

Loran Radar Racon [Fortsetzung und Schluss]

Autor(en): **Zickendraht, H.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Prisma : illustrierte Monatsschrift für Natur, Forschung und Technik**

Band (Jahr): **1 (1946)**

Heft 3

PDF erstellt am: **11.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-653550>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern. Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Loran Radar Racon

Fortsetzung und Schluß

PROF. DR. H. ZICKENDRAHT
Physikalisches Institut Basel, Abteilung für angewandte Physik

Besonders großes Interesse bringt die heutige Welt den technischen Wundern des «Radar» – Radio Detection and Ranging, besser eigentlich Radio-Detection-Finding and Ranging oder Radio-Location and Ranging – entgegen. Genau übersetzt bedeuten diese englischen Begriffe die *radiotelegraphische Ortsbestimmung und -entfernungsmessung*. Obwohl zurzeit (1946) weder in der Fachliteratur noch in den offiziellen Mitteilungen genügend Angaben zu einer vollständigen Beschreibung des geistvoll konzipierten Systems zur Verfügung stehen (viele werden absichtlich noch geheimgehalten), so läßt sich doch eine wissenschaftlich korrekte Beschreibung des «Radar»-Prinzips geben, wenn man auf die Erläuterung mancher Einzelheiten verzichtet.

«Radar»

Zwischen «Loran», das im letzten «Prisma»-Heft ausführlich erklärt wurde, und «Radar» besteht ein fundamentaler Unterschied. Der «Loran»-Sender strahlt Radioimpulse aus, die vom Empfänger zur See oder in der Luft aufgenommen werden. Man mißt am Empfänger die Übertragungszeit der Signale und ermittelt daraus die Entfernung zwischen ihm und dem Sender. Die «Loran»-Sender sind im allgemeinen ungerichtet, also Rundstrahler.

«Radar» aber emittiert Impulse, die auf ein wellenreflektierendes Hindernis, ein Flugzeug, ein Schiff, einen Eisberg oder eine Steilküste, auf Häuser oder Ackerflächen, auf Wälder oder von oben auf die Wasserflächen der Seen oder Meere fallen. Von allen diesen Hindernissen werden die «Radar»-Impulse mit mehr oder weniger Intensität zurückgeworfen, kehren zur Sendeantenne, die inzwischen auf Empfang umgestellt worden ist, zurück und werden als Lichtflecke oder Punkte auf dem Leuchtschirm eines Kathoden-Oszilloskopes sichtbar angezeigt. Zum besseren Verständnis der nicht ganz einfachen Materie sei ein ganz konkretes Beispiel angeführt:

Die Alliierten hatten sich, als der deutsche Luftangriff auf England endgültig abgeschlagen war, auf ein gewaltiges Bombardement der kriegswichtigen deutschen Ziele vorzubereiten und sahen sich vor die sehr schwer zu bewältigende Aufgabe gestellt, diese Ziele bei Nacht und Nebel, aus den Wolken – kurz, ohne direkte Sicht – so präzise wie irgend möglich zu treffen. «Loran» konnte den Bombern wohl den Weg weisen, indessen die genaue Sicht auf das Ziel nicht vermitteln. Da galt es eben, ein radioelektrisches System zu erfinden, das mit möglichst

kleinen Antennengebilden, infolgedessen mit Dezimeter- oder gar Zentimeterwellen arbeitend, seine Strahlung scheinwerferartig scharf gebündelt auf die Ziele richten und die von jenen zurückgeworfenen Strahlen wieder empfangen und so weit verstärken mußte, daß Lichtsignale auf Kathoden-Oszilloskopen hervorgerufen werden konnten. Man bedurfte also folgender Apparaturen:

1. Eines zuverlässigen Generators für Dezimeter- oder Zentimeterwellen, der Impulse von ungewöhnlich kurzer Dauer bei ungewöhnlich großer Sendeleistung abzugeben imstande ist.

Lösung: Verbesserte Magnetrons, die auf Hohlraumresonatoren arbeiten.

