

Kurzwellen-Eigenpeilung mit Doppelrahmenpeilern.

von
Albrecht Engel

Es soll über einige Versuche mit Doppelrahmenpeilern an Bord von Flugzeugen berichtet werden, die im Frequenzgebiet 4,5 bis 10 MHz unternommen wurden. Ziel der Entwicklung ist ein Verfahren, das eine Eigenpeilung auch im Raumwellengebiet erlaubt.

Um zu zeigen, wo bei Einsatz üblicher Mittel die Grenzen der Kurzwellenpeilung in der Maschine liegen, seien zunächst einige Versuche mit Einfachrahmenpeilern erwähnt.

Angeregt durch Anforderungen der Praxis wurde zunächst versucht, Nahfeldpeiler in Flugzeuge einzubauen, um mit deren Hilfe Kurzwellensender im Bereich der Bodenwelle anzufliegen. Die zuerst sehr grossen Funkbeschickungen des Drehrahmens wurden durch Änderung der Rahmenform und des Anbringungsortes auf erträgliche Werte herabgedrückt. Die maximale Funkbeschickung querab betrug bei einer Wellenlänge von 37 m 11° . Dieser günstige Wert wurde durch Verwendung eines Peilrahmens mit Massekern erreicht, der sich 1,40 m über dem Flugzeugrumpf auf einem verlängerten Festantennenmast befand.

Peilungen und Anflüge von Kurzwellensendern gelingen mit derartig ausgerüsteten Maschinen im Bereich der Bodenwelle der Sender, wenn die Polarisierung des elektrischen Feldes vorwiegend vertikal ist. Sendeantennen mit horizontalem Strahlungsanteil lassen den Polarisationsfehler der Rahmenpeiler in Erscheinung treten und verursachen im Anflug eine derartig starke Querregung der Flächen, dass deren Rückstrahlung eine Peilung meist unmöglich macht.

Die Erregung der Flächen durch Horizontalantennen nimmt beim Abheben der Maschine infolge verringerter Bodendämpfung der Horizontalkomponente stark zu. Es wurden Fälle beobachtet, in denen Sender in der Maschine am Boden einwandfrei gepeilt werden konnten, im Fluge jedoch schon 50 m über Grund keine Peilung mehr möglich war.

Um einerseits vom Einfluss der Polarisierung der Sendean-
tennen unabhängig zu werden und andererseits Eigenpeilungen
der Raumwelle von Kurzwellensendern zu ermöglichen, müssten
Verfahren herangezogen werden, die polarisationseffektfrei
arbeiten und eine möglichst gute Entkopplung von der Rückstrah-
lung der Maschine gestatten.

In Fortführung von früheren Versuchen mit Doppelrahmen-
Bodenpeilern wurde ein Verfahren durchgebildet, das ein fest
mit der Maschine verbundene Doppelrahmensystem als Richtan-
tenne besitzt und eine Zielkursanzeige mit Hilfe einer umge-
tasteten ungerichteten Hilfsantenne ergibt. Das Verfahren sei
an Hand des Lichtbildes 1 erläutert.

1
S. 119
Eine ungerichtete Hilfsantenne ist mit Hilfe eines 70 Hz-
Röhrengenerators sinusförmig umgetastet und auf den Eingangs-
kreis der Empfängerstufen gekoppelt. Der Empfängerausgang ar-
beitet über eine Spannungsverstärkerstufe auf die Messplatten
eines Braunschen Rohres. Die Zeitablenkung bewirkt ein 70 Hz-
Kippgenerator, der vom Umtastrohr synchronisiert ist.

Durch die Umtastung erscheint die Hilfsantennen-Spannung
annähernd sinusförmig begrenzte Doppelspitze auf dem Braunschen
Rohr. Die vom Rahmensystem gelieferte stellungsabhängige Span-
nung setzt sich additiv bzw. subtraktiv mit der umgetasteten
Hilfsantennenspannung im Eingangskreis zusammen und verändert
dadurch die Spitzenhöhe auf dem Anzeigerohr. Die Polung ist
derart gewählt, dass bei rechtsliegendem Sender die rechte Spitze
bei links liegendem Sender die linke Spitze die grössere ist.
Zielkurs ist durch die resultierende Spannung Null des Rahmen-
systems, also durch gleiche Spitzenhöhe gekennzeichnet.

