Zeitschrift: Protar
Herausgeber: Schweizerische Luftschutz-Offiziersgesellschaft; Schweizerische Gesellschaft der Offiziere des Territorialdienstes
Band: 11 (1945)
Heft: 12

Artikel: Radio-Lokalisierung
Autor: Bosshard, Werner
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-363139

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 16.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Protar

Schweizerische Zeitschrift für Luftschutz
Revue suisse de la Protection antiaérienne
Rivista svizzera della Protezione antiaerea

Offizielles Organ der Schweizerischen Luftschutz-Offiziersgesellschaft - Organe officiel de la Société suisse des officiers de la Protection antiaérienne - Organo officiale della Società svizzera degli ufficiali di Protezione antiaerea

Offizielles Organ des Schweizerischen Luftschutz-Verbandes - Organe officiel de l'Association suisse pour la Défense aérienne passive - Organo officiale dell'Associazione svizzera per la Difesa aerea passiva

Redaktion: Dr. MAX LÜTHI, BURGDORF - Druck, Administration und Annoncen-Regie: BUCHDRUCKEREI VOGT-SCHILD AG., SOLOTHURN
Jahres-Abonnementspreis: Schweiz Fr. 10.—, Ausland Fr. 15.—, Einzelnummer Fr. 1.—. - Postcheck-Konto Va 4 - Telephon Nr. 2 21 55

Dezember 1945 | **Nr. 12** | **11. Jahrgang**

Inhalt — Sommaire

	Seite
Radio-Lokalisierung. Von Hptm. W. Bosshard, Winterthur	243
La localisation par la radio. Résumé de l'article du cap. Werner Bosshard, Winterthour	248
Düsenflugzeuge. Das Prinzip der Rückstossanwendung in der Fluggeschichte. Von Heinrich Horber, Frauenfeld	249
Unsere nationale Flugzeugindustrie und ihre Aufgaben in der Nachkriegszeit. Von H. Horber, Frauenfeld	252
Bemerkungen zum Luftschutz-Sanitätsdienst. Von Oblt. S. Brodbeck, Zug	255
Literatur	259
Kleine Mitteilungen	260
Schweizerische Luftschutz-Offiziersgesellschaft	262

Nachdruck ist nur mit Genehmigung der Redaktion und des Verlages gestattet.

Radio-Lokalisierung

Von **Hptm. Werner Bosshard, Winterthur**

Im Laufe des zweiten Weltkrieges erschienen schon relativ früh Zeitungsberichte, wonach die Ortsbestimmung von Flugzeugen — vor allem auch nachts — erfolgreich mit Hilfe von Radiowellen erfolge. Den zunächst sehr unbestimmten Meldungen folgten allmählich etwas deutlichere Mitteilungen und vor einiger Zeit — begreiflicherweise erst nach Kriegsende — wurden nun von alliierter Seite auch nähere Angaben über diese Geräte zur Publikation freigegeben. Einzelheiten fehlen allerdings noch, über das Prinzip lässt sich aber schon ein ziemlich klares Bild gewinnen.

Die Radiolokalisierung, auch *Radiolocation* oder *Radar* (Radio detecting and ranging) genannt, hatte ausserordentlich grosse Erfolge zu verzeichnen, und es dürfte daher auch weitere Kreise interessieren, einiges über die Arbeitsmethode dieses Systems zu erfahren.

Die Radiolokalisierung beruht darauf, dass Radiowellen von jedem metallischen Gegenstand zurückgeworfen werden und dass dadurch eine Art Echo entsteht. Um zu verstehen, wie auf Grund dieser Tatsache eine Ortsbestimmung durchgeführt werden kann, dürfte es zweckmässig sein, sich zunächst kurz mit der sogenannten *Echolotung* zu befassen, welche das gleiche Prinzip bei akustischen Wellen verwendet. Die Verhältnisse sind bei der Echolotung wesentlich einfacher und leichter verständlich als bei der Radiolokalisierung.

Echolotung.

Wenn wir wissen, dass sich Schall in Luft von 15° C und 760 mm Hg mit einer Geschwindigkeit von 340 m/s fortpflanzt und dass Schallwellen an Wänden reflektiert (zurückgeworfen) werden, so können wir darauf bereits eine Methode der Entfernungsmessung aufbauen. Misst man die Zeit zwischen dem Aussenden eines Schallsignals und der Rückkehr des reflektierten Signals (Echo!), so lässt sich daraus mit Hilfe der bekannten Schallgeschwindigkeit die Entfernung der reflektierenden Wand berechnen. Die Messung kurzer Zeiten bildete bei der Echolotung anfänglich Schwierigkeiten (vor allem bei der Anwendung im Wasser, wo die Schallausbreitung etwa viermal schneller erfolgt als in Luft und wo demzufolge die Zeiten etwa viermal kürzer werden), ein Problem, welches bei der Radiolokalisierung noch in viel stärkerem Ausmasse auftritt.

