

phasenstarr irgendwie moduliert sind zu verwenden und aus der Laufzeitdifferenz zwischen den verschiedenen Senderpaaren mittels vorbereiteter Karten die Standlinien und ihren Schnittpunkt festzulegen.

Ob dabei eine Phasenmessung von tonfrequentmodulierten Sendern, oder eine Laufzeitdifferenzmessung mittels Frequenzwobbelung oder auch eine Messung von Impulsabständen durchgeführt wird, ist rein grundsätzlich zunächst gleichgültig. Man sieht aber leicht ein, dass besonders für Kurzwellenverfahren die Impulstastung die weit-aus beste Methode ist, da so jeder Ausbreitungsweg für sich beobachtet werden kann und nur auf diese Weise die günstigsten Übertragungsbedingungen - und Wege bestimmt werden können.

An dieser Stelle sei noch bemerkt, dass die ersten Versuche zur Laufzeitdifferenzmessung zweier Kurzwellen-Impulssender vom Institut für Elektrophysik der DVL 1938 durchgeführt wurden. Auf Vorschlag von Herrn Prof. Dr. M. Dieckmann hatte das FFO 1939 mit dem Aufbau eines solchen Verfahrens begonnen. Es wurde aber bei Kriegsbeginn eingestellt. Mit den Vorbereitungen für die Untersuchungen über die hier berichtet wird, wurde etwas über einem Jahr begonnen.

Grundlagen des untersuchten Verfahrens.

Die Grundlagen des untersuchten Verfahrens sind kurz folgende:

Zwei Sender, die sich in der Entfernung B . voneinander befinden, ^{5,74} senden synchron und gleichzeitig Hochfrequenzimpulse aus (Bild 1) [✓] es wird dann der geometrische Ort der Punkte, an denen diese Impulse gleichzeitig eintreffen, die Mittelsenkrechte zur Verbindungslinie der beiden Sender sein; diese Linie ergibt somit einen Leitstrahl. Die Linien, an denen eine bestimmte Laufzeitdifferenz vorhanden ist, sind Hyperbeln mit den beiden Sendern als Brennpunkten. Es ist dabei allerdings zu berücksichtigen, dass die Ausbreitung über die Ionosphäre erfolgt, infolgedessen liegen diese Raumwellenhyperbeln besonders in kleinerer Entfernung von den Sendern wesentlich anders, als wenn die Ausbreitung über die Bodenwelle erfolgen würde.

Verwendet man 3 Sender in geeigneter Gruppierung, so können 2 bzw. 3 Laufzeitdifferenzen gemessen werden. Eine eindeutige Ortsbestimmung ist dann durchführbar, wenn durch geeignete Kennzeichnung der von den einzelnen Sendern abgestrahlten Impulse eine Unterscheidungsmöglichkeit für die beiden Äste einer bestimmten Hyperbel gegeben ist. Da sich alle für das Gesamtverfahren wichtigen Untersuchungen mit 1 Senderpaar durchführen lassen, wurde zunächst nur 1 solches erstellt und unter dauernder Verbesserung der Geräte und Steigerung der Senderleistung seit einigen Monaten in Betrieb gehalten.

Bevor die Geräte im einzelnen und über die erzielten Ergebnisse gesprochen wird, sollen zunächst die durch innere und äussere Fehler gezogenen Grenzen der Genauigkeit ganz kurz klargestellt werden.

Zu den gerätemässig gegebenen inneren Fehlern kann gesagt werden, dass sie sich durch entsprechenden Aufwand sehr weit reduzieren lassen. Zur Zeit beträgt der maximal mögliche innere Fehler etwa 1 km Laufzeitdifferenz. Diese Fehler können ausserdem von der Taktgebestelle durch Messung der Laufzeitdifferenz der Bodenwelle überwacht werden und bei der Auswertung der Messergebnisse Berücksichtigung finden. Dadurch, dass die KW-Impulssender in optischer Sicht zur Taktgebestelle liegen und auf Ultrakurzwellen gesteuert werden, ist auch auf dem Ausbreitungswege zu den KW-Sendern kein grösserer Fehler zu fürchten.

Um eine genügend grosse Ortungsgenauigkeit mit mässigem Aufwand an Bandbreite usw. zu erzielen, ist es zumindest im Bezug auf Verringerung der Auswirkung innerer Fehler günstig, die Senderbasis gross zu machen. Dadurch steigt die Messgenauigkeit entsprechend bzw. es kann bei gleichbleibender Gesamtgenauigkeit die Impulsbreite entsprechend vergrössert d.h., die Bandbreite der Empfänger kleiner gehalten werden.

Bei der jetzt betriebenen 100 km Basis ist für eine Ortungsgenauigkeit von 10 km in 1000 km Entfernung, was etwa $1/2^\circ$ Peilgenauigkeit entspricht, eine Empfängerbandbreite von ca. 40KHz erforderlich, während beispielsweise bei 300 km Basis schon mit 20 KHz Empfänger-

stand der Reflexionspunkte, über das jetzt allerdings noch keine Aussage gemacht werden kann, dies zulässt.

Wegen der starken Belegung des Kurzwellenbereiches erscheint es kaum möglich, Empfänger mit über 20 kHz Bandbreite nutzbringend zu verwenden, so daß eine sehr große Genauigkeit nur mit größerer Basis von ca. 200 bis 500 km erreichbar sein dürfte.

Die technische Verwirklichung einer 300 km Basis erscheint nach den bisher gewonnenen Erfahrungen ohne jede Schwierigkeit.

2.) Maßgebend für die Gesamtmeßgenauigkeit des Verfahrens sind zweifellos die durch die Besonderheiten der Kurzwellenausbreitung bedingten äußeren Fehler. Sie lassen sich folgendermaßen einteilen:

- a) Fehler durch Schichtneigung
- b) Fehler durch Höhenänderung der Schicht
- c) Identifizierungsfehler.

Daß die Ionosphäre nicht überall und immer parallel zur Erdoberfläche verläuft, ist beispielsweise durch Vergleich von Registrierungen von Echolotstationen, z.B. Tollkrug und Kochel, einwandfrei nachgewiesen. Die dabei gemessene nordsüdliche Neigung ist sicher im wesentlichen durch die verschiedene Sonnenhöhe begründet, da die Stationen ungefähr die gleiche geographische Länge haben. Außerdem sind aber auch ostwestliche Neigungen besonders in den Dämmerungszeiten zu erwarten. Infolge dieser Schichtneigung werden die Reflexionspunkte der beiden Ausbreitungswege in etwa verschiedener Höhe liegen und der sich daraus ergebende Wegunterschied ist, wenn die Meßstelle auf der Mittelsenkrechten liegt

$$\Delta S = \frac{2 \Delta h}{\sqrt{1 + \left(\frac{\Delta}{2u}\right)^2}}$$

*Abstände in
Kilometern sind es?*

Der Einfluß der Schichtneigung wird mit wachsender Entfernung also kleiner und zwar bei großen Entfernungen über 1000 km ist er ungefähr entfernungsproportional. Rechnet man sich die Fehler bei Diagrammverfahren, z.B. Adcocks, bei der gleichen Schichtneigung aus, so ergibt sich daraus, daß das Laufzeitdifferenzverfahren unter den gegebenen Voraussetzungen das Diagrammverfahren überlegen sein müßte. Allerdings ist diese Annahme einer einigermaßen gleichmäßig geneigten Ionosphäre sicher nicht über größere Bereiche gültig.

