

Lang- und Längswellenmessungen

von

Fritz Vilbig

I. Aufgabe.

Es sollen bei Lang- und Längswellen folgende Fragen geklärt werden:

- 1.) Größe der auftretenden Feldstärkeschwankungen in Abhängigkeit von der Frequenz und dem Ausbreitungsweg.
- 2.) Zeitliche Veränderungen der Feldstärke. Tages- und Jahresgang.
- 3.) Ursache der Feldstärkeschwankungen: Vektorielle Änderung, Phaseneinfluß oder Absorptionseffekt.
- 4.) Beteiligung der Bodenwelle.
- 5.) Es soll der Anschluß der Ausbreitungserscheinungen der Lang- und Längswellen an Mittel- und Übergangswellen gesucht werden, insbesondere auch hinsichtlich der auftretenden Ausbreitungsstörungen.

II. Meßapparatur.

Die Messungen wurden mit einem Längswellenempfänger durchgeführt, dessen Ausgangsspannung auf einem Kathodenstrahloszillographen abgebildet wurde. Die Eichung erfolgte mittels Feldstärkemeßgerät in Feldstärkewerten. Ein Beispiel der photographischen Aufzeichnung in Abb. 1. Zur Untersuchung der vektoriellen Fragen wurde eine Rahmenantenne verwendet.

III. Ergebnisse.

Zu 1.)

Die bisherigen Messungen ergaben, daß die Empfangsfeldstärke bei den Lang- und Längswellen beträchtlichen Schwankungen unterworfen ist. Es traten Schwankungen in der Größenordnung bis etwa 1:70 auf. In Abb. 2 ist a) die reduzierte Maximal- und Minimalfeldstärke $E \cdot r \sqrt{N}$ b) das Verhältnis der maximalen zur minimalen Feldstärke der beobachteten Sender in Abhängigkeit von der Wellenlänge aufgetragen. Die Feldstärke hat ein Minimum zwischen

7000 und 10 000 m. Ebenso scheint auch der von Leistung und Entfernung unabhängige Schwankungsbereich der Feldstärke hier geringer zu sein.

Zu 2.)

Den im letzten Winter beobachteten Tagesgang der Feldstärke von überseeischen Längstwellensendern zeigt Abb. 3. Beide Sender haben am Tage einen Abfall der Feldstärke. Der mittelamerikanische Sender fällt früher ab und kommt später wieder als der nordamerikanische. Bei dem erstgenannten Sender liegt das Minimum etwa zwischen 8° und 23° , bei dem letztgenannten zwischen 13° und 16° . Diese Unterschiede sind vermutlich nicht allein auf die Wellenlängendifferenz zurückzuführen, sondern auf die verschiedene Lage der Ausbreitungswege. Abb. 4 zeigt den Tagesgang von europäischen Lang- und Längstwellensendern. Die Längstwellensender zeigen maximale Feldstärke unter Mittag und nachts einen geringeren Wert, im Gegensatz zu den überseeischen Längstwellensendern. Die Langwellensender auf 6 300 m und auf 3 822 m haben ausgeprägte Dämmerungsminima. Bei dem italienischen Sender wurde im Herbst ein zeitlich paralleler Gang des Abendminimums mit dem Sonnenuntergang festgestellt, ebenso auch im jetzigen Frühjahr, während im Winter diese Regelmäßigkeit nicht vorhanden war, sondern sprunghafte Änderungen in der zeitlichen Lage eintraten. Der spanische Sender auf 3 670 m hat im Laufe des Tages ein Minimum der Feldstärke ähnlich wie die amerikanischen Längstwellensender.

Zu 3.)

Längere Schwundperioden wurden durch Peilung als nichtvektorielles Vorgänge erkannt. Phaseneinfluss kann in diesen Fällen auch nicht vorliegen, da einerseits die Phase über so lange Zeitabschnitte nicht konstant bleiben würde, andererseits zwischen den zeitlichen Schwankungen des Maximums und Minimums entweder eine gleichsinnige oder gegenläufige Beziehung vorliegen müsste, was aber nicht der Fall ist. Die längeren Schwundperioden sind deshalb eindeutig durch Absorption hervorgerufen. Richtungsablen-

kungen wurden zeitweise, insbesondere in den Dämmerungszeiten, bis zu 45° und mehr gefunden.

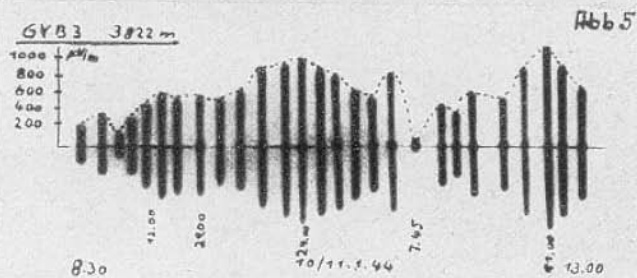
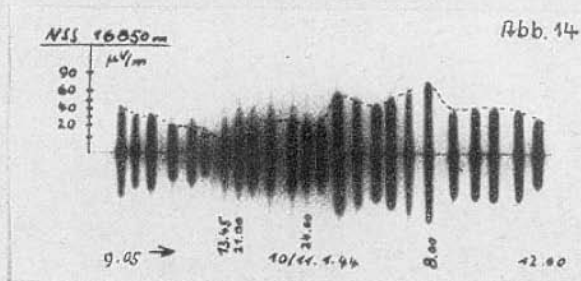
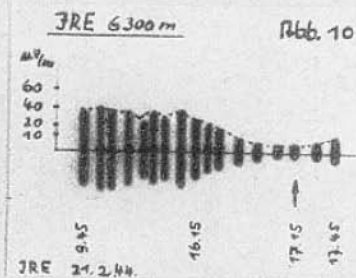
Zu 4.)