Mit den auf Schiffen verwendeten Echolotapparaturen wird die Lotung — d. h. Distanzmessung bis Meeresgrund oder bis zu Hindernissen — so ausgeführt, dass in regelmässigen Zeitintervallen (z. B. $^1/_{10}$ s) ganz kurze Schallsignale (von ca. $^1/_{1000}$ s Dauer) ausgesandt werden. Nach kurzer Zeit trifft jeweils das Echo wieder beim Sender ein (bei 10 m Wassertiefe z. B. innert 0,014 s); auf der Skala des benützten Zeitmessers sind direkt die zu den gemessenen Zeiten gehörenden Entfernungen angeschrieben. Dies gestattet also eine sehr rasche Distanzmessung. Es sei nur nebenbei noch erwähnt, dass diese Methode ausser der eigentlichen Lotung noch weitere Anwendungsgebiete gefunden hat, z. B. in der Hochseefischerei (zum Feststellen von Heringsschwärmen), in der Luftschiffahrt (zur Höhenmessung unab-

hängig vom Barometerstand), zum Ausmessen von Gletschern usw.

Das Radarsystem.

Durch Verfeinerung und sinngemässe Anpassung an die anders gearteten Forderungen bei der Anpeilung und Ortsbestimmung von Flugzeugen ist aus der Echolotung die Radiolokalisierung entwickelt worden.

Es liegt zunächst nahe, sich zu überlegen, ob die Echolotung nicht auch zum Auffinden von Flugzeugen und zur Entfernungsbestimmung brauchbar wäre. Eine Verwendung von Schallwellen ist nun aus verschiedenen Gründen nicht möglich. Vor allem ergeben sich dadurch Schwierigkeiten, dass die Geschwindigkeiten der Flugzeuge schon recht nahe bei der Schallgeschwindigkeit liegen. Die Tonhöhe des reflektierten Schallsignals wäre stark von der Flugzeuggeschwindigkeit abhängig, was Aufnahme, Abstimmung und Verstärkung erschweren würde. Die zurückkehrende Schallwelle würde auch nicht aus der Richtung des momentanen Standortes des Flugzeuges eintreffen, dies kann jedermann beim Aufsuchen eines schnell fliegenden Flugzeuges feststellen: Sucht man in der Richtung des eintreffenden Schalles, so wird sich zeigen, dass das Flugzeug jenen Punkt schon wesentlich hinter sich gelassen hat. Während der Zeit, in welcher der Motorenlärm die Strecke bis zu unserem Ohr zurücklegte, hat sich die Maschine schon wieder ein beträchtliches Stück weiter bewegt. Als wesentlichstes Hindernis für die Anwendung von Schallwellen ist wohl die viel zu kleine Reichweite zu nennen.

Aus den oben angeführten Gründen ersieht man leicht, dass eine Ortsbestimmung von Flugzeugen mit akustischen Wellen praktisch nicht in Frage kommen kann. Viel günstiger liegen nun die Verhältnisse bei der Verwendung elektromagnetischer Wellen (Radiowellen). Diese werden von Dunst und Wolken nicht beeinflusst — eine Tatsache, welche ja jeder Radiohörer kennt. Die Radiowellen werden aber von Körpern, deren elektrische Eigenschaften (Leitfähigkeit, Dielektrizitätskonstante) sich von denen der Umgebung unterscheiden, zurückgeworfen. Als besonders günstige Reflektoren sind Metallflächen zu bezeichnen. Schickt man daher ein Bündel von Radiowellen auf ein Flugzeug, so gelangt ein Teil dieser Wellen wieder zum Sendeort zurück, wenn auch mit geringer Intensität. Da sich Radiowellen mit einer Ausbreitungsgeschwindigkeit von 300'000 km/s fortpflanzen, so spielt bei der Ortsbestimmung die Eigengeschwindigkeit des Flugzeugs natürlich keine Rolle mehr.

Die Wellenlängen des Rundfunkbereiches scheiden von vornherein für die Verwendung im Radarverfahren aus, die Reflexion der Wellen wird nämlich erst ausgeprägt, wenn die Hindernisse (Flugzeuge) Abmessungen aufweisen, welche mindestens von der Grössenordnung der Wellenlänge sind. Da aber die Grösse des Hindernisses gegeben ist, so muss man die Wellenlänge entsprechend anpassen, das heisst man muss sehr kurze Wellen verwenden (Ultrakurzwellen, Mikrowellen). Je kürzer die Wellenlänge, desto günstiger werden die Reflexionsbedingungen.