In einem eindeutigen, linearpolarisiertem Feld ergeben die
Einzelminima der Rahmen ein querabliegendes Nebenminimum des
Antennensystems. Es entsteht dann auch eine scheinbare Zielkurs-
anzeige, wenn der Sender querab liegt. Zur Beseitigung dieser
Doppeldeutigkeit gibt es ein einfaches Kriterium. Dreht man
die Maschine aus dem Kurs, für den man gleiche Spitzenhöhe der
Anzeigefigur hatte, nach rechts, so muss die linke Spitze wach-
sen, wird sie dagegen kleiner, so befindet man sich im Neben-
maximum, muss den Kurs also um annähernd 90° ändern.

Die vorhin erwähnte Zusammensetzung der umgetasteten Hilfsantennenspannung und der Nutzspannung des Doppelrahmensystems erfordert möglichst Phasengleichheit dieser beiden Spannungen. Bei einer Phasenverschiebung von 90° kann die vektorielle Addition in den beiden Umtasttakten keine Amplitudenunterschiede, somit also auch keine Anzeige liefern. Die Anzeige auf dem Braunschen Rohr wird bei vorhandener Phasenverschiedenheit φ zwar nicht falsch, die Peilschärfe ist jedoch umso geringer, je grösser φ wird.

Wegen der Schwierigkeit der Phasennachstellung ist der Hilfsantennenkanal aperiodisch, die Gleichphasigkeit kann daher nur für eine mittlere Frequenz des Bandes gewährleistet sein. Der brauchbare Frequenzbereich ist von der Kabellänge zwischen Peilvorsatz und Rahmen abhängig, einerseits wegen der Phasenverschiebung auf den Kabeln, andererseits wegen der Serienresonanz der Kabelkreise, vom Empfängereingang aus gesehen. In der Nähe dieses Resonanzpunktes erfolgt eine starke Verstimmung des Eingangskreises und minimale Energieübertragung. Diese Frequenzgebiete können durch Einschaltung von Ausgleich- oder Verlängerungsschaltungen überbrückt werden. Ebenso besteht die Möglichkeit, die Phasenlage zwischen Hilfsantennen- und Rahmensystemspannung durch Kabelverlängerungsschaltungen zu verbessern.

Geräte dieser Art, die grundsätzlich polarisationseffektfrei arbeiten, können gegenüber Einfachrahmenpeilern an Bord von Flugzeugen nur dann wesentliche Verbesserungen bringen, wenn es gelingt, die Rückstrahlung der Maschine auf das Antennensystem weitgehend unwirksam zu machen.

In erster Linie tritt besonders störend die schon erwähnte Quererregung der Maschine von Fläche zu Fläche in Erscheinung, die durch die Horizontalkomponente des Feldes hervorgerufen ist. Dies lässt als Antennen Rahmen an den Enden der Flächen in bezug auf Entkopplung vom Rückstrahler als besonders günstig erscheinen, weil sie sich dort im Stromknoten befinden. Offene Antennen, z.B. in Form von Vertikaldipolen an den Flächenenden, würden weitgehend vom Rückstrahler beeinflusst wegen der Anbringung in dessen Spannungsbauch.

Der experimentelle Befund bestätigt diese Überlegung. In einer He 111 wurde festgestellt, dass die Peilung einer stark horizontal polarisierten Antenne erst einwandfrei möglich wurde, nachdem die Rahmen von der Flächenmitte zum Ende versetzt worden waren.

Um den Grad der Rückstrahlbeeinflussung messtechnisch zu erfassen, wurden Bodenversuche mit einem Prüfsender mit drehbarem Dipol unternommen, dessen Polarisation definiert eingestellt werden kann. Charakteristische Kurven für die Abhängigkeit des Peilfehlers von der Polarisation zeigt das Lichtbild 2. Die Kurven wurden auf der Drehscheibe bei 0° Erhebungswinkel gemessen.

Man erkennt einen mehr oder weniger flachen Teil der Kurve und Spitzen grosser Fehlweisung bei 90° Polarisationswinkel. Bei starker Horizontalkomponente ist die für die Rahmen nutzbare Vertikalkomponente sehr klein, es überwiegt die Rückstrahlung der querrerregten Maschine und verursacht die Spitzen bei 90° .