2. Besonderer Richtstrahler für die Dezimeter- oder Zentimeterwellen; möglichst scharfe Bündelung, das heißt schmale Strahlenbündel von wenigen Grad Öffnung.

Lösung: Verschiedene Richtantennensysteme mit Reflektoren, die nur einseitige Strahlbildung zulassen.

3. Einer besonderen, z. B. durch Elektronenröhren gesteuerten Schaltanordnung, die das Antennensystem kurz nacheinander zur Abgabe der Strahlung als Sender und unmittelbar darauf zum Empfang der schwachen reflektierten Impulsreste bereitstellt. Diese Aufgabe ist besonders kompliziert und daher schwierig zu lösen, da beim Senden ungeheure Momentanleistungen, beim Empfangen aber verschwindend kleine Energiemengen behandelt werden müssen.

4. Superheterodyn-Empfänger besonderer Bauart für Dezimeter- oder Zentimeterwellen mit besonders kurzer Ansprechzeit; dahinter Spezialverstärker für diese extrem hohen Frequenzen.

5. Kathodenstrahl-Oszilloskope, auf deren Leuchtschirmen die reflektierten Impulse als helle Punkte sichtbar gemacht werden können. Während die beweglichen Strahlwerferantennen das Gesichtsfeld abtasten, drehen sich die «Zeitablenkungen» der Kathodenstrahlen synchron mit. Die Leuchtschirme werden stark nachleuchtend gemacht und, es gelingt, aus den vielen Punkten Bilder zu erhalten, die die abgetastete Landschaft, zum Beispiel die Bomberziele, bei Tage, ebensogut aber auch bei Nacht und durch Wolken optisch sichtbar werden lassen.

Man sieht aus dieser Zusammenstellung allein schon, welche Fülle von Arbeit sich den Tausenden von geschulten Physikern, Elektrotechnikern, Ingenieuren und Mathematikern mit ihren Hilfskräften darbietet, als ihnen das in klar formulierten Postulaten zusammengestellte Programm von den Militärbehörden der Vereinten Nationen zu raschester Bearbeitung vorgelegt worden war.

Der kongenialen Zusammenarbeit der Engländer und der Amerikaner, die dauernd ihre neusten Forschungsergebnisse austauschten, ist die Lösung des Problems «Radar» in erstaunlich kurzer Zeit gelungen.

Im Folgenden soll nun der Versuch gemacht werden, die apparativen Hilfsmittel des «Radar» näher zu besprechen, dies indessen nur so weit, als die heute vorliegenden Informationen zuverlässig sind und der Gegenstand sich ohne ganz spezielle Fachkenntnisse erläutern läßt. Wir führen unsere vorausgegangene Zusammenstellung weiter aus:

1. Als Generator für Dezimeter- und Zentimeterwellen wird das 1921 von *A. W. Hull* in Amerika erfundene *Magnetron* verwendet. Seine Wirksamkeit beruht darauf, daß man die von einem Heizfaden im höchsten Vakuum mit großen Geschwindigkeiten abgegebenen Elektronen durch ein in Richtung des Heizfadens wirkendes Magnetfeld zum Durchlaufen gekrümmter Bahnen veranlaßt. In einer hier nicht näher zu erläuternden Weise können sie dabei Schwingkreise besonders hoher Eigenfrequenz anregen, womit die Apparaturen zu Generatoren hochfrequenter Wechselströme und -spannungen werden. Viele namhafte Physiker haben an der Verbesserung des Magnetrons gearbeitet, doch erst den beiden Engländern *Prof. J. T. Randall* und *Dr. H. A. H. Boot* gelang es 1939, also unmittelbar vor Kriegsausbruch, an der Universität Birmingham den Gedanken zu verwirklichen, der zur endgültigen Lösung führte. Durch einen sogenannten *Hohlraumresonator* im Magnetron selbst vermochten die beiden Physiker einen Ultrakurzwellen- (Zentimeterwellen-) Generator von bisher unerreichter Leistungsfähigkeit zu schaffen. Im Juni 1940 brachten zwei bekannte englische Großfirmen der Hochfrequenztechnik ein erstes brauchbares Hohlraum-Magnetron heraus, das als Pulssender trotz erstaunlich kleiner Dimensionen eine Spitzenleistung von 10 Kilowatt zu liefern imstande war. Das neue Gerät wurde im August 1940 als englischer Beitrag zu den Kriegsanstrengungen nach Amerika gebracht und von beiden Nationen gemeinsam weiterentwickelt. 1945 haben die Ingenieure der *British Thomson-Houston-Gesellschaft* ein Hohlraum-Magnetron konstruiert, das bei 10 Zentimeter Wellenlänge eine Spitzenleistung von 2500 Kilowatt während jeweils einer Mikrosekunde (einer Millionstelsekunde) hergeben kann. Da nun aber pro Sekunde