Die Mikrowellen weisen gegenüber den Rundfunkwellen aber auch noch weitere wesentliche Vorteile für die Anwendung bei der Radiolokalisierung auf. Vor allem ist zu erwähnen, dass sie sich sehr gut bündeln lassen. Ohne Bündelung wäre die auf das Flugzeug auftreffende Energie der Radiowelle äusserst klein (sie nimmt ab mit dem Quadrat des Abstandes), die Reflexion selbst ist bei weitem nicht 100prozentig und von der reflektierten Energie gelangt wiederum nur ein ganz minimer Bruchteil zum Empfänger der Radarstation. Die verschwindend kleine Intensität würde das Arbeiten ausserordentlich erschweren. Durch geeignete Anordnung der Antennen und durch Reflektoren kann nun die gesamte ausgestrahlte Energie auf einen sehr kleinen Raumwinkel konzentriert werden — genau so, wie ein Scheinwerfer die Lichtenergie in einer Richtung zusammenfasst. Die Radarsender weisen eine derart gute Bündelung auf, dass die Oeffnung des ausgestrahlten Kegels nur ein Viertelgrad beträgt. Dadurch wird die Intensität in dieser Richtung etwa 400'000mal so gross wie in jenem Fall, da die Energie im Halbraum gleichmässig verteilt würde!

In den letzten Jahren hat die Industrie in der Herstellung von Sendern für Mikrowellen ganz gewaltige Fortschritte gemacht (auch die schweizerische Hochfrequenzindustrie hat in dieser Richtung grosse Erfolge zu verzeichnen). Erst diese Verbesserungen der Mikrowellentechnik haben die enorme Entwicklung der Radiolokalisierung ermöglicht.

Als Generator für die Radarwellen dient ein sogenanntes Magnetron. Das in letzter Zeit vielgenannte Klystron hat eine zu geringe Leistung. Mit Hilfe von kleinen Magnetronröhren können heute Leistungen von 1000 kW abgegeben werden, kurzzeitig — während jeweils einer Millionstelssekunde — sogar Leistungen von 30'000 kW!! Wie im folgenden Abschnitt erläutert wird, genügen aber diese kurzen Sendezeiten für die Radiolokalisierung vollkommen.

Entfernungsmessung.

Bei der Radiolokalisierung werden wie bei der Echolotung in regelmässigen Intervallen kurze Signale ausgesandt. Die Emission dieser nur etwa $^1/_{1000000}$ s dauernden Signale erfolgt in der Richtung der vermuteten Flugzeuge. Es muss wiederum die Zeit bis zur Rückkehr des reflektierten Signals gemessen werden; wegen der enorm hohen Geschwindigkeit der Radiowellen sind diese Zeiten aber ausserordentlich kurz. Selbst bei einer Flugzeugentfernung von 150 km wird für Hin- und Rückweg des Signals nur

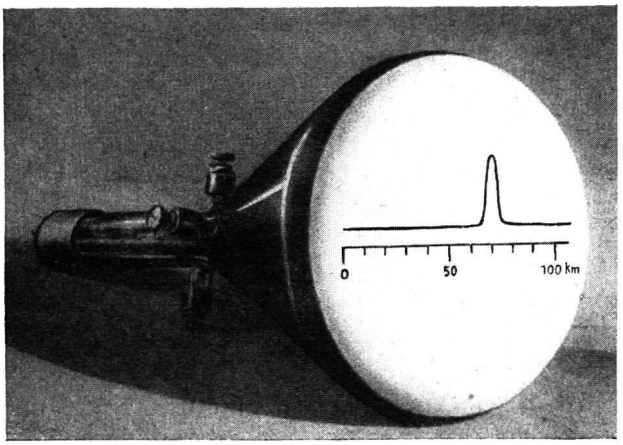

Abb. 1

$^1/_{1000}$ s gebraucht! Man kann sich daher die hohen Anforderungen an die Genauigkeit der Zeitmessung leicht vorstellen; ein Fehler von $^1/_{10000}$ s in der Zeitbestimmung bedeutet schon einen Fehler von 15 km in der Entfernungsbestimmung.