Es zeigt sich ferner, dass die Grösse der Fehlweisung von der Frequenz und von der Ausrichtung der Rahmen, auf die Längsachse der Maschine bezogen, abhängig ist. Als weitere Massnahme zur Entkopplung von der Rückstrahlung wurde daher die Rahmenschwankung eingeführt. Zu diesem Zwecke sind die Rahmen um eine senkrechte Achse in begrenztem Bereich drehbar; den Einfluss dieser Rahmenschwankung zeigt das Lichtbild 3. Es bringt die Abhängigkeit des Peilfehlers vom Rahmenschwankwinkel. Parameter ist die Frequenz. Ein Schielen der Rahmen nach aussen ist einem positiven Rahmenschwankwinkel gleichgesetzt. Für verschiedene Maschinentypen haben diese Kurven unterschiedlichen Charakter. Bei einer Ju 88 ergab sich eine Kurvenschar verschiedener Steilheit, die im wesentlichen durch den Koordinatennullpunkt geht, bei einer He 111 ist eine Parallelverschiebung der Kurven mit der Frequenz zu erkennen. Der Rahmenschwankwinkel, der bei dieser Maschinentype notwendig ist, um bei einer Polarisation von 80° eine Entkopplung vom Rückstrahler zu bewirken, ist bei höheren Frequenzen so gross, dass er praktisch nicht mehr verwirklicht werden kann. Der an der Ju 88 gemessene Kurvenverlauf erscheint günstig, es sind nur geringe Rahmendreihungen erforder-

lich, um eine weitgehende Entkopplung bei verschiedenen Frequenzen zu erreichen.

Um die praktische Auswirkung der Rahmenverstellung zu verdeutlichen, sei nochmals Lichtbild 2^{S. 120} betrachtet. Die Kurve für 7,42 MHz ist für den günstigsten Rahmenschwenkwinkel gemessen und ist daher weitgehend der Nulllinie angeschmiegt. Für 6,46 MHz ist der Kurvenverlauf ungünstiger, weil bei der Messung die Rahmen nicht auf den günstigsten Winkel eingestellt waren.

Im jetzigen Stand der Entwicklung ist die Verringerung der Polarisationsabhängigkeit der Bordpeiler zwar noch nicht so weitgehend, dass sie voll befriedigen könnte, es zeigt sich jedoch, dass praktisch verwertbare Ergebnisse bereits jetzt erhalten werden können, wie die jetzt zu besprechenden Flugversuche zeigen. Ich beginne mit den Flügen, die im Bereich der Bodenwelle der Sender durchgeführt wurden.

Es wurde zunächst versucht, Antennen mit stark horizontalen Strahlungsanteil anzufliegen. Hier interessieren zunächst die Antennen, von denen mit dem einleitend erwähnten Rahmenpeiler wegen der vorhandenen Horizontalkomponente keine Peilung erhalten werden kann. Wenn die am Boden gemessene Polarisationsfehlerkurve der Maschine einen befriedigenden Verlauf zeigt, gelingen die Anflüge solcher Antennen einwandfrei. Der optisch kontrollierte Zielkurs stimmt mit der Sollpeilung überein; die Anflüge enden mit dem genauen Überflug des Senders. Ist die Lage des Senders z.B. in unübersichtlichem Gelände nicht erkennbar, so kann sein Standort durch Überflug mit einer Genauigkeit von ± 50 bis 100 m ermittelt werden.

Als besonders scharfe Prüfung wurden Antennen und Dipole benutzt, die vorwiegend horizontal verspannt waren. Die für die Peilung zur Verfügung stehende nutzbare Vertikalkomponente hat hierbei einen sehr kleinen Wert, die Peilempfindlichkeit ist dementsprechend herabgesetzt. In der Längsrichtung dieser Antennen tritt nur der Vertikalanteil der Strahlung in Erscheinung, für diese Anflugrichtung, bemerkt man daher keine Besonderheiten oder Fehler. Bei Anflügen aus der Richtung querab zur Antenne wirkt die volle Horizontalkomponente. Ist diese gross im Verhältnis zur Vertikalkomponente, so stimmt der Zielkurs