Nimmt man eine treppenförmig auf und absteigende Schicht an, so ist diese günstig für Diagrammverfahren, während bei einer wellenförmigen Struktur mit überlagerten Neigungen wieder das Laufzeitdifferenzverfahren bessere Ergebnisse liefern würde. Hinweise auf die tatsächliche Feinstruktur der Ionosphäre können hier nur viele und dauernde Messungen mit der Laufzeitdifferenzmethode, die man als direktes Untersuchungsverfahren für die Feinstruktur der Ionosphäre bezeichnen kann, und Vergleiche der Ergebnisse mit entsprechenden guten Diagrammverfahren (z. B. Fock) liefern. Es ist sicher nicht ganz ausgeschlossen, daß die Oberflächenstruktur wechselt und einmal die Diagrammverfahren ein anderes Mal die Laufzeitdifferenzverfahren eine bessere Zeitlagenangabe liefert.

Die Höhe der reflektierenden Schicht an sich ist strenggenommen nur dann ohne Einfluß auf die Messung, wenn beide Ausbreitungswege gleichlang sind, d. h., die Meßstelle auf der Mittelsehnenrechten zur Senderbasis liegt. Die auftretenden Fehler liegen jedoch, wenn man sich auf einen Sektor von 30° um die Mittelsehnenrechte beschränkt, unter der Meßgenauigkeit.

Betrachtet man beispielsweise einen Punkt, dessen Verbindungslinie zur Basismitte mit der Mittelsehnenrechten einen Winkel von 30° bildet und von der Basismitte 1150 km entfernt ist, so ist die Laufzeitdifferenz bei 250 km Schichthöhe 46 km, während bei 300 km scheinbarer Schichthöhe sich 47 km, d. h., ein Unterschied von $1/2^\circ$ ergibt.

Von Institut für Elektrophysik wurde in dem Bericht über seine Messungen darauf hingewiesen, daß bei Beobachtungen außerhalb der Mittelsehnenrechten die Einfallswinkel verschieden sind und dadurch die Eindringtiefen auch bei horizontaler Ionosphäre verschieden sind, was dann verschiedene scheinbare Höhen ergibt. In dem eben genannten Zahlenbeispiel waren die Einfallswinkel $25^\circ 54'$ und $25^\circ 0'$ die Differenz also $54'$. Der dadurch mögliche Unterschied in den Eindringtiefen ist sicher weit kleiner als 20 km, d. h., die diesen Unterschied entsprechende Änderung der Laufzeitdifferenz liegt unter 0,3 km und ist somit belanglos.

Eine weitere Fehlermöglichkeit liegt darin, daß bei gleichzeitigen Vorhandensein mehrerer ev. verschiedener hoch leitungsmechanischer eintreffende Messung nicht möglich sein könnte. Durch Überlagerungen hierbei würde das diese Fehlermöglichkeit schon bei ganz hohen Werten der Standardabweichung der Laufzeitdifferenz sich zeigen

Außerdem tritt diese Verwechslungsmöglichkeit nach den bisherigen Ergebnissen sehr selten auf.

Die ganzen Überlegungen über äußere Fehler beziehen sich auf die Übertragung über die F-Schicht. Wenn es gelingen sollte, wenigstens tagsüber mit Ausbreitung über die normale E-Schicht zu arbeiten, so ist anzunehmen, daß die Meßgenauigkeit dadurch ganz erheblich größer wird.

Zu dem Vergleich des Laufzeitdifferenzverfahrens mit dem Diagrammverfahren, seien zur Vollständigkeit noch die besonderen Vorteile der Laufzeitdifferenzmessung kurz erörtert.

Als Impulsverfahren hat es eine hohe Festigkeit gegen Störungen und müßte auch deshalb grundsätzlich in der Genauigkeit höher liegen als die Diagrammverfahren, weil durch die Trennung der Einzelausbreitungswege die auf jeden Fall größeren Fehler der Ausbreitung über Mehrfachreflexion sicher ausgeschlossen werden können. Als weitere Vorteile soll nur der relativ geringe und durch Wegfall von Richtantennen mit bestimmten Diagrammen leicht transportfähige Bodenaufwand, sowie das große mögliche Ortungsgebiet erwähnt werden. Mehr darüber zu sagen erscheint mir erst dann an Platze, wenn noch weit mehr Meßergebnisse vorliegen, die ja schließlich der beste Maßstab über die Brauchbarkeit eines Verfahrens sind.

Nachdem nun die grundsätzlichen Fragen der Laufzeitdifferenzmessung mit Raumwellen in kurzen Zügen dargestellt wurden, soll nun die Versuchsanlage beschrieben werden. Sie besteht aus der Taktgebestelle, den beiden KW - Sendestellen und den Meßstellen. Die KW-Sendestellen befinden sich auf einer ostwestlich gelegenen Basis von ca. 100 km Länge und werden von der ungefähr in der Mitte liegenden Taktgebestelle, wie bereits erwähnt, drahtlos gesteuert. Die Mittelsenkrechte mit der LZD=0 verläuft also nordsüdl. und zwar ungefähr parallel zum 11. Längengrad.

Ähnlich wie bei dem engl. UKW Navigationsverfahren 1324 wird die Impulsfolgefrequenz von 62,5 Hz an der Taktgebestelle durch Frequenzteilung aus einem 100 kHz Normalquarz erzeugt. (Bild 2). ^{S. 20} Das Teilergerät liefert eine Impulsfrequenz von 125 Hz, von diesen Impulsen wird mit einem Umtestgerät jeweils einer zur KW Senderstelle der nächst zur KW Sendestelle 2 über UKW - Sender geleitet, sodaß also gewissermaßen beide KW-Sender mit 180° Phasendifferenz arbeiten

3 Diese Anordnung ergibt eine besonders schöne und genaue Messung
3 der Laufzeitdifferenz. An den KW- Sendestellen werden die Impulse
381 der Taktgebestelle mit einem Empfänger von ca. 50 kHz Bandbreite
aufgenommen und steuera nach entsprechender Verstärkung die Im-
pulsgeber, die ca. 50 - 200 KW Gleichstromimpulsleistung liefern
können und den Sender anodentasten.

4 Der Sender selbst besteht aus dem Steuersender, dem normalen
382 S 10 k und einer Leistungsstufe die ca. 10 KW HF Impulsleistung
abgibt.

Die Zeitdauer der Hochfrequenzimpulse beträgt etwa 30 - 50 und
sie entsprechen 10 - 15 km Breite.

5 3. An der Meßstelle wird der Gleichlauf der Zeitachse nicht durch
5.3 Synchronisierung mit den empfangenden Impulsen hergestellt, son-
dern es wird wie an der Taktgebestelle ein 100 kHz-Quarz mit Tei-
lerstufe auf 10 kHz und 1 kHz sowie 125 Hz verwendet.