Bei einer Anzahl von Sendern sinkt die Feldstärke unter den Störspiegel ab. Hier dürfte eine merkliche Bodenwelle nicht vorhanden sein. Rechnet man nach van der Pol aus den Minimalfeldstärken die Leistung aus, d.h. also unter der Annahme, dass diese Minimalfeldstärke die Bodenwelle darstellen würden, so erhält man für europäische Sender Werte, die um ein bis drei Zehnerpotenzen zu niedrig liegen, für überseeische Sender Werte, die um einige Zehnerpotenzen zu hoch liegen. Betrachtet man die gesamte Feldstärke als Raumstrahlung, so kann man unter Berücksichtigung der Strahlungsdivergenz und der Zahl der Reflexionen bei angenommenen Reflexionshöhen zwischen 50 und 80 km Reflexionskoeffizienten ausrechnen. Der Schwankungsbereich des Gesamtreflexionskoeffizienten ist aus Abb. 5 a) in Abhängigkeit von der Wellenlänge ersichtlich, wo die Tages- und Nachtwerte des Reflexionskoeffizienten ρ dargestellt sind. Die Schwankungen betragen etwa ein bis zwei Zehnerpotenzen. In Abb. 5 b) ist $\sqrt[n]{\rho}$ gezeichnet, wobei n die Zahl der möglichen Reflexionen auf den betreffenden Ausbreitungswegen ist. Während hier der Reflexionskoeffizient für europäische Sender ebenfalls ein bis zwei Zehnerpotenzen beträgt, ist der Schwankungsbereich bei den überseeischen Sendern wesentlich geringer, nämlich etwa 1:2. Diese Tatsache, die nicht so ohne weiteres zu erklären ist, spricht u.U. dafür, dass es sich bei der Langwellenausbreitung vermutlich mehr um eine Führung der Wellen zwischen Erde und einer leitenden Schicht handelt im Gegensatz zu den Zick-Zack-reflexionen. Bemerkenswert ist übrigens auch das umgekehrte Verhältnis des Reflexionskoeffizienten (Tag/Nacht) bei Wellen über 17000 m.

Zu 5.)

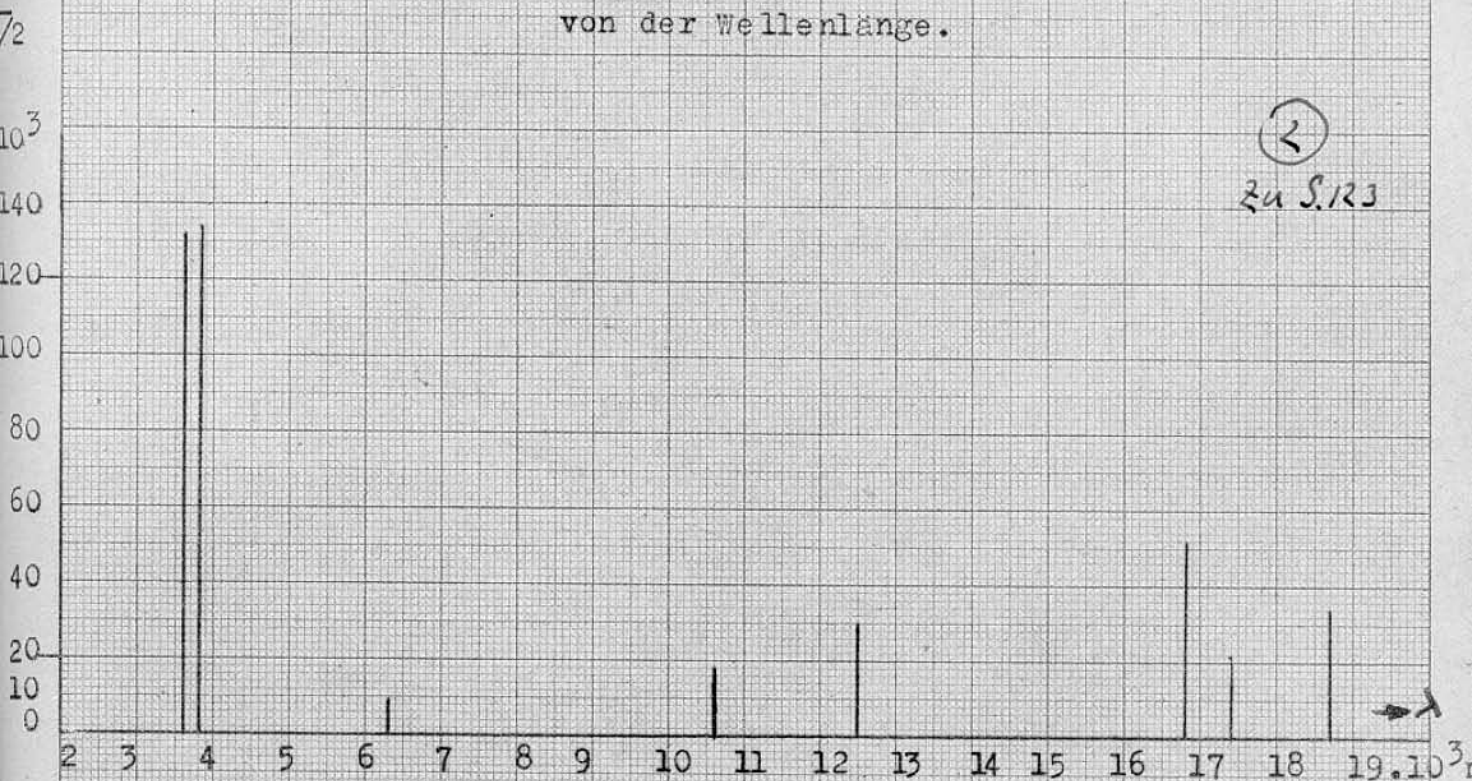
Untersuchungen in dieser Richtung werden bereits angestellt. Endgültige Ergebnisse hierüber liegen jedoch noch nicht vor.