Für diese Zeitmessungen mussten daher besondere Methoden entwickelt werden. Man benützt heute die sogenannten Kathodenstrahlröhren, wie sie auch beim Fernsehen und vor allem als unentbehrliche Geräte in physikalischen Laboratorien gebraucht werden. Der Elektronenstrahl wird in der Horizontalrichtung mit Hilfe von Kippschwingungen so rasch abgelenkt, dass das ganze Feld z. B. in $^1/_{1000}$ s gleichförmig durchlaufen wird. Der Beginn der Ablenkung fällt genau zusammen mit dem Aussenden des Radiosignals. Das reflektierte Signal wird vom Empfänger aufgenommen und über einen Verstärker der Kathodenstrahlröhre zugeführt. Beim Eintreffen des Signals wird der Elektronenstrahl in vertikaler Richtung abgelenkt. Die Bewegung des Elektronenstrahls kann auf dem Leuchtschirm der Röhre verfolgt werden und macht sich dort als heller Strich bemerkbar (in Abb. 1 schematisch durch einen dunklen Strich angedeutet). Der Leuchtschirm kann mit einer Skala versehen werden, welche wiederum direkt die Distanzen anzeigt, welche den betreffenden Zeiten entsprechen. Dadurch wird eine sofortige Ablesung der Flugzeugentfernung ermöglicht. Die Anordnung gestattet überdies auch die gleichzeitige Registrierung mehrerer Flugzeuge in verschiedenen Distanzen (mehrere Ausschläge auf dem Leuchtschirm). Aus der Art des Ausschlags lassen sich ausserdem noch weitere Schlüsse ziehen. Je grösser die reflektierenden Flächen sind, desto grösser wird auch der Vertikalausschlag, man kann also die Zahl der Flugzeuge einer anfliegenden Staffel einigermassen beurteilen.

Wenn die Entfernungsmessung hinreichend genaue Resultate liefern soll, so muss die Zeitmessung entsprechend genau erfolgen. Dies bedingt eine aussergewöhnlich grosse Frequenzgenauigkeit der Geräte für die sogenannte Zeitablenkung des Elektronenstrahls. Für Präzisionsmessungen in Laboratorien sind ja bereits Quarzoszillatoren mit relativen Frequenzabweichungen von weniger als 10^{-10} entwickelt worden. Bei der Radiolokalisierung ist aber zu beachten, dass es sich um Geräte handeln muss, welche auch erheblichen mechanischen Beanspruchungen (Erschütterungen, Stösse) ausgesetzt sind.

Richtungsbestimmung (Azimut α).

Bei der oben beschriebenen Messung mit der Kathodenstrahlröhre kann die Richtung der Flugzeuge nicht abgelesen werden, es ist hiezu eine zweite Messung nötig. Die Idee, welche der Richtungsbestimmung zugrunde liegt, lässt sich leicht verstehen, wenn man an die Rahmenantennen aus den Anfängen des Radioempfanges denkt. Bekanntlich kann mit der Rahmenantenne ein Sender nicht empfangen werden, welcher in der zur Rahmenebene senkrechten Richtung liegt. Dreht man den Rahmen also derart, dass die Radiosignale verschwinden, so kann dadurch ohne weiteres die Himmelsrichtung des Flugzeugs bestimmt werden. Praktischer ist allerdings die Verwendung zweier feststehender Rahmenantennen, welche miteinander einen rechten Winkel bilden und über ein Radiogoniometer an den Empfänger gekoppelt sind. Diese Ausführung wird schon seit vielen Jahren in den Peilstationen der Flugplätze verwendet.

Bestimmung der Elevation.

Als drittes Element ist zur Ortsbestimmung ausser der Entfernung d und dem Azimut α noch die sogenannte Elevation β nötig, d. h. der Winkel zwischen der Horizontalen und der Richtung zum Flugzeug (Abb. 2). (Bei Ortsbestimmung von Schiffen fällt diese Messung natürlich weg.) Auch für die Bestimmung der Elevation konnte man auf bereits bekannte Methoden zurückgreifen: Man

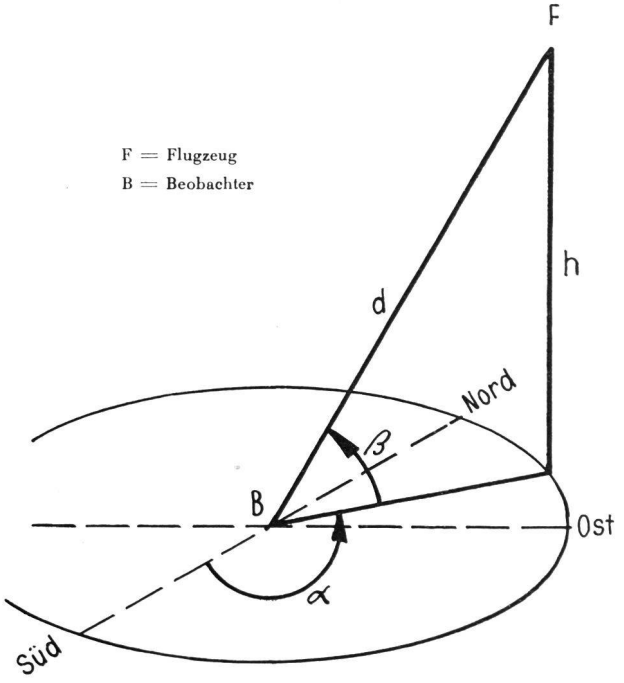

Abb. 2

verwendet zwei übereinander liegende Antennen und misst die sogenannte Phasenverschiebung zwischen den mit beiden Antennen empfangenen Signalen. Die obere Antenne B wird etwas früher erreicht als die untere Antenne A (Abb. 3). Aus der Zeitdifferenz und dem Abstand der beiden Antennen kann die Wegdifferenz x bestimmt und daraus der Winkel β berechnet werden.

