

Werk

Jahr: 1937

Kollektion: fid.geo

Signatur: 8 GEOGR PHYS 203:13

Digitalisiert: Niedersächsische Staats- und Universitätsbibliothek Göttingen

Werk Id: PPN101433392X_0013

PURL: http://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?PPN101433392X_0013

LOG Id: LOG_0042

LOG Titel: Die Fehler bei der Aufnahme der drahtlosen Zeitsignale und Vorschläge zur Verbesserung

LOG Typ: article

Übergeordnetes Werk

Werk Id: PPN101433392X

PURL: <http://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?PPN101433392X>

OPAC: <http://opac.sub.uni-goettingen.de/DB=1/PPN?PPN=101433392X>

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

Die Fehler bei der Aufnahme der drahtlosen Zeitsignale und Vorschläge zur Verbesserung

Von Heinrich Gockel. — (Mit 10 Abbildungen)

Die Zeitfehler, die bei Empfang und Registrierung von drahtlosen Zeitzeichen in der Empfangsapparatur entstehen, werden diskutiert und abgeschätzt. Es gelang, die Fehler, die normalerweise Hundertstel Sekunden erreichen, bis auf Tausendstel Sekunden herabzudrücken. Dies wurde durch die Verwendung eines neuen Entstörgerätes erreicht. Der Aufbau des Gerätes wird ausführlich beschrieben.

I. Einleitung. Die Ansprüche an die Genauigkeit der Zeitsignale, die von den Sendern Nauen, Rugby, Bordeaux usw. täglich gegeben werden, sind in den letzten Jahren bedeutend gestiegen. Die Zeitinstitute haben sich bemüht, die

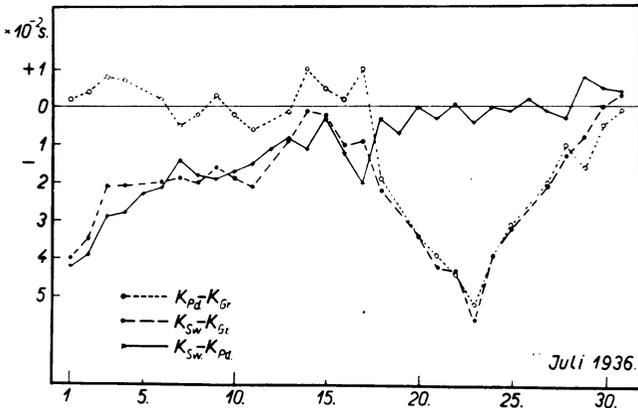


Fig. 1. Abweichungen der Korrekturen des Nauensignales für den Monat Juli 1936.

K_{Pd} . = Korrektur des Geodätischen Institutes Potsdam,
 K_{Gr} . = " der Sternwarte Greenwich,
 K_{Sw} . = " " Deutschen Seewarte

Genauigkeit der Zeichen mehr und mehr zu verbessern. Für genaueste wissenschaftliche Messungen stehen dazu noch die von den Zeitinstituten herausgegebenen genaueren Korrekturen der Signale zur Verfügung, die auf Grund astronomischer Sternbeobachtungen bzw. der Stände von Quarzuhren usw. ermittelt werden. Es ist also so einem jeden Laboratorium die Möglichkeit gegeben, sich über ein drahtloses Zeitsignal und unter Verwendung der betr. Korrekturen z. B. an die Quarzuhr in Potsdam anzuschließen und sich so eine genaue Uhrzeit zu schaffen. Das Zeitsignal dient dabei nur zur Vermittlung, seine absolute Genauigkeit auf der Senderseite ist in diesem Falle unwesentlich. Die drahtlose Übertragung der Zeichen bringt jedoch besonders auf der Empfängerseite viele Fehlermöglichkeiten

mit sich, die im folgenden näher beurteilt werden sollen. Die Korrekturen der Signale, die für ein und dasselbe Zeichen von verschiedenen Zeitinstituten angegeben werden, stimmen keineswegs überein. Fig. 1 zeigt für den Monat Juli 1936 die Abweichungen von Korrekturen der Deutschen Seewarte, des geod. Instituts Potsdam und der Sternwarte Greenwich untereinander. Die Werte beziehen sich auf das Nauensignal 13.01 Uhr. Der Grund für die zum Teil beachtlichen Abweichungen liegt einmal in der ungenauen Bestimmung der wirklichen Zeit und dann in den Fehlern, die beim Empfang und der Registrierung der Zeitzeichen auftreten. Einen Überblick über die Größe dieser rein elektrisch bedingten Fehler geben einige Messungen von Schütte*). Er stellte an seiner Empfangsanlage für das Bordeaux-Vorsignal ± 0.0017 sec, Bordeaux-Hauptsignal ± 0.0018 sec, Rugby-Signal $11^h \pm 0.0019$ sec als mittleren Fehler fest. Die Abweichungen vom täglichen Gang können leicht Werte bis zu $1/100$ sec erreichen.

