Zeitschrift: Protar

Herausgeber: Schweizerische Luftschutz-Offiziersgesellschaft; Schweizerische Gesellschaft der Offiziere des Territorialdienstes

Band: 12 (1946)

Heft: 2

Artikel: Anwendungen der Radiolokalisierung

Autor: Bosshard, Werner

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-363148

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: 23.08.2025

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

dass Sie es bis zum Hauptverlesen reinigen und mir dann zeigen. Ausserdem stehen Sie nicht stramm da. Die Knie müssen Sie durchdrücken — Achsel zurücknehmen — Kopf höher — noch höher — so — jetzt ist's besser.»

Witze machen über einen, der seine Sache nicht gut oder nicht recht gemacht hat, ist nichts anderes als eine unangebrachte Art der Beschimpfung. Es ist wohl möglich, dass man dadurch einen billigen momentanen Lacherfolg bei den schlechteren Elementen erzielen kann. Die besseren Schüler aber, die intelligenteren, werden sich im Innern gegen diese unwürdige Behandlung auflehnen. Der Betroffene selbst wird dem Lehrer nichts als Hassgefühle entgegenbringen können.

Im Witzigen ist immer ein negativer, boshafter Zug. Der Humorvolle hingegen zeugt von einer positiven, gesunden Charakterveranlagung, die Menschen eigen ist, welche einen guten Kern besitzen. Den Witzigen spielen, kann man sich abgewöhnen, sich jedoch Humor aneignen, sofern man nicht von Natur die Veranlagung besitzt, ist nicht möglich. Wer es versuchen sollte, macht sich lächerlich und damit unmöglich.

Jeder muss mit den eigenen Mitteln des Charakters, der Bildung und der Fähigkeiten schaffen. Jeder Versuch, mit fremden, nicht angemessenen Mitteln zu arbeiten, führt zum Misserfolg. Damit will ich nicht sagen, man solle nicht von anderen das Gute übernehmen; denn dies wäre ja die Verneinung jedes Ausbildungs- und Erziehungsprinzips. Ich will damit sagen, man dürfe nicht rein äusserlich kopieren und nachäffen. Mit Aussicht auf Erfolg kann man nur das weitergeben, was man in sich trägt. Das Uebernommene muss deshalb verarbeitet werden, es muss umgeformt werden, es muss so lange in uns wirken, bis es zu einem Bestandteil unseres Charakters und unserer Bildung oder Fähigkeiten geworden ist.

Wenn ich am Ende meiner Ausführungen, zusammenfassend die Haupteigenschaften nennen soll, die zum Erfolg führen —, dann würde ich sagen: Die Seelengrösse und die Menschenliebe.

(Le même problème sera traité également en français.)

Anwendungen der Radiolokalisierung

Von **Hptm. Werner Bosshard, Winterthur**

Der Artikel «Radio-Lokalisierung» in der «Protar» *11* (1945), Heft 12, vermittelte einen knappen allgemeinen Ueberblick über das Prinzip dieser modernen Peil- und Beobachtungs-Methoden. Im folgenden sollen nun einige spezielle Systeme und Anwendungen der Radiolokalisierung in ihrer Wirkungsweise etwas genauer beschrieben werden.

Das I. F. F.-System.

(Identification friend from foe; Freund-Feind-Erkennung.)

Stellt eine Bodenstation mit Hilfe der Radiolokalisierung die Koordination eines Flugzeuges ausser Sichtweite fest, so kann daraus wohl in sehr vielen Fällen noch nicht mit Sicherheit entschieden werden, ob es sich um eine eigene oder eine feindliche Maschine handelt. Die Radar-Ingenieure haben nun eine besondere Methode, das IFF-System, entwickelt. Die Erkennung der Nationalität des Flugzeuges wird dabei durch Mitwirkung des Flugzeuges ermöglicht, kann also «positiv» nur mit eigenen oder verbündeten Maschinen durchgeführt werden.

Im Flugzeug ist eine Empfangsanlage eingebaut, welche genau auf die Radar-Wellenlänge der Heimstationen eingestellt ist. Einzelne der eintreffenden Signale (z. B. jedes siebente und jedes neunte) werden mit Hilfe eines Relais durch einen kleinen Sender vom Flugzeug an die Bodenstation zurückgemeldet, wofür in den Pausen zwischen zwei Signalen genügend Zeit zur Verfügung steht. Diese Rückmeldung erlaubt dem Bodenpersonal, die festgestellte Maschine als eigene zu identifizieren.

Damit sich feindliche Flugzeuge nicht ebenfalls in dieser Weise «legitimieren» können, wird die Auswahl der Signale, welche zurück zu melden sind, nach relativ kurzen Zeiten jeweils laut vorheriger Vereinbarung gewechselt.

Die C. H.-Stationen.

(Chain home, Vorwarnung.)

Diese weitreichenden, mit verhältnismässig grossen Wellenlängen (ca. 13 m bis 0,5 m) arbeitenden Stationen waren für die Frühwarnung bestimmt. Die ganze Küste Englands — vor allem Süden und Osten — war mit einer ganzen Kette solcher Stationen versehen. Aeltere Systeme verwendeten Strahlenbündel grosser Oeffnung, wobei sich die Bereiche der verschiedenen Sender überlappen mussten, um eine lückenlose Ueberwachung zu gewährleisten. Die spätere Verwendung schmaler Strahlenbündel ermöglichte eine viel bessere Konzentration der Sendeenergie und damit eine grössere Reichweite. Der Himmel muss bei diesem Verfahren allerdings «abgetastet» werden durch Rotierenlassen des Bündels.