Dieser Quarz ist in seiner Frequenz um ca. \pm 20 Hz veränderlich
um genauen Gleichlauf mit der 100 kHz Frequenz der Taktgebestelle
herstellen zu können. Die horizontale Zeitablenkung am Anzeige-
rohr und am Registrierrohr erfolgt mit einer Kippspannung von
1 kHz, die in Tritt gehalten wird durch die 1 kHz Impulse der zweiten
Teilerstufe. Die 10 kHz Impulse der 1. Teilerstufe werden hell
in die Zeitachse als Eichmarken von 30 km Abstand eingestastet.
Auf dieser Zeitachse erscheint die 62,5 Hz Impulse der KW-Sender
nur auf jeder 8. Zeile beispielsweise auf der 1. und 9., 2. und 10.
Zeile u.s.w. Um daher die Helligkeit von Impuls und Zeitlinie
gleich zu machen und auch die auf den anderen Zeilen liegenden
Störungen unwirksam werden zu lassen, wurde ein Zeilenverdunke-
lungsgenerator eingeschaltet, der alle Zeilen mit Ausnahme bei-
spielsweise der 1. und 9. verdunkelt. Durch Änderung des Teilver-
hältnisses der beiden ersten Stufen von 100 : 1 auf 99: 1
läßt man die Empfangsimpulse auf die richtigen Zeilen laufen.
Am Anzeigerohr ist also eine doppelt geschriebene Linie beispiele-
weise 1. u. 9. Zeile vorhanden, der eine Impuls liegt auf der 1.
der zweite auf der 9. Zeile. Auch bei sehr kleinen Differenzen,
wo die Impulse ineinanderlaufen, ist deshalb eine einwandfreie
Messung möglich. Bild 6 zeigt ein Photo des Meß und Anzeige-
gerätes.

S. 84

Für die photographische Registrierung werden auf der Zeitachse nur die 30 km - Eichmarken sichtbar gemacht, zwischen welchen sich die Hellmarken der aus den Empfängerimpulsen erzeugten Sekundenimpulse bewegen. Als Empfänger werden E 10 K verwendet, deren Bandbreite auf über 20 kHz gesteigert wurde.

Die am Meßrohr des Anzeigergerätes auftretenden Bilder zeigt Bild 7. S. 85

Meß - Ergebnisse.

Zunächst wurden unter laufender Verbesserung der Geräte und Methoden nur Messungen in kleinerer Entfernung von ca. 50 - 100 km von der Basismitte durchgeführt und zwar in Oberpfaffenhofen, Innsbruck und Fürstenfeldbruck. In diesen geringen Entfernungen mit fast senkrechtem Einfall der Raumwellen untersucht man natürlich praktisch nur Höhenunterschiede der F-Schicht an 2×50 km voneinander liegenden Punkten.

Es ergaben sich an allen 3 Meßplätzen Schwankungen der L.Z.D.^x von etwa 30 km, was einer maximalen Höhendifferenz von ca. 15 km entspricht.

In Sommernächten waren in den kleinen Entfernungen die Schwankungen geringer und betragen meist nur 10 km.

Bild 8 ^{S. 86} zeigt den Verlauf der L.Z.D. über einige Stunden und die daraus gezogenen 10 Minuten und $\frac{1}{2}$ Stundenmittel. Es handelt sich also hauptsächlich um ziemlich rasche Änderungen, die sich im $\frac{1}{2}$ Stundenmittel nur noch schwach äußern.

Wurde gelegentlich die Arbeitsfrequenz für die betreffende Tageszeit höher gewählt, so traten infolge Laufzeitunterschieden zwischen außerordentlichen und ordentlichen Strahl 2 Impulse auf. Ofters spaltete auch nur der 1 Übertragungsweg auf und man kann daraus folgern, daß die Grenzfrequenz für die beiden Reflexionspunkte, die ja 50 km Abstand haben, verschieden war.

Im Winter war ein wesentlicher Unterschied zwischen Tag und Nacht kaum festzustellen, die Schwankung der L.Z.D. war hier immer maximal etwa 30 km.

Wie schon erwähnt, sollten diese Messungen hauptsächlich orientierenden Charakter haben, da es sicher schwierig ist, aus ihren Ergebnissen auf die mögliche Ortungsgenauigkeit in großen Abständen zu schließen. Eine dauernde und kritische Auswertung der Messungen würde aber auf jeden Fall ein ganz ungeheures Material über die Feinstruktur der Ionosphäre liefern, besonders dann, wenn man mit mehreren Frequenzen und mehreren Meßstellen gleichzeitig arbeiten würde. Eine Messung und Auswertung in dieser Richtung konnte allerdings von uns nicht durchgeführt werden, da schon der Betrieb des Verfahrens und die laufende Geräte-Entwicklung mit den dazu vorhandenen Arbeitskräften nicht ausreichend durchgeführt werden konnte.

Rechnet man für die kleine Entfernung die Schwankung der Laufzeitdifferenz in Ortungsgenauigkeit um, so ergibt das den recht schlechten Wert von ca. 60 km, für die Sommernacht hatte man mit ca. \pm 20 km zu rechnen. Aber es ist natürlich klar, daß beim Laufzeitdifferenzverfahren wie bei anderen über Raumwellenausbreitung arbeitenden Navigationsmethoden eine gute Genauigkeit erst dann zu erwarten ist, wenn die Entfernung so groß gegen die scheinbare Schichthöhe wird, daß deren Schwankungen nicht mehr in nahezu voller Größe in die Ortungsgenauigkeit eingehen. Dies ist ab etwa 500 km zu erwarten.

Die ersten Messungen in größeren Entfernungen wurden im Herbst vorigen Jahres in 850 km Abstand in Danzig durchgeführt. Entsprechend der damals vorhandenen maximalen Senderleistung von ca. 500 Watt in der Impulsspitze, waren nur wenige Messungen bei Nacht durchführbar, die allerdings eindeutig eine maximale Schwankung der Laufzeitdifferenz von \pm 3 km entsprechend einer Ortungsgenauigkeit von \pm $1\frac{1}{2}^\circ$ ergaben. Es ist zu bemerken, daß dabei keinerlei Mittelwert über kürzere Zeit gebildet wurde, sondern es handelt sich hier um die maximale Schwankung der Momentanwerte.

Um die Messungen in größerer Entfernung sicherer zu gestalten, und auch Registrierungen der Meßergebnisse durchführen zu können, wurden zunächst stärkere Sender von ca. 5 - 10 kW entwickelt

und vor etwa 6 Wochen wurde dann mit weiteren Messungen in ca. 650 km Entfernung in Bad Oldesloe und Travemünde begonnen.

Aus den bisherigen Ergebnissen dieser Messungen, die natürlich längst noch nicht abgeschlossen sind, läßt sich schon jetzt eindeutig Folgendes sagen:

- 1.) Der Mittelwert der L.Z.D. ist gleich dem, aus der geographischen Lage des Meßplatzes errechneten Wert.
- 2.) Die Schwankung der L.Z.D. beträgt maximal \pm 4 km bei den Momentanwerten.
- 3.) Eine Veränderung des Abstandes des Meßplatzes von der Mittelsenkrechten um 35 km, die durch einen Umzug nach Travemünde hergestellt wurde, brachte die vorausberechnete Änderung der L.Z.D. .