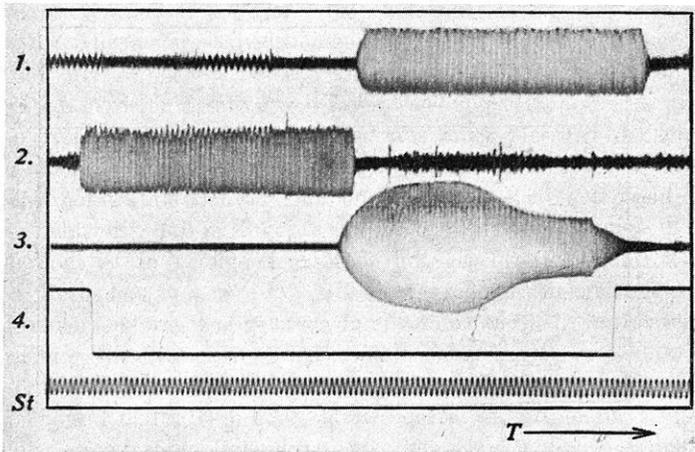


Fig. 2. Einfluß der Empfängerdämpfung auf die Signalforn

2. *Diskussion der Fehler.* Für die folgenden Betrachtungen soll zunächst einmal festgestellt werden, was wir als Fehler ansehen wollen. Im allgemeinen wird das Signal auf seinem Wege vom Sender zum Empfänger und dann im Empfänger und den Registriervorrichtungen Verzögerungen erleiden. Als Fehler sehen wir nur die Schwankungen dieser Verzögerungszeiten an, da der absolute Stand des Signals im allgemeinen nicht interessiert, sondern nur der Gang, d. h. die Differenz zweier Standbeobachtungen an aufeinanderfolgenden Tagen. Da konstante Verzögerungen des Zeicheneinsatzes keine Fehler bringen, lassen wir die Laufzeit der elektrischen Wellen vom Sender zum Empfänger unberücksichtigt. Messungen über Schwankungen dieser Laufzeit, soweit sie Fehler hervorrufen können, liegen nicht vor, solche Fehler sind auch unwahrscheinlich.

*) K. Schütte: A. N. 247, 173 (1932).

Die Hauptfehlerquelle ist der Empfänger, der die Signale aufnimmt. Welche Anforderungen werden an den Empfänger gestellt? Das Zeichen soll störungsfrei aufgenommen werden, so daß der Nullpunkt nicht durch Nachbarsender gestört ist. Dann soll der Einschwingvorgang des Zeichens, der ja immer vorhanden ist, wenn abgestimmte Kreise benutzt werden, möglichst klein sein, um einen exakten Einsatz des Signales zu bekommen. Die Fehler sind um so größer, je stärker das Hauptsignal durch die Nachbarsender gestört ist, und je längere Zeit das Zeichen braucht, um auf Normalamplitude anzusteigen. Diese beiden Forderungen widersprechen sich aber und sind zudem noch an die Wellenlänge des Senders und die Dämpfung des Empfängers gebunden. Wenn der Empfänger stark entdämpft ist, so trennt er sehr scharf, so daß Störsender kaum aufgenommen werden, die Einschwingzeit des Zeichens auf Normalamplitude ist jedoch sehr groß. Umgekehrt bekommt man bei starker Dämpfung wohl eine kurze Einschwingzeit, aber viele Störer auf den Registrierstreifen. Fig. 2 zeigt drei derartige Vergleichsaufnahmen, bei denen das Nauensignal 13.01 Uhr mit einem Schleifenoszillographen aufgenommen wurde. Signal 1 ist ein normales Zeichen bei mittlerer Dämpfung des Empfängers. Signal 2 zeigt das gleiche Zeichen bei stärkerer Dämpfung, die Störungen nehmen zu, der Einsatz des Zeichens ist aber kürzer. Signal 3 ist absolut störungsfrei, aber die Einschwingzeit ist sehr groß, der Empfänger wurde stark entdämpft. Weiter zeigt der Film noch den Sekundenschlag einer Schuler-Uhr (4) und die Marken eines $\frac{1}{100}$ sec Stimmgabelschreibers (St).

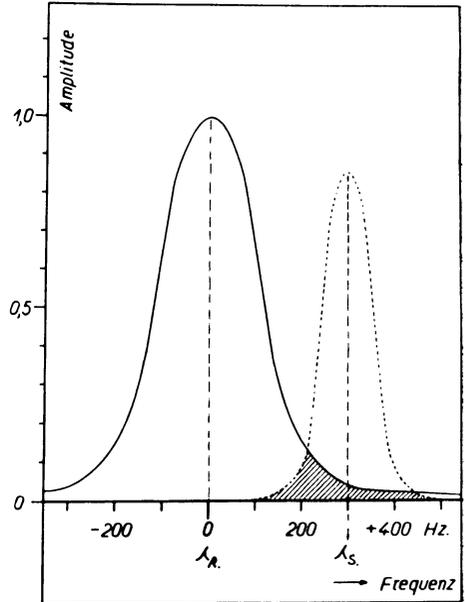


Fig. 3.
Resonanzkurven des Empfängers ———
und eines Störsenders - - - - -

Signal 1 ist ein normales Zeichen bei mittlerer Dämpfung des Empfängers. Signal 2 zeigt das gleiche Zeichen bei stärkerer Dämpfung, die Störungen nehmen zu, der Einsatz des Zeichens ist aber kürzer. Signal 3 ist absolut störungsfrei, aber die Einschwingzeit ist sehr groß, der Empfänger wurde stark entdämpft. Weiter zeigt der Film noch den Sekundenschlag einer Schuler-Uhr (4) und die Marken eines $\frac{1}{100}$ sec Stimmgabelschreibers (St).