wegen des restlichen Polarisationsfehlers nicht mit dem Sollkurs überein. Bei Annäherung an den Sender gerät man dann in den Bereich der Strahlung, der in der Längsrichtung der Antenne liegt. Die Peilung verbessert sich daher in der Nähe des Senders, so dass der Anflug in einer Art Hundekurve über dem Sender endet. Das Vorhandensein starker Horizontalstrahlung ist an der Trübung der Anzeigefigur erkennbar. Ist nicht beabsichtigt, den Sender im Überflug zu erreichen, sondern soll eine Standlinienpeilung vorgenommen werden, so ist in diesen Fällen einer extrem starken Horizontalpolarisation noch ein Peilfehler vorhanden. Das Vorzeichen dieses Fehlers ist für An- und Abflug verschieden. Der Fehler kann daher durch Mittelung von An- und Abflugkurs korrigiert werden.

Zusammenfassend ergibt sich die Tatsache, dass die Auffindung eines Senders auch mit stark horizontaler Abstrahlung in den meisten Fällen gelingt, in denen gute Einfachrahmenpeiler keinerlei Richtwirkung ergeben.

Die Reichweite des Zielfluggerätes beträgt in der Bodenwelle bei 500 m Flughöhe und ca. 40 Watt Sendeleistung etwa 35 km. Über See wurden bei 1 Watt Leistung Reichweiten von 60 km gemessen. Die Erprobung des Gerätes von anderer Stelle ergab in Flughöhen von 4000 m und bei 200 Watt Sendeleistung Reichweiten von 170 km. Als Grenze der Peilreichweite gilt hierbei die Entfernung, aus der noch die Aufnahme des Zielkurses sicher erfolgen kann.

Wesentlich schwieriger als diese Zielflüge im Bereich der Bodenwelle ist die peilmässige Erfassung von Raumwellen. Ein restlicher Polarisationsfehler führt hier in der Regel zu schwankenden Peilungen, weil die Polarisation im allgemeinen zeitlich veränderlich ist. Raumwellenpeilung in der Maschine setzt daher in besonderem Masse eine ausreichende Entkopplung vom Rückstrahlungseinfluss der Maschine voraus. Die nun zu besprechenden Fernpeilungen wurden mit den Flugzeugtypen He 111 und Fi 156 erhalten, für die in den benutzten Frequenzbereichen die gemachte Voraussetzung erfüllt ist.

Auszuschalten ist zunächst das Gebiet der Sprungentfernung, in dem wegen der Streustrahlung eine Peilung naturgemäss nicht zu erwarten ist. Ferner ergibt sich die Tatsache, dass der Zeit-

raum, innerhalb dessen die Peilung eines fernen Senders gelingt, kürzer ist als der Zeitraum guter Hörbarkeit. Die Güte der Peilung ist vom Zustand des Ausbreitungsweges abhängig. Es wurden Fälle beobachtet, in denen aus dem Anzeigebild nicht zu erkennen war, dass es sich um eine Raumwellenpeilung handelte, die vielmehr ganz den Eindruck einer guten Peilung innerhalb der Bodenwelle eines Senders machten. Diese Peilungen treten zu Zeiten sehr stabiler, fadingfreier Übertragung auf und wurden bisher nur über grosse Entfernungen beobachtet. Beispielsweise hatten die Peilungen des Senders IRT in 1500 km Entfernung zeitweise diesen Charakter. Der mittlere Peilfehler betrug 2° . Ähnliche Stabilität der Peilanzeige wurde von Peilfunkern für englische und ägyptische Sender und den Sender Teheran gemeldet. Die zugehörigen Entfernungen liegen zwischen 1000 und 3500 km.