Das Messen der Richtungen wird zum Teil so durchgeführt, dass nicht mehr die Phasenunterschiede für zwei Empfangsantennen festgestellt werden, sondern dadurch, dass die beiden Antennen gemeinsam geschwenkt werden bis die Phasendifferenz Null wird. Der Sender liegt dann in der Richtung der Mittelsenkrechten zur Verbindungsgeraden der beiden Antennen. Dieses Verfahren wird ja in ähnlicher Weise bei Horchgeräten angewendet. Je grösser der Abstand der beiden Empfangsantennen ist, desto empfindlicher

wird die Methode; andererseits ist aber das Ergebnis nicht mehr eindeutig, sobald diese Antennendistanz grösser ist als die verwendete Wellenlänge (Wegdifferenzen um verschiedene ganzzahlige Vielfache der Wellenlänge können nicht ohne zweite Messung unterschieden werden).

Die Nahbereich-Systeme.

Die oben beschriebenen Frühwarnungssysteme eignen sich nicht zur Ortsbestimmung naher Flugzeuge, sie sind zu schwerfällig. Mit dem Fortschreiten der Mikrowellentechnik gelang es, typische Nahbereichsysteme zu entwickeln.

Die Nahbereichsysteme arbeiten mit kürzeren Wellenlängen (einige Zentimeter) wodurch sich sofort zwei grosse Vorteile ergeben: Die Genauigkeit der Messungen wird grösser und die Apparaturen werden kleiner, leichter und beweglicher, ja, sie lassen sich auch an Bord der Flugzeuge verwenden.

Die Richtungsbestimmung wird hier nicht mehr durch Messen oder Kompensieren der Phasenunterschiede an zwei Antennen durchgeführt. Man benützt zwei Antennen, welche starr miteinander verbunden sind, sich aber als ganzes System leicht schwenken lassen. Die Anordnung ist also ähnlich wie beim neueren «long range radar»-Verfahren, unterscheidet sich hievon aber dadurch, dass die beiden Antennen eine ausgesprochene *Richtwirkung* haben.

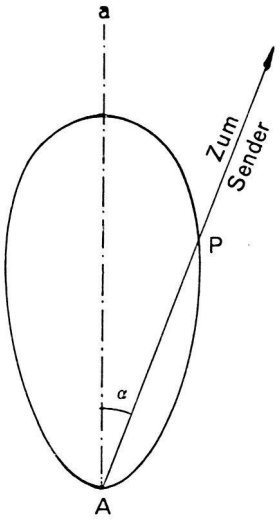


Abb. 1.

Es dürfte angezeigt sein, an dieser Stelle einige Bemerkungen über Richtantennen einzuflechten. Man erreicht die Bevorzugung gewisser Richtungen durch geeignete Anordnung der Antenne. Für grössere Wellenlängen sind hier die sogenannten Drahtnetzantennen zu erwähnen, wie sie zum Teil auch von Kurzwellen-Richtstrahlern des Rundfunks bekannt sind. Sehr kurze Wellen ermöglichen die Verwendung von Parabolspiegeln wie bei Scheinwerfern.

Es ist üblich, die Richtungsabhängigkeit durch ein sog. *Polardiagramm* (Abb. 1) darzustellen. Zeichnet man darin von der Antenne A aus die Richtung zum Sender, so ist die von der Polarkurve herausgeschnittene Strecke AP ein Mass für die Empfangsintensität aus dieser Richtung. In Richtung der Polaraxe a (Winkel $\alpha = 0$) ist der Empfang also am stärksten, mit zunehmendem Winkel α nimmt die Intensität ab.

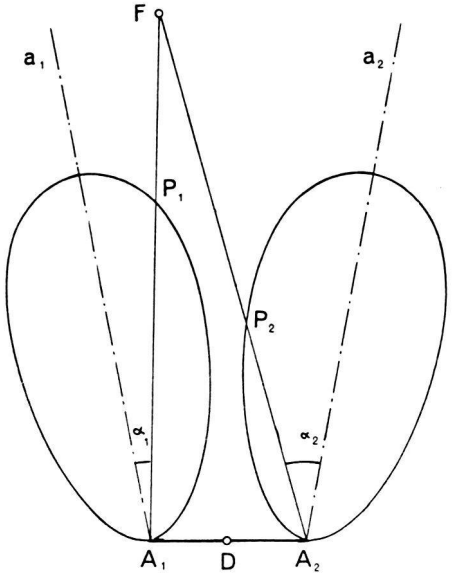


Abb. 2.

Die Polaraxen der beiden im Nahbereichsystem verwendeten Antennen sind nun nicht parallel, sondern leicht divergierend (Abb. 2). Die Intensitäten des aufgenommenen Signals sind also bei beiden Antennen verschieden, wenn die beiden Richtungsunterschiede α_1 und α_2 gegenüber den Polaraxen nicht gleich sind. Schwenkt man das ganze Antennensystem um den Punkt D so, dass die Mittelsenkrechte von $A_1 A_2$ auf das Flugzeug zeigt, so werden die Abweichungen gegenüber den Polaraxen für beide Antennen gleich, wodurch die Signale auch von beiden Antennen gleich stark aufgenommen werden.