tausend solcher Impulse aufeinanderfolgen, so hat die bloß etwa 25 cm lange Röhre bei 10 cm Wellenlänge eine Ausgangsleistung von 2,5 Kilowatt! Dies ist eine ganz erstaunliche technische Errungenschaft von einer Tragweite, die sich heute noch nicht in vollem Umfange übersehen läßt. Es mag an dieser Stelle nicht unerwähnt bleiben, daß im Jahre 1941 *Dr. F. Lüdi* in Baden (Schweiz) ebenfalls durch Einführung eines Hohlraumresonators in eine Magnetronanordnung einen Ultrakurzwellengenerator geschaffen hat, den er nach der Eigentümlichkeit seiner Wirkungsweise «*Turbator*» nannte. Allerdings erreicht er die ungeheuren Leistungen der englischen Geräte nicht.

2. Die Magnetrons arbeiten nun durch Speiseleitungen (sogenannte Wellenleiter) ganz besonderer Art auf Antennengebilde, welche die elektromagnetischen Wellen meist nur in einer Richtung, zu möglichst schmalen Strahlenbündeln zusammengefaßt, mit Lichtgeschwindigkeit (300 000 km/Sek.) abstrahlen. Diese Richtantennen nehmen die abenteuerlichsten Formen an. Die Grundgestalt ist fast immer ein in zwei Hälften geteilter Metallstab, der von der Mitte aus gespiesen wird. Bild 4 veranschaulicht einen solchen *Dipol*, dessen Erfindung auf

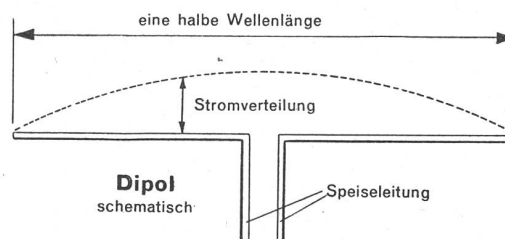


Bild 4

Heinrich Hertz (1886) zurückführt. Da die Stablänge ziemlich genau eine halbe Wellenlänge ist, so sind die Radar-Antennen oft sehr klein; ein fünf Zentimeter langes Metallstäbchen reicht schon als Antenne für die Zehnzentimeterwelle hin. Dem Scheinwerfer hat man den Parabelspiegel entlehnt, hat ihn aus Blechen oder Metallstäben geformt, in seinen Brennpunkt einen Dipol gesetzt und einen mechanisch leicht richtbaren Strahlwerfer guter Wirksamkeit erhalten. Aus vielen in Reihen neben-, über- und untereinander angeordneten Dipolen kann man ganze Dipolflächen zusammensetzen, die sich ebensogut als Strahlwerfer wie auch als Richtempfänger gebrauchen lassen. Unser Bild in der letzten Nummer des «*Prima*» zeigte ein solches Gerät, wie es von den Amerikanern in Italien militärisch zur Anpeilung von Flugzeugen verwendet worden ist. Seine dreh- und schwenkbaren Dipolflächen geben ihm eine eigenartige Prägung. Die Signalmasten der

