

Untersuchungen an Kurzwellen-Echosignalen

II. Teil

Von HANNS ALBRECHT HESS¹

(Z. Naturforschg. 2a, 528—534 [1947]; eingegangen am 28. April 1947)

In der früheren Abhandlung² gleicher Überschrift sind Untersuchungen nur an Signalen bei mehr als 1000 km vom Beobachtungsort entfernten Kurzwellensendern des Frequenzbereiches 10 bis 20 MHz enthalten. In dieser Fortsetzung wird über Signaluntersuchungen an näher liegenden Kurzwellensendern berichtet. Es treten hier sehr ausgeprägte Mehrweg-Phänomene beim Hauptsignal in Erscheinung, durch die zu meist ionosphärische Entfernungsbestimmungen undurchführbar sind. Durch Laufzeitmessungen zwischen den nacheinander eintreffenden Signalen unter Einbeziehung der von diesem Phänomen nicht betroffenen Erdumläufe in dieselben, ferner durch Antennenversuche und Betrachtungen über die ionosphärisch bedingte Echozone wird versucht, Aufschlüsse über diese Mehrweg-Phänomene zu finden.

Bei Untersuchungen während der Jahre 1926 bis 1934 sind neben der Erscheinung der Erdumläufe und rückwärtigen Signale auch Kurzwellenechos kleinerer Laufzeit beobachtet worden, die von Mögel³ als „Nahechos“ bezeichnet wurden. Auch andere Forscher haben Nahechos beobachtet. Beispielsweise wurde der 20 MHz-Sender Nauen, der mit Richtstrahler nach Südamerika ausgerüstet war, in London innerhalb der Sprungentfernung empfangen. Durch Peilung wurde damals festgestellt, daß die Signale nicht aus der unmittelbaren Großkreisrichtung, sondern aus südlicher Richtung ankamen. Daraus wurde geschlossen, daß der stark gebündelte, gerichtete und in etwa 1600 km Entfernung von Nauen — in diesem Falle etwa über Nordafrika — auf die F-Schicht auftreffende Strahl nicht nur in der Großkreisrichtung reflektiert, sondern auch nach verschiedenen Richtungen zerstreut wird. Spätere Versuche in England innerhalb der Sprungentfernung des Kurzwellensenders Ongar, die mit Frequenzen von etwa 20 MHz mit kurzen Impulsen durchgeführt wurden, bewiesen das Auftreten der sogen. „Streureflexionen“.

Vorliegende Untersuchungen wurden mit den gleichen technischen Einrichtungen durchgeführt, wie sie bereits beschrieben wurden. Sie ergänzen die früheren Erkenntnisse über die „Nahechos und Streureflexionen“. Der Ort der Beobachtungen war Frederikshavn, 57° 26' N, 10° 29' E.

¹ Ulm, Schadstr. 24.

² Z. Naturforschg. 1, 499 [1946].

³ Mögel, Kurzwellenerfahrungen im drahtl. Überseeverkehr von 1926—1934, Telefunkenztg. Nr. 67 [1935].

1. Betrachtungen über die Echozone

Eine Echotätigkeit bei Kurzwellensignalen zwischen zwei Orten auf der Erdkugel besteht, wenn der Verbindungsgroßkreis nahezu mit dem Dämmerungsgürtel zusammenfällt. Die beobachtete Dauer des Auftretens von Echos während etwa drei zusammenhängenden Stunden ist bei fernen Sendern damit zu erklären, daß um den Erdball herum eine breite, mit der Erddrehung wandernde Zone vorhanden ist, in der homogene ionosphärische Bedingungen für eine Kurzwellenausbreitung bestehen. Diese Zone soll als „Echozone“ bezeichnet werden. In Abb. 1a und 1b wird diese Zone für die Nordhalbkugel zu verschiedenen Tageszeiten im Sommer und im Winter veranschaulicht, und zwar für die Ionisationsverhältnisse während der Jahre 1942 bis 1944. Während der Morgenstunden im Winter und während des Abends im Sommer verläuft die Echozone entsprechend der Darstellung in Abb. 1a. Frederikshavn, Berlin, London und Tokyo, und auf der nicht abgebildeten Südhalbkugel auch Rio de Janeiro und Buenos Aires, liegen innerhalb derselben. Während des Nachmittags im Winter und der frühen Morgenstunden im Sommer liegen nach Abb. 1b Frederikshavn, London, Berlin und New York innerhalb der Echozone.