Abb. 1

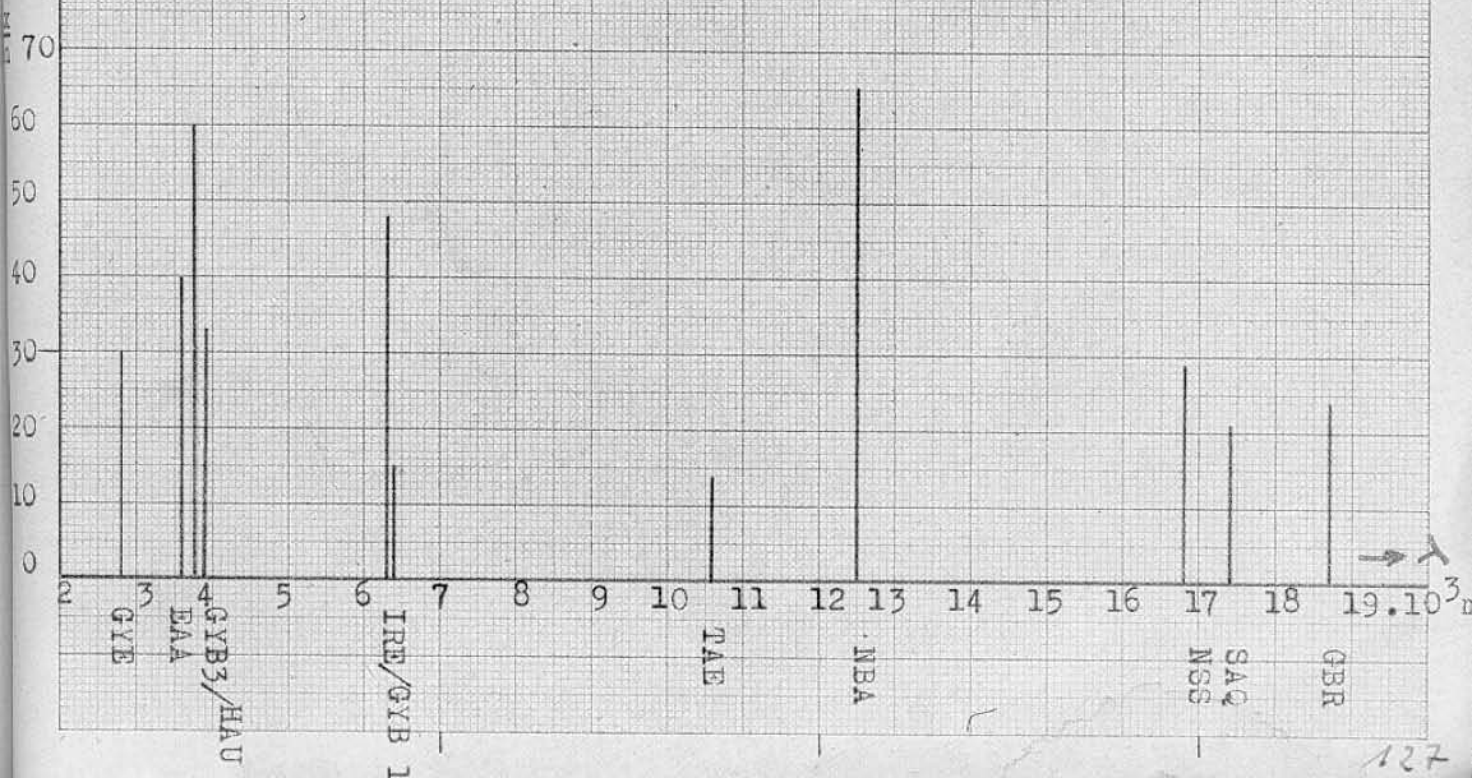


b.2

a) Reduzierte Empfangsfeldstärke in Abhängigkeit
von der Wellenlänge.

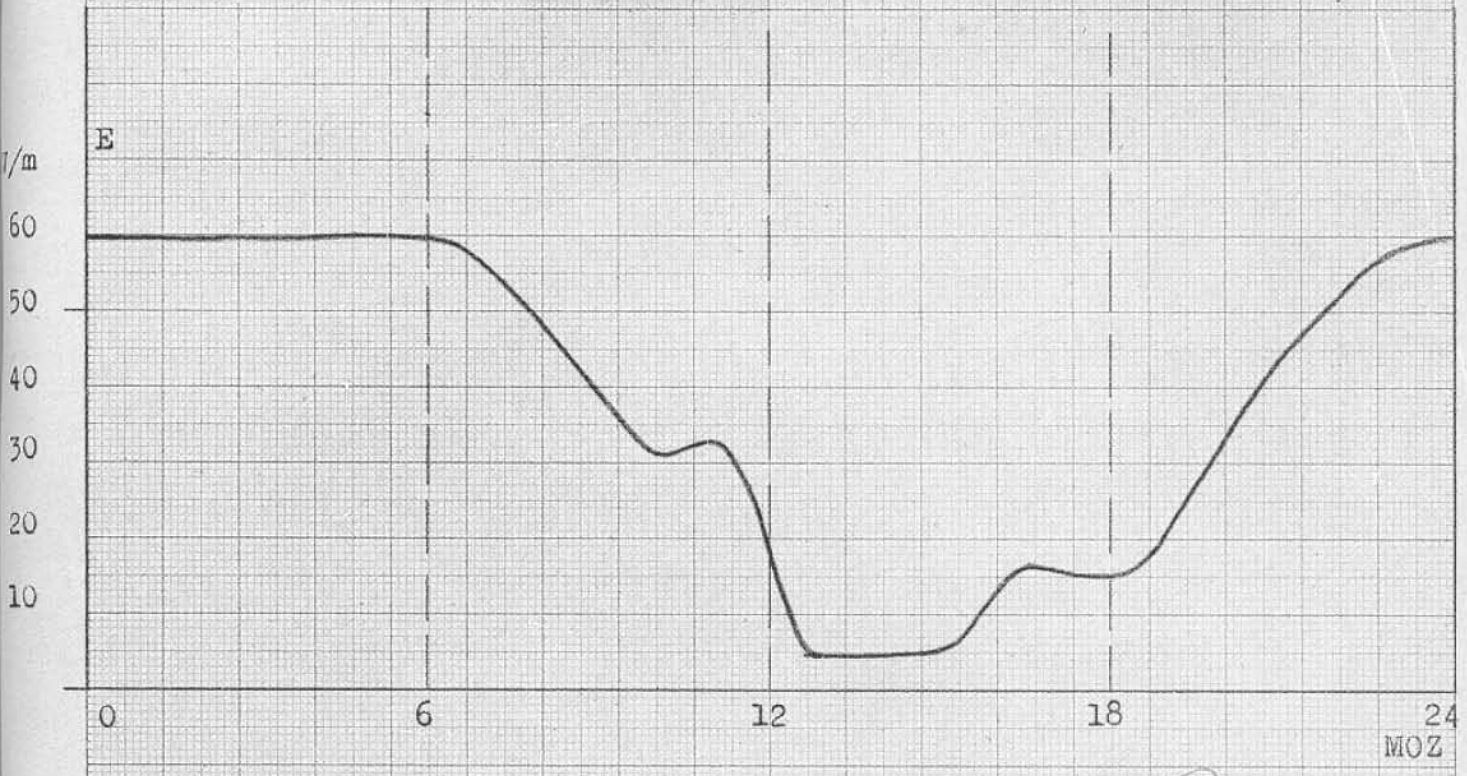


b) Das Verhältnis $E_{max} : E_{min}$ in Abhängigkeit
von der Wellenlänge.



Nordamerikanischer Längstwellensender.