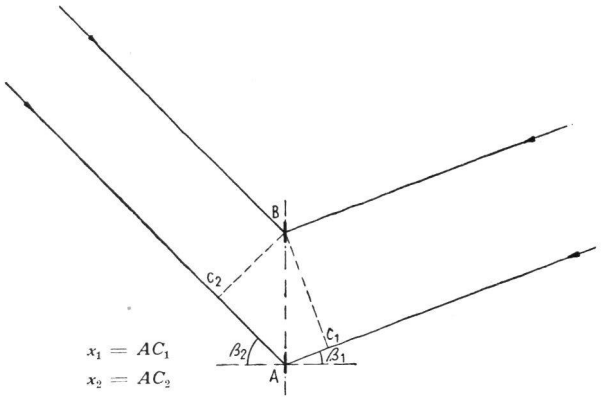

Abb. 3

Die Messmethoden der Radiolokalisierung sind so ausgebaut worden, dass alle drei Angaben (Entfernung, Azimut, Elevation) sofort an entsprechenden Skalen ablesbar sind, die Ortsbestimmung des Flugzeuges kann also äusserst rasch und ohne Umrechnungen erfolgen.

Entwicklung und Erfolge.

Die ersten praktischen Versuche mit Radar wurden anfangs 1935 in Oxfordness (Suffolk) ausgeführt und ergaben eine Reichweite von etwa 70 km. Zwei Jahre später war es bereits möglich, von festen Landstationen aus Flugzeuge in 200 km Entfernung nachzuweisen und mit transportablen Geräten von Flugzeugen aus den Standort von Schiffen zu ermitteln.

Bei Kriegsbeginn war die ganze Ost- und Südostküste Englands mit einer Radar-Organisation versehen, welche noch ständig weiter ausgebaut wurde. Durch direkte Kombination von Radar mit der Fliegerabwehr konnten ganz ausserordentliche Erfolge erzielt werden. Scheinwerfer wurden durch Radiolokalisierung gerichtet und erst in dem Moment eingeschaltet, als sie bereits in die Richtung des Flugzeugs wiesen. Zum Teil arbeitete die Fliegerabwehr sogar ohne Scheinwerfer — vor allem natürlich bei Nebel — und die radargesteuerten Geschütze traten sehr erfolgreich in Aktion. Die Tatsache, dass von den fliegenden Bomben (V 1), welche in den Bereich der Flab kamen, schliesslich 80 % abgeschossen wurden, mag dies genügend illustrieren. Das Suchen des Gegners geschah durch zeilenweises Abtasten des Himmels — in ähnlicher Weise, wie es beim Fernsehen erfolgt.

Von 1941 an wurde die Radiolokalisierung auch für den Angriff verwendet. Nachtjäger wurden mit Radar ausgerüstet und konnten so die feindlichen Flugzeuge schon weit ausser Sichtweite ermitteln und angreifen. Mit Hilfe des «Gee-Systems» konnte von den Flugzeugen selbst die nötige Peilung vorgenommen werden, während üblicherweise ja die Peilungen von den Landstationen vorgenommen und dem Flugzeug mitgeteilt werden. Auch die «Pfadfinder», welche die Zielgebiete mit Leuchtfackeln abstecken mussten, wurden von einer Radarstation dirigiert und erhielten von einer zweiten Kontrollstation das Signal zum Abwurf.

Ganz entscheidende Erfolge zeitigte dann aber vor allem die Verwendung jenes Gerätes, mit dessen Hilfe auch bei Nacht, durch Nebel und Rauch, eine Beobachtung des Zielgeländes ermöglicht wurde; dieses Gerät ist bekannt unter den Namen «Panorama-Gerät», «magisches Auge», «black box», «magic box» usw. Es soll im letzten Abschnitt noch ausführlicher beschrieben werden.

Als Angriffsoperationen, welche zum Teil nur durch die Radiolokalisierung ermöglicht wurden, sind bis jetzt vor allem etwa die folgenden genannt worden: Bekämpfung der Unterseeboote, Versenkung der italienischen Flotte durch die britische Marine (Matapan 1941), Angriffe auf die deutschen Schiffe «Scharnhorst» und «Bismarck», Vernichtungsangriffe auf die Kruppwerke, auf Hamburg, auf Elberfeld, Zerstörung der Fernkampfgeschütze an der Kanalküste, Räumung von Minenfeldern, Luftlandeoperationen anlässlich der Invasion im Sommer 1944 usw.