Beim Empfang von Sendern in Südamerika, Nordamerika und Ostasien zeigte sich allgemein das Gesetz, daß beim Auftreten von Echos der Verbindungsgroßkreis zwischen Sender und Beobachtungsort ganz innerhalb der Echozone liegt. Es zeigte sich jedoch, daß dieses Gesetz nicht er-



füllt zu sein braucht, wenn die beobachteten Sender weniger als etwa 1000 km vom Beobachtungsort entfernt waren, aber innerhalb der Echozone lagen. In Abb. 1a liegt der Verbindungsgrößkreis

kreis bei den innerhalb der Echozone um die Erde laufenden Signalen erklärt werden.

Abb. 2 veranschaulicht die Ergebnisse von gleichzeitigen Beobachtungen über die Dauer und Stärke der Echotätigkeit bei der deutschen Station DGO — 13 225 KHz in Nauen und der japanischen Station JNP — 13 740 KHz in Tokyo am 7. Mai 1943. Die Echos beider Stationen wurden am Braunschen Rohr beobachtet und miteinander verglichen. Ein Funker beurteilte die relative Stärke der Echos alle 10 Min. nach der Lautstärkeskala „1–5“ des FRAM-Codes. Die Echo-dauer bei beiden Stationen erstreckte sich in diesem Falle nahezu über die gleiche Zeit, und das

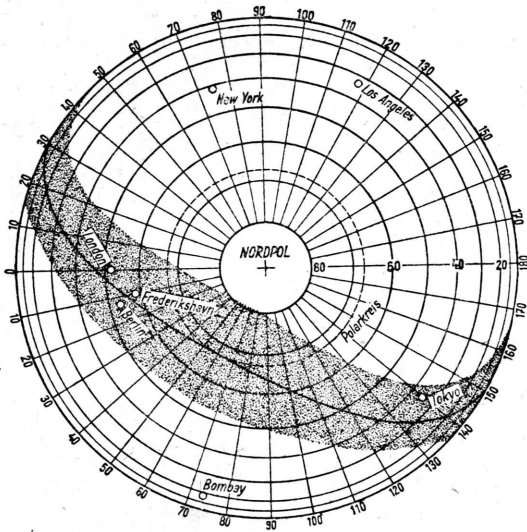


Abb. 1a. Richtung der Echozone
(Winter 09^h00, Sommer 21^h00).

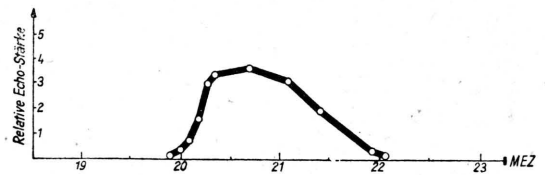
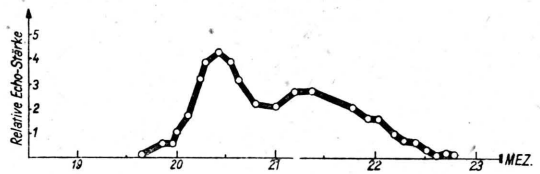


Abb. 2. Echozeiten bei zwei Stationen verschiedener Lage.

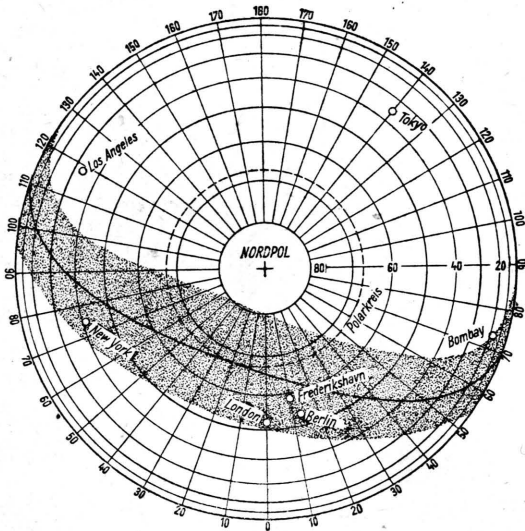


Abb. 1b. Richtung der Echozone
(Winter 14^h20, Sommer 02^h20).

