**Zeitschrift:** Pionier : Zeitschrift für die Übermittlungstruppen

**Herausgeber:** Eidg. Verband der Übermittlungstruppen; Vereinigung Schweiz. Feld-Telegraphen-Offiziere und -Unteroffiziere

**Band:** 36 (1963)

**Heft:** 6

**Artikel:** Radar für die Feuerleitung

**Autor:** Klauser, H.U.

**DOI:** https://doi.org/10.5169/seals-563455

**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:** 13.07.2025

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

# Radar für die Feuerleitung

**Einführung und geschichtlicher Rückblick**

Vor dem Zweiten Weltkrieg hat kaum jemand das Wort Radar gekannt noch etwas über seine Bedeutung gewusst. Als die Luftschlacht über England tobte, waren es zweifellos die vor Ausbruch des Krieges und während der ersten Kriegsjahre in grösster Eile gebauten Radarstationen, die es England ermöglichten, seine Insel vor der Zerstörung aus der Luft zu retten und die Luftherrschaft zurückzugewinnen. Langsam sickerten Nachrichten von den Kriegsschauplätzen durch, die es gestatteten, sich ein Bild über diese geheimnisvollen Radarstationen zu machen, welche sowohl am Tage wie bei Nacht wie ein unsichtbares Netz weit über die Küsten des Mutterlandes hinaus die feindlichen Flieger aufzufangen und zu registrieren vermochten und deren frühzeitige Bekämpfung und Beschiessung ermöglichten.

Das Wort Radar wurde in Amerika geprägt und umschreibt in abgekürzter Schreibweise einen uns an sich bekannten Vorgang: «Radio Detection And Ranging». In einer etwas genaueren englischen Fassung: «Radio Angle Direction And Ranging». In deutscher Übersetzung bedeutet Radar: Distanz- und Winkelvermessung durch Radiowellen.

Im Gegensatz zu «Radiolocation» oder Radiopeilung, dem längst bekannten aktiven Peilsystem, ist Radar ein passives Peilsystem, welches sich dadurch kennzeichnet, dass das in seinen Raumkoordinaten zu vermessende Objekt (Flugzeug, Schiff, Geländeteil) selbst keine Radiowellen aussendet und demnach am Vorgang dieser Vermessung unbeteiligt ist. Die aktive Peilung dagegen benötigt die aktive Beteiligung des Objektes, dessen Position zu bestimmen ist, sei es mittels eines Peilempfängers oder durch Fremdpeilung der vom Objekt ausgestrahlten Radiowellen.

**Die Entwicklungsgeschichte des Radar**

ist lang. Das Grundprinzip, die Reflexion drahtloser, elektromagnetischer Wellen an festen Körpern, ist der Wissenschaft schon seit langer Zeit bekannt. Im Jahre 1904 wurde das erste Radarpatent an Hülsmeyer in Düsseldorf erteilt. Es bediente sich der Reflexion elektromagnetischer Wellen, um daraus eine Methode zur Kollisionswarnung bei Flugzeugen abzuleiten (DP Nr. 165 546). Eine erfolgreiche Realisierung des Erfindergedankens war aber mit den damaligen technischen Mitteln noch nicht möglich. Erst im Jahre 1935 begann sich die eigentliche Radartechnik richtig zu entwickeln. Der Stand der Hochfrequenztechnik und die Kenntnis der Ausbreitungsphänomene bei dm- und cm-Wellen gestatteten auf breiter Basis die Entwicklung von leistungsfähigen Radarstationen, wobei die wachsende Kriegsgefahr diese Arbeiten noch beschleunigte. England war zweifellos das erste Land, welches bereits vor dem Ausbruch des Zweiten Weltkrieges über ein wirksames Radarsystem an seiner Süd- und Ostküste verfügte, was es der weitblickenden Planung von Sir Watson-Watt zu verdanken hatte. Bei Ausbruch des Krieges wurden alle zur Verfügung stehenden Fachingenieure und Physiker, Militärs und Zivilisten, in einer vortrefflich organisierten Gruppe für die intensive Weiterentwicklung der Radartechnik eingesetzt. Das Gebiet der Meterwellen (50...10 m) wurde verlassen, und auf dem Gebiet der dm-Wellen wurden grundlegende Arbeiten durchgeführt. 1940 wurde an der Universität Birmingham als einer der wichtigsten Bausteine der modernen Radartechnik das Multy-Cavity-Magnetron entwickelt. Hier setzte die Impuls-Radartechnik ein. Sie ermöglichte Richtungs- und Distanzbestimmung, und zudem vergrösserten sich die Reichweiten dank den hohen Impulsspitzenleistungen, welche bis gegen Kriegsende bis zu 1000 kW reichten. Bei Eintritt der Vereinigten Staaten von Amerika in den Krieg setzte zwischen England und Amerika eine enge Zusammenarbeit ein. Wenn Radar England zum Sieg in der berühmt gewordenen Luftschlacht über England (1940/41) verhalf, so brachte die in grossem Stile in Amerika einsetzende Radarentwicklung und -produktion schliesslich die Luftüberlegenheit der Alliierten auf sämtlichen Kriegsschauplätzen.