Als Instrument zum Feststellen der Empfangsintensitäten dient wiederum ein Kathodenstrahloszillograph, auf dessen Leuchtschirm zwei Buckel abgebildet sind. Die Höhe dieser Buckel («blips») entspricht der Empfangsintensität der zugehörigen Antenne — analog wie bei den Ausschlägen, welche für die Entfernungsmessung ausgewertet werden (Abb. 1, Heft 12, 1945). Das Antennensystem wird so geschwenkt, dass beide «blips» gleich hoch werden.

Es ist sofort ersichtlich, dass mit dieser Messung die Richtung des Flugzeugs noch nicht eindeutig festgelegt werden kann. Alle Richtungen, welche in der zur Geraden $A_1 A_2$ senkrechten Ebene durch D liegen, haben jeweils gleichen Richtungsunterschied gegenüber den beiden Polaraxen, erfüllen also die oben erwähnte Forderung. Liegen die beiden Antennen A_1 und A_2 auf einer Horizontalen, so kann nach diesem Verfahren also nur das Azimut, nicht aber die Elevation bestimmt werden.

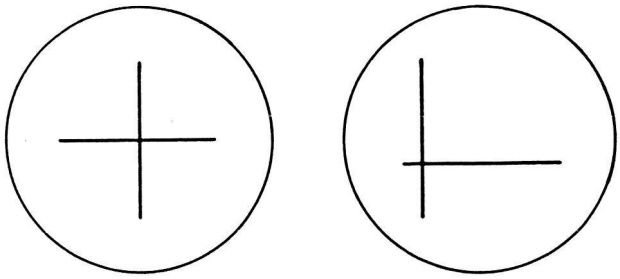
Für die Bestimmung der Elevation ist noch eine zweite Messung erforderlich. Senkrecht zur Ge-

raden A_1 A_2 werden zwei weitere Richtantennen B_1 und B_2 aufgestellt, welche gemeinsam um eine Horizontalaxe schwenkbar sind. Die beiden Antennen B_1 und B_2 arbeiten in gleicher Weise zusammen wie die Antennen A_1 und A_2 und ermöglichen dadurch eine analoge Bestimmung der Elevation. Auch diese Einstellung erfolgt mit Hilfe zweier «blips» auf einer Kathodenstrahlröhre.

Das A. I.-System.

(Air interception.)

Es dürfte — wenigstens gedanklich — nur noch einen kleinen Schritt bedeuten, diese Nahbereichmethode auch auszuführen mit Radarstationen, welche in Flugzeugen eingebaut sind. Tatsächlich ist den Engländern dieser Schritt auch praktisch gelungen, das Ergebnis ist unter dem Namen «A. I.-System» bekannt. Es findet Anwendung in Jagdflugzeugen, vor allem in Nachtjägern und ermöglicht diesen das Auffinden selbst vollständig unsichtbarer Gegner, wenn deren Distanz nicht mehr als etwa 3 km beträgt.



Genaue Einstellung

Azimut stark verstellt
Elevation schwach verstellt

Abb. 3.

Das A. I.-Verfahren arbeitet im wesentlichen gleich wie die Nahbereichverfahren der Bodenstationen. Einzig das Anzeige- und Kontroll-System ist den veränderten Umständen angepasst, das heisst also in erster Linie vereinfacht worden. Anstelle der beiden «blips» auf dem Leuchtschirm der Kathodenstrahlröhre tritt eine Gerade, welche sich beim Schwenken der Antennen verschiebt, bei richtiger Einstellung genau in der Mitte des Leuchtschirmes liegt. Die beiden Elemente Azimut und Elevation können dadurch auf einfachste Weise mit dem gleichen Instrument angezeigt werden: auf dem Leuchtschirm erscheinen zwei zueinander senkrechte Gerade. Ist die Empfangsanlage genau gerichtet, so wird das von den beiden Geraden gebildete Kreuz gleichschenklig. (Abb. 3.)

Bei Nachtjägern handelt es sich nun nicht nur um die allgemeine Feststellung des feindlichen Flugzeuges, es soll hier zudem auf möglichst einfache Weise der Kurs auf das unsichtbare Ziel eingehalten werden können.

Die Empfangsantennen A_1 und A_2 zur Azimutbestimmung sind fest aussen an den Flügeln montiert, die Antennen B_1 und B_2 für die Elevation sind oberhalb und unterhalb des Flugzeugrumpfes ebenfalls starr befestigt, die Sendeantenne sitzt an der Flugzeugnase. Anstelle der Schwenkung der Antennenaxen A_1 A_2 beziehungsweise B_1 B_2 tritt nun natürlich eine Schwenkung des ganzen Jagdflugzeuges; sobald alle Schenkel des Kreuzes auf dem Leuchtschirm gleich lang sind, weiss der Pilot, dass er direkt auf sein Opfer zufliegt! Auf diese Weise ist tatsächlich ein einfaches Anvisieren des unsichtbaren Zieles möglich. Die Entfernung kann der Pilot nach der bekannten Methode der Distanzmessung durch Radar-Echolotung ermitteln.