Berlin—Frederikshavn nahezu senkrecht zum Dämmerungsgürtel, und trotzdem konnten stets bei dieser Lage an Kurzwellensendern im Raume von Berlin sehr starke Echosignale festgestellt werden. Diese Tatsache kann nur mit einer, wenn auch nur sehr kleinen Abweichung vom Groß-

Maximum trat bei beiden Stationen ungefähr um 20^h30 MEZ in Erscheinung. Die Signaluntersuchungen der nahen deutschen Stationen zeigten jedoch zu Zeiten der Winter- und Sommer-Sonnenwende ein Auftreten der Echos über eine noch wesentlich längere Zeitdauer. So wurde im Winter häufig fortlaufende Echotätigkeit zwischen 08^h00 und 16^h00 MEZ festgestellt.

2. Signaluntersuchungen bei weniger als 1000 km entfernten Sendern

Die Großkreisentfernung zwischen dem Beobachtungsort Frederikshavn und den deutschen kommerziellen Kurzwellensendern in Nauen und Rehmate war ungefähr 550 km. Es ist bekannt, daß die Sprungentfernung im Frequenzbereich zwischen 10 und 20 MHz auch am Tage oft erheblich größer als 550 km sein kann. Da es bei Verwendung höherer Frequenzen nicht sicher erschien, ob ein Signal auf dem direkten Weg Frederikshavn noch

erreichen würde, fanden ausgedehnte Versuche zu allen Tages- und Jahreszeiten an den Sendern DLO — 19947 KHz, DLN — 17670 KHz, DGR — 17395 KHz, DLK — 15075 KHz, DLJ — 13925 KHz und DGO — 13225 KHz statt, um Aufschlüsse hierüber zu erhalten.

Alle Filmaufnahmen bei weniger als 1000 km von Frederikshavn und Randers entfernten Sendern zeigten ein seltsames Mehrweg-Phänomen beim Hauptsignal, das in zwei oder mehrere kurz nacheinander ankommende Signale zerlegt wer-

Richtstrahlantenne nach Japan. Ein rückwärtiges, nach der entgegengesetzten Richtung laufendes Signal wurde dadurch nahezu unterdrückt. Die Energie von DLN wurde in einem flachen Winkel gegen den Horizont abgestrahlt. Tab.1 enthält Abstrahlungswinkel und dazugehörige Entfernungen, in denen ein Strahl bei ca. 200 km Höhe die Ionosphäre erreicht.

Die Vermutung liegt nahe, daß an der Stelle, wo das Signal auf die *F*-Schicht auftrifft, nicht nur eine Weiterleitung in der Großkreisrichtung

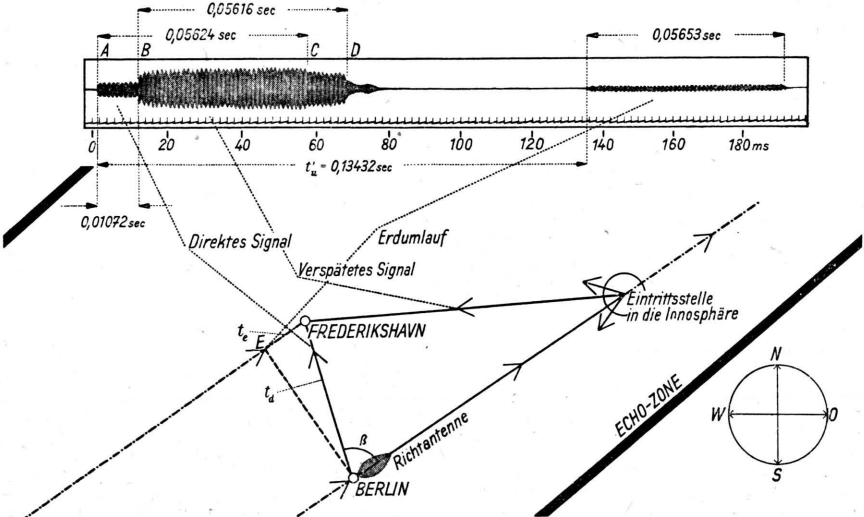


Abb. 3. Signalaufnahme bei der deutschen Station Rehmate DLN — 17670 KHz.