Die Abwehrmöglichkeiten gegen ein Entdecktwerden durch die Radiolokalisierung sind relativ gering. Die riesigen Mengen von Streifen aus Aluminiumfolie, welche von Flugzeugen abgeworfen wurden, hatten ähnliche Reflexwirkungen wie grössere Metallflächen, sollten daher dem Feinde Flugzeuge vortäuschen. Eine indirekte Abwehrmöglichkeit bestand darin, dass vor allem U-Boote die von Flugzeugen ausgesandten Radarsignale selbst auffangen konnten und so auf einen drohenden Angriff aufmerksam wurden und rechtzeitig ausweichen (untertauchen) konnten.

Zukunftsaussichten, Radar im Frieden.

Es lässt sich denken, dass die drahtlose Fernsteuerung, welche ja schon lange bekannt ist, in Verbindung mit der Radiolokalisierung als Kontrollmöglichkeit sehr zuverlässig ausgebaut werden kann. Unter Umständen liesse sie sich damit sogar ganz automatisch durchführen. Als Anwendungsgebiet käme unter anderem vielleicht auch Postverbindung mit Uebersee durch ferngesteuerte Stratosphärenflugzeuge (Raketenantrieb) in Betracht. Diese unbemannten Flugzeuge könnten mit sehr grossen Beschleunigungen starten und landen.

Im weiteren dürfte Radar im Verkehrswesen Verwertung finden, vor allem als Sicherung vor Zusammenstössen (Schiffe im Nebel, Eisberge, Flugzeuge im Gebirge bei unsichtigem Wetter usw.). Auch der Staffelflug lässt sich bei Nacht sichern durch die Radiolokalisierung; es ist ja

bekannt, dass eine ähnliche Methode mit Ultrarotstrahlung angewendet wurde: Ein höher fliegendes Leitflugzeug beobachtete mit diesen für das Auge unsichtbaren Wellen die anderen Flugzeuge und übermittelte jedem dieser Flugzeuge auf drahtlosem Wege das Bild schematisiert auf einen Leuchtschirm. Jeder Pilot «sah» dadurch auch im Dunkeln die Abstände seiner Maschine von den benachbarten Maschinen und konnte dementsprechend korrigieren.

In diesem Sinne wird die Radiolokalisierung ganz bestimmt noch mannigfache Anwendungen auf dem Gebiet der Verkehrssicherung finden.

Panoramageräte, magic box.

Die oben beschriebene Methode der Radiolokalisierung erfordert im wesentlichen für jeden festzustellenden Gegenstand eine gesonderte Messung. Dies genügt den Forderungen der Abwehr meistens, bei Angriffen jedoch nur in besonderen Fällen (Feststellung von U-Booten, Schiffen, Anwendung in Nachtjägern usw.). Im allgemeinen fordert der Angreifer einen Ueberblick über das Zielgelände — eine Bedingung, welche tags bei klarem Wetter erfüllt ist. Nächtliche Angriffe und Anflüge über einer Wolkendecke sind jedoch wegen der erschwerten Abwehr mit viel geringeren Verlusten verbunden, hatten aber anfänglich den Nachteil der fehlenden Orientierungsmöglichkeit über dem Zielgelände selber. Durch eine Weiterentwicklung des Radarsystems wurde es nun ermöglicht, ein grösseres Gebiet auf einmal zu überblicken (im Gegensatz zu den oben erwähnten Einzelermittlungen), und zwar auch bei Dunkelheit und unabhängig von dazwischenliegenden Wolkenschichten. Es entstand das sogenannte *Panorama-Gerät.*

Die Aufgabe für die Entwicklung dieses Gerätes bestand darin, eine grössere Fläche Punkt für Punkt abzutasten, an jeder Stelle das Reflexionsvermögen festzustellen und das Ganze auf einem Leuchtschirm wiederzugeben. Dieses Problem erinnert sehr an gewisse Probleme des Fernsehens, und es wurde zum Teil auch ähnlich gelöst. Das Abtasten erfolgt jedoch nicht zeilenweise, sondern radial, wobei der Radius allmählich gedreht wird. Man erreicht dies auf folgende Weise: Ein sehr kurzes Signal von Mikrowellen (wenige Zentimeter Wellenlänge) wird in regelmässigen Intervallen vom Flugzeug F aus in einer Vertikalebene ausgesandt (Abb. 4). Am Boden werden die Wellen, welche auch Dunst und Wolken ungehindert durchdringen, reflektiert. Die von den Punkten zwischen B und C zurückgeworfenen Signale treffen *nacheinander* beim Flugzeug ein, denn sie haben ja verschiedene Distanzen durchlaufen müssen. Aus den Laufzeiten können somit die Entfernungen FP und indirekt auch BP ermittelt werden. Dreht man nun die Sendeebene gleichmässig um die Vertikalaxe FB, so wird die ganze unter F liegende Kreisfläche vom Durchmesser AC abgetastet. Stehen Umdrehungszeit und Laufzeitdifferenzen (für FB bzw. FC) im richtigen Verhältnis, so liegen die nacheinander überstrichenen Radien so nahe beieinander, dass praktisch keine Lücken bemerkt werden. Das Zentrum des Kreises wird dabei allerdings mehrfach überdeckt, was sich dann beim Bild in einer grösseren Helligkeit der in der Mitte liegenden Teile äussert. Durch eine geeignete Anordnung (radial veränderliches Feld + Drehfeld) wird der Elektronenstrahl in einer Kathodenstrahlröhre genau gleich gesteuert. Er überstreicht also den Leuchtschirm ebenfalls in dessen ganzer Fläche, und zwar in vielen dicht nebeneinander liegenden vom Zentrum ausgehenden Strichen.