Ich will nun die Einschwingzeiten berechnen, die bei einer genügenden Störfreiheit des Signals und auf Grund der vorliegenden Daten von Wellenlänge und Zahl der vorhandenen Störsender zu erwarten sind. Die Abschätzungen gelten für alle Zeitzeichensender innerhalb des Wellenbereichs um 18000 m Wellenlänge. Fig. 3 zeigt die Resonanzkurve eines Empfängers, der auf die Welle λ_r des Signal-senders abgestimmt sein soll. Weiter ist eine zweite kleinere Resonanzkurve eines beliebigen Störsenders auf der Welle λ_s eingezeichnet. Der schraffierte Teil wird vom Empfänger als Störung mit aufgenommen.

Die Gleichung für die Resonanzkurve des auf den Hauptsender abgestimmten Empfängers lautet:

$$d = \frac{2\pi \cdot \Delta \lambda_r}{\lambda_r} \cdot \sqrt{\frac{1}{\left(\frac{i_r}{i}\right)^2 - 1}} \dots \dots \dots (1)$$

dabei bedeutet: d = Dämpfung, λ = Wellenlänge, i = Stromamplitude. Die Gleichung für die Frequenzkurve des Störsenders lautet entsprechend:

$$d_s = \frac{2\pi \cdot \Delta \lambda_s}{\lambda_s} \cdot \sqrt{\frac{1}{\left(\frac{i_s}{i}\right)^2 - 1}} \dots \dots \dots (2)$$

Wir machen die Annahme, daß Störsender und Hauptsender am Aufnahmeort gleiche Empfangsstärke haben sollen, d. h.

$$i_r = i_s.$$

Außerdem wird für den Störsender ein log. Dämpfungsdekrement d_s von nur $5 \cdot 10^{-3}$ angenommen. Die beiden Resonanzkurven sollen sich überschneiden und dabei wollen wir zugestehen, daß der Störsender noch bis zu 10% der Signalamplitude des Hauptsenders aufgenommen werden kann, ohne störend zu wirken, d. h.

$$i = \frac{i_r}{10} \quad \text{oder} \quad \frac{i_r}{i} = \frac{i_s}{i} = 10.$$

Dann ergibt Gleichung (1):

$$d = \frac{0.63 \cdot \Delta \lambda_r}{\lambda_r} \dots \dots \dots (3)$$

und Gleichung (2):

$$\Delta \lambda_s = \frac{5 \cdot 10^{-3} \cdot \lambda_s}{0.63} \dots \dots \dots (4)$$

Für eine Wellenlänge von $\lambda_s = 18000$ m wird:

$$\Delta \lambda_s = 143 \text{ m.}$$

Nach Fig. 3 ist $\lambda_s - \lambda_r = \Delta \lambda_r + \Delta \lambda_s$. Der durchschnittliche Abstand der Sender voneinander beträgt in dem Bereich um 18000 m etwa 300 m. Dann ist:

$$\Delta \lambda_r = 300 - 143 = 157 \text{ m.}$$

Setzen wir diesen Wert für $\Delta \lambda_r$ sowie für die Wellenlänge $\lambda_r = 18000$ m in die Gleichung (3) ein, dann ergibt das für den Empfänger ein log. Dämpfungsdekrement von:

$$d = 5.5 \cdot 10^{-3}.$$

Der Anstieg des aufgenommenen Zeichens auf die Normalamplitude J_0 erfolgt nach der Gleichung:

$$i = J_0 - J_0 \cdot e^{-\frac{d}{T}} \dots \dots \dots (5)$$

Dabei ist T die Dauer einer Hochfrequenzschwingung. Die Zeitdauer für den Anstieg bis auf 95% der Normalamplitude beträgt:

$$t = 3 \cdot \frac{T}{d} \dots \dots \dots (6)$$

$$T = \frac{\lambda}{300\,000} = 6 \cdot 10^{-5} \text{ sec.}$$

Den oben ermittelten Wert für d und diesen Wert für T in Gleichung (6) eingesetzt, ergibt für:

$$t = 3.3 \cdot 10^{-2} \text{ sec.}$$

Schon unter den günstigen Bedingungen, die für diese Berechnungen angenommen wurden, beträgt also die Einschwingzeit des Zeichens mehrere Hundertstel Sekunden, wenn man nur eine annähernde Störungsfreiheit erreichen will. In vielen Fällen liegen die Verhältnisse weit ungünstiger. Diese Berechnungen gelten in gleicher Weise für alle Hochfrequenzkreise des Empfängers.