den konnte. Abb.3 zeigt eine solche Aufnahme beim Sender DLN — 17670 KHz an einem Tag während der Vormittagstunden im November 1942. Die dazugehörige Echozone ist in Abb.1 a dargestellt. Das Hauptsignal besteht hier aus zwei nacheinander eintreffenden Signalen A—C und B—D, die sich überlagern. Die Länge des zuerst ankommenden oder „direkten Signals“ ist 0,05624 sec und diejenige des verspätet eintreffenden Signals B—D ist 0,05616 sec. Das Umlaufsignal, das nach der Laufzeit $t_u = 0,13432$ sec gegenüber dem direkten Signal eintrifft, wurde zu 0,05653 sec gemessen. Das Hauptsignal ist nicht immer so scharf gezeichnet wie in Abb.3. Oft ist es sehr undeutlich infolge der Überlagerung der nacheinander eintreffenden „Nahechos“. Im unteren Teil der Abb.3 soll versucht werden, die Ursache des Mehrweg-Phänomens, durch welches das Hauptsignal betroffen ist, zu klären. Innerhalb der Echozone sind die beiden Orte Berlin und Frederikshavn eingezeichnet. DLN benutzte eine

erfolgt, sondern auch eine Streuung in andere Richtungen stattfindet. Das verspätete Signal B—D kann so gut erklärt werden. Das Signal A—C erreicht den Beobachtungsort sicher auf dem nächsten ionosphärischen Weg und soll daher „direktes Signal“ genannt werden. Der Laufzeitunterschied zwischen direktem und verspätetem Signal ist 0,01072 sec, was einem Weg von ungefähr 3200 km entsprechen würde, wenn eine Fortpflanzungsgeschwindigkeit von 299776 km/sec zugrunde gelegt wird.

| Abstrahlungswinkel in ° | Entfernungen in km |
|-------------------------|--------------------|
| 0 | 1600 |
| 5 | 1200 |
| 10 | 950 |
| 15 | 750 |
| 20 | 600 |
| 25 | 500 |

Tab. 1.

| Film Nr. | Datum | MEZ | Laufzeit t'_u in sec | Güte der Messungen |
|---------------------------------|------------------|-------|----------------------------------|-----------------------|
| DGR.— 17395 KHz, NAUEN | | | | |
| 316/1 | 17. Mai 1942 | 20.15 | 0,136972 | etwas undeutlich |
| 316/2 | | | 0,136958 | etwas undeutlich |
| 316/3 | | | 0,136904 | gut |
| 316/4 | | | 0,136984 | gut |
| 316/5 | | | 0,136880 | gut |
| DLK — 15075 KHz, REHMATE | | | | |
| 457/1 | 28. Juni 1942 | 23.00 | 0,135766 | gut |
| 457/2 | 29. Juni 1942 | 22.15 | 0,135680 | gut |
| 480/1 | | | 0,135054 | gut |
| 480/2 | | | 0,135082 | sehr gut |
| 480/3 | | | 0,134956 | etwas undeutlich |
| 480/4 | | | 0,136552 | sehr gut |
| 480/6 | | | 0,136484 | sehr gut |
| 481/1 | | 22.18 | 0,134878 | gut |
| 481/2 | | | 0,134660 | sehr gut |
| 481/3 | | | 0,134668 | gut |
| 481/5 | | | 0,134600 | gut |
| DLN — 17670 KHz, REHMATE | | | | |
| 585/2 | 1. Oktober 1942 | 10.15 | 0,135724 | etwas undeutlich |
| 585/3 | | | 0,137390 | etwas undeutlich |
| 585/4 | | | 0,275510 (0,138120) 2. Umlauf | etwas undeutlich |
| TMC — 14780 KHz, PARIS | | | | |
| 588/1 | 3. Oktober 1942 | 10.30 | 0,137980 | sehr gut |
| 588/2 | | | 0,137576 | gut |
| 588/3 | | | 0,137690 | sehr gut |
| 588/4 | | | 0,137918 | gut |
| 588/5 | | | 0,137840 | gut |
| 588/6 | | | 0,137978 | gut |
| 588/7 | | | 0,137844 | gut |
| GMR — 14415 KHz, ONGAR, ENGLAND | | | | |
| 421/4 | 19. Juni 1942 | 23.05 | 0,137952 | etwas undeutlich |
| MIB/GPB — 15030 KHz, ENGLAND | | | | |
| 795/2 | 10. Februar 1943 | 10.05 | 0,137678 | gut |
| 795/4 | | | 0,137720 | gut |
| 795/6 | | | 0,137822 | gut |

Tab. 2. Auszug gemessener t'_u -Werte.