Bei vollständiger Konzentration des Fliegers auf sein Ziel bestünde nun die Gefahr, dass sich — von ihm unbemerkt — von hinten ein feindlicher Jäger nähern könnte. Um solche unangenehmen Ueberraschungen auszuschalten, ist im Schwanz des Flugzeugs eine weitere Radaranlage eingebaut, welche dauernd den rückwärts liegenden Raum absucht. Die Antenne — ein kleiner Dipol in einem Parabolspiegel — wird von einem Motor gedreht und geschwenkt, so dass der Richtstrahl den Himmel stets spiralförmig abtastet. Die zugehörige Empfangsanlage meldet dem Piloten ein allfälliges Ergebnis auf dem Leuchtschirm einer weiteren Kathodenstrahlröhre.

Die bekannt gewordenen Erfolge der Nachtjäger bestätigen die Leistungsfähigkeit des A. I.-Systems!

Das G. C. I.-System.

(Ground controlled interception.)

Jagdflieger können mit ihren eigenen Radar-Geräten (A. I.-System) feindliche Flugzeuge erst innerhalb einer Distanz von wenigen Kilometern feststellen. Bei grösseren Entfernungen muss — wenigstens nachts und bei ungünstiger Witterung — die Hilfe von Radar-Bodenstationen in Anspruch genommen werden.

Die G. C. I.-Station, welche ein feindliches Flugzeug wahrgenommen hat, meldet dies einem eigenen Nachtjäger und dirigiert diesen auf das ihm noch unbekannte Ziel. Ist die gegenseitige Entfernung genügend klein geworden — was die Bodenstation auf ihrem Leuchtschirm feststellen kann, da dort ja sowohl eigenes als auch fremdes Flugzeug markiert werden — so erhält der Nachtjäger den Befehl zum Einschalten seiner eigenen (kurzreichweitigen) A. I.-Radar-Anlage und fliegt von jetzt an ohne Hilfe der G. C. I.-Bodenstation gegen sein Ziel.

Das P. P. I.-System.

(Plane position indicator.)

Das allgemeine Verfahren der Radar-Ortsbestimmung (Feststellung von Entfernung, Azimut und Elevation getrennt) lässt sich für die Bedienung und Auswertung vereinfachen, wenn die Angabe von Entfernung und Azimut gleichzeitig auf einem einzigen Leuchtschirm erfolgt. Diese Methode eignet sich vor allem für die Feststellung von Schiffen und für die Vorwarnung (long range

radar), da in diesen Fällen die Elevation eine untergeordnete Rolle spielt.

Beim gewöhnlichen Radar-Verfahren wird beim Eintreffen des Echos der Strahl auf dem Leuchtschirm aus der Horizontalrichtung abgelenkt (Ausschlag, blip), während beim P. P. I.-System der Strahl normalerweise überhaupt unterdrückt wird. Erst wenn das Echo eintrifft, erhält die Kathodenstrahlröhre Spannung (am Wehnelt-Zylinder), so dass dann ein kleiner Leuchtfleck auf dem Schirm sichtbar wird. Die Ablenkung des meist unterdrückten Kathodenstrahls (Zeitbasis) erfolgt nicht mehr über die ganze Breite des Leuchtschirmes, sondern nur noch von der Mitte aus radial nach aussen. Gleichzeitig wird die Richtung dieser Ablenkung ständig geändert und zwar genau so wie die Richtung des den Himmel oder den Meeresspiegel absuchenden Radar-Sendebündels. Da die Zeitbasis linear arbeitet, so kann also ein winkel- und maßstabtreues Bild des abgetasteten Gebietes auf dem Leuchtschirm entworfen werden (ähnlich wie bei den Panoramageräten). Normalerweise zeigt nun allerdings dieses «Bild» keine Helligkeit, nur dort wo Hindernisse die Radiowellen reflektierten, erscheint auf der Kathodenstrahlröhre ein heller Fleck.

Diese Methode wird nun noch dadurch vervollkommnet, dass eine transparente Landkarte im richtigen Maßstab über den Leuchtschirm gelegt wird (Mittelpunkt: Radarstation), so dass der Lichtfleck direkt auf der Karte den Ort des Flugzeuges anzeigt (daher der Name «plane position indicator»). Diese Ortsangabe erfolgt wegen der enormen Ausbreitungsgeschwindigkeit der Radiowellen ohne irgendwelche merkbare Verzögerung. Aus diesem Grunde dürften wohl in Zukunft die bisherigen Beobachtungs- und Auswerte-Verfahren weitgehend durch das P. P. I-System ersetzt werden.

Für die Standortbestimmung eigener Flugzeuge wurden vor allem zwei Systeme entwickelt, welche mit den Decknamen «Gee» und «Oboe» bezeichnet wurden. Beide stellen eine Verwendung der Radiolokalisierung für die Offensive dar.

Das Gee-System.

(Gee = G = Abkürzung für «grid», das heisst Gitter.)

Bei den üblichen Peilverfahren unter Mitwirkung zweier Bodenstationen werden Winkelmessungen durchgeführt; die Genauigkeit des Verfahrens ist dadurch — besonders auf grössere Entfernungen — beschränkt. Das «Gee»-System ersetzt nun die Winkelmessungen durch Distanzmessungen und erreicht damit eine wesentlich grössere Genauigkeit.