Zur Abhörung des Signals bei der Aufnahme wird das ankommende Hochfrequenzzeichen im allgemeinen mit einer zweiten Frequenz ν überlagert, so daß eine Tonfrequenz z. B. von 1000 Hz entsteht. Zur Erhöhung der Trennschärfe ist dann ein Tonselektionskreis eingeschaltet, der auf der Niederfrequenzseite des Empfängers die Trennschärfe erhöhen soll. Der Tonselektionskreis der üblichen Empfänger bringt die gleichen Vor- und Nachteile wie ein Hochfrequenzabstimmkreis. Es ist aber außerdem noch folgendes zu beachten: Die Modulationsfrequenz ν ergibt sowohl mit der Frequenz n_1 des Hauptsenders wie mit der Frequenz n_2 eines angenommenen Störsenders die Tonfrequenz n , denn $n_1 - \nu = n$ und $\nu - n_2 = n$, wenn nur $n_1 > \nu > n_2$ ist. Es ist also mit dem Tonselektionskreis keine eindeutige Trennung möglich, solange nicht die Tonfrequenz n sehr hoch liegt, nur in solchem Falle wird der betreffende Störsender n_2 schon durch die Hochfrequenzabstimmung gesperrt. Der zur weiteren Verstärkung dienende Niederfrequenzteil des Empfängers bringt keine weiteren Fehler, wenn er als Widerstandsverstärker aufgebaut ist.

Am Ausgang des Empfängers ist die Registriervorrichtung angeschlossen, die große Fehler hervorrufen kann. Die beste Registriereinrichtung ist der Schleifenoszillograph, der den Zeicheneinsatz bei nicht zu starker Störung der Nullage relativ am genauesten aufzeichnet. An nächster Stelle in der Qualität stehen die Drehspulsnellschreiber, die bei genügender Geschwindigkeit des Registrierstreifens eine genaue Aufzeichnung ergeben. Die gewöhnlichen Chronographen dagegen können bedeutende Fehler zeigen. Bei nicht sauberer, immer gleicher Einstellung kann sich der Schaltungspunkt der Relais leicht ändern. Außerdem sind die Relais empfindlich gegen Vormagnetisierung des Eisens, also gegen die Störung der Nullage, wie sie durch Störsender hervorgerufen wird. Treusein und Freiesleben*) haben für eine Vormagnetisierung von etwa 50% eine

*) E. Treusein u. H. C. Freiesleben: A. N. 242, 233 (1931).

Änderung der Verzögerungszeit von $\frac{1}{100}$ sec gemessen. Die größten Fehler bei derartigen Relais, die keine Extrapolation auf den Nullpunkt gestatten, entstehen aber durch wechselnde Einstellung des Empfängers. Je nach Dämpfung und Amplitude des Empfängers ändert sich der Einschwingvorgang des Zeichens, und da das Relais erst bei einem bestimmten Schwellwert anspricht, auch die Verzögerungszeit. Als letzte Fehlerquelle bleibt schließlich noch eine ungenaue Zeitmarkierung des Chronographen, die durch den ungleichmäßigen Ablauf des Registrierstreifens oder durch eine ungenaue Stimmgabelmarkierung hervorgerufen werden kann. Ich will mich jedoch hier nur auf die Beurteilung der oben angeführten Fehler beschränken.

3. *Verbesserungsvorschläge.* Für die Beseitigung dieser Fehler ist die Hauptforderung, daß das ankommende Signal sowohl störungsfrei als auch mit kleiner Einschwingzeit aufgenommen wird. Der beste und keine weiteren Nachteile bringende Ausweg wäre eine Verlegung des Wellenbereiches der Zeitzeichensender nach kürzeren Wellen. Es ist die einzige sichere Möglichkeit, die Aufnahmefehler bedeutend zu verringern. Solange dies aber nicht möglich zu sein scheint, müssen andere Auswege gesucht werden. Wie läßt sich eine Abstimmung der Sender ohne Vergrößerung der Einschwingzeiten erreichen? Hochfrequenztechnisch steht da zunächst die Rahmenantenne zur Verfügung, die jedoch bei langen Wellen sehr groß wird und daher nur in größeren Instituten zu verwenden ist. Außerdem bringt die Rahmenantenne nur eine unvollkommene Trennung der Sender, die örtlich sehr verschieden ist. Die Güte der Empfangsverhältnisse ist nicht überall gleich. Das Geodätische Institut in Potsdam kann wegen der kürzeren Entfernung den Sender Nauen viel besser und fehlerfreier empfangen als z. B. die Signale von Rugby oder Bordeaux. In Göttingen machen sich dagegen kaum große Unterschiede bemerkbar.