Das direkte Signal hatte auf Grund der experimentellen Befunde stets eine wesentlich kleinere Feldstärke als die verspätet eintreffenden Signale. Oft lag seine Feldstärke nahe der Empfindlichkeitsschwelle des Empfängers und konnte daher nicht mehr klar erkannt werden. Dies galt besonders bei Aufnahmen, die auf der höheren Frequenz von 19947 KHz bei DLO gemacht wurden. Messungen zwischen dem scheinbar direkten Signal und dem Umlauf-Echo ergaben hier zu meist scheinbare Umlaufzeiten von nur etwa 0,122 sec. Daraus ist zu schließen, daß infolge der zu großen Sprungentfernung gar kein direktes Signal vorlag.

Nach einem vollständigen Erdumlauf von $t_u = 0,13778$ sec trifft das Signal wieder beim Senden DLN ein. Während dieser Zeit befindet sich aber das Signal nach Abb. 3 erst beim Punkt E. Frederikshavn wird jedoch um die kleine Laufzeit t_e später erreicht.

Für den in Frederikshavn zu messenden Laufzeitunterschied zwischen dem direkten Signal und dem Umlauf ergibt sich die Beziehung:

$$t'_u = t_u + t_e - t_d, \text{ oder, wegen } t_e = t_d \cos \beta, \\ t'_u = t_u + t_d (\cos \beta - 1).$$

Hierin ist $t_u = 0,13778$ sec, t_d die Laufzeit des direkten Signals über die Ionosphäre (bei einer

Bodenentfernung von 550 km ergibt sich hier unter der Voraussetzung einer Schichthöhe von 250 km ein Einfallswinkel von ca. 43° , und damit beträgt der Signalweg 760 km), β der Winkel zwischen Großkreis Sender—Empfänger und der Richtung der Echozone.

Diese Untersuchungen wurden hauptsächlich in der Absicht durchgeführt, um diese t'_u -Werte zu verschiedenen Tageszeiten und Jahreszeiten zu studieren. Tab. 2 zeigt einen Auszug der Meßwerte bei europäischen Sendern auf verschiedenen Frequenzen. Die Werte weichen oft erheblich voneinander ab und bekräftigen dadurch die Annahme, daß sie von β abhängen. Einige stark ab-

Antennenversuch unternommen. Die Signale einer Station wurden gleichzeitig mit zwei getrennten Empfängern aufgenommen, von denen ein jeder an eine gleichartige Richtantenne angeschlossen war. Die beiden Empfänger waren absolut auf die gleiche Empfindlichkeit eingestellt, und jeder Empfänger war mit je einem der beiden Strahlen des Zweistrahloszillographen verbunden. Durch die gleichzeitige Aufnahme der Signale auf Filmstreifen waren durch Amplitudenvergleiche Schlüsse über die Himmelsrichtungen der nacheinander eintreffenden Signale möglich. Als Richtantennen wurden horizontale Langdrahtsysteme mit einer Länge von 100 m (5λ bei 20 m Wellen-

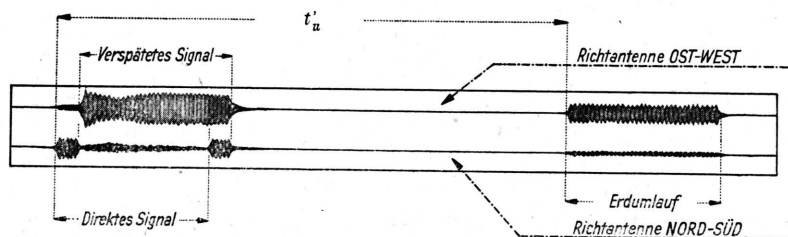


Abb. 4. Zweistrahlaufnahme bei DLN — 17670 KHz mit verschiedenen Richtantennen.

weichende Werte scheinen keine t'_u -Werte, sondern die entsprechenden t'_i -Werte des rückläufigen Signals zu sein. Es ist nicht überraschend, daß die t'_u -Werte bei London und Paris während der Zeit, als diese beiden Orte und Frederikshavn in Richtung der Echozone lagen, keine ausgesprochenen Abweichungen von den wirklichen t_u -Werten zeigten, weil in obiger Formel β nahezu gleich Null ist.