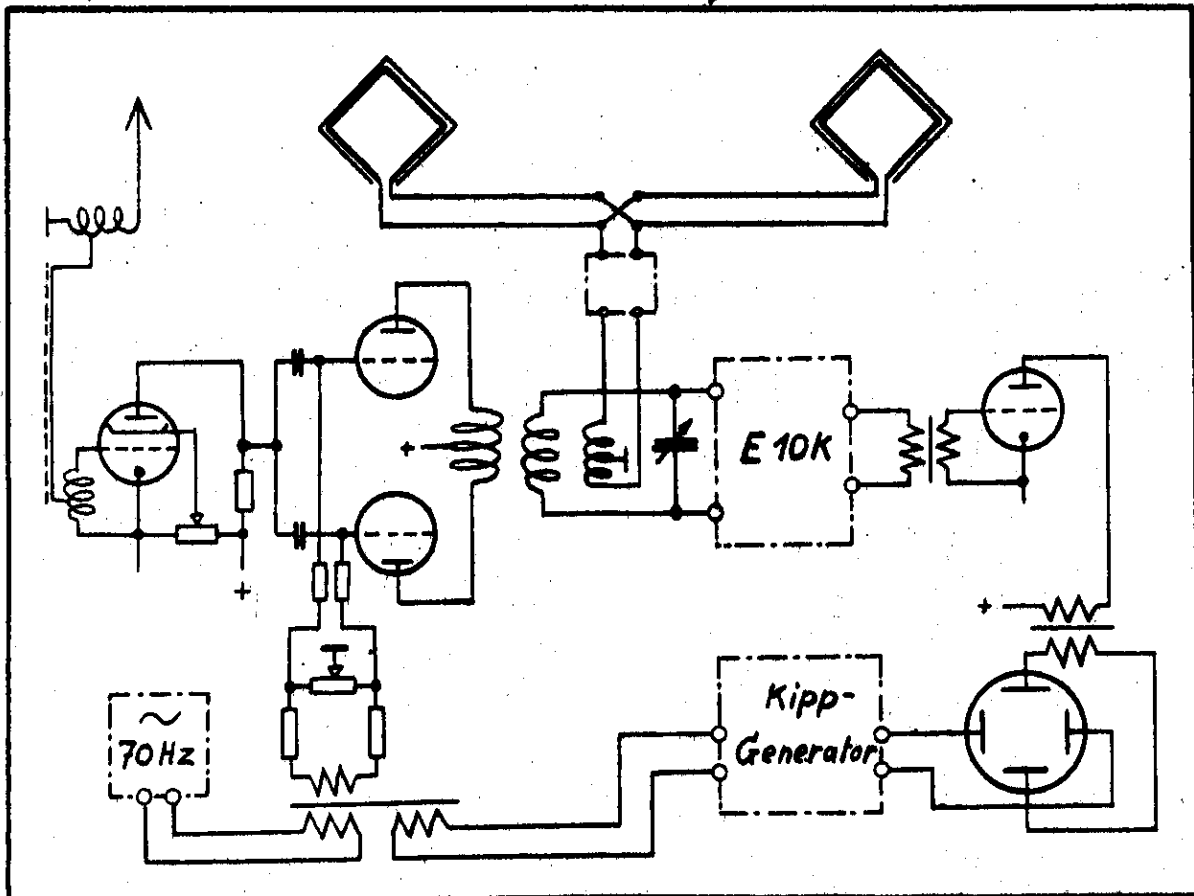
In der weitaus grösseren Zahl der Fälle, in denen ein, wenn auch geringes Fading, vorliegt, ist regelmässig ein Schwanken der Peilung zu beobachten. Je stärker das Fading, umso grössere Peilschwankungen treten auf. Es ist aus der Kurzwellenpeiltechnik bekannt, dass bei fadingbehafteter Übertragung die Peilung im Augenblick grösster Lautstärke ihren zuverlässigsten Wert hat. Im Interferenzminimum des Fadings treten regelmässig grosse Fehler auf. Wenn man in Kenntnis dieser Tatsache das Eindrehen der Maschine auf Zielkurs und Kursverbesserungen nur in den Augenblicken des Fadingmaximums vornimmt, so kommt man, wie die Versuchsflüge bestätigten, am sichersten auf den gesuchten Kurs. Der richtige Zeitpunkt für die Ablesung der Peilung und die Kursverbesserung ist an dem im Rhythmus des Fadings atmenden Anzeigebild leicht zu erkennen.

Setzt man die Peilung eines Senders über einige Zeit fort, so findet man, dass die Werte um einen Mittelwert herum schwanken. Lichtbild 4 ^{S. 122} zeigt hierfür ein Beispiel an.