Die Trennung des Signalsenders von den Nachbarsendern geschieht aber im wesentlichen durch die Hochfrequenzkreise des Empfängers. Leider ist es nicht möglich, für den Wellenbereich um 18000 m ein Bandfilter zu bauen, daß sowohl die Störsender beseitigt als auch nur kleine Einschwingzeiten bringt. Da der Senderabstand relativ dicht, im Mittel etwa 280 Hz ist, ist eine starke Entdämpfung der Abstimmkreise nötig, um die erforderliche Flankensteilheit der Resonanzkurven zu bekommen. Dies geschieht zumeist durch eine Rückkopplung, die aber den großen Nachteil hat, daß sich die Dämpfung des Empfängers zu leicht ändert, dadurch ändern sich die Verzögerungszeiten. Ich habe daher auf die Rückkopplung verzichtet und ein Bandfilter benutzt, das aus zwei normalen Hochfrequenzkreisen so aufgebaut ist, daß die Kreise etwas gegeneinander verstimmt sind. Die Hochfrequenzkreise sind aber nicht, wie sonst bei Bandfiltern üblich, miteinander gekoppelt, sondern mit Hilfe einer als Ventil wirkenden Elektronenröhre hintereinander geschaltet. Fig. 4 zeigt die Resonanzkurven der Kreise I und II. Das Filter arbeitet so, daß nur die Sender innerhalb des ausgezogenen Kurventeiles durchgelassen werden. Auf diese Weise wurde ein enger Durchlaßbereich der

Abstimmittel ohne die bei der Rückkopplung auftretenden störenden Dämpfungsänderungen erzielt und eine Konstanz der Einschwingzeiten über lange Zeiträume erreicht. In die Fig. 4 sind außerdem alle Sender in der Nähe der Welle von Nauen eingezeichnet, und zwar maßstäblich mit der Feldstärke, wie sie für den Empfang in Göttingen berechnet wurde. Da die Sender relativ dicht liegen, fallen noch eine Menge Störer in den Durchlaßbereich des Hochfrequenzfilters. Durch Änderung der Resonanzfrequenz eines der beiden Kreise läßt sich der Durchlaßbereich beliebig verkleinern. Um jedoch einen nicht zu sehr verzögerten Zeicheneinsatz am Ausgang des Empfängers zu bekommen, wurde auf die weitere Erhöhung der Selektivität verzichtet und das Zeichen im Niederfrequenzteil durch eine Zusatzeinrichtung völlig entstört.

Es wurde ein Gerät entwickelt, das hinter den Hochfrequenzempfänger mit oder ohne Tonmodulation geschaltet wird, und das ankommende Signal von den sich überlagernden Störern befreit. Das Prinzip beruht darauf, daß kleine Amplituden nicht vom Gerät übertragen, größere dagegen verstärkt werden. Bis zu einer genau definierten und regelbaren Amplitude, z. B. bis zu 30% der Größe des aufzunehmenden Signals werden alle Störer unterdrückt. Die Schaltung

