

# Registrierverfahren für Ionosphärenmessungen

von

John Petersen

Für Messung an der Ionosphäre wird heute allgemein das Verfahren der Impulslotung benützt. Ein Sender strahlt in stetiger Folge Impulse aus, die zusammen mit den Echos an der Ionosphäre vom Empfänger wiedergegeben werden (Abb. 1).<sup>S. 140</sup> Die interessierende Grösse ist die Laufzeit des Echos, die sich unmittelbar in Reflexionshöhen umrechnen lässt. Zur bequemen Handhabung des endlos periodischen Vorganges bedient man sich beispielsweise mit Hilfe der Braunschen Röhre, einer synchronisierten periodischen Zeitablenkung, wodurch man stehende Bilder bekommt, die sich leicht ausmessen lassen (Abb. 2).<sup>S. 140</sup> Die Registrierung dieser Bilder geschah bisher ausschliesslich photographisch. Man bildete sie auf bewegtes Registrierpapier oder Film (Abb. 3)<sup>S. 140</sup> und erhielt damit Aufnahmen wie Abb. 4.<sup>S. 140</sup> Ein Nachteil der photographischen Methode ist der, dass man nicht sofort sieht, was man registriert hat. Das Papier muss erst entwickelt werden. Laufende selbständige Entwicklung lässt sich wegen der geringen Papiergeschwindigkeit von etwa 30 cm/h nicht anwenden.

Zur Behebung des Mangels wurde ein unmittelbar schreibendes Verfahren entwickelt, das sich der vom Komet her vorhandene Schreiber nach dem Hell-Prinzip bedient. Ein solcher Schreiber (Abb. 5)<sup>S. 140</sup> besteht aus einer rotierenden Walze mit einer eingefärbten Spirale, einer Schneide, die durch einen Magneten dagegen gedrückt werden kann und dem Papier, das zwischen beiden langsam durchläuft. Drückt die Schneide kurz auf die Spirale, so entsteht auf dem Papier ein Punkt, dessen Lage von der augenblicklichen Stellung der Spirale abhängt. Ein Druck etwas später ergibt einen Punkt, der auf dem Papier entsprechend höher liegt. Um einen geraden Strich zu erzeugen, muss die Schneide jedesmal genau nach einer Umdrehung der Walze wieder angezogen werden.

Ließe die Walze mit der Gruppenfrequenz des Senders um und besäße die Schneide mit Magnet die entsprechende Trägheitslosigkeit, um ganz kurzen Impulsen zu folgen, so könnte man den AUS-

gang des Ionosphären-Empfängers direkt auf den Schreiber geben und erhielt unmittelbar die gewohnten Registrierungen. Aus mechanischen Gründen macht der Schreiber aber nur eine Umdrehung in 5 sec; die Schneide darf also zum Schreiben eines geraden Striches, ebenfalls nur alle 5 sec einmal, anziehen. Man könnte nun daran denken, den Sender genau so langsam zu tasten. Leider geht das nicht, weil sich damit die Laufzeit der Echos ja nicht im gleichen Masse dehnen lässt, zudem soll der Schreiber keine Veränderung in den übrigen Anlagen nötig machen. Ein Ausweg ist, von den vorhandenen 50 Senderimpulsen pro Sekunde nur alle 5 sec einen wirksam werden zu lassen. Diese Auswahl geschieht mittels einer zweiten Impulsfolge, sog. Suchimpulse, die beim Schreiber zusätzlich erzeugt wird und eine etwas abweichende Frequenz hat (Abb. 6). <sup>S. 140</sup>

Der Frequenzunterschied wird auf eine Schwebungsdauer genau gleich der Umlaufzeit der Schreibspindel, also 5 sec, eingestellt und das Impulsgemisch einer Anordnung zugeführt, die nur auf die Summe zweier Impulse anspricht, also einem Koinzidenzzähler. Man bekommt dann alle 5 sec eine Koinzidenz, die zum Schreiben benützt wird. Auch im Empfang vorhandene Echos geben solche Koinzidenzen, und zwar mit der für den Schreiber benötigten Phasendehnung, wie aus Abb. 6 <sup>S. 140</sup> zu erkennen ist.