Es muss noch auf einen Punkt hingewiesen werden, der die Praxis der Zielflugpeilung betrifft und der zur Erzielung einwandfreier Ergebnisse beachtet werden muss. Die Zuverlässigkeit des abgelesenen Zielkurses ist in hohem Masse abhängig von der richtigen Ablesung des Kompasses, dessen Fehler in die Peilung zusätzlich mit eingehen. Besonders störend macht sich der Nächstfehler bemerkbar, weil durch Drehen der ganzen Maschine ge-

peilt wird. Die Peilung darf daher erst dann abgelesen werden, wenn sich der Kompass in völliger Ruhe befindet. In der Praxis hat sich gezeigt, dass es einiger Übung bedarf, bis sich Peilfunker und Flugzeugführer aufeinander eingearbeitet haben und insbesondere der letztere das Wesentliche dieser Art von Peilung erfasst hat.

Zusammenfassend ergibt sich das Bild, dass der Zielflug von Boden- und Raumwellen bei schräger oder drehender Polarisation in zahlreichen Fällen möglich ist. Die Weiterentwicklung wird sich mit der Frage befassen müssen, wie die Entkopplung des Rahmensystems von der rückstrahlenden Maschine möglichst vollkommen und über ein genügendes Frequenzband zu bewirken ist. Verbesserungen dieser Art werden die Vorteile polarisationseffektfreier Peilgeräte in erhöhtem Maße zur Auswirkung kommen lassen.



