den

---

\*) Astron. Nachr. **230**, 272 (1927).

Abweichungen der einzelnen  $V$ -Werte von ihrem Monatsmittel nicht nur die Fehler der Signalaufnahme stecken, sondern auch noch gewisse kleine Fehler, die dem in Nauen befindlichen Signalgeber anhaften und die einfach daher rühren, daß der Wert von  $V$  nicht für alle Tage konstant ist. — Diese Art der Fehlerbestimmung wird hier nur deshalb erwähnt, weil das volle Material jedem Empfänger der Berichte des Geodätischen Instituts vorliegt. Einen exakten Wert für  $\eta$  erhält man nun leicht so, daß man die Signalregistrierungen von Nauen auf der 18 000 m-Welle mit denjenigen auf der 3100 m-Welle vergleicht, wiederum unter Anwendung einer der einfachsten Grundtatsachen der Fehlertheorie. Dabei ergab sich  $\eta = \pm 0.002$  sec (rechnerisch  $\eta = \pm 0.0023$  sec). Daß dieser Wert für den mittleren Registrierfehler eines Signalmoments reell ist, ergibt sich aus den für die einzelnen Monate erhaltenen Beträgen:

1927, Okt.:	$\eta = \pm 0.0027$ sec,	1928, Febr.:	$\eta = \pm 0.0018$ sec,
Nov.:	$= \pm 0.0025$ " ,	März:	$= \pm 0.0022$ " .
Dez.:	$= \pm 0.0021$ " ,	April:	$= \pm 0.0020$ " .
1928, Jan.:	$= \pm 0.0026$ " .		

Jeder „Signalmoment“ beruht auf der Ablesung von 10 einzelnen Signalen; als mittlere Unsicherheit eines einzigen, mit dem Chronographen registrierten Signals ergibt sich mithin  $\pm 0.007$  sec, also weniger als  $\pm 0.01$  sec. Um Anfang und Ende einer Signalserie festzulegen, werden 20 einzelne Signale verwandt. Die Streifenablesung und die ganze Reduktion erfordert wenige Minuten und läßt sich im übrigen nach meiner Erfahrung schneller erledigen als die Reduktion einer mit dem Telephon durchgeführten Aufnahme.

Allerdings verfügen nun die meisten Stellen nicht über ebenso gute Registriereinrichtungen wie das Geodätische Institut, dessen Material unseren Angaben zugrunde liegt. Eine Apparatur, die eine entsprechende Genauigkeit liefert, ist beim jetzigen Stande der Funktelegraphie aber leicht und ohne große Kosten zu beschaffen; insbesondere leistet auch jeder moderne Chronograph in sachkundiger Hand bedeutend mehr, als vielfach angenommen wird.

Bisher ist nur von den Fehlern der Registrierung der Zeitsignale die Rede gewesen; es gibt aber auch noch Fehler, die den Zeitsignalen von Haus aus anhaften. Eine Bestimmung des Uhrganges mit einer Genauigkeit von einigen Tausendstelsekunden ist schon deshalb unmöglich, weil die durch die Signale übermittelten Zeitangaben selbst bei Verwendung von Signalkorrekturen um Beträge von höherer Größenordnung unsicher sind. Nach den Formeln auf S. 54 wird die Uhrkorrektur  $q$  auf den Anfang des ersten Signals bezogen; aber von den absoluten und relativen Fehlergrenzen der Abgabezeit dieses ersten Signals ist nirgendwo die Rede. Die Signalkorrekturen aller Stationen, die Signale aufnehmen und Korrekturen bestimmen, enthalten die unvermeidlichen Fehler der astronomischen Zeitbestimmungen, die Uhrgangsschwankungen der Präzisionspendeluhren usw.; schon die Atmosphäre setzt einer weiteren Steigerung der Genauigkeit astronomischer Zeitbestimmung eine unüberwindliche Grenze. Es ist nicht möglich, an dieser Stelle auf die Grundlagen des

Funkzeitdienstes noch näher einzugehen; jedenfalls muß man immer damit rechnen, daß die von den besten Funksignal-Kontrollstationen angegebenen Signalkorrekturen und Abgabezeiten um mehrere Hundertstelsekunden unrichtig sind. Nun geht ja zwar nur ein Teil dieser Fehler in den Uhrgang ein, wenn die Uhrkorrektur durch tägliche Signalaufnahmen unter Verwendung von Signalkorrekturen abgeleitet wird — aber von einer Genauigkeit von wenigen Tausendstelsekunden für den täglichen Uhrgang kann keine Rede sein.

In besonderen Fällen kann man sich von den Fehlern, die den Zeitsignalen bzw. den dazu gegebenen Korrekturen anhaften, unabhängig machen, z. B. dann, wenn es nur auf relative Uhrgänge ankommt, also etwa dann, wenn der Unterschied der Schwerkraft an zwei verschiedenen Orten durch gleichzeitige Pendelbeobachtungen und unter Benutzung derselben Zeitsignale ermittelt wird. — Diesen besonderen Fall wird Herr Martin bei seinen Genauigkeitsbetrachtungen im Auge gehabt haben.

Durch die vorstehenden Ausführungen soll nun aber keineswegs Propaganda für die automatische Registrierung der Zeitsignale gemacht werden, sondern es sollte nur versucht werden, einige schon öfter aufgetauchte Unklarheiten und Irrtümer zu beseitigen. Die Beantwortung der Frage, ob automatische Registrierung oder telephonische Aufnahme von Signalen vorzuziehen ist, hängt gewöhnlich von vielen Faktoren ab, z. B. von dem Zwecke des betreffenden Unternehmens, von der Örtlichkeit (ob feste oder Feldstationen), von der Empfangsenergie der Signale, von der vorhandenen Apparatur, von der Schulung und Übung der Beobachter usw. Wenn eine gute Apparatur und genügend geübte und erfahrene Beobachter vorhanden sind, liefert die chronographische Registrierung gewöhnlich eine etwas größere Genauigkeit als die telephonische Aufnahme; aber nach meiner Erfahrung ist der Unterschied so klein, daß er für die Wahl der Methode nicht entscheidend sein kann. Meines Erachtens genügt die Aufnahme nach Gehör in allen Fällen. Es sei noch erwähnt, daß bei den Feldarbeiten des Geodätischen Instituts bislang mit bestem Erfolge stets nach der Hörmethode gearbeitet worden ist, während in Potsdam selbst (mit Ausnahme der gewöhnlich schwachen amerikanischen Signale) die chronographische Registrierung angewandt wird.

Potsdam, Geodätisches Institut, Juni 1928.

---

### Berichtigung.

Zeitschr. f. Geophys., Jahrg. IV, Heft 3, S. 153:

In den Formeln (A) und (B) lies in der Klammer  $c_Q$  und  $c_C$  statt  $l_Q$  und  $l_C$ .

B. Meyer mann.