Als Koinzidenzzähler könnte im einfachsten Fall ein entsprechend vorgespanntes Rohr benützt werden. Sicherer arbeitet eine Schaltung nach Abb. 7. <sup>S. 140</sup> Die beiden, ins Negative gerichteten Impulsserien werden den Gittern einer Doppeltriode zugeführt, deren Anoden gemeinsam auf einem hohen Widerstand arbeiten. Solange nur ein Gitter ins Negative getastet wird, steuert das andere den Strom immer noch so weit aus, dass die Anodenspannung fast zusammenbricht. Erst zwei gleichzeitige Impulse auf beiden Gittern sperren den Strom vollständig, so dass an der Anode ein starker positiver Spannungstoss entsteht. Dieser öffnet ein Stromtor, das über eine Kondensatorentladung den Schreiber zum Ansprechen bringt (Abb. 8).

Abb. 8 zeigt einen auf diese Art gewonnenen Streifen. Auf Einzelheiten, die für die Arbeitsweise der Schaltung und damit für das Aussehen der Schriebe von Bedeutung sind, wie die Breite der Empfangs- und Suchimpulse, die Ansprechzeit des Stromtores

und die Dimensionierung des Kondensatorkreises, kann hier nicht näher eingegangen werden.

Den grössten technischen Aufwand der Anordnung beansprucht das Gleichlaufproblem, wie übrigens bei jeder Impulsübertragung ohne Leitungssynchronisierung. Es ist ja, um geradlaufende Schriebe zu bekommen, nötig, dass die Differenz der Impulsfrequenz des Senders und der Suchimpulsfrequenz immer genau gleich der Drehzahl der Schreibspindel ist. Selbst wenn man zulässt, dass der Schrieb in einer Stunde einmal über das Papier hinwegläuft, ist dazu schon eine Frequenzkonstanz von rund  $10^{-6}$  bei den Impulsen, von  $10^{-3}$  bei der Spindel erforderlich, bei grösseren Ansprüchen muss die Genauigkeit entsprechend höher getrieben werden. Im praktischen Betrieb liegen die Verhältnisse so, dass senderseitig mit Quarzuhriebetrieb gerechnet wird, also mit vergleichsweise absoluter Konstanz. Im Schreiber können Synchronmotoren oder geregelte Gleichstrommotoren verwendet werden. Erstere sind von der Netzfrequenz abhängig, die nur bei sehr guten Netzen die nötige Konstanz und Freiheit von Pendelungen erreicht. Geregelte Gleichstrommotoren mit Batterieantrieb sind in gutem Zustand geeignet und gestatten vor allem ein Nachregeln auf die tatsächliche Schwebungsfrequenz, was allerdings Bedienungspersonal voraussetzt. Für die Suchimpulse scheidet Quarzuhriebetrieb aus, da, abgesehen vom Aufwand, die Uhren um  $4^0/00$  verstimmt sein müssten. Vereinfachter Quarzbetrieb, vor allem mit Tonfrequenzquarzen, bereitet vor allen Dingen Schwierigkeiten in der Beschaffung der Quarze. Mit hochkonstanten RC-Oszillatoren, über die in letzter Zeit verschiedentlich berichtet wurde, fehlen eigene Erfahrungen, so dass auf Stimmgabeln zurückgegriffen wurde, die sich im Labor bis  $10^{-7}$  bringen lassen und im praktischen Gebrauch, vor allem mit elektrostatischem Antrieb, noch hinreichend genau sind. Immerhin beansprucht der Stimmgabelteil mit Thermostat und Frequenzteiler im ganzen Gerät noch den grössten Raum, so dass bessere Lösungen zu begrüssen wären. Eine Nachregelung von Hand lässt sich jedenfalls über längere Zeit nicht vermeiden.