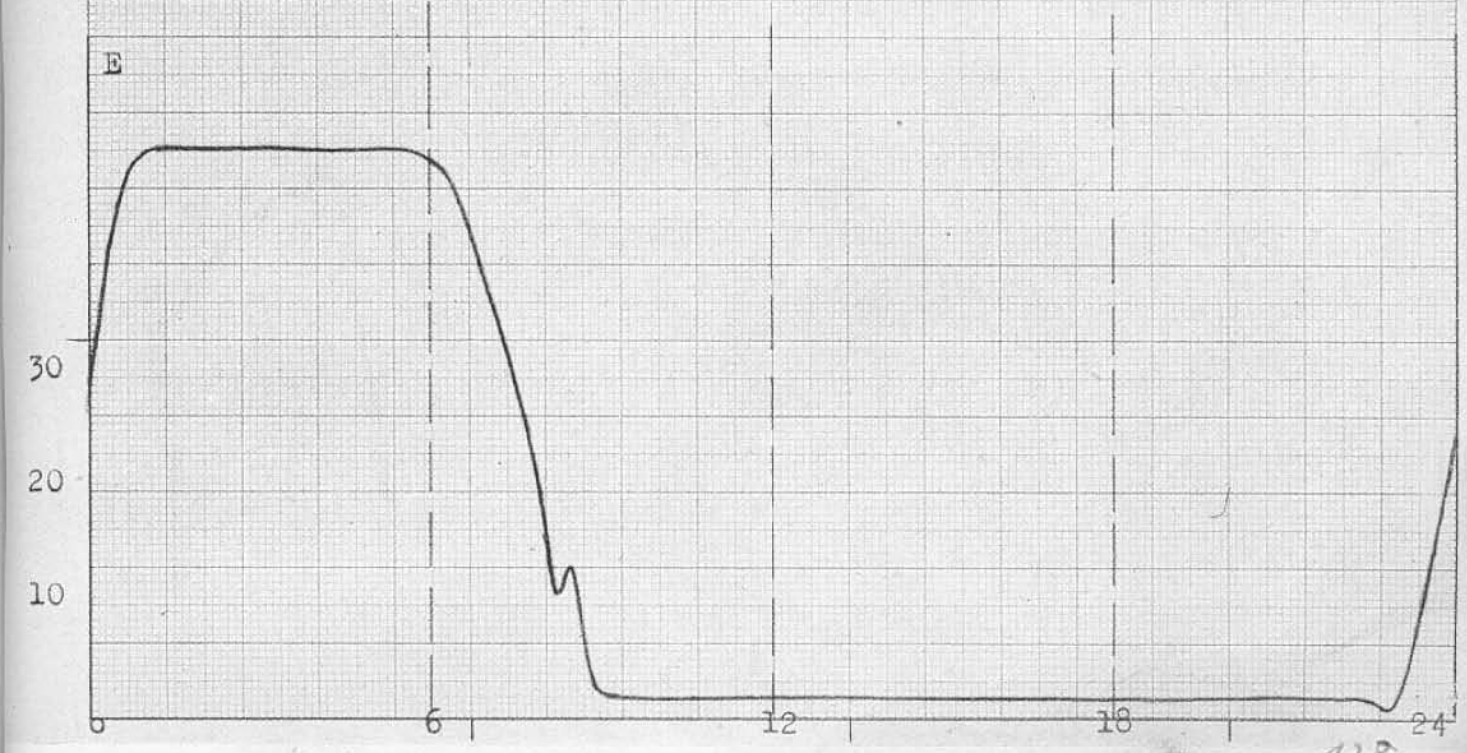
NSS 16 850 m . e = 6 650 km



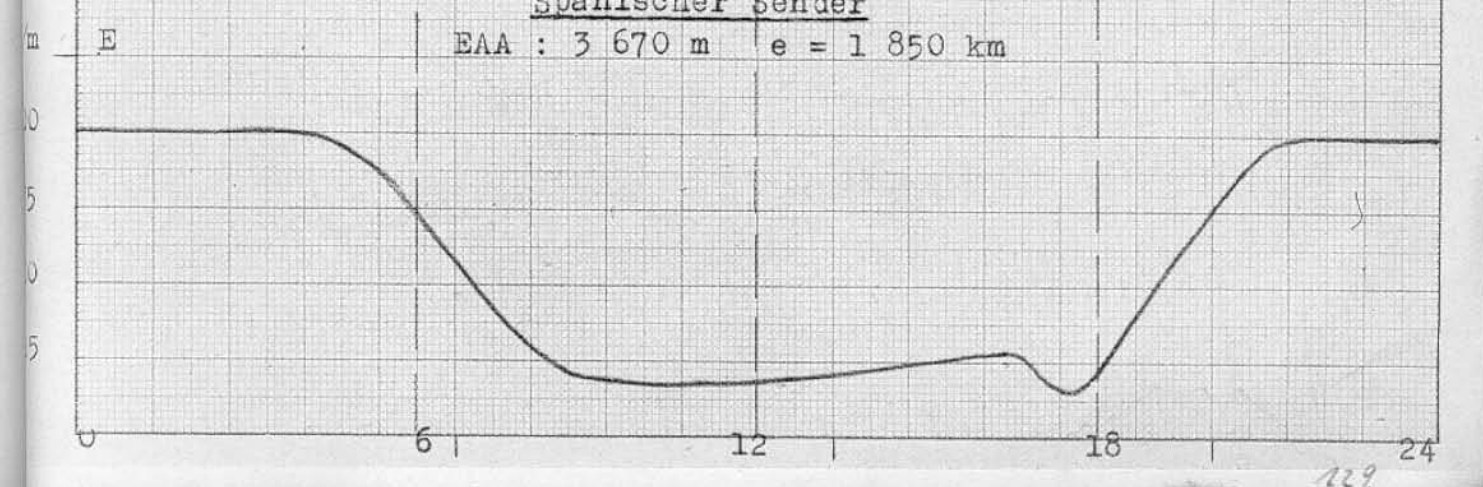