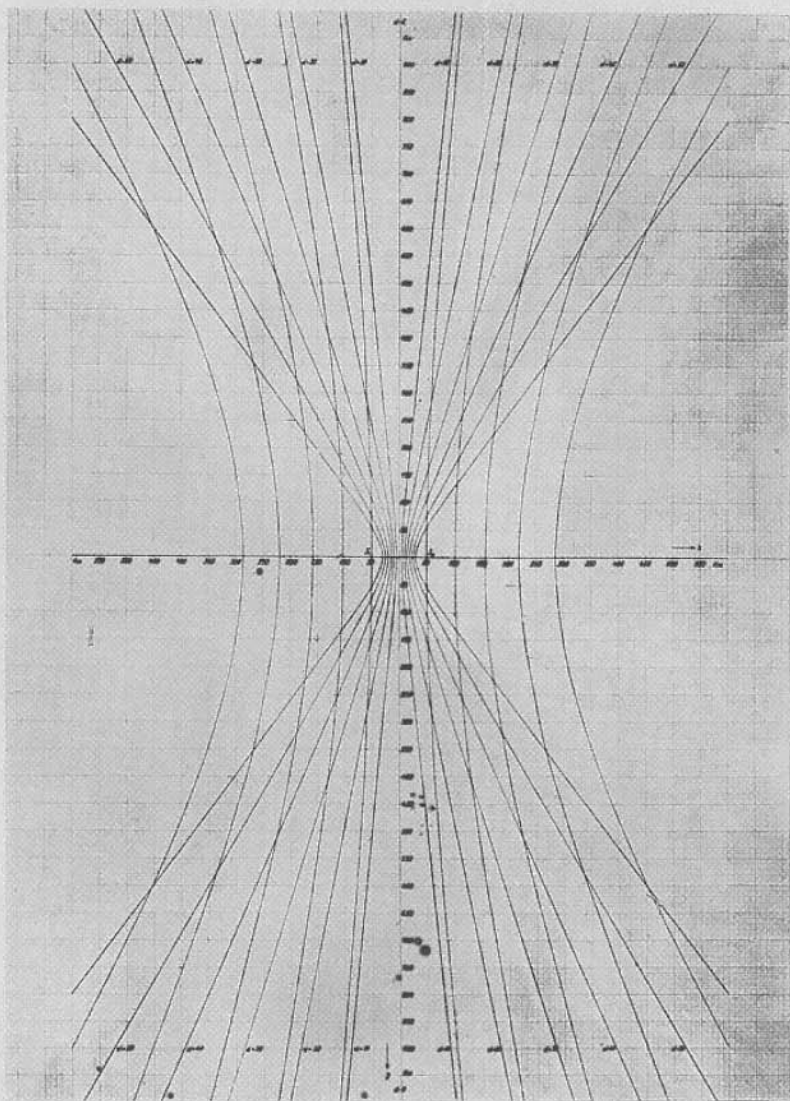
Die L.Z.D. war aus den Impulsbildern meist klar und eindeutig abzulesen, wobei Telegraphiestörungen das Bild öfter verschlechterten. Wie bei kleinen Entfernungen traten bei zu hoher Betriebsfrequenz ebenfalls Aufspaltungen der Impulsbilder entsprechend verschiedener Laufzeiten von ordentlichem und außerordentlichem Strahl auf. Bei solchen Aufspaltungen können besonders durch verschiedenen Schwund der Komponenten ev. Fehlmessungen gemacht werden. Es ist aus diesem Grund günstig, die Arbeitsfrequenz tiefer zu legen und zwar so weit, wie dies wegen der Dämpfung möglich ist.

Die gemessenen Laufzeitdifferenzen beziehen sich bei Tag und Nacht auf die F-Schicht. Ausbreitung über die normale E-Schicht wurde kaum beobachtet, dagegen war fast immer $2 \times F$ und oft auch gleichzeitig $3 \times F$ Übertragung vorhanden. Die Schwankungen der Laufzeitdifferenz über $2 \times F$ waren um Vielfaches größer als über F .

Bild 9 ^{S. 88} gibt ein Beispiel der erzielten Registrierungen von 4 verschiedenen Nächten in der Zeit von 21.00 bis 24.00 Uhr.

Dabei bedeuten die horizontalen Striche Eichlinien in 30 km Abstand und der Abstand der hin und herlaufenden Linien die Laufzeitdifferenz. Der Zickzacklauf der Linien rührt von unvollkommenem Gleichlauf der Quarze an Taktgeber- und Meßstelle her.

d 10 zeigt die Auswertung einer Nachtmessung von 21.00 bis 04.00 Uhr. Es fällt sofort auf, daß die Schwankungen ganz erheblich kleiner sind, als in kleinerer Entfernung. Die Schwankung der Fünfminutenmittel beträgt maximal ± 3 km Laufzeitdifferenz, entspricht also einer Ortungsgenauigkeit von $\pm 2^\circ$, bei fast 70% aller Werte ist sie immer noch $\pm 1^\circ$. Da es sich scheinbar nur um relativ schnelle Schwankungen um einen Mittelwert handelt, ist die Abweichung bei 10 Minutenmitteln und ganz besonders bei Stundenmitteln wesentlich kleiner. Während der ersten 4 wöchigen Meßperiode zeigten alle Werte bei Tag und Nacht das gleiche grundsätzliche Bild. Die Zahl und Dauer der Messungen ist natürlich noch viel zu gering, um ein endgültiges Bild über die Brauchbarkeit des Verfahrens bei allen möglichen Zuständen der Ionosphäre zu geben. Es kann aber doch jetzt schon der Schluß gezogen werden, daß die Navigation durch Messung der Laufzeitdifferenz von Kurzwellenimpulsen Aussicht hat, eine recht genaue Methode zu werden, umsomehr, als die Fehler, solange mit $1 \times F$ Übertragung oder sogar mit normaler E Übertragung gerechnet werden kann, mit wachsender Entfernung ja noch erheblich kleiner werden dürften. Der beabsichtigte weitere Verlauf der Untersuchungen soll daher dahin gehen, neben einer dauernden Verbesserung der Geräte und Meßeinrichtungen und einer weiteren Steigerung der Senderleistung durch Messung in weiteren größeren Entfernungen, durch gleichzeitige Messung auf mehreren Frequenzen und an verschiedenen Orten ein ins einzelne gehendes Bild über alle für die Meßgenauigkeit wichtigen Faktoren zu bekommen. Die dabei sich ergebenden Unterlagen sind außerdem sicher außerordentlich aufschlußreich für die Feinstruktur der Ionosphäre. Solche Messungen werden daher auch einen wichtigen Beitrag liefern können für die Planung und Untersuchung anderer Navigationsverfahren, die Raumwellenausbreitung arbeiten.