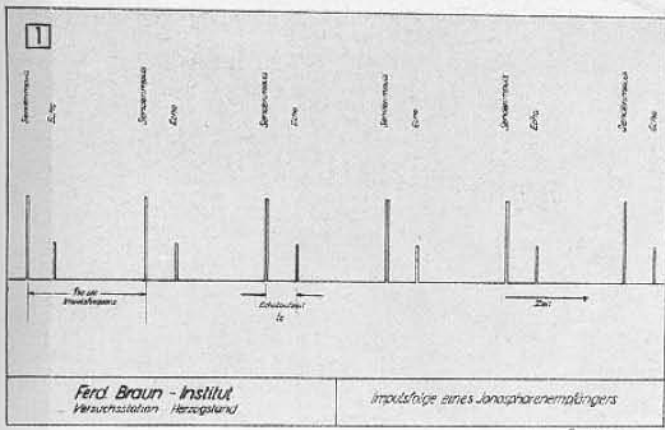
Schlechtem Gleichlauf lässt sich übrigens bei diesem Verfahren in eleganter Weise begegnen. Stellt man nämlich die Schwebungsdauer auf die halbe Spindeldrehzahl ein, so wird während

einer Spindelumdrehung der Empfang zweimal abgetastet, man erhält also zwei Schriebe im verkleinerten Masstab übereinander. Läuft nun die Aufnahme schräg, so ist doch immer ein Schrieb ganz sichtbar, genau wie beim Siemens-Hell-Schreiber immer ein Buchstabe ganz lesbar ist.

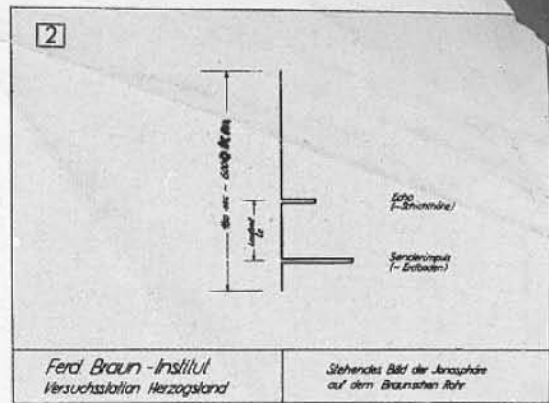
Das Verfahren kann und soll selbstverständlich nie dasselbe leisten, was eine photographische Registrierung zu geben vermag. Erstens ist eine gewisse Mindestamplitude für das Ansprechen des Stromtores notwendig. Zweitens kann der Schreiber, bedingt durch die Kondensatorentladung, nur Punkte immer gleicher Art erzeugen, ohne auf individuelle Feinheiten einzugehen. Drittens liegt in der Benutzung nur jedes 250. Impulses eine grosse Störanfälligkeit, da gerade dieser zufällig ausfallen mag, während umgekehrt jedes Knackgeräusch einen Punkt schreiben möchte. Das photographische Verfahren integriert über solche Zufälligkeiten hinweg. Man wird also für eigentliche Ionosphärenstationen immer die photographische Registrierung beibehalten und das Schreibverfahren da einsetzen, wo ein rascher Überblick über die jeweils vorliegenden Verhältnisse verlangt wird, wie etwa bei Kontrollstrecken für Feilversuche.

Für Durchläufe mit veränderlicher Frequenz ist das Verfahren nur bei sehr langsamer Frequenzvariation brauchbar, nicht aber bei den üblichen Durchlaufzeiten von wenigen Minuten.

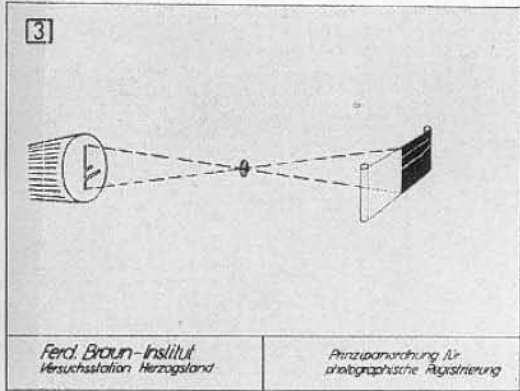
Für ortsfeste Stationen mit Quarzuhr ist im übrigen eine Änderung erwogen, indem anstelle der Stimmgabel ein Differentialgetriebe selbsttätig als Differenz von Uhrenfrequenz und Schreiberdrehzahl die Suchfrequenz bilden soll. Damit würde automatisch ein vollständiger Gleichlauf erzielt.