Studien an Signalen von DLN — 17670 KHz und DLO — 19947 KHz wurden auf alle Tageszeiten und Jahreszeiten ausgedehnt, um die Laufzeitdifferenzen der einzelnen Teile des Hauptsignals zu untersuchen. Fälle guter Vermessungsmöglichkeiten ergaben, daß die Laufzeiten der verspäteten Signale von der Frequenz abhängig waren. Die verspäteten Signale zeigten bei DLO eine etwas größere Laufzeit gegenüber denen bei DLN. Meistens waren die Mehrweg-Phänomene so verwickelt, daß keine sicheren Messungen möglich waren.

3. Antennenversuch

Um Aufschlüsse über die Einfallrichtung der nacheinander eintreffenden Teile des Hauptsignals zu erhalten, wurde in Frederikshavn ein einfacher

Antennenversuch unternommen. Die Signale einer Station wurden gleichzeitig mit zwei getrennten Empfängern aufgenommen, von denen ein jeder an eine gleichartige Richtantenne angeschlossen war. Die beiden Empfänger waren absolut auf die gleiche Empfindlichkeit eingestellt, und jeder Empfänger war mit je einem der beiden Strahlen des Zweistrahloszillographen verbunden. Durch die gleichzeitige Aufnahme der Signale auf Filmstreifen waren durch Amplitudenvergleiche Schlüsse über die Himmelsrichtungen der nacheinander eintreffenden Signale möglich. Als Richtantennen wurden horizontale Langdrahtsysteme mit einer Länge von 100 m (5λ bei 20 m Wellen-

länge) benutzt, die sich durch eine gleichartige flache Strahlungscharakteristik nach zwei entgegengesetzten Richtungen auszeichnen. Bei 5λ -Antennen besitzt diese einen Winkel von $22,5^\circ$ zu der geraden Richtung des Antennendrahtes. Die eine Antenne lag in Nord—Süd-Richtung und die andere in Ost—West-Richtung.

Abb. 4 zeigt eine solche Zweistrahlaufnahme bei Signalen von DLN — 17670 KHz an einem Vormittag Ende November 1942. Die zugehörige Echozone ist in Abb. 1 a und 3 dargestellt. Das direkte Signal ist sehr schwach auf der O—W-Antenne, dagegen stärker auf der N—S-Antenne. Das Umwegsignal ist jedoch erheblich stärker auf der O—W-Antenne als auf der N—S-Antenne. Diese Tatsache mag als Beweis dafür angesehen werden, daß die verspäteten Signale nicht aus der unmittelbaren Großkreisrichtung zum Empfänger gelangen. Das Erdumlaufsignal war schwach auf der N—S-Antenne, dagegen traf es über die O—W-Antenne ziemlich stark ein.

Als Einwand soll jedoch hervorgehoben werden, daß bei Verwendung dieser Antennensysteme über die Einfallshöhe und die Polarisation der eintreffenden Wellenzüge nichts ausgesagt werden kann. Auch sind solche Antennensysteme unge-

eignet für die Aufnahme der direkten Signale, die bei Sendern in Entfernungen von 500 km unter einem ziemlich steilen Winkel einfallen. Da der Sender DLN mit einem stark gebündelten Richtstrahler gearbeitet hatte, ist es durchaus wahrscheinlich, daß dadurch zufällig eine Verstärkung irgendeiner Streureflexion bewirkt wurde und als Ursache des sehr starken verspäteten Signals anzusehen ist. Die Ergebnisse scheinen trotzdem mit Sicherheit anzudeuten, daß die verspätete Hälfte des Hauptsignals nicht auf dem direkten Großkreisweg zum Empfänger gelangte.

Die Messungen ergaben die Laufzeiten: $t_i = 0,13124$ sec und $t_u = 0,13772$ sec. Setzt man diese Werte in die Formel: $d = (1 - t_i/t_u) 40024/2$ (km) ein, so erhält man:

$$d = 964 \text{ km.}$$

In guter Übereinstimmung gibt der Laufzeitunterschied $t_a = 0,00648$ s in $d = ct_a/2$ (km) eingesetzt:

$$d = 971 \text{ km.}$$

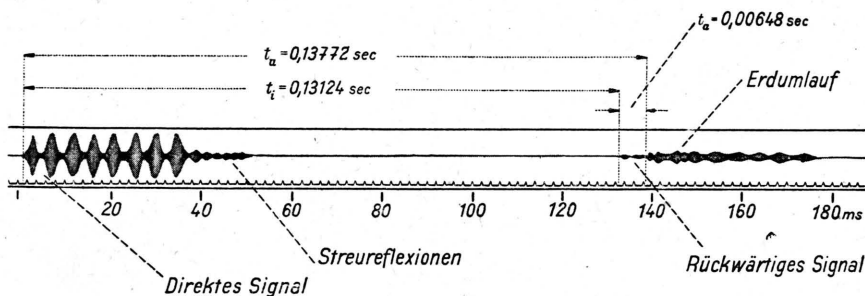


Abb. 5. Laufzeitmessungen an Signalen von MIB/GPB — 15070 KHz, England am 10. 2. 1943, 10^h05 MEZ.

4. Spezielle Fälle von Entfernungsmessungen bei kürzer entfernten Sendern

Es gibt Fälle, die auch Entfernungsbestimmungen bei nahen Sendern zulassen. Die Verhältnisse der Abb. 1a sollen betrachtet werden, wenn z. B. über London und Frederikshavn der Großkreis der Echozone hinwegläuft und die Sprungentfernung für das direkte Signal kleiner ist als die wirkliche Entfernung zwischen diesen beiden Orten. Eine Entfernungsbestimmung ist auch möglich, wenn kein direktes Signal von solchen nahen Stationen empfangen wird, jedoch das rückläufige Signal und der direkte Umlauf aufgenommen werden kann. Der Laufzeitunterschied t_a zwischen diesen beiden Signalen kann gemessen werden und die Entfernung d kann nach der einfachen Formel $d = ct_a/2$ (km), worin $c = 299776$ km/sec ist, bestimmt werden.

Abb. 5 stellt eine interessante Filmaufnahme bei dem britischen Sender MIB/GPB — 15070 KHz am 10. Februar 1943, 10^h05 MEZ dar. Die Aufnahme zeigt das direkte Signal, die Streureflexionen, das rückläufige Signal und außerdem den Umlauf des direkten Signals.

5. Folgerungen

Nach den vorliegenden Untersuchungen traten Mehrweg-Phänomene beim Hauptsignal, die durch Laufzeitunterschiede von mehreren Millisekunden gekennzeichnet sind, nur bei nahen KW.-Sendern auf. Auch bei mehr als 1000 km entfernten KW.-Sendern wurden häufig beim direkten Signal Erscheinungen beobachtet, die verschiedene Übertragungswege erkennen ließen. Dabei waren jedoch immer nur geringe Laufzeitunterschiede von etwa 0,0001 sec vorhanden, denen Umwege von ± 30 km entsprachen.

Die um mehrere Millisekunden später eintreffenden Komponenten des Hauptsignals, die hier auch als Umwegsignale bezeichnet werden, sind identisch mit den durch die ionosphärische Echolotung gefundenen Stromreflexionen. Da auffallenderweise diese Phänomene nur innerhalb der ersten Sprungzone auftreten und die Stärke ihrer Wirkung scheinbar auch von der Strahlungscharakteristik der Antenne des Senders abhängt, liegt die Vermutung nahe, daß hier besondere Polarisierungseffekte mitspielen. So können nach der ersten ionosphärischen Reflexion die von der Antenne abgestrahlten Wellenzüge nicht mehr

nach willkürlichen Richtungen polarisiert sein, wenn eine Selektion stattfindet. Dies ist offenbar ein Grund, weshalb die Umwegsignale bei häufiger reflektierten Signalen, wie bei Erdumläufen, wegfallen. Durch den mit einfachsten Mitteln durchgeführten Antennenversuch kann nur eine Andeutung über die jeweiligen Himmelsrichtungen erreicht werden, aus denen die einzelnen Signale eintreffen. Über die Polarisierung der Wellenzüge kann jedoch nichts ausgesagt werden. Mißweisungen bei der Peilung in der Funknavigation, wie wandernde Minima, sind sehr wohl mit dem Auftreten der beschriebenen Mehrweg-Phänomene beim Hauptsignal näherer KW.-Sender in Einklang zu bringen.