zu S. 69 ^①

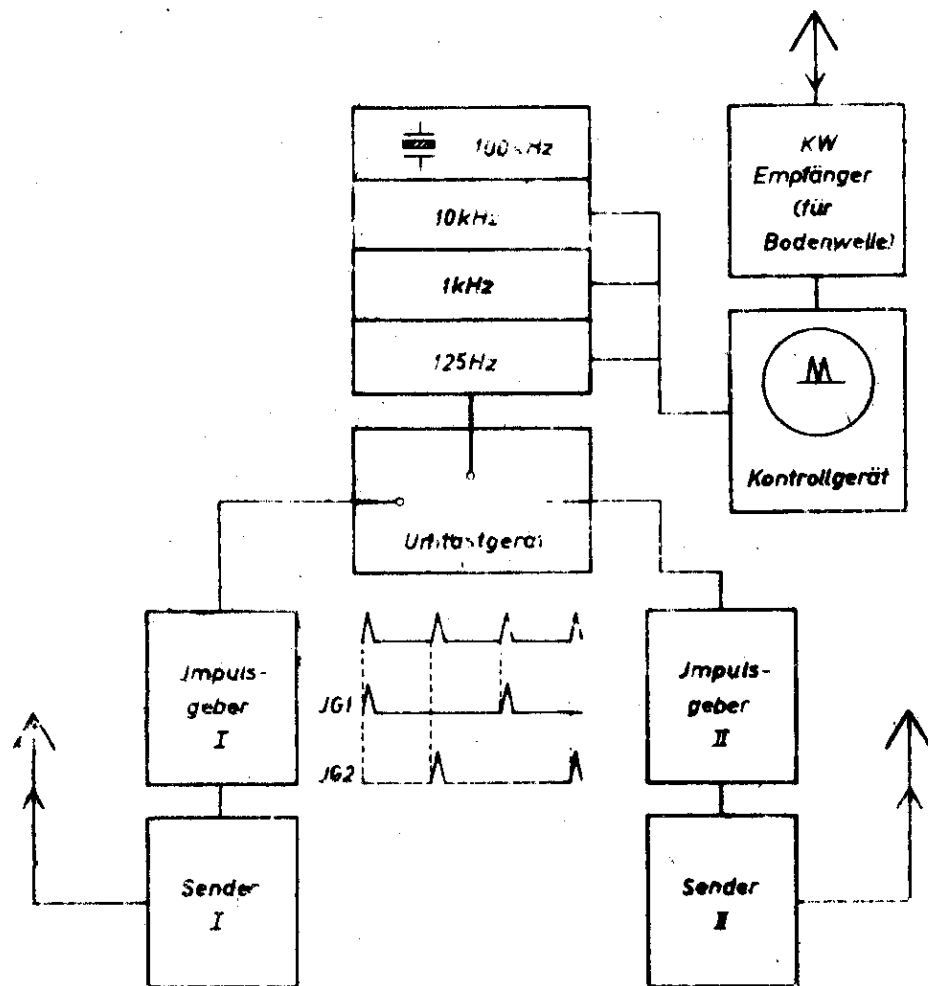


1944

2323

+

+



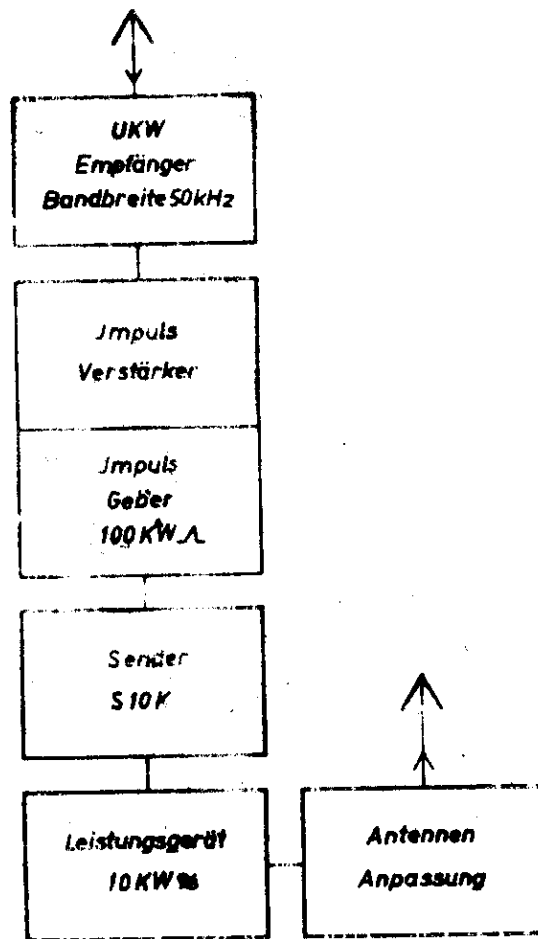
Anordnung der Taktbestelle.

zu S. 73



1944

2320



Anordnung der KW-Sendestellen.

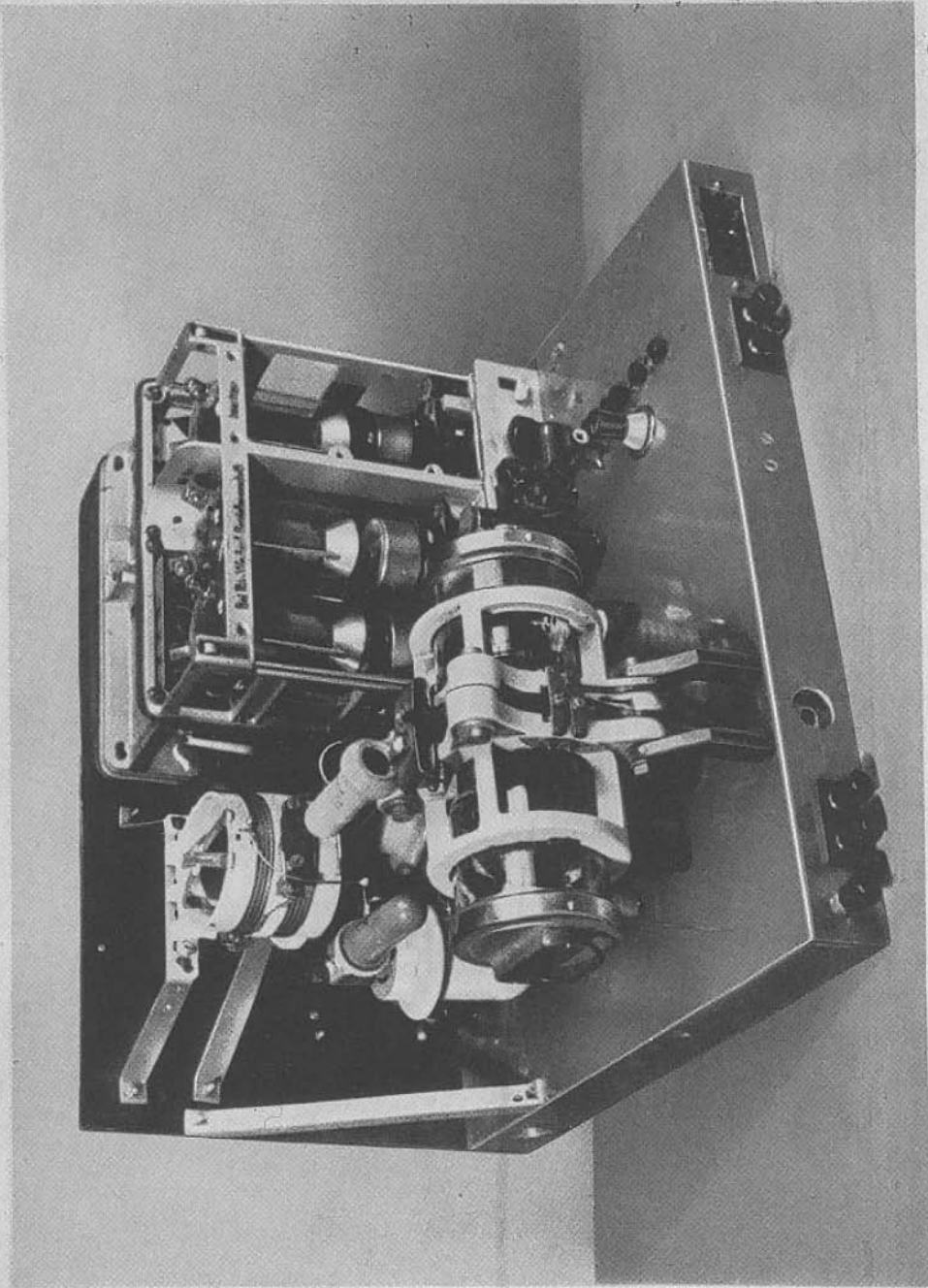
(3)