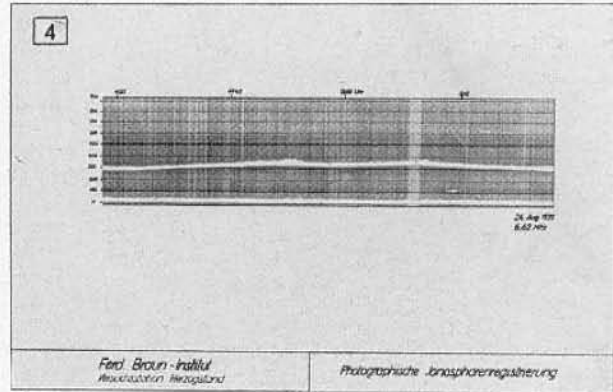
zu S. 136



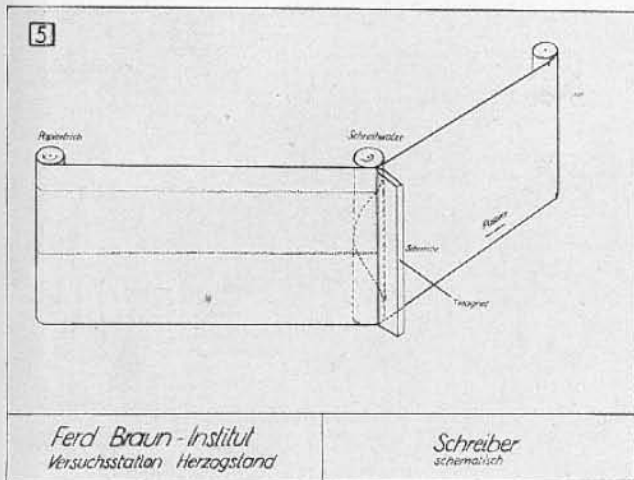
zu S. 136



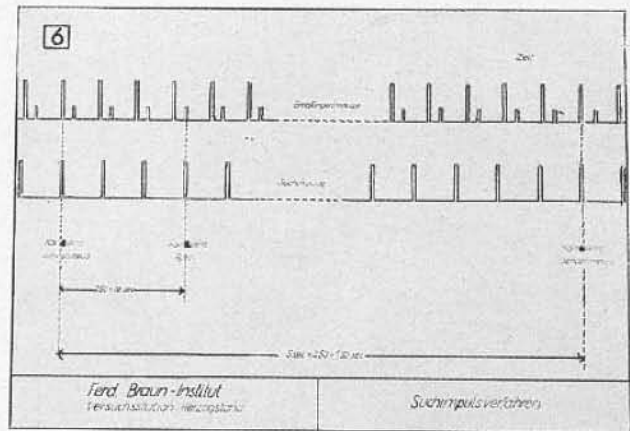
zu S. 136



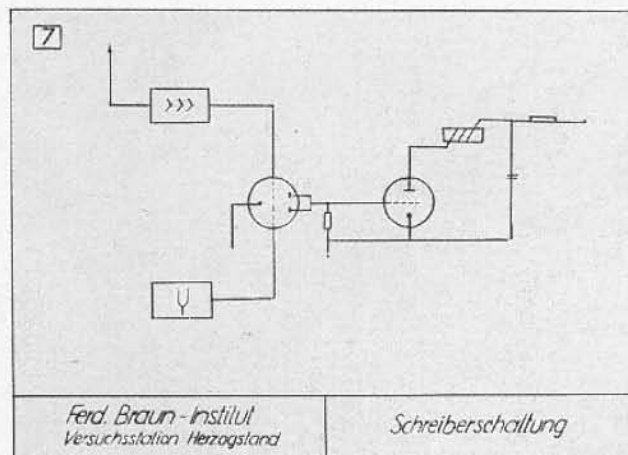
zu S. 136



zu S. 136



zu S. 137



zu S. 137