Bild 5: «Radar» gesteuerter Scheinwerfer

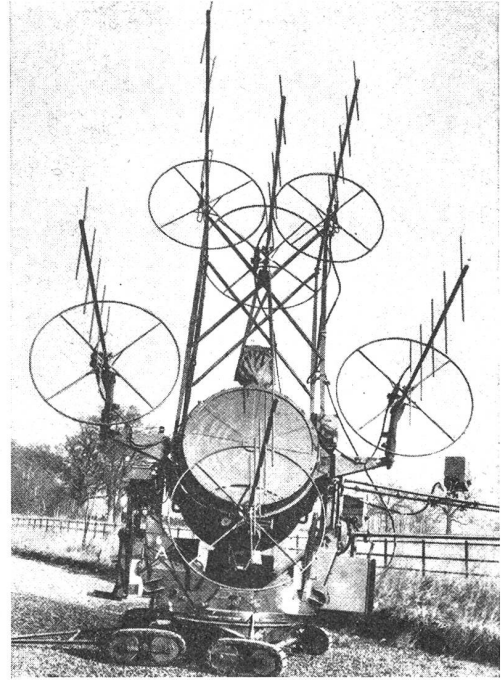
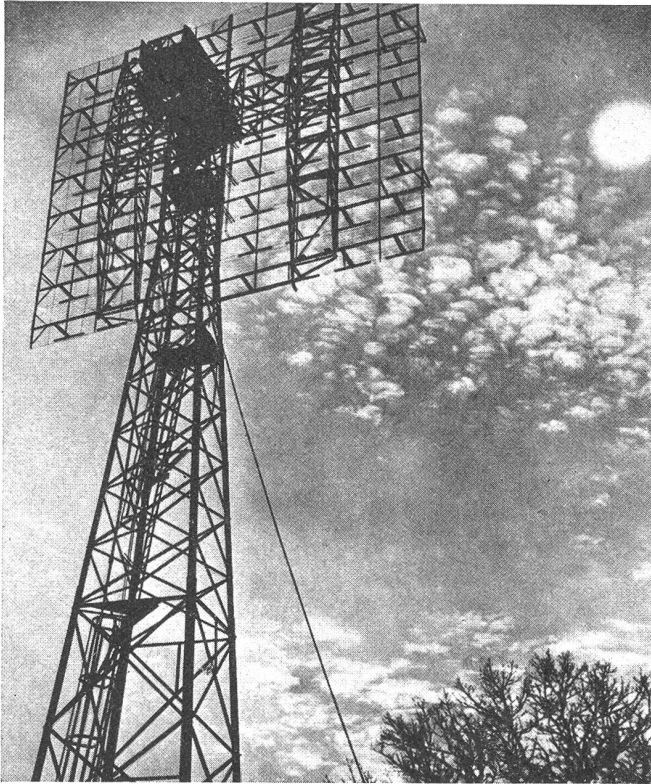


Bild 6: Richtstrahler für das Mondexperiment

Kriegsschiffe, insbesondere der Flugzeugträger, sind mit den verschiedenartigsten Antennengebilden geradezu gespickt; dreißig Anlagen dicht beieinander sind keine Seltenheit mehr, jede aber hat ihren besonderen Zweck. Wir zeigen in Bild 5 einen Scheinwerfer, der, mit sechs Radar-Antennen versehen, im Dunkeln abgeblendet ein hochfliegendes Flugzeug aufspüren, ihm nachgerichtet werden und es dann plötzlich mit seinem Strahl überfallen kann. Die vier mit kreisrunden Reflektoren versehenen sogenannten Yagi-Antennen, die symmetrisch um die Scheinwerferöffnung angeordnet sind, dienen dem Empfang der vom Strahler links oben emittierten Radar-Pulse, die das Flugzeug entdecken. Die Antenne rechts oben erlaubt, auf Grund einer höchst sinnreichen Methode den Feind vom Freunde zu unterscheiden.