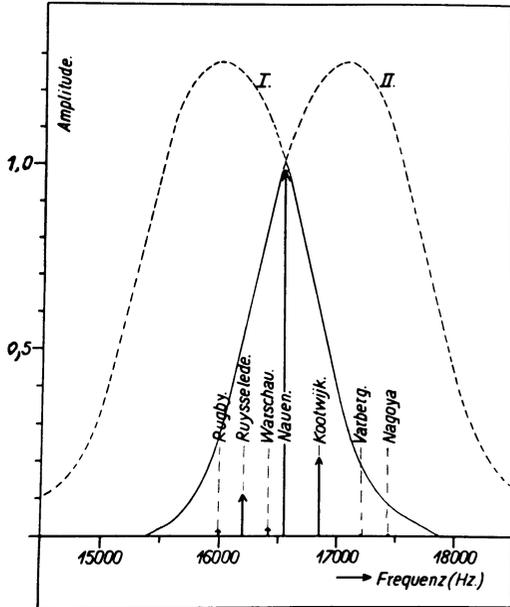


Fig. 4. Resonanzkurven des Bandfilters

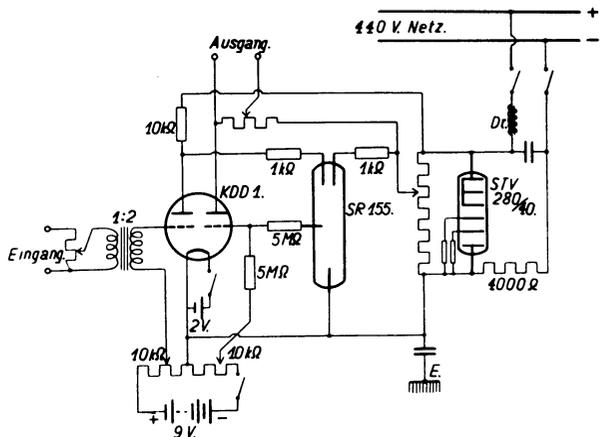


Fig. 5. Schaltung des Entstörgerätes

des aufzunehmenden Signals werden alle Störer unterdrückt. Die Schaltung

des Geräts zeigt Fig. 5. Über einen potentiometrisch regelbaren Eingangstransformator wird das Signal auf das erste System einer Verstärkerröhre KDD 1 gegeben. Die Gitterspannung des Verstärkersystems ist durch ein Potentiometer so eingestellt, daß die Anode ein Potential von etwa 150 Volt gegen die Kathode hat, solange am Eingang keine Spannung liegt. Bei Eintreffen des Signals (hoch- oder tonfrequente Wechselfspannung) schwankt das Anodenpotential innerhalb einer durch die Verstärkung und den im Anodenkreis liegenden Widerstand von 10 kOhm bestimmten Grenze von $150 - \Delta P$ bis $150 + \Delta P$ Volt. Diese Schwankungen werden zur Steuerung einer Glühlampe benutzt. Das Glühlammröhre

(Type SR 155 der D. Gl.-Ges.) besitzt eine Anode, an die die Steuerspannung gelegt wird, eine Hilfsanode, die zur Vermeidung des Erlöschens der Lampe bei Betrieb dient, und an der dauernd eine konstante Gleichspannung von etwa 155 Volt liegt. Die Kathode der Röhre ist stabförmig ausgebildet. Bei Erhöhung des an der Anode liegenden Potentials überzieht sich der Kathodenstab mehr und mehr mit Glühlicht. Dadurch bekommt die in das Glühlammröhre seitlich eingeführte Sondenelektrode ein positives Potential gegen die Kathode, hierdurch wird das zweite Verstärkersystem der Elektronenröhre KDD 1 gesteuert, in dessen Anodenkreis das Relais bzw. die Meßschleife zur Aufnahme des Signals liegt. Die

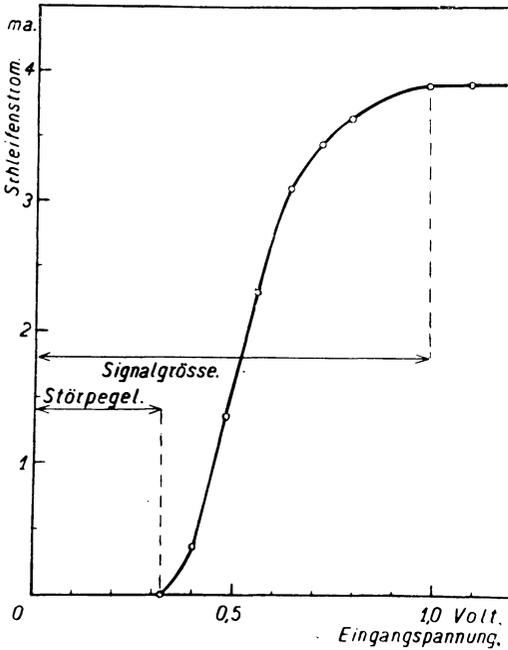


Fig. 6. Charakteristik des Entstörgerätes

Anodenspannungen werden einer mit drei Strecken zu je 70 Volt betriebenen Stabilisierungseinrichtung des 440 Volt-Gleichstromnetzes entnommen. Die zweite Steuerstufe der Elektronenröhre arbeitet erst dann, wenn an der Sondenelektrode eine Spannung auftritt, d. h. erst dann, wenn sich die Kathode des Glühlammrohres mit Glühlicht überzieht. Dieser Zustand wird erreicht, wenn das Potential der Hauptanode und damit der Anode des ersten Verstärkersystems über das durch die Hilfsanode fest eingestellte Potential hinaus steigt. Durch Regelung der am ersten Verstärkersystem liegenden Gittervorspannung läßt sich das Anodenpotential so einstellen, daß bei kleinen Amplituden die Spannung der Hilfsanode nicht erreicht wird, und erst die größeren Amplituden ein An-

wachsen der Glimmstrecke bringen. Gleichzeitig wird die Gittervorspannung des zweiten Verstärkersystems so eingestellt, daß der Anodenstrom dieses Systems bis auf Null zurückgeht, solange die Sondenelektrode keine Spannung bekommt. Dadurch wird ein sauberer und genau definierter Nullpunkt für die im Anodenkreis liegenden Relais bzw. Meßschleifen erreicht. Die Einrichtung arbeitet nach einer einmaligen Einbrennzeit vollkommen stabil und zuverlässig. Die Beobachtung der Glimmstrecke erlaubt eine saubere Abstimmung des Empfangsgeräts. Durch Verändern der Gitterspannung des ersten Verstärkersystems läßt sich jede beliebige Amplitude von dem eintreffenden Signal abschneiden. Kleinere Störer werden so beseitigt. Fig. 6 zeigt eine Charakteristik des Geräts. Es ist der Ausgangsstrom als Funktion der am Eingang liegenden Steuerspannung aufgenommen. Die Gittervorspannung war so reguliert, daß 30% der Eingangs-