zu S. 74



1944

2321



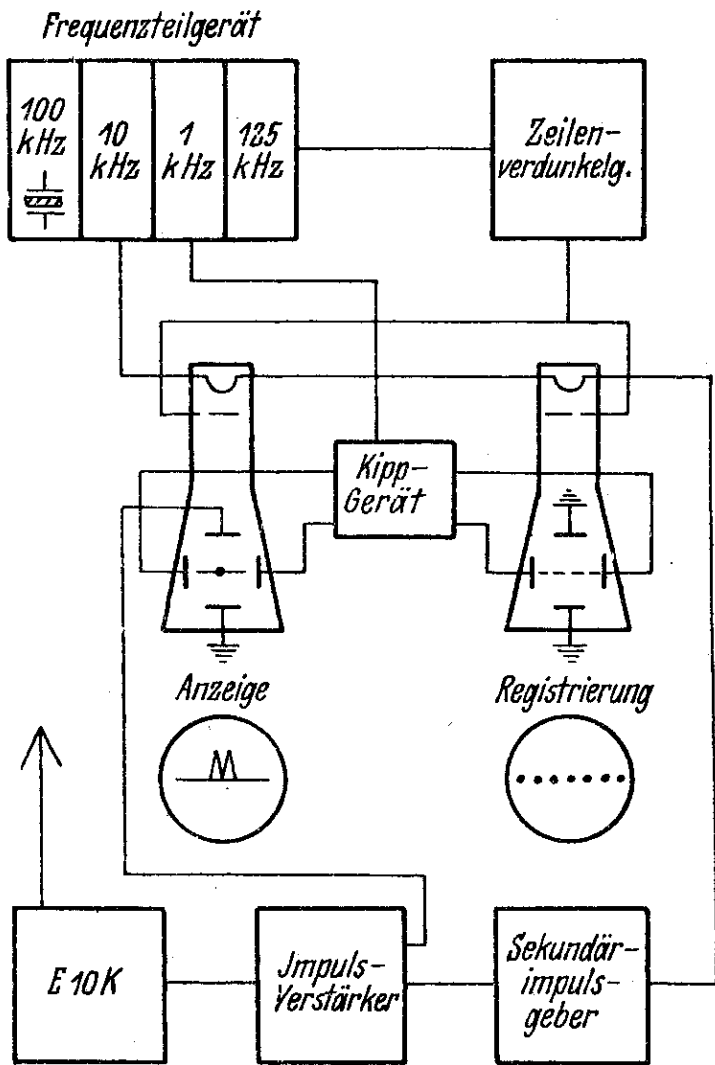
(4)

24 S. 74

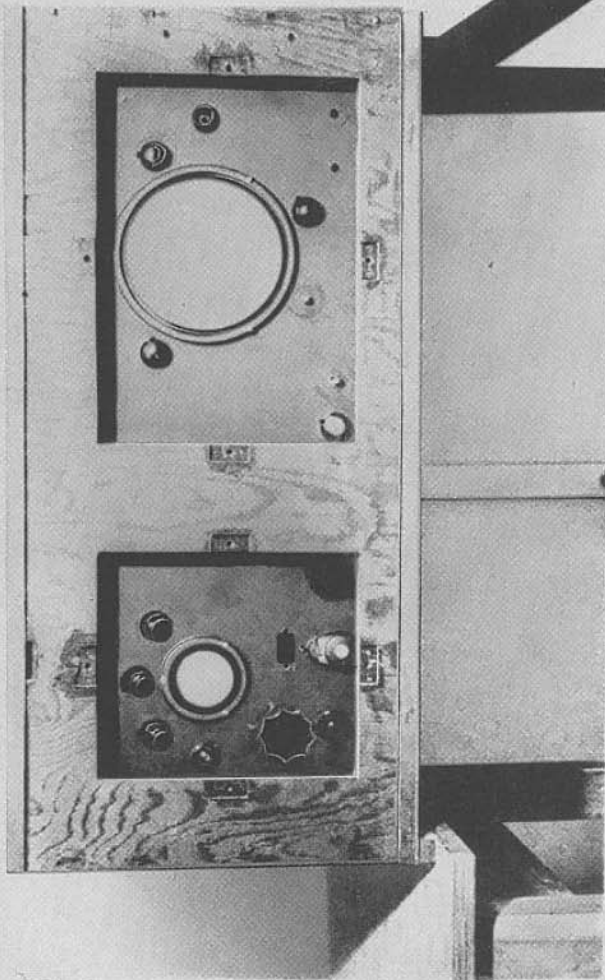
2326

FF
0

1944



(5)
24 S. 74



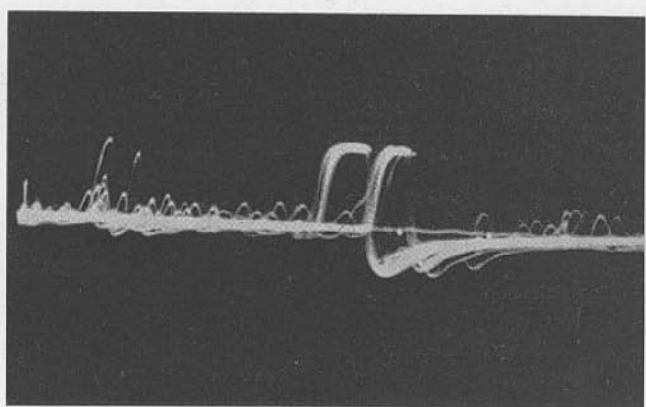
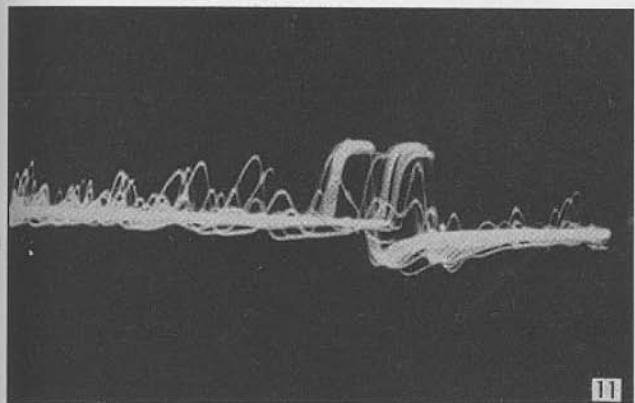
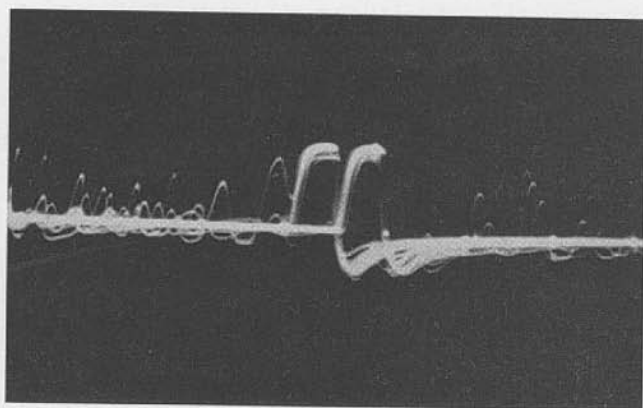
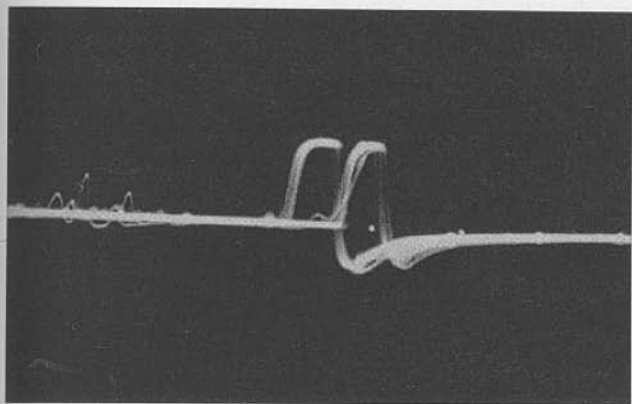
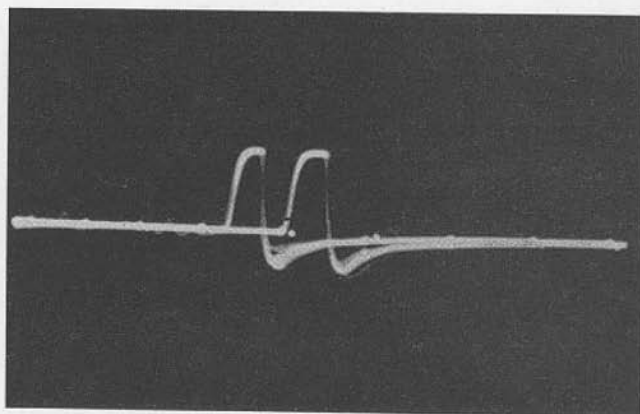
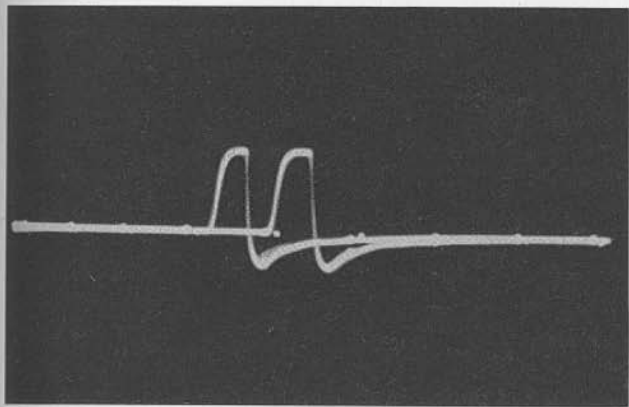
(6)