Noch verdient die aus $8 \cdot 8 = 64$ einzelnen Dipolen zusammengesetzte Antennenfläche besondere Erwähnung, mit der das eingangs beschriebene Radar-Experiment mit dem Monde durchgeführt werden konnte. Eine einzelne Dipol-Antenne strahlt in ihrer Längsrichtung allerdings nichts aus, dafür aber

maximal senkrecht zu ihrer Mitte, doch ist das Richtvermögen eines solchen Dipols sehr gering. Ordnet man aber, wie es das Bild deutlich zeigt, zahlreiche Dipole reihenweise parallel ausgerichtet in einer Ebene an, so bündelt sich, falls alle Dipole gleichphasig gespiesen werden, die Strahlung mehr und mehr um eine senkrecht auf der Flächenmitte errichtete Achse, und es entsteht ein Richteffekt mit geringer Streuung. Unser Bild 6 gibt den 35 Meter hohen Turm wieder, daran die Dipolfläche, deren Achse nach dem eben aufgehenden Monde weist.

Eine Reihe ganz besonderer Schwierigkeiten boten die unter 3 zusammengefaßten Probleme:

3. Da man sich häufig sowohl für das Senden als auch für den Empfang der Impulse ein und derselben Antenne bedienen muß, so ist folgende Aufgabe zu lösen: Ein vielleicht viele Hunderte von Kilowatt führender äußerst kurzer Impuls wird durch momentanes Anschließen des Magnetrons an die Antenne in den Raum abgegeben. Wenige Mikroskunden darauf muß aber das Luftleitersystem, gänzlich entladen, an die überaus empfindliche Emp-

fangananlage angelegt werden, um ihr die geringen Energiemengen zuzuführen, die als Reflex vom fernen Objekt wiederkommen. Unmittelbar hernach folgt schon wieder der nächste Sende-Impuls usw. Man sieht sich also genötigt, ein etwa von Elektronenröhren oder Funkenstrecken gesteuertes Umschaltegerät zu konstruieren, das diesen hohen Ansprüchen gewachsen ist. Es kann hier nicht der Ort sein, der raffinierten Röhrenkombinationen, bei denen man sich auch wieder der gashaltigen «Thyratrons» und sogar neuartiger Funkenstrecken bedient, im einzelnen zu gedenken. Die Fachliteratur beginnt eben, die verschiedenen Kunstgriffe nach und nach zu entschleiern, wobei eine ungeahnte Fülle von geistvoll konzipierten schaltungstechnischen Ideen zutage tritt, die zweifellos im zivilen Leben noch mancher friedlichen Aufgabe werden dienen können. Die ihre Kunst virtuos beherrschenden Hochfrequenzspezialisten in England und Amerika haben alle die gestellten Aufgaben gelöst und so das Wunder «Radar» verwirklicht.

4. Während sich «Loran», wie wir früher gesehen haben, verhältnismäßig langer Wellen bedient, verlangen die notwendigerweise nur kleinen, meist beweglichen Antennenanlagen bei «Radar» die Anwendung sehr kurzer elektromagnetischer Wellen von Dezimeter- bis Zentimeterlänge. Diesen Verhältnissen entsprechend war der Bau der Loran-Empfänger, der sich auf bekannte Prinzipien stützen konnte, einfach. Große Schwierigkeiten hat dagegen der Empfang der Radar-Zentimeterwellen verursacht, weil da alle bisher bekannten Verstärker versagen. Es kann hier nicht der Ort sein, auf technische Einzelheiten der genialen Lösungen, die während des Krieges in kürzester Zeit gefunden worden sind, näher einzugehen. Äußerlich haben die Radar-Empfänger die Gestalt der früher verwendeten Empfangsgeräte bewahrt, im Innern aber sind die eigentümlichsten Hilfsmittel der Hochfrequenztechnik in geistvollster Weise vereinigt und unter Zuhilfenahme von auch den Sachkundigen überraschenden Kunstgriffen zu Instrumenten entwickelt worden, die nun von jedem Bordtelegraphisten nach kurzer Übung bedient werden können.