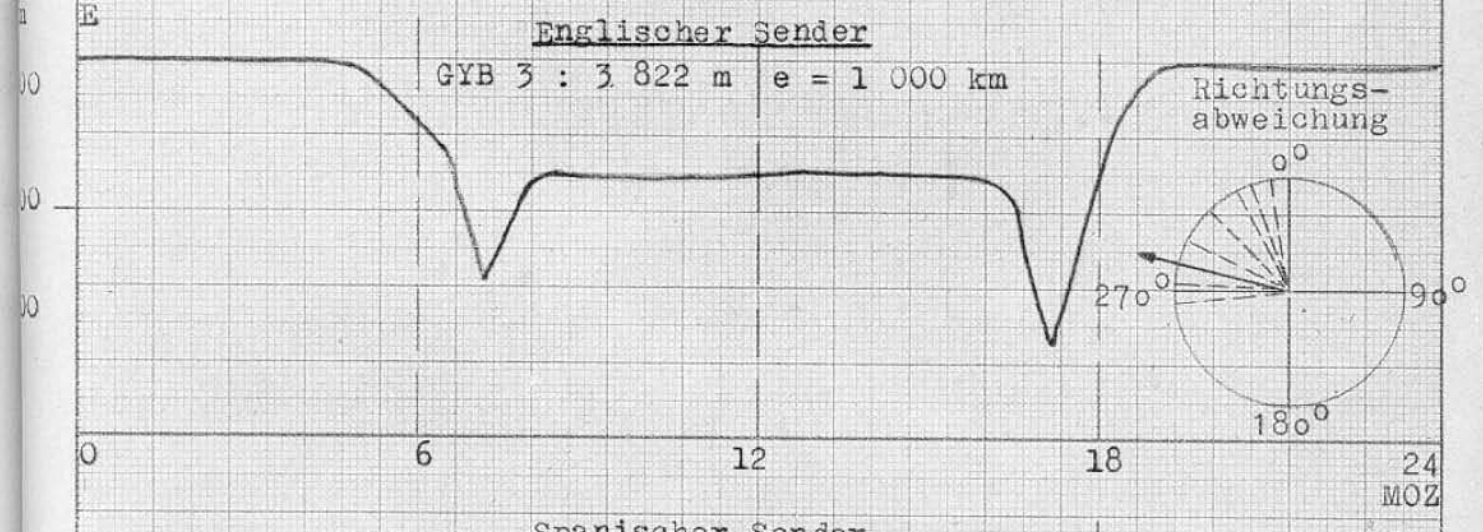
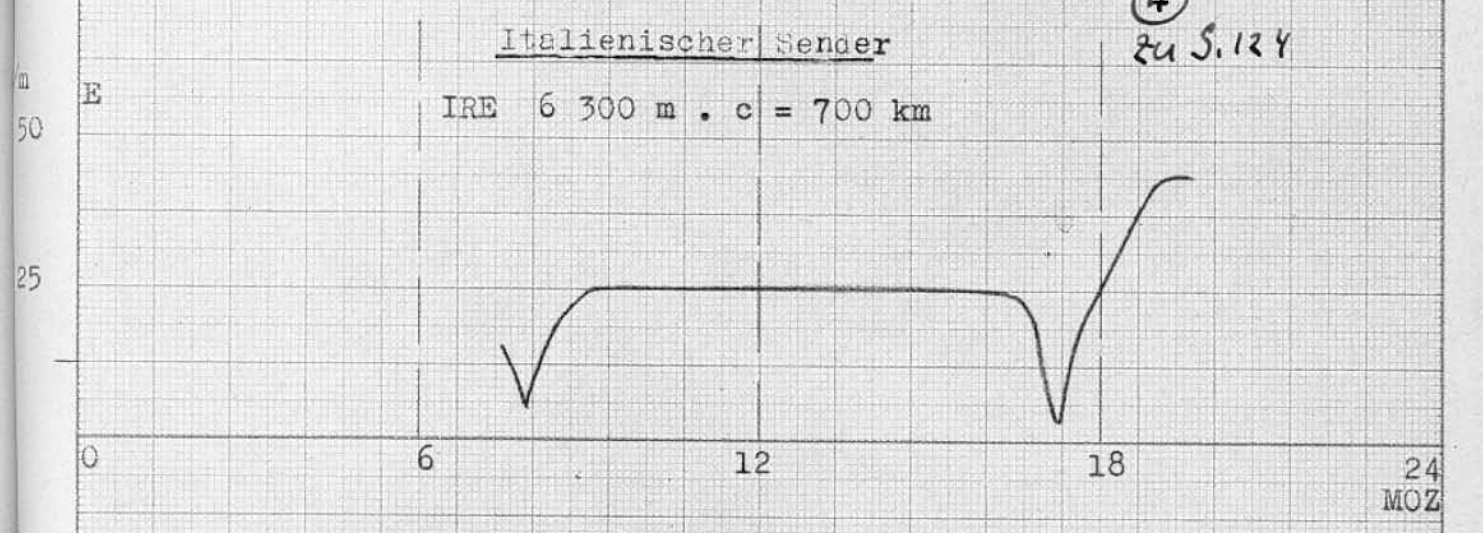
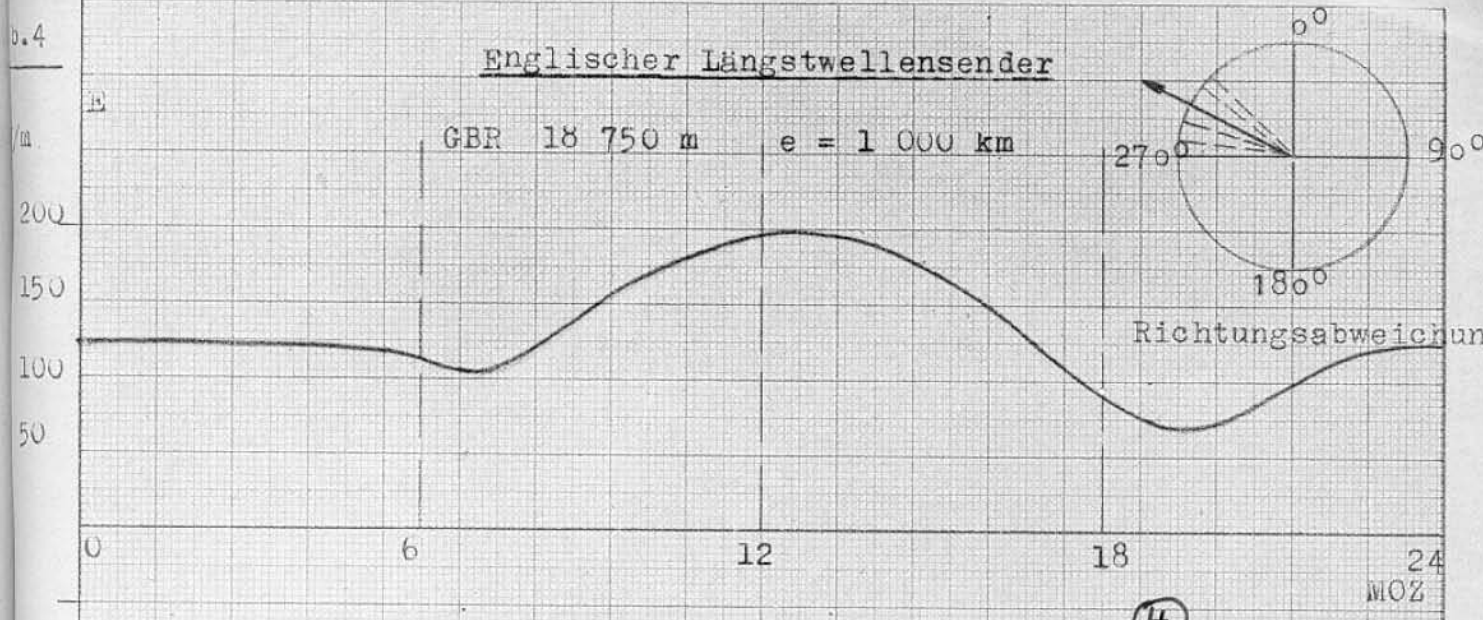
(3) zu S. 124