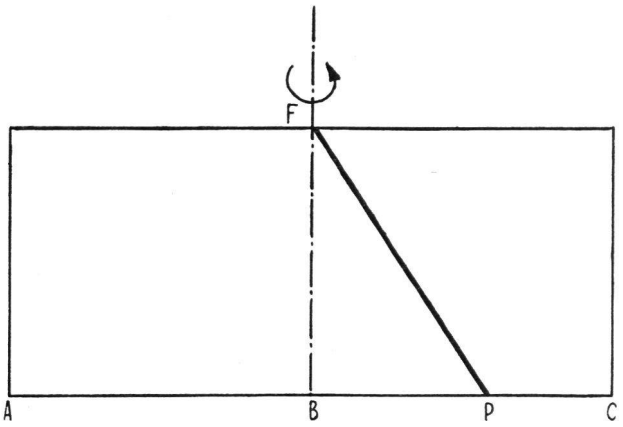

Abb. 4

Da die Reflexionsfähigkeit des Geländes für die Mikrowellen stark von dessen Beschaffenheit abhängt, so treffen die zurückkehrenden Signale beim Empfänger mit verschiedener Intensität ein. Variiert man die Beschleunigungsspannung des Elektronenstrahls im gleichen Sinne, so schwankt auch die Helligkeit des Leuchtschirmes an den verschiedenen Stellen in gleicher Weise wie die Reflexionsfähigkeit des beobachteten Geländes. Man erzeugt dadurch ein Hell-Dunkel-Bild auf dem Leuchtschirm, welches das Reflexionsvermögen des abgetasteten Geländes wiedergibt. Meer, Seen und Flüsse reflektieren sehr wenig, erscheinen also auf der Kathodenstrahlröhre dunkel, während der besser reflektierende Erdboden heller abgebildet wird. Bebautes Gelände wirft die Mikrowellen sehr stark zurück, ist also auf dem Leuchtschirm als heller Fleck erkennbar. Eine so feine Abstufung der Helligkeitswerte wie bei der Photographie ist natürlich nicht möglich. Auch bezüglich der Genauigkeit dürfen nicht die gleichen Anforderungen gestellt werden, es sei aber immerhin erwähnt, dass selbst bei Flughöhen von einigen tausend Metern keine grösseren Fehler als 100 bis 200 Meter auftreten. Die auf dem Leuchtschirm erscheinenden Bilder sind jedenfalls klar genug, um dem über Wolken oder bei Nacht fliegenden Piloten eine hinreichende Orientierung zu ermöglichen. Abb. 5 zeigt ein Stück der Küste Nordfrankreichs während der Invasion am 6. Juni 1944, die kleinen weissen Flecken in