Zwei räumlich getrennte Bodenstationen, eine sogenannte Meisterstation A (master) und eine Sklavenstation B (slave) senden genau gleichzeitig Radarimpulse gleicher Wellenlänge aus (vom Meistersender A gesteuert). Die beiden Signale erreichen das Flugzeug F im allgemeinen nicht gleichzeitig, sondern kurz nacheinander, da die Distanzen vom Flugzeug zu A und zu B im allgemeinen verschieden sein werden. Der Beobachter im Flugzeug stellt mit Hilfe eines Kathodenstrahloszillographen die Laufzeitdifferenzen fest (wie bei

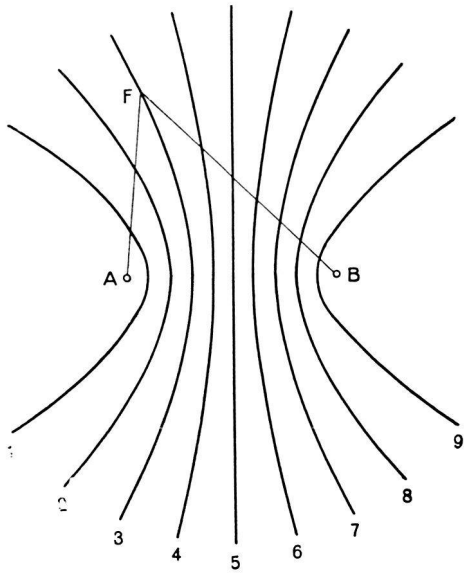


Abb. 4.

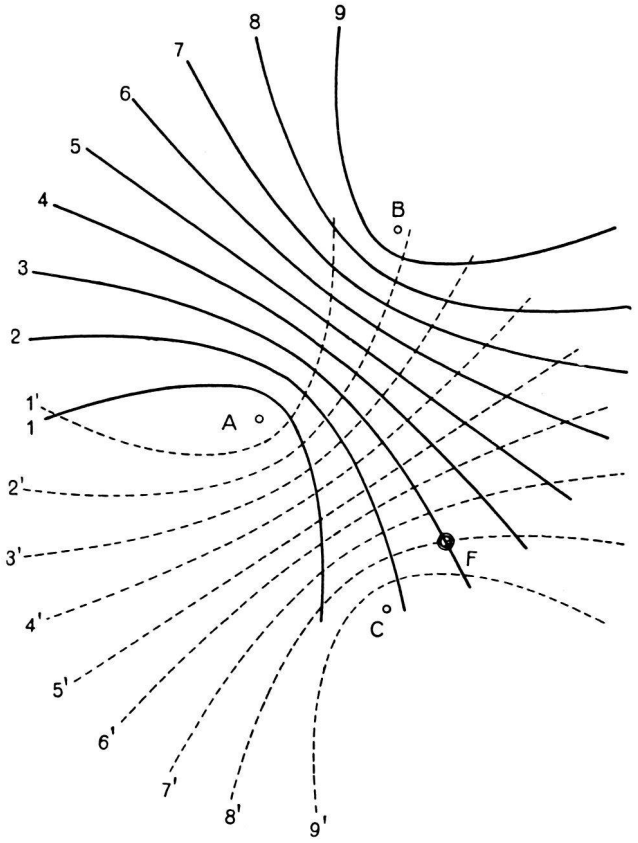


Abb. 5.

der Radarentfernungsmessung) und weiss dann, dass er sich auf einer bestimmten Kurve befinden muss (z. B. auf Kurve «3» in Abb. 4). Alle Punkte mit gleichen Laufzeitdifferenzen von zwei festen Punkten A und B aus liegen nämlich auf sog. *Isochronen* (Kurven gleicher Laufzeitdifferenz); im Idealfall sind diese Isochronen Hyperbeln mit den

Punkten A und B als Brennpunkten, im Gelände dürften sie ganz wenig deformiert sein. Wollte man auch noch die Flughöhe berücksichtigen, so träten Isochronen - Flächen anstelle der Isochronen - Kurven.

Soll nun der Ort des Flugzeuges auf der Isochrone selbst noch festgelegt werden, so ist noch eine zweite Peilung nötig. Eine weitere Sklavenstation C sendet ebenfalls die gleichen Impulse; auch zwischen A und C liegt ein Isochronensystem (in Abb. 5 gestrichelt gezeichnet). Im Flugzeug wird auch die Zeitdifferenz für das Eintreffen der Signale von A und C gemessen und dadurch auch die entsprechende Isochrone z. B. 8' des A-C-systems festgestellt. Da sich das Flugzeug einerseits auf der Isochrone 3 und andererseits auf der Isochrone 8' befinden muss, so ist sein Ort F bestimmt. (Der zweite Schnittpunkt der beiden Kurven liegt nämlich so weit von F entfernt, dass eine Verwechslung ausgeschlossen ist.

Da die Bodenstationen A, B und C fest sind, so können die Isochronen zum voraus auf einer Landkarte eingetragen werden (entsprechend Abb. 5), so dass der Beobachter jeweils nach Bestimmen der Isochronenummern seinen Standort sofort der Karte entnehmen kann.

Der Nachteil dieses Gee-Systems besteht vor allem in der verhältnismässig geringen Reichweite.

Das Oboe-System.

Das Oboe-System stellt eine Weiterentwicklung des Gee-Systems dar, wobei vor allem die Genauigkeit gesteigert werden konnte. Dies wurde hauptsächlich erreicht durch Verlagerung der Auswertung und Ortsbestimmung vom Flugzeug nach der Bodenstation, welcher ein gut ausgerüsteter Auswerte- und Navigations-Raum zur Verfügung steht. Pilot und Beobachter kennen dabei den Standort meist überhaupt nicht, sie empfangen die nötigen Befehle direkt vom Heimatstützpunkt.