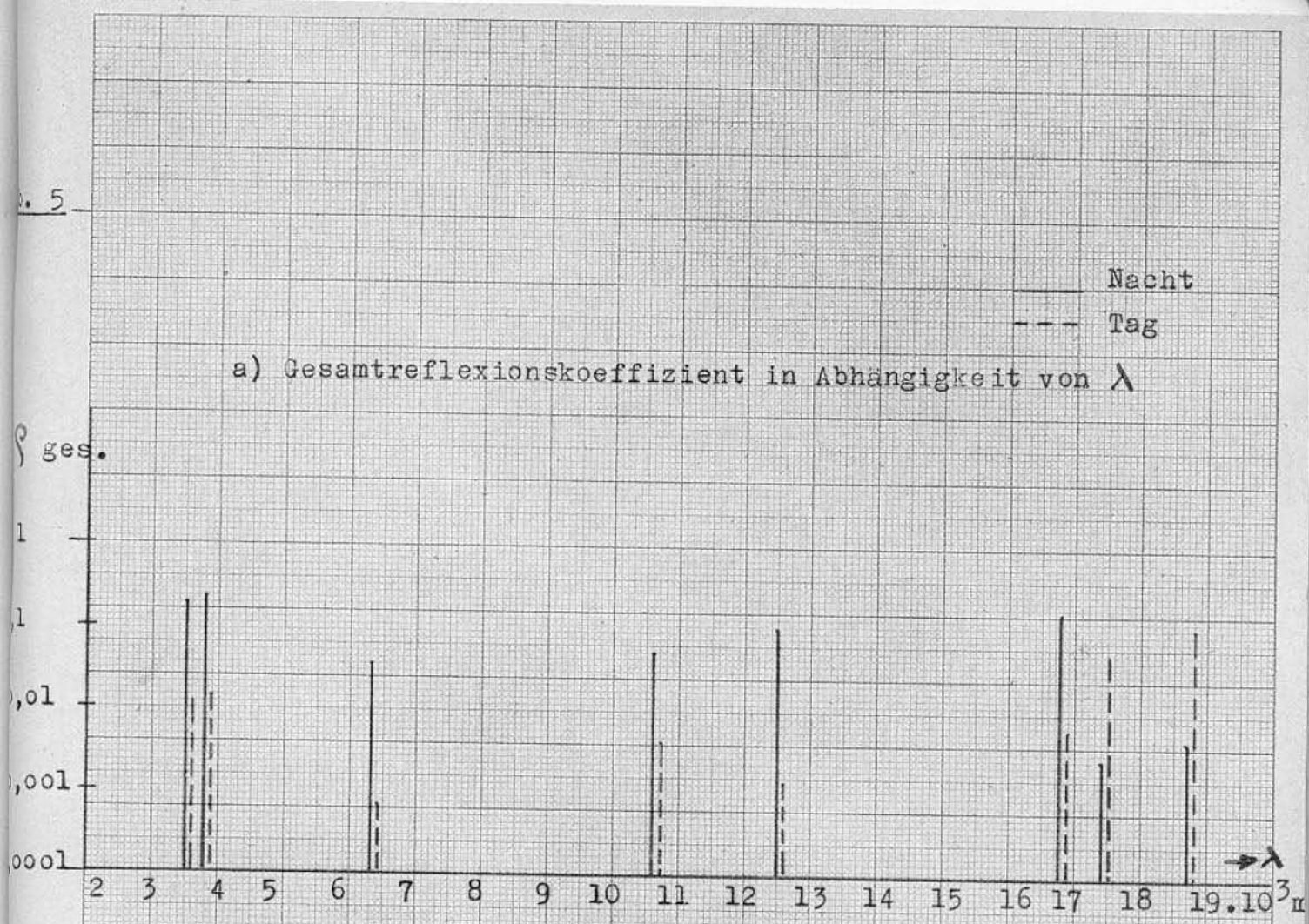
Mittelamerikanischer Längstwellensender.