24 S. 78

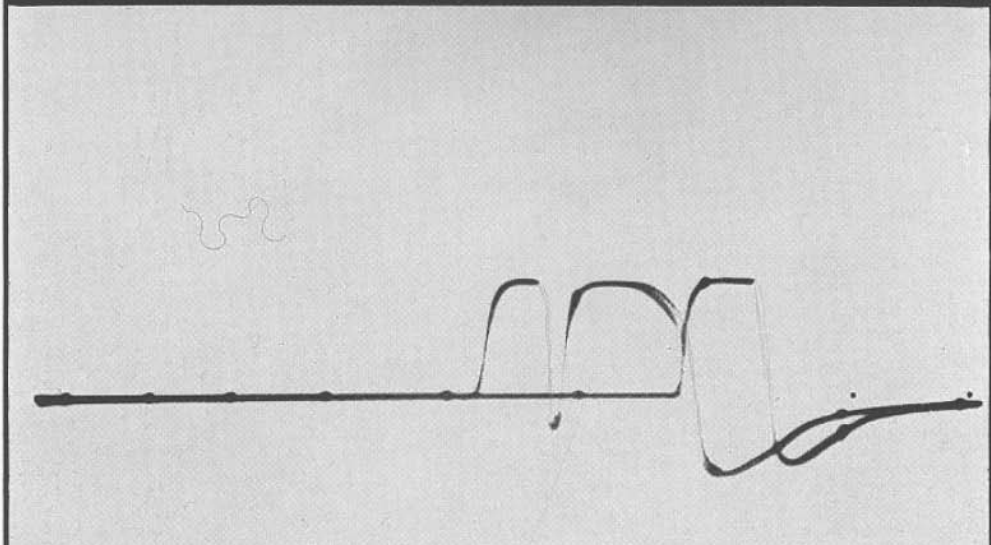
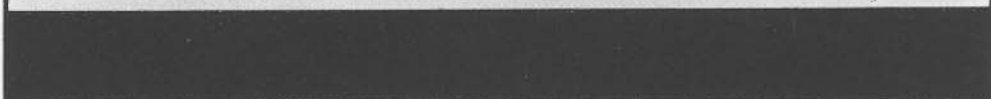
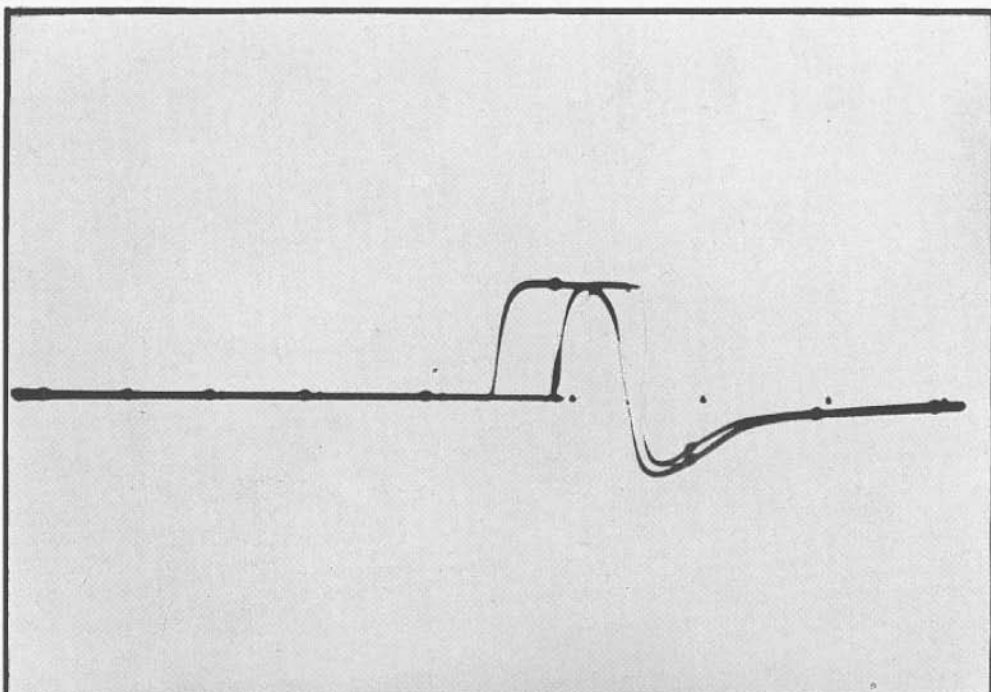
2327