Die eigentliche Ortsbestimmung erfolgt ähnlich wie beim Gee-System, indem die Laufzeitdifferenzen von Signalen fester Landstationen ermittelt werden. Trifft ein solches Signal beim Flugzeug ein, so wird es automatisch durch einen relaisgesteuerten Sender auf anderer Wellenlänge zur Bodenstation zurück gemeldet. Diese Rückmeldungen erfolgen mit genau konstanter Verzögerung, so dass im Auswerteraum der Ort des Flugzeugs bestimmt werden kann. Weitere Angaben wie Rufzeichen, Windstärke, Windrichtung, Flughöhe usw. können ebenfalls übertragen werden.

Aus allen diesen Elementen wird der jeweils einzuhaltende Kurs ermittelt. Der Pilot erhält davon dadurch Kenntnis, dass ihm von zwei Sendern X und Y («Katze» und «Maus» genannt) Punktsignale beziehungsweise Strichsignale übermittelt werden. Gewisse Blindlandeverfahren (Funkbakenlandung) verwenden ja ebenfalls diese Kursweisung. Die Punktsignale des einen Senders X werden stets so gesendet, dass sie der Pilot in den Pausen zwischen den Strichsignalen der andern Station vernimmt, falls er sich am verlangten Ort befindet. Fliegt der Pilot den richtigen Kurs, so hört er also einen Dauerton, weicht er nach rechts ab, so gerät er z. B. in die Punktzone, nach links in die Strichzone (Abb. 6).

Abb. 6.

Da beim «Oboe»-Verfahren dem Heimatflughafen alle Daten besser bekannt sind als dem Navigationsoffizier im Flugzeug, so gibt auch die Bodenstation das Zeichen zum Auslösen der Bomben oder der Markierungsfackeln. Wie bei einem Zeitzeichen werden dabei mehrere Gruppen von Vorbereitungssignalen gesendet, das letzte Zeichen der Hauptgruppe beginnt in dem festzulegenden Zeitpunkt.

Diese «Oboe»-Methode eignet sich ganz besonders für die sog. «Pfadfinder», da die Präzision der Arbeit dieser Leitflugzeuge für den Erfolg der Aktion entscheidend sein kann. Ausserdem ist bei diesen leichten, schnellen Maschinen die Wahrscheinlichkeit eines Abschusses oder einer Notlandung auf feindlichem Gebiete geringer. Dadurch vermindert sich auch die Gefahr, dass die wertvollen Apparaturen in Feindeshand fallen. Bei genauerer Kenntnis der Anlagen würde dem Gegner einerseits eine Nachahmung ermöglicht und andererseits der Betrieb von wirksamen Störsendern erleichtert.

Mit den oben beschriebenen Verfahren ist die Reihe der verschiedenen Radar - Systeme noch längst nicht erschöpft, es sei nur erwähnt, dass die Engländer allein schon über zwanzig besondere Radar-Methoden entwickelt haben. Für die meisten Systeme existierten Decknamen, «H_2S» z. B. war eine Tarnbezeichnung für das Panorama - Gerät (black box), welches schon früher in der «Protar» beschrieben wurde.

Im folgenden seien nun noch zwei Anwendungen der Radiolokalisierung besprochen, welche gerade für schweizerische Verhältnisse von grosser Bedeutung sein dürften, da es sich um ausgesprochene Defensiv-Methoden handelt.

Die Radar-Systeme, welche für die eigentliche, aktive Fliegerabwehr entwickelt wurden, sind nicht nur wegen ihrer Leistungsfähigkeit an sich von besonderem Interesse, sie bieten — zum Teil wenigstens — auch der Artillerie vollständig neue Möglichkeiten.

Die G.L.-Geräte Mark II und Mark III.

(Gun laying, Feuerleitgeräte.)

Radar-Geräte, welche den besonderen Anforderungen der Flab angepasst sind, können Horchgeräte und teilweise auch Scheinwerfer ersetzen.

Zum Suchen der feindlichen Flugzeuge dienen sog. Mark II - Geräte. Es sind dies Radar-Sender und -Empfänger, welche mit verhältnis-

mässig weiten Bündeln und mittleren Wellenlängen arbeiten, so dass die Ziele relativ leicht gefunden werden können (ähnlich long range radar). Mit Hilfe der Mark II-Apparatur werden Entfernung, Azimut und Elongation näherungsweise bestimmt. Diese Angaben werden an die GL Mark III-Station übermittelt, welche ein schmales Bündel von Zentimeter-Wellen in die von Mark II gemeldete Richtung sendet und damit eine äusserst genaue Ortsbestimmung durchführt. Azimut und Elevation werden dabei auf weniger als 3½ Bogenminuten genau ermittelt. Mark III gibt die Position des Feindes automatisch an das Kommandogerät, welches die kinematischen und ballistischen Berechnungen besorgt.

Diese Feuerleitgeräte wirkten sich besonders in der Bekämpfung der V-Waffen günstig aus, konnten doch im Sommer 1944 80 %, zum Teil sogar 90 % aller V 1, welche in den Feuerbereich gelangten, auch wirklich durch die Flab abgeschossen werden (der weiter unten beschriebene Radar-Zündkopf spielte dabei allerdings ebenfalls eine grosse Rolle).