NBA 12 500 m . e = 7 780 km

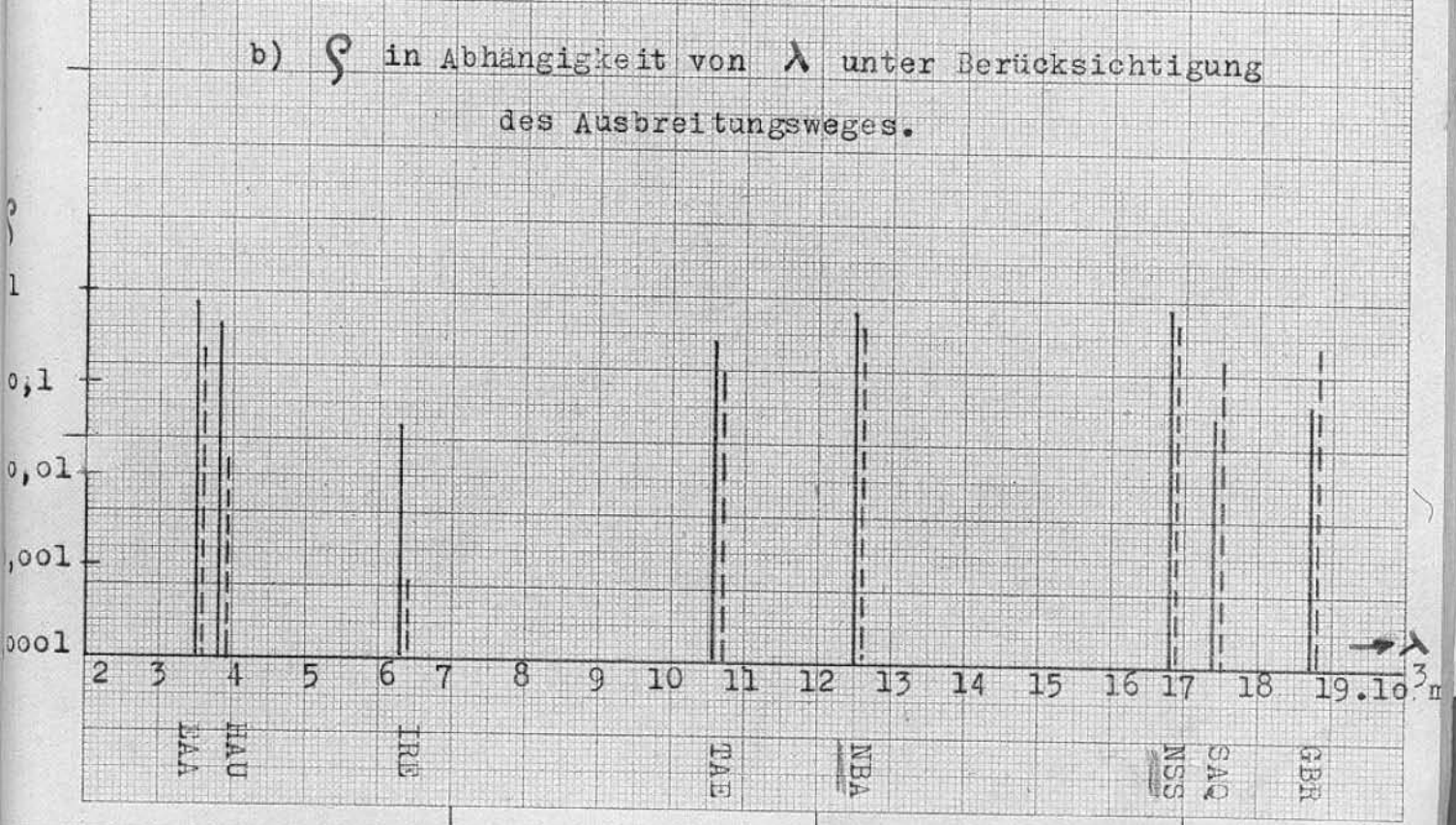


127





(5)
24.5.125



Verfahren " Speyer " .

Abt. Präs. Dr. V i l b i g

Da die alten Peilmethoden weder an Zuverlässigkeit noch an Genauigkeit den Anforderungen entsprechen, die man von einer Ortung auch über grössere Entfernungen zu jeder Tageszeit verlangen muss, ging man bereits vor einiger Zeit dazu über, Interferenzen elektromagnetischer Wellen zur Ortung zu benutzen. Nach diesem Grundprinzip arbeiten heute schon verschiedene Verfahren, die sich vorwiegend der Kurzwellen bedienen und einen wesentlichen Fortschritt gegenüber der alten Peilung mit Rahmen darstellen. Durch den Krieg sind neben den Forderungen der Zuverlässigkeit und Genauigkeit noch die der Geheimhaltung und einer geringen Störmöglichkeit hinzugekommen. Da letztere eine unerlässliche Bedingung für ein jederzeit zuverlässig arbeitendes Ortungsverfahren darstellt, wurde beim Verfahren Speyer die Erzeugung der Interferenzen durch Modulationsfrequenzen und nicht durch hochfrequente Träger gewählt; denn bei diesen könnte die Ortung schon leicht dadurch gestört oder verfälscht werden, dass man einen Störsender auf der Trägerfrequenz arbeiten liesse. In diesem Falle wäre ein Ausweichen mit dem Träger auf eine andere Frequenz nicht möglich, weil dadurch das festgelegte Interferenzsystem verändert würde. Bei einem durch Modulation erzeugten Interferenzsystem kann hingegen ohne Einfluss auf dieses die Trägerfrequenz gewechselt werden. Für die Träger wurde der Lang- bzw. Längstwellenbereich gewählt, da dort konstantere Ausbreitungsbedingungen für grosse Entfernungen auch nachts zu erwarten sind als auf kürzeren Wellen. Die genaue Untersuchung dieser Verhältnisse ist z.Zt. noch im Gange.

Dem Verfahren Speyer liegen nun folgende Überlegungen zu Grunde: Moduliert man zwei Sender mit verschiedenen Trägern mit einer exakt gleichen Tonfrequenz, beispielsweise 3000 Hz, so entstehen für die Modulationsfrequenzen Interferenzzonen, die ein zur Mittelsenkrechten der Verbindungslinie der beiden Sender symmetrisches festes Hyperbelsystem bilden. Wird nun die Modulationsfrequenz des einen Senders um wenige Schwingungen in der Sekunde (z.B. 10 Hz) gesteigert, so

wandert das Hyperbelsystem mit einer Geschwindigkeit der Frequenzzunahme in Richtung des Senders mit der konstant gebliebenen Modulationsfrequenz. An dem zu ortenden Punkt werden die beiden modulierten Träger nebeneinander empfangen und demoduliert. Die nun wieder erhaltenen Modulationsfrequenzen werden gemischt und nochmals demoduliert, worauf die so gewonnene Differenzfrequenz auf ein Zählersystem gegeben wird, das die einzelnen durchwandernden Hyperbeln registriert und mit Grobzählern bezeichnet sei. Da aber die Zahl der unter den geschilderten Bedingungen durchlaufenden Hyperbeln an allen Orten des Systems gleich ist, und somit noch keine Ortung möglich wäre, wird eine weitere Modulationsfrequenz auf die beiden Sender gegeben, die jeweils genau $1/10$ der zur Erzeugung des wandernden Hyperbelsystem benutzten Tonfrequenzen betrifft. Dadurch erhält man auf der Empfangsseite auch eine 10 mal so langsame Schwebung, die zum Abschalten des Zählvorganges verwendet wird, sodass nunmehr die Bestimmung einer Hyperbelnummer für jeden Ort möglich ist. Beträgt beispielsweise der Abstand der beiden Sender voneinander 500 km, so kommen für die Modulationsfrequenz von 3000 Hz auf die Verbindungslinie der Sender 10 Interferenzmaxima und -minima und entsprechend der zweiten Modulationsfrequenz $1/10$ der ersten 1 Interferenzmaximum- und minimum.