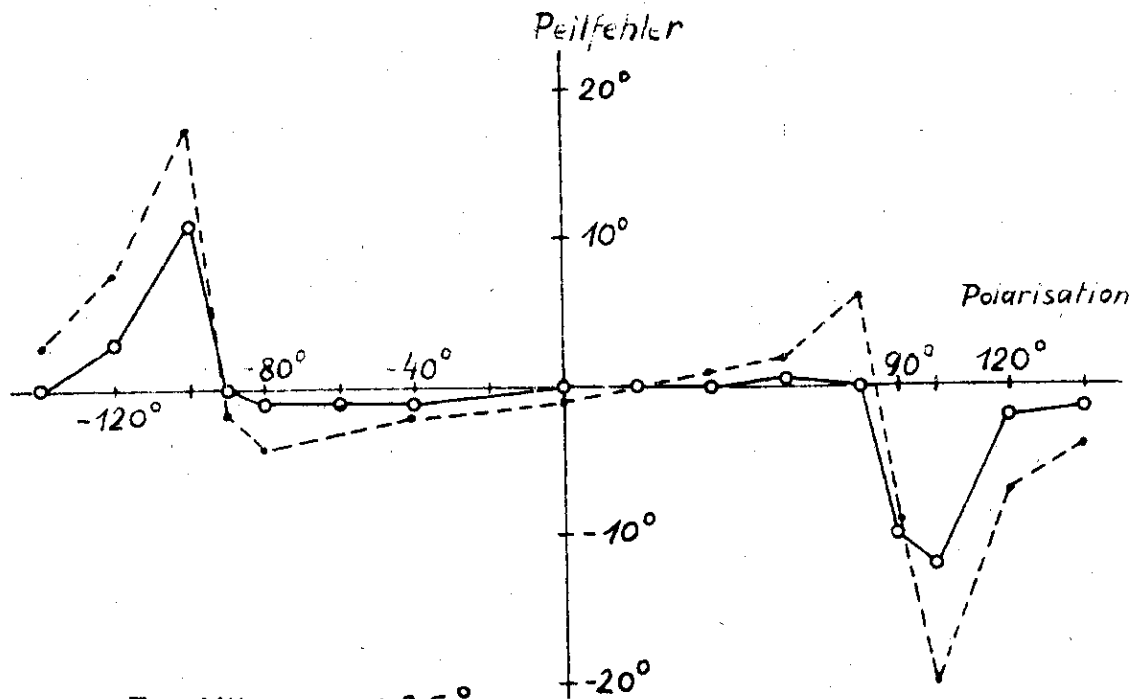
DVL

Kurzwellen-Zielfluggerät

L

①

zu S. 112



Ju 88

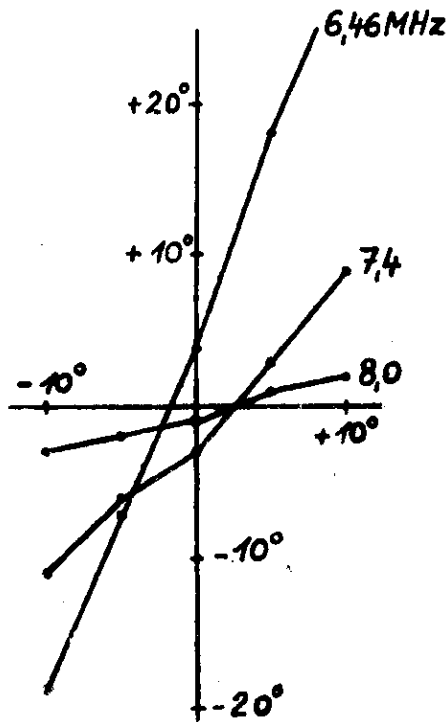
DVL

Peilfehler = $f(\text{Polarisationswinkel})$

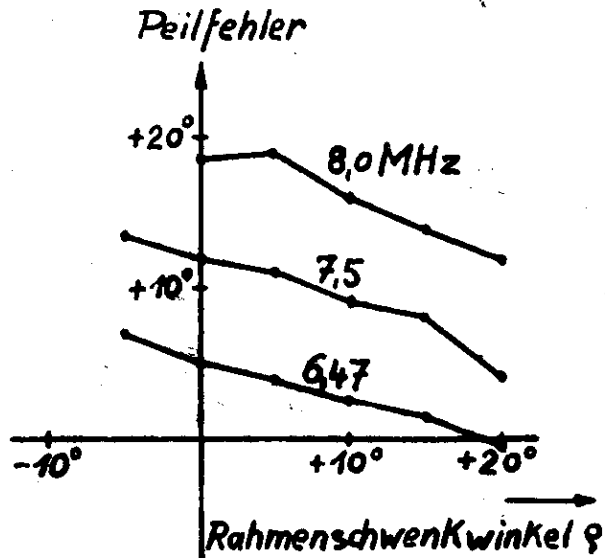
L

(2)

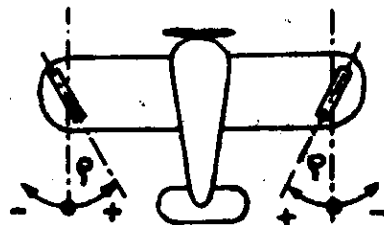
24 S.114



Ju 88, Polarisation -80°



He 111, Polarisation +80°



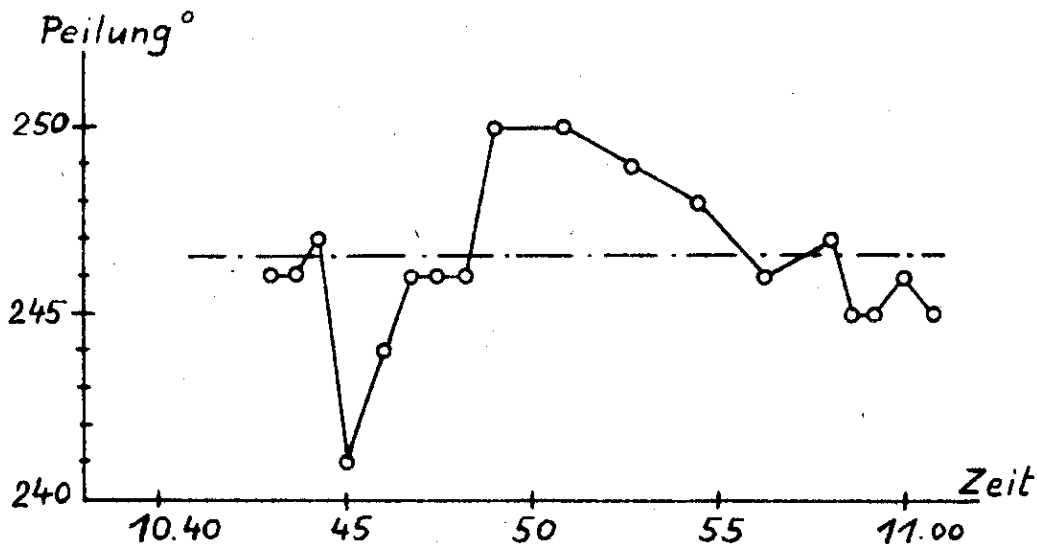
DVL

Peilfehler = f (Rahmenschwenkwinkel)

L

(3)

zu S. 114



6,6 MHz

Entfernung 700 Km

He 111

DVL

Fernpeilung

L

④

zu S. 117