5. Als Anzeige-Instrument für die etwa auf 50 bis 100 Volt Spannung verstärkten Radar-Impulse am Ausgang der Empfangsgeräte dient die Bewegung des Leuchtflecks auf den Lumineszenzschirmen von Kathodenstrahl-Oszilloskopen. Diese heute ganz unentbehrlich gewordenen, auf eine Erfindung von *Ferdinand Braun* («Braunsche Röhre» 1897) zurückführenden Geräte verwenden ein feines Kathodenstrahlenbündel, das auf einem Leuchtschirm einen hellen Lichtpunkt erzeugt. Durch die Empfangsimpulse wird dieser plötzlich abgelenkt und schreibt scharfe Zacken, wie wir sie in Bild 7 nach einem

von der Abteilung für angewandte Physik der Basler Physikalischen Anstalt ausgeführten Loran-Impulsversuch wiedergeben.

Ein direktes Photogramm vom Leuchtschirm eines Philips-Oszillographen mit Nachbeschleunigung zeigt eine horizontale Linie mit zwei äußerst kurzen Verti-

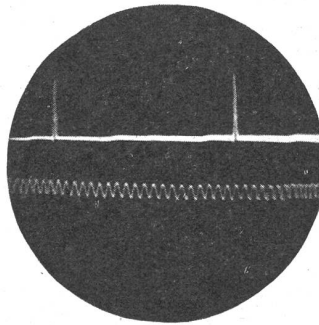


Bild 7: Zwei Hochfrequenz-Impulse, darunter Zeitmessung mit 500 Schw./Sek.

Impulsabstand 0,04 Sekunden. Impulsdauer < 0,001 Sekunden.

kalablenkungen, die zwei künstlich hervorgerufenen elektrischen Impulsen entsprechen. Der Leuchtpunkt hatte sich, wie die Zeitmarke, eine Sinus-schwingung von der Frequenz 500 Schw./Sek. zeigt, vom ersten Impuls bis zum zweiten in der Zeit von 0,04 Sekunden von links nach rechts bewegt.

Bei «Radar» wird der Leuchtfleck nun nicht längs einer der Zeit proportionalen horizontalen Linie, sondern von der Schirmmitte aus in radialer Richtung bewegt. Der Radius dreht sich dazu noch mit bestimmter Geschwindigkeit im Kreise, so daß bei «Radar»-Empfängern der ganze Leuchtschirm der Oszilloskope bestrichen wird.

Erinnern wir uns nun des Umstandes, daß bei «Radar» ein den Horizont über der See, die Uferlinie, oder den Luftraum über Erde oder Wasser durch Bewegung abtastender Strahl elektromagnetischer Zentimeterwellen sich bewegt, dem der umlaufende Radius auf dem Leuchtschirm des Oszilloskopes zu folgen gezwungen ist, so erkennt man unschwer, daß es gelingen muß, in der Kabine des Schiffes oder des Flugzeuges jederzeit auf diese Weise Bilder der Umgebung zu erhalten, die weder durch Nebel und Wolken noch durch die Nacht nennenswert behindert sind.

Bei der Abtastung der Erdoberfläche von oben durch ein fliegendes Flugzeug, das seine elektromagnetischen Zentimeterwellen herunter zur Erde schickt, den Strahl aber sein Gesichtsfeld durch rasche Drehungen möglichst vollständig abtasten läßt, muß der wie ein Uhrzeiger umlaufende Radius auf dem Leuchtschirm des Oszilloskops im Flugzeugempfänger im allgemeinen dunkel bleiben und nur dann aufblitzen, wenn wellenreflektierende Objekte der Erdoberfläche die von oben kommenden Impulse wieder zurück zum Flugzeug geschickt, den Empfänger betätigt und den Schirm des Oszilloskops zum Aufleuchten gebracht haben. Es ergibt sich dann