Nicht nur für die sehr schnellen fliegenden Bomben, auch für das Auffinden von Flugzeugen ist das Mark III-System dem Horchgerät und dem Telemeter überlegen, vor allem natürlich bei ungünstiger Witterung (Wind, Nebel usw.). Zudem fällt die Schallverzugsrechnung (Horchvorhalt) weg und der Lärm der Stromerzeugungsaggregate für die Scheinwerfer beeinträchtigt die Sucharbeit nicht.

Auch die *Scheinwerfer*-Equipen wurden mit Radar-Geräten versehen. Wenn einerseits der Scheinwerfer für die Flab ersetzt werden konnte, so hat er dennoch seine Bedeutung als Unterstützung für den Nachtjäger behalten.

Die radar-gesteuerten Scheinwerfer — bekannt unter den Decknamen «Elsie» und «S.L.C.» (Searchlight Control) — sind fest mit den Richtantennen verbunden und werden durch horizontale und vertikale Schwenkung (entsprechend dem Einstellen von Azimut und Elevation) genau auf das Ziel gerichtet. Erst nach erfolgter Einstellung der Leuchtrichtung wird der Scheinwerfer selbst in Betrieb gesetzt, so dass der verräterische Lichtkegel nicht länger als unbedingt nötig eine Gefährdung der Mannschaft bedeutet. In diesem Sinne übernimmt also das Radar-Gerät genau die Rolle des Horchgerätes, allerdings mit grösserer Genauigkeit und Witterungsunabhängigkeit. Als weiterer Vorteil sei noch die feste Verbindung von Scheinwerfer und Suchgerät hervorgehoben, da dadurch beide Geräte miteinander gerichtet werden und eine besondere Kupplung nicht mehr nötig ist.

Geschosse mit Radar-Zündkopf.

Als Neuerung von weittragender Bedeutung muss auch der sog. Radar-Zündkopf gewertet werden. Flab- und Artilleriegeschosse wurden bis jetzt mit Aufschlagzündern oder mit Zeitzündern versehen. Speziell die Flab war dadurch für erfolgreiche Abwehr vor die schwere Aufgabe gestellt, entweder direkte Treffer zu erzielen oder dann die Tempierung so genau einzustellen, dass die Geschosse wenigstens in unmittelbarer Nähe des Ziels krepierten.

Das neue Flabgeschoss explodiert nun von selbst, sobald ein Hindernis in seinen Wirkungsbereich (20—30 m) gelangt. Im Kopf der Granate befindet sich eine vereinfachte Radaranlage in Miniaturausführung. Ein kleiner Sender emittiert fächerförmig Radarsignale kürzester Wellenlänge. Treffen diese Signale auf ein Flugzeug oder eine fliegende Bombe, so werden sie reflektiert, und zwar um so stärker, je kleiner die Distanz Geschoss—Flugzeug ist. Ein Miniaturempfänger — ebenfalls im Kopf des Geschosses untergebracht — nimmt die reflektierten Signale auf.

Die Frequenz der zurückkehrenden Wellen ist wegen der Annäherung der Granate an das fliegende Ziel ganz minim erhöht gegenüber der Frequenz der ausgesandten Wellen. (Dieser Effekt der Frequenzerhöhung ist in der Physik als Doppler-Effekt bekannt; man kann ihn z. B. als Erhöhung der Tonhöhe feststellen bei Verminderung des Abstandes zwischen einer Schallquelle und einem Beobachter.) Da emittierte und reflektierte Wellen in der Frequenz nicht genau übereinstimmen, treten *Schwebungen* auf. (Auch Schwebungen lassen sich in der Akustik leicht erzeugen: Zwei Töne, deren Tonhöhen nahezu übereinstimmen, ergeben zusammen einen in der Lautstärke periodisch schwankenden — «vibrierenden» — Ton mittlerer Frequenz. Die langsamen Schwebungen im Geräusch mehrmotoriger Flugzeuge entstehen z. B. ebenfalls auf diese Weise). Erreichen die Schwebungen im Radarempfänger eine bestimmte Intensität, so wird der Zünder betätigt und das Geschoss explodiert. Sollte die Granate wegen ungenauer Richtung das Ziel weit verfehlen, so sorgt ein «Selbstzerlegungsschalter» für Einleiten der Detonation vor Rückkehr zum Erdboden, ähnlich wie dies auch bei den gewöhnlichen Flabgeschossen der Fall ist.

Rohrkrepierer, ausgelöst durch den Radar-Zündkopf, sind ebenfalls ausgeschlossen, da ein Sicherheitsschalter erst mit gewisser Verzögerung nach dem Abschuss die elektrische Leitung zum Initialzünder schliesst. Ausserdem ist durch die besondere Konstruktion der für Radar-Sender und -Empfänger nötigen Batterie eine weitere Sicherung möglich. Die Batterie ist erst nach dem Abschuss betriebsbereit, da ihr Elektrolyt vorerst in einem dünnwandigen Glasgefäss vollkommen abgeschlossen ist. Erst durch die Erschütterung beim Abschuss wird dieses Gefäss zertrümmert, der Elektrolyt fliesst aus und bildet so die innere Verbindung, wenn das Geschoss schon eine gewisse Strecke zurückgelegt hat.