1944

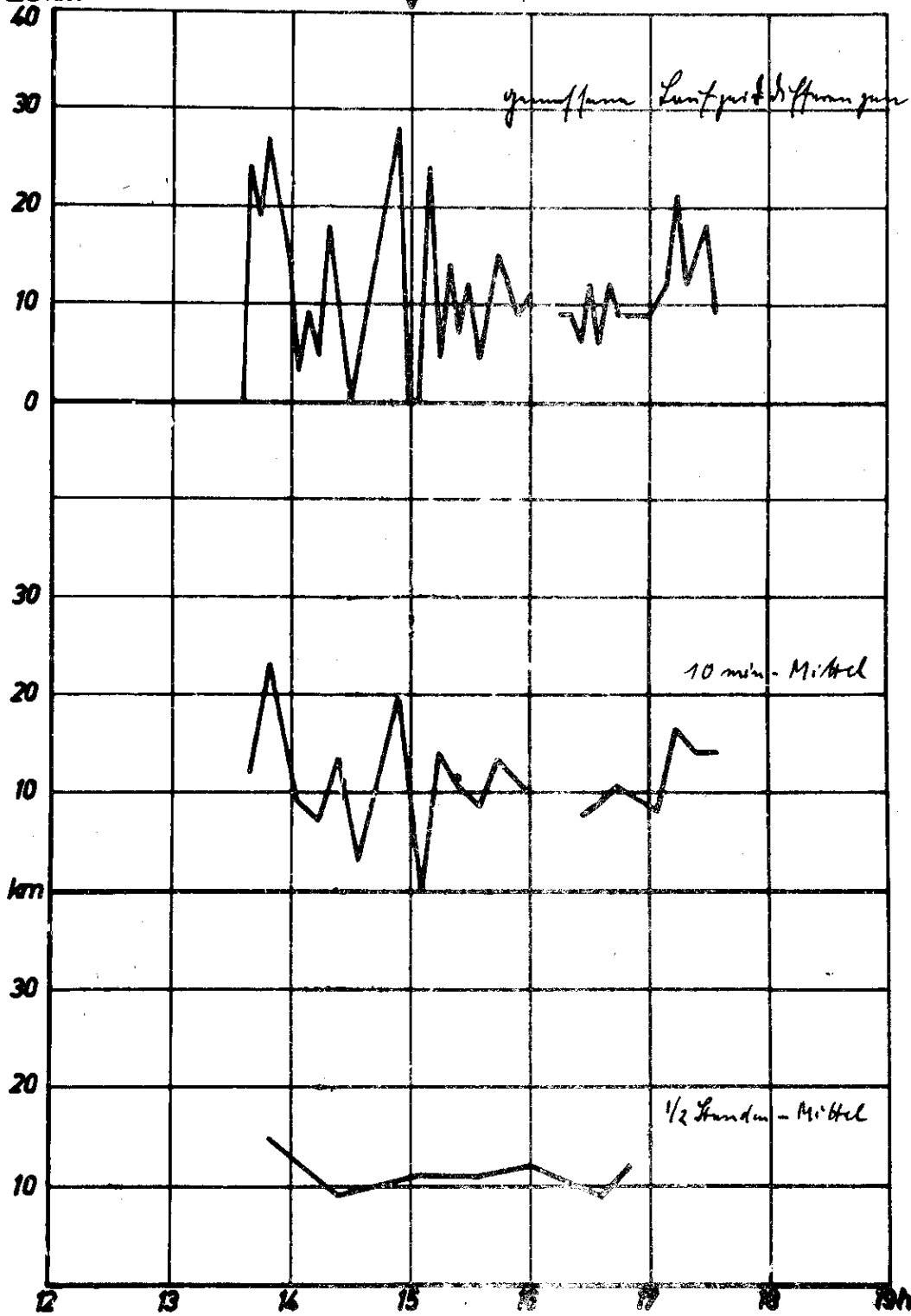


7



may 7 
zu S. 75

ΔS km



Messstelle: Fürstenfeldbruck

⑧

Long press difference

21 2.44 3050 Hz 20.8

23h

4-50 km

2250

2250

23h

21 2.44 3050 Hz 20.8

23h

21h

2250

23h

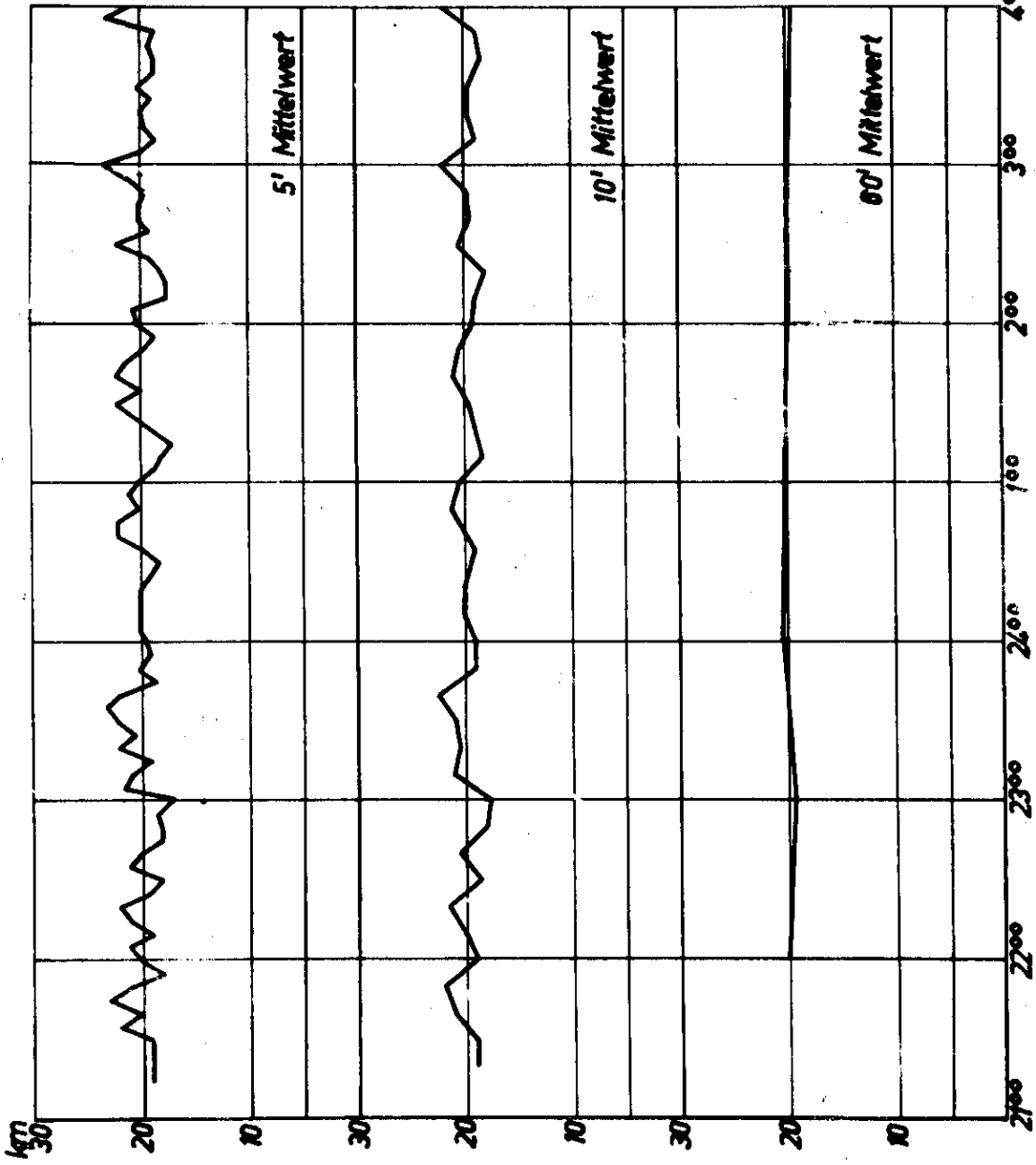
9

24 S. 77

FF
0

1944

2324



Luftzeit-
Differenz
↑

Schwankungen der
5 Minutenmittelwerte

± 3,0 km	≡ ± 2°	100%
± 2,5 "	≡ ± 1½°	93%
± 2,0 "	≡ ± 1½°	90%
± 1,5 "	≡ ± 1°	69,5%
± 1,0 "	≡ ± ¾°	58,5%

(10)
zu S. 78

Messtelle:
Bad Oldeslohe 29.I.44
3050 kHz