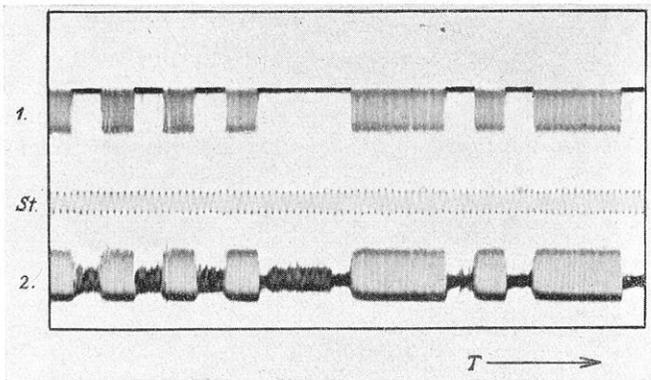


Fig. 7. Entstörung eines Telegraphiezeichens.
(1) Entstörtes und (2) gestörtes Zeichen

amplitude nicht übertragen wurden. Von 0.3 Volt ab bis zu 0.7 Volt werden die Spannungen linear verstärkt. Dann nähert sich der Ausgangsstrom einem Grenzwert, der die im Ausgang liegenden empfindlichen Relais bzw. Oszillographenschleifen vor der Zerstörung schützt. Man sieht, daß das Gerät bei etwa 1 Volt Eingangsspannung voll angesteuert ist, bei dieser Amplitude sind etwa $\frac{2}{3}$ der Kathode des Glimmrohres mit Glimmlicht überzogen. Die Wirksamkeit der Entstörung durch das Gerät zeigt Fig. 7. Es wurde ein stark gestörter Telegraphiesender auf Welle 18000 m aufgenommen. Das Oszillogramm zeigt auf Schleife 2 das Zeichen mit den Störungen, wie es im Ausgang des Empfängers registriert wurde. Schleife 1 gibt das entstörte Signal wieder, unter Zwischenschaltung des Störbeseitigungsgeräts. *St* ist die Marke eines Stimmgabelzeitschreibers von 100 Hz. Man sieht aus der Abbildung, daß die relativ großen Störsender kaum wiedergegeben werden, das Hauptsignal dagegen sauber und einwandfrei von jedem Relais aufgenommen werden kann. Wegen des plötzlichen steilen Zeichenanstiegs treten keine weiteren Verzögerungszeiten mehr auf. Fig. 8 zeigt ein ent-

störtes Nauensignal, daneben sieht man die Stimmgabelmarken von 100 Hz und den Sekundenschlag eines Schuler-Pendels, bei dem die Schläge durch eine Photozelle ausgelöst werden.

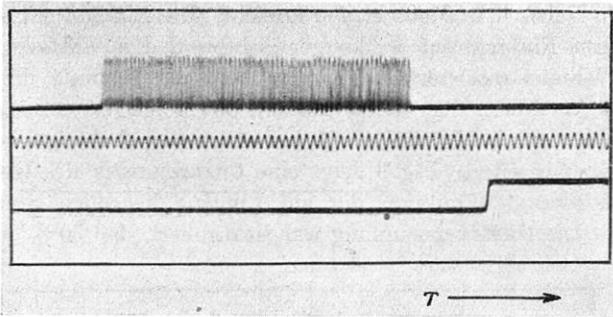


Fig. 8. Entstörtes Nauensignal 13.01^h

Die praktische Ausführung des Geräts, das einen geringen Aufwand an Material erfordert, ist aus den Fig. 9 und 10 zu ersehen. Die Vorderwand trägt die Skalen-



Fig. 9. Das Störbeseitigungsgerät

knöpfe zur Einstellung und einen Sehschlitze zur Beobachtung des Glimmrohres bei der Abstimmung. Die Schaltelemente sind auf einem Aluminiumchassis montiert und durch eine Metallhaube abgeschirmt.

Nachdem ich den Aufbau und die Ausführung des Geräts beschrieben habe, komme ich jetzt auf die eventuell auftretenden Fehler zu sprechen. Fehler können auftreten durch Amplitudenverzerrungen und Zeitverzögerungen. Durch die Schaltelemente bedingte Verzögerungen des Signaleinsatzes sind nicht zu erwarten,