Diese Miniatur-Radar-Anlage, welche in Abb. 7 schematisch dargestellt ist, stellt ein Meisterwerk

der Hochfrequenztechnik dar. Sender, Empfänger, Antennen, Stromquelle und Schalter nehmen in der englischen 3.7 inches-Granate nur einen Raum von etwa 15 cm Länge und 3 cm Durchmesser ein,

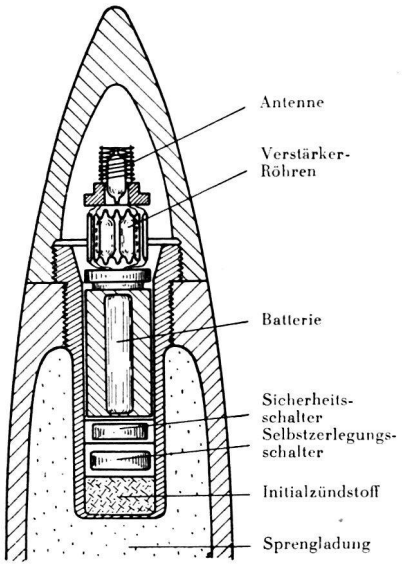


Abb. 7.

die vier Radioröhren sind nur wenig mehr als 2 cm lang und etwa 8 mm dick. Die wohl am schwierigsten zu erfüllende Forderung war, die feine Apparatur mechanisch äusserst solid zu konstruieren, erfährt sie doch beim Abschuss eine Beschleunigung, welche etwa 20'000 mal so gross ist wie die normale Fallbeschleunigung.

Die Ueberlegenheit der Flabgeschosse mit Radar-Zündung zeigte sich — wie bereits erwähnt — besonders in der erfolgreichen Abwehr der V 1-Waffe, dann aber auch ganz allgemein in den Abwehrerfolgen der Engländer.

Die Radar-Granate dürfte die Fliegerabwehrtechnik geradezu umwälzend beeinflussen. Als direkte Wirkung ist die erhöhte Trefferwahrscheinlichkeit zu erwähnen. Diese dürfte aber indirekt vor allem noch dadurch gesteigert werden, dass die Tempierung der Geschosse — welche äusserst kostbare Sekunden beansprucht — vollständig wegfällt.

Auch die Artillerie dürfte die neue Zünderart übernehmen, da auch hier die schwierige Tempierung wegfallen könnte. Die ungenaue Brennzündung mit ihrer Abhängigkeit von Temperatur und Feuchtigkeit würde ebenfalls nicht mehr gebraucht. Mit Hilfe des Radar-Zünders könnten die Geschosse so eingestellt werden, dass sie in einer bestimmten Distanz über dem Ziel krepieren würden. Die Flugzeit müsste — wenigstens beim Schiessen auf feste Ziele — überhaupt nicht mehr berücksichtigt werden; dadurch könnte eine weitere Fehlerquelle ausgeschaltet werden. Aufschlagzünder und Verzögerungszünder behielten selbstverständlich neben dem Radarzünder ihre Bedeutung weiterhin bei.

Einfacher als die Verwendung eines Radar-Zündkopfes für Granaten ist natürlich die Anwendung in Bomben, da hier die Raumverhältnisse wesentlich günstiger liegen und die Ansprüche an die mechanische Festigkeit der Apparatur gering sind, weil ja kein Abschuss erfolgt. Tatsächlich sind auch solche Bomben verwendet worden, sie explodierten in genau festgelegter Höhe über dem Boden, so dass ihre Wirkung maximal war.

L'énergie atomique

Par le Dr E. Bleuler, Zürich

Depuis la publication, dans le numéro d'août de cette revue, d'un exposé sommaire de nos connaissances sur la nature des atomes, les dernières découvertes faites en Amérique ont été communiquées, en partie du moins, dans une brochure publiée sous les auspices du gouvernement des Etats-Unis (H. D. Smith: Atomic Energy). Après une introduction générale dans la matière, nous résumerons les données les plus intéressantes de cette brochure. Nous tâcherons d'en remplir les lacunes voulues par des estimations et hypothèses prudentes, mais naturellement sujettes à caution.

I. — Constitution et transformation des atomes.

a) Constitution des atomes.

La physique moderne décrit la matière comme composée de particules infiniment petites; 1 gr. d'hydrogène ou 16 gr. d'oxigène ou 238 gr. d'uranium en contiennent $6{,}02 \cdot 10^{23}$, (602 suivi de 21 zéros!). Le diamètre en est de l'ordre d'un dix millionième de millimètre. Ces particules, appelées atomes parce qu'on les crut longtemps indivisibles, forment une sorte de petit système solaire; un certain nombre d'électrons négatifs, variable selon les éléments chimiques, gravite autour du noyau, 10'000 fois plus petit que le tout. Ce noyau se compose lui-même de protons et de neutrons; la charge électrique positive des protons correspond exactement à la somme des électrons, si bien que l'atome lui-même est en équilibre, donc neutre au point de vue électrique; les neutrons ne portent pas de charge électrique. La masse d'un neutron est la même que celle d'un proton et équivaut à l'unité si l'on fixe (arbitrairement) celle de l'atome d'oxygène à 16. Les électrons sont 1840 fois plus légers. La presque totalité de la masse d'un atome se trouve donc dans le noyau. Les réactions chimiques n'engagent que la péripherie de l'atome, le noyau y reste indifférent.

Le poids d'un atome d'oxygène, par exemple, étant de 16, la charge de son noyau (et donc le