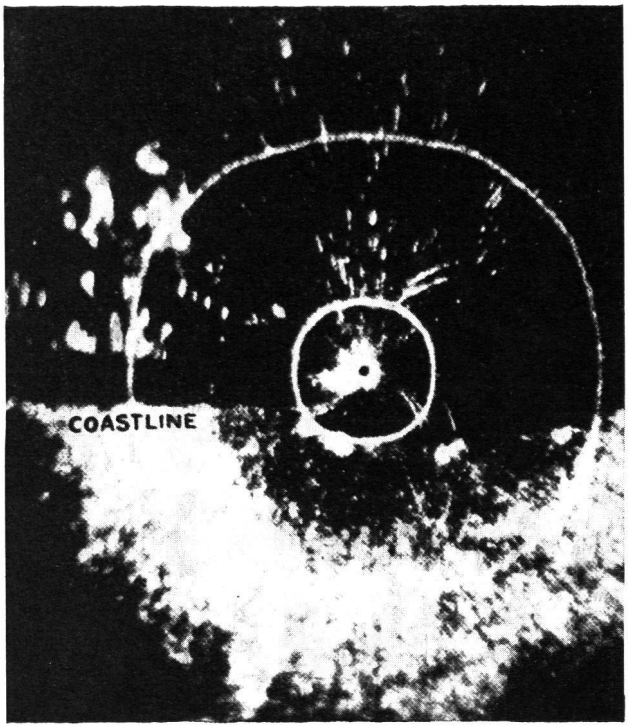

Abb. 5

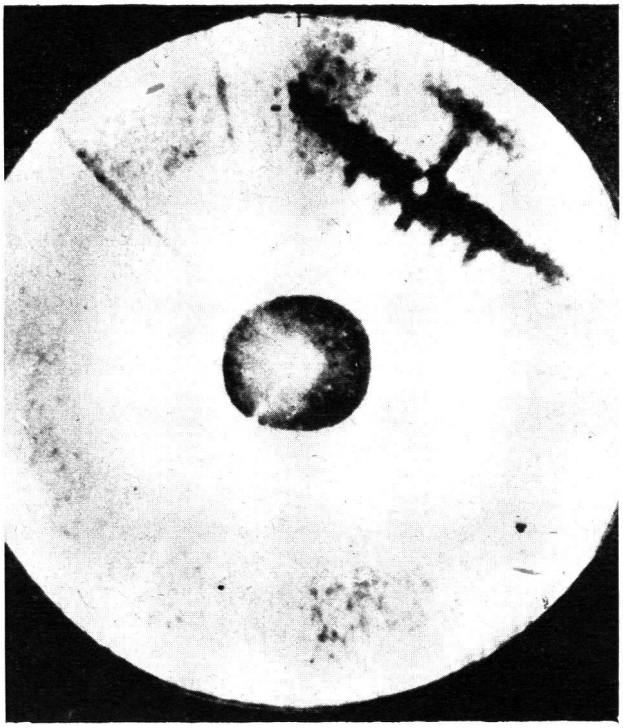

Abb. 6

der oberen Bildhälfte sind «Abbildungen» der Invasionsflotte, der ungefähr horizontale Trennungsstrich in Bildmitte gibt die Küste wieder. Die beiden konzentrischen Kreise sind Distanzkreise und dienen zur Auswertung der Radaraufnahme. Abb. 6 zeigt, wie ein viermotoriger Bomber auf dem Leuchtschirm dargestellt wird.

Durch Zeitungsberichte wurde öfters auf die gewaltigen Erfolge aufmerksam gemacht, welche durch diese Panorama-Geräte ermöglicht wurden, so dass sich hier das Aufzählen von Einzelaktionen erübrigen dürfte. Es sei lediglich noch ein besonderes Anwendungsgebiet erwähnt: die gewaltigen Fortschritte in der Bekämpfung der deutschen Unterseeboote sind ebenfalls diesen Geräten zu verdanken. Durch Untertauchen konnten sich anfänglich die U-Boote dem Entdecktwerden entziehen, der sogenannte «Schnörkel» — eine Art Atmungsschlauch — ermöglichte das lange Tauchen. Die Verbesserung der Panorama-Geräte erlaubte dann aber auch den Nachweis der Boote unter der Wasseroberfläche. Genauere Angaben darüber fehlen noch; möglicherweise gelang dies durch Verwendung äusserst kurzer Wellen (Wasser zeigt nämlich für diese hohen Frequenzen eine anomale Dispersion, die hohe Dielektrizitätskonstante sinkt sehr rasch auf kleine Werte, so dass das Wasser diese Zentimeterwellen weniger reflektiert und besser durchlässt).

Für die Panorama-Geräte bestehen natürlich in der Zukunft sehr viele Anwendungsmöglichkeiten. Zweifellos werden die Geräte noch weiter vervollkommnet werden, und es ist anzunehmen, dass grössere Verkehrsflugzeuge damit ausgerüstet werden. Dadurch kann die Verkehrssicherheit noch wesentlich besser erhöht werden als durch Anwendung des im ersten Teil beschriebenen Radar-Verfahrens für Einzelfeststellung von Hindernissen.

La localisation par la radio

Résumé de l'article du cap. **Werner Bosshard, Winterthour**

I. — Introduction.

Depuis la fin de la guerre, les indications fournies par la presse sur le fonctionnement de la «Radar» (Radio detecting and ranging) ou «Radiolocation» se sont précisées suffisamment pour permettre de se faire une idée assez exacte de cette nouvelle arme technique, aussi utile pour l'offensive que pour la défensive.

Elle repose sur le principe de l'écho, avec cette différence par rapport à l'écho sonore que les ondes employées se propagent à une vitesse très supérieure (300'000 km. au lieu de 340 m. à la seconde). Réfléchies par tout corps dont les qualités électriques diffèrent de celles de son entourage, et particulièrement bien par les corps métalliques, elles peuvent être captées au retour, malgré leur intensité considérablement réduites. En mesurant le temps qu'elles ont mis pour le parcours aller et retour, il est facile de calculer la distance de l'objet visé. Les ondes ultra-cour-