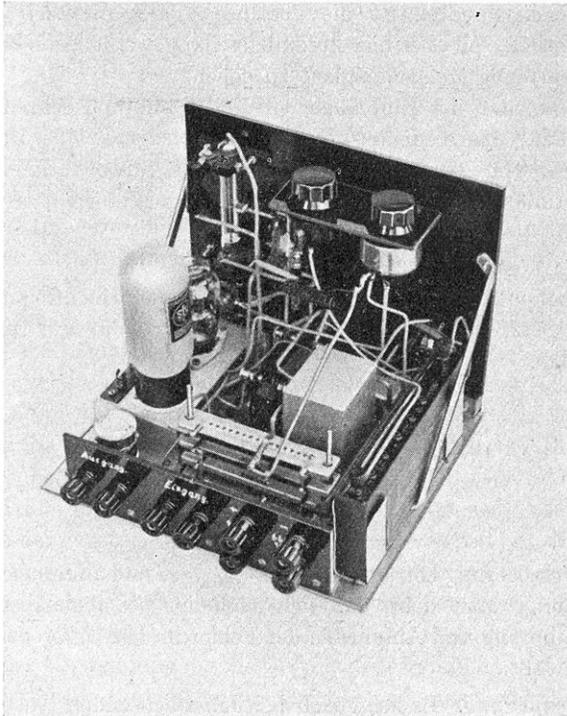


Fig. 10. Innensicht des Gerätes

da die Elektronenröhre, das Glimmrohr und die induktionsfreien Widerstände trägheitslos arbeiten und Kondensatoren nicht benutzt wurden. Eine geringe Zeitverzögerung ist aber durch die Signalförm beim Einsatz bedingt. Das vom Empfänger aufgenommene und mehr oder weniger stark gestörte Signal steigt bekanntlich nicht steil linear, sondern langsam nach einer e -Funktion bis zur Normalamplitude an. Im Gerät wird der untere Teil der Amplitude abgeschnitten und damit eine Verzögerung des neuen Zeichens gegenüber dem ursprünglichen hervorgerufen. Diese Verzögerung bleibt konstant, wenn 1. die Dämpfung der Empfangsanlage konstant bleibt, und 2. die Eingangsspannung des eintreffenden Signals immer gleich groß ist. Die Dämpfung ist bei Verwendung des oben be-

schriebenen Bandfilters leicht konstant zu halten. Die Eingangsspannung wird bei der täglichen Aufnahme mit dem Eingangspotentiometer immer auf die gleiche Amplitude eingestellt. Dies kann an der Länge der Glimmstrecke gut kontrolliert werden. Die Strecke wird bis zu einer Marke, die der Sättigung des Ausgangsstromes entspricht, eingestellt. Es läßt sich dann das Potentiometer zur Regelung der Gitterspannung des ersten Verstärkersystems direkt in Prozent der abgeschnittenen Störamplitude eichen. Bei der täglichen Aufnahme ist also nur die Eingangsspannung zu regeln. Da es sich bei den Signalaufnahmen um die Messung von Zeitdifferenzen handelt, ist die absolute Verzögerungszeit innerhalb des Gerätes unwesentlich, soll aber hier kurz abgeschätzt werden, um einen Überblick über die zu erwartende Meßgenauigkeit zu geben.

Ich nehme an, daß der Empfänger ein log. Dämpfungsdekrement von etwa $d = 1.8 \cdot 10^{-2}$ hat, das bedeutet für das Nauensignal eine Dauer des Einschwingvorganges von etwa $\frac{1}{100}$ sec. Durch die Störbeseitigung sollen 30% der Signalamplitude abgeschnitten werden. Das Signal steigt nach der Funktion:

$$J = J_0 - J_0 \cdot e^{-\frac{d \cdot t}{T}} \dots \dots \dots (5)$$

auf die Normalamplitude J_0 an. T ist die Dauer einer Hochfrequenzschwingung = $6 \cdot 10^{-5}$ sec. Setzt man in Gleichung (5) die Werte für d , T und $J = 0.3 J_0$ ein, so ergibt das:

$$0.7 = e^{-1.8 \cdot 10^{-2} \cdot \frac{t}{6 \cdot 10^{-5}}},$$

$$t = \frac{\ln 0.7}{3 \cdot 10^3},$$

$$t = \underline{1.2 \cdot 10^{-3} \text{ sec.}}$$

Die Signalverzögerung beträgt also etwa $\frac{1}{1000}$ sec und ändert sich proportional mit der Dämpfung. Man sieht, daß sich auch nur bei angenäherter Konstanthaltung von Dämpfung und Amplitude der Fehler in den Differenzen leicht unter $\frac{1}{1000}$ sec halten läßt.

4. Zusammenfassung. Es zeigt sich bei den wachsenden Ansprüchen an die Genauigkeit der drahtlosen Zeitsignale die Notwendigkeit, die Aufnahmefehler bei Empfang und Registrierung der Zeitzeichen herabzusetzen. Diese Fehler werden diskutiert und ihre Größe wird abgeschätzt. Im zweiten Teil der Arbeit werden Verbesserungsvorschläge gemacht. Neben der Verwendung eines Spezialbandfilters wurde ein Entstörungsgerät entwickelt, das zwischen Empfänger und Registriereinrichtung geschaltet wird und das Signal von allen Störungen befreit. Die Güte der so verbesserten Empfangsanlage wird an einigen Signalaufnahmen gezeigt.

Auch an dieser Stelle ist es mir ein Bedürfnis, der Deutschen Forschungsgemeinschaft und der Helmholtz-Gesellschaft für Physik für die Unterstützung dieser Arbeiten zu danken. Herrn Prof. Dr. M. Schuler, Göttingen, bin ich für sein dauerndes förderndes Interesse am Fortgang der Untersuchungen zu großem Dank verpflichtet.

Göttingen, Universitäts-Sternwarte, August 1937.