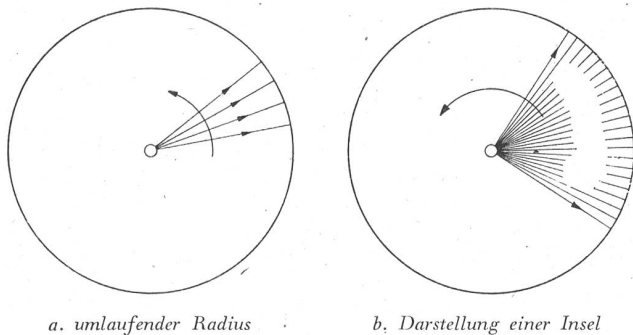


Im Innern der «Radar»-Auswertungszentrale eines amerikanischen Flugzeugträgers, der gegen Japan eingesetzt war. Mit «Radar» werden japanische Stellungen ermittelt und fortlaufend in die Karte eingetragen.

nach unserer kleinen schematischen Skizze (Bild 8) ein aus rasch aufeinanderfolgenden Lichtblitzen zusammengesetztes Kartenbild des Erdbodens. Langes Nachleuchten des Schirmes läßt die Punkte zu Linien und Flächen verschmelzen.

Unsere echte Radar-Aufnahme Bild 9 gibt einen guten Vergleich zwischen einer Karte der nächsten Umgebung von Trondhjem und einem von einem in sehr großer Höhe fliegenden Flugzeug aus durch

Bild 8: «Radar»-Schirmbilder (prinzipiell)



elektromagnetische Wellenreflexe gewonnenen Bild auf dem Leuchtschirm. Deutlich erkennt man die Radien, die von dem Mittelpunkt A, der senkrecht unter dem Orte des Flugzeuges liegt, ausgehen. Teilweise sind sie dunkel, teilweise hell; so zeichnen sie drehend das Bild der Küste, dem es an militärisch wertvollen Einzelheiten nicht mangelt. Der helle Kreis ist eine im Gerät selbst hervorgerufene Markierungslinie und hat mit dem Kartenbilde direkt nichts zu tun.

Die radioelektrischen Navigationsmethoden leiten für den Verkehr zur See und in der Luft ein ganz neues Zeitalter ein. Was zunächst ausschließlich für Kriegszwecke geschaffen worden war, dient heute schon der Handelsschifffahrt und dem zivilen Flugwesen. Passagiere und Besatzung eines Ozeandampfers sind nun nicht nur in dauernder radiotelegraphischer und -telefonischer Verbindung mit allen Weltteilen, sie genießen dazu noch die bedeutend erhöhte Sicherheit durch den Umstand, daß sich die Navigationsoffiziere vermöge der Bilder auf den Radar-Leuchtschirmen dauernd und unbekümmert um Nacht und Nebel über alles orientieren können, was sich in weitem Umkreis (meist sogar über optische Sichtweite hinaus!) um das Schiff abspielt. Die Küste, drohende Klippen und Eisberge, nahende Schiffe oder Flugzeuge bilden keine unbekanntnen Gefahren mehr. Im dichten Nebel kann die Hafeneinfahrt dank Loran und Radar ohne Kollision durchgeführt werden. Für die Luftfahrt gelten, lediglich technisch in etwas veränderter Gestalt, dieselben Grundsätze. Vom Flugzeuge aus kann die Erdoberfläche in ihrer Gestaltung trotz Wolken oder Nebelbildung bei Tage und in der Nacht dauernd «gesehen» werden, ein Vorteil, der sich namentlich bei der Landung unter

erschwerenden Umständen geltend macht. Zahlreich sind auch die neuen Möglichkeiten, die sich der Forschung durch die elektrischen Impulsmethoden darbieten, begonnen mit der Untersuchung der höchsten Atmosphärenschichten bis zum Versuche, die Himmelskörper selbst als Reflektoren weitreichender Strahlung heranzuziehen. Im Mondexperiment gaben wir einen kleinen Vorgeschmack jener Entwicklung; doch kann es nicht Sache eines Naturforschers sein, sich auf das Glatteis weiterer Prophezeiung zu wagen.

Bild 9 oben: Karte der nächsten Umgebung von Trondhjem. Unten: Ein echtes Radarbild der gleichen Gegend, wie es auf dem Leuchtschirm eines hochfliegenden Flugzeuges erscheint.