Die Erscheinung einer zeitweise nur nach einer Richtung erfolgenden Ausbreitung von Umlauf-Echos, wobei der entgegengesetzte Weg vollständig gesperrt ist, wurde schon von H. M ö g e l 1927 bis 1934 beobachtet. Sie scheint nach weiteren Überprüfungen des Forschungsmaterials nicht nur auf den zunächst vermuteten technischen Eigenschaften einer Sendeanlage (Richtantennen) zu beruhen. In Sommernächten (1941, 42, 43 und 44) zeigten ausnahmslos alle südamerikanischen Sender verschiedener geographischer Lage, wie LQC-17550 KHz, LQE-17380 KHz in Monte Grande (Argentinien), CEA 2-17400 KHz in Santiago (Chile) und PPH-11930 KHz in Sepetiba (Brasilien) keine „rückwärtigen Signale“. Es traten stets Umläufe bzw. mehrfache Umläufe des direkten Signals auf. Der in entgegengesetzter Richtung um den Erdball laufende Großkreisweg schien dabei gesperrt. Rückwärtige Signale waren aber bei allen diesen Stationen im Winter vormittags vorhanden. Bei nordamerikanischen Stationen wurden analoge

Verhältnisse (keine rückwärtigen Signale im Sommer) beobachtet. — Dagegen zeigten japanische Stationen in Sommernächten zur gleichen Zeit, als bei südamerikanischen Stationen nur eine einseitige Ausbreitung nachzuweisen war, rückwärtige Signale und oft auch Umläufe des direkten Signals. — Da offensichtlich nicht gut angenommen werden kann, daß *alle* diese Stationen im Sommer andere Antennenanlagen als im Winter benutzt hätten, muß die Ursache dieser Erscheinung in ionosphärischen Vorgängen zu suchen sein. Daß bei einer in mehrfachen Zickzackreflexionen zwischen Ionosphäre und Erdoberfläche erfolgenden Fernausbreitung über den „rückwärtigen Weg“ zeitweise kein Signal eintrifft, ist zweifellos mit dem Vorhandensein der Sprunzonen zu erklären. Signaluntersuchungen an einer anderen Stelle des Ausbreitungsgroßkreises können die Frage entscheiden, ob es sich um eine tatsächliche oder nur um eine scheinbare Blockierung eines Weges handelt. Augenscheinlich würde sich aber eine tatsächlich nur nach einer Richtung hin erfolgende Ausbreitung auch mit einer Kopfwellenfortpflanzung oder mit einer schon 1926 von H. Lassen⁴ angenommenen „Fernstrahlung“ in Einklang bringen lassen. Diese Fernstrahlung soll sich ähnlich der v. Schmidtschen Kopfwelle in einer dünnen horizontalen Schicht mit laufender Energieabstrahlung zur Erde fortpflanzen, allerdings soll infolge der Dämpfung eine starke Abnahme der Feldstärke⁵ mit der Entfernung bedingt sein, was eine geringe Reichweite und nicht die durch die Messungen bewiesenen feldstarken Erdumläufe bedeuten würde.

⁴ H. Lassen, Jb. drahtl. Tel. 28, 144 [1926], Abb. 6.

⁵ K. Försterling u. H. Lassen, Z. techn. Physik 12, 521 [1931].

NOTIZEN

Graphitverbindungen als aktive Materialien in galvanischen Elementen, insbesondere im Sekundärelement

(Z. Naturforschg. 2a, 534—535 [1947]; eingeg. am 7. Aug. 1947)

Von Helmut Jedlicka¹

Auf Kohleplatten gebildete Schichten von Graphit-oxyd sind elektromotorisch wirksam. Derartige Platten eignen sich zur Herstellung eines Sekundärelementes, wobei als Elektrolyt z.B. verdünnte Schwefelsäure verwendet wird. An der Kathode wird das Gra-

phitoxyd bei der Elektrolyse (1. Ladung) reduziert und bildet eine noch nicht geklärte Graphitart bzw. -verbindung, die ebenfalls elektromotorisch wirksam ist. Um dies zu erreichen, ist primär immer erst die Oxydation der Kohle erforderlich.

Das so erzielte Sekundärelement zeigt beachtenswerte Eigenschaften, so daß seine technische Verwendung möglich erscheint. Die Entladekurve ähnelt der Kurve von Luftsauerstoffelementen des Leclanché-Typs. Sie beginnt, je nach der vorausgegangenen Ladung, die auf 1,6 bis 1,85 Volt etwa ausgedehnt wird, bei 1,6 bzw. 1,5 Volt und sinkt langsam stetig ab.