Die unter diesen Voraussetzungen erreichte Ortungsgenauigkeit beträgt mithin 50 km. Für diese Praxis muss man jedoch eine Genauigkeit von mindestens 500 m bezogen auf die Basis des Hyperbelsystems erstreben. Wollte man dies wieder durch ein weiteres Interferenzsystem von Modulationsfrequenzen erreichen, so müssten diese 100 mal so hoch sein wie die für das Grobssystem benutzten, also 300 000 Hz betragen. Die Verwendung solcher Modulationsfrequenzen, insbesondere bei längeren Trägerwellen verbietet sich, von allen anderen Nachteilen abgesehen, schon wegen der Unmöglichkeit, sie durch den Niederfrequenzteil der vorhandenen Telephonie-Empfänger zu bringen, deren obere Grenzfrequenz wenig über 3000 Hz liegt. Deshalb wird, um Bruchteile eines Hyperbelabstandes - in diesem Falle Hunderstel - zu registrieren, eine Zeitmessung vorgenommen. Ein Feinzähler mit

einem Schrittvermögen bis zu etwa 200 Schritten wird mit der Frequenz von 100 Hz betrieben und durch den ersten Schritt des Grobzählers, also die erste den Empfangsort durchlaufende Hyperbel, abgeschaltet. Beträgt die Erhöhung der Modulationsfrequenz des einen Senders vom Beginn der Modulation bis zum Ablauf der 1. Sekunde genau 1 Hz, so entspricht jeder Schritt des Feinzählers einem Hunderstel des Hyperbelabstandes. Der Feinzähler kann mithin maximal 99 Schritte ausführen, bevor er abgeschaltet wird und zugleich der erste Schritt des Grobzählers erfolgt. Während der zweiten Sekunde wird dann der Hub der Modulationsfrequenz auf 10 Hz gesteigert.

Der Verlauf der Bestimmung der Lage eines Ortes zu dem Hyperbel-system eines Senderpaares ist also folgender: Mit Beginn der Modulation der beiden Sender tritt der mit 100 Hz angetriebene Feinzähler in Tätigkeit. Dieser wird in dem Augenblick abgeschaltet, in dem die erste der wandernden Hyperbeln den Empfangsort erreicht. Damit beginnt der Hauptsähler die durchwandernden Hyperbeln zu registrieren bis auch er durch das Eintreffen der Abschalthyperbel stillgesetzt wird. Der vollständige Zählvorgang nimmt etwa 2 Sekunden in Anspruch. Durch Wiederholung mit einem zweiten Senderpaar ergibt sich ein Schnittpunkt der beiden Hyperbelsysteme, womit die Ortung eindeutig gegeben ist.

Durch die Unabhängigkeit des Verfahrens von den benutzten Trägern wäre es auch möglich, für beide Sender die gleiche Trägerwelle zu nehmen. In diesem Falle müssten sich jedoch ihre Modulationsfrequenzen, wie 2 : 1 verhalten, d.h. der eine Sender würde mit 300 und 3000 Hz, der andere mit 150 und 1500 Hz moduliert, wobei letztere am Empfangsort durch Verdopplung auf 300 und 3000 Hz zu bringen wäre.

Da man bei Verwendung verschiedener Trägerfrequenzen durch eine Verdopplung der Modulationsfrequenzen im Empfänger in einfachster Weise zu den für ein seitlich exaktes Schalten der Relais und Zähler erforderlichen schmalen Impulsen kommt, kann man so zugleich die Genauigkeit des Verfahrens verdoppeln. Es entspricht dann auf der Hyperbelbasis ein Schritt des Feinzählers einer Entfernung von 250 m

Die konstante Frequenz von genau 100 Hz zum Betrieb des Feinzählers kann in den meisten Fällen an Bord eines Fahr- oder Flugzeuges nur mit Schwierigkeit erzeugt werden. Aus diesem Grunde ist der eine Sender neben der erwähnten Modulation noch mit 100 Hz auf 800 oder 1000 Hz beaufschlagt. Die Doppelmodulation von 100 Hz auf 800 oder 1000 Hz ist nötig, weil die untere Grenzfrequenz des Tonteils der Telephonieempfänger meist über 100 Hz liegt.

Das Gerät war bereits fertig entwickelt, als es durch den Brand der Forschungsanstalt der Deutschen Reichspost im März vorigen Jahres zerstört wurde, Ehe mit dem neuen Aufbau begonnen wurde, wurde eine Prüfung auf Brauchbarkeit vorgenommen, da Zweifel darüber bestanden, ob die Phase der Modulation bei der Ausbreitung gestört wurde.

Zur Prüfung der Brauchbarkeit des Verfahrens Speyer für Nachtortungen wurden Versuche mit den Sendern Warschau-Weichsel (224 KHz, 1340 m) und Heilsberg (1132 KHz, 265 m) angestellt. Dabei war Warschau mit 3000 Hz moduliert, Heilsberg machte Ballempfang von Warschau, strahlte also mit der gleichen Modulation. Beobachtet wurde zunächst in zwei Nächten in Warschau der Sender Heilsberg, dessen Modulation auf dem Zweistrahlerzillograph, mit dem die Modulation liefernden Schwebungsnummer verglichen wurde. Die Phasenlage zwischen den beiden Kurvenzügen war recht inkonstant und schwankte in kurzen Zeitabständen (2 bis 3 Minuten) um 180° und mehr, was auf die Lage des Senders Warschau zu Heilsberg (Nahschwundzone) zurückzuführen ist. In drei weiteren Nächten wurden die in gleicher Weise wie vorher modulierten Sender Warschau und Heilsberg in Ahlinbauhüle (Mecklenburg), Leipzig und Langenberg beobachtet. Hierbei zeigte sich eine ausgeprägte zeitliche Überinstimmung der Beobachtungsergebnisse an den drei Orten. In der ersten Nacht waren die Schwankungen der Phasenlage der beiden Sendermodulationen recht beträchtlich, zeitweise traten Phasensprünge von 180° auf. Zwischen $3\frac{1}{2}$ und $4\frac{1}{2}$ Uhr morgens stellte sich eine wesentliche Beruhigung ein. Kurz vor 5 Uhr wieder starke Phasenschwankungen. In der zweiten Nacht waren die Verhältnisse ruhiger als in der ersten. Über längere Zeiträume (20 bis 30 Min.) traten verschiedentlich nur ganz geringe Schwan-

kungen der Phasenlage auf. Kurz vor 5 Uhr morgens wieder - allerdings langsam verlaufende - Phasenverschiebung von 180° . Während der dritten Nacht blieb die Phasenlage über eine Stunde lang ohne wahrnehmbare Änderung. Die in den voraufgehenden Nächten auftretenden starken Amplitudenschwankungen traten nicht auf. Nach 4 Uhr langsame Änderung um etwa 70° . Gegen Beginn der Dämmerung in der Ionosphäre (5 Uhr früh) wieder sprunghafte Phasenschwankungen.