Auch in Deutschland haben bereits vor dem Krieg Entwicklungsarbeiten auf dem Radargebiet, hauptsächlich im Meter- und dm-Wellen-Gebiet, eingesetzt. Es wurden leistungsfähige Radarstationen gebaut, wobei allerdings als Senderöhren noch Leistungstrioden Verwendung fanden. Gegen die cm-Technik bestand damals ein gewisses Vorurteil, indem man angeblich aus ausbreitungstechnischen Gründen und infolge der zu gering erwarteten Echoleistungen die Verwendung für Radar als ungeeignet erachtete. Bis etwa 1943 waren die Meterwellen-Radarstationen erfolgreich im Einsatz. Zu diesem Zeitpunkt begannen aber die massiven Störmassnahmen durch die Engländer, die die deutschen Radarstationen an der Frühwarnung stark behinderten. Anderseits hatten die Alliierten bereits Mikrowellen-Radar im Einsatz, der wiederum von den Deutschen — infolge der vernachlässigten Mikrowellentechnik — nicht gestört werden konnte. Erst 1944 erfolgte eine Wiederaufnahme der cm-Radar-Entwicklung, jedoch ohne dass sie noch vor Kriegsende wirksam ausgewertet werden konnte. Heute hat Radar weit über die Kriegsanwendungen hinaus an Bedeutung auch für zivile Einsatzmöglichkeiten gewonnen. Radar wird verwendet für die See- und Luftfahrt, für die Überwachung von Hafen- und Flugplatzanlagen, für die Wetterforschung und für die Strassenverkehrsüberwachung. Auf militärischem Gebiet wird Radar in zunehmendem Masse für die Frühwarnung, die Feuerleitung und in Lenkwaffensystemen verwendet. Mit andern Worten: Radar ist ein unerlässliches Hilfsmittel für die moderne Fliegerabwehr geworden.

Offizielles Organ des Eidg. Verbandes der Übermittlungstruppen (EVU) und der Vereinigung Schweiz. Feldtelegraphen-Offiziere und -Unteroffiziere. Organe officiel de l'Association fédérale des Troupes de Transmission et de l'Association suisse des Officiers et Sous-officiers du Télégraphe de campagne. Redaktion: Erwin Schöni, Mürgelistrasse 6, Zuchwil, Telephon (065) 2 23 14. Postcheckkonto der Redaktion: VIII 15666. Druck und Administration: Fabag, Fachschriften-Verlag und Buchdruckerei AG, Zürich. Erscheint am Anfang des Monates. Abonnementsbestellungen sind an die Redaktion zu richten.



Pionier

**Die physikalischen Grundlagen der Radarvermessung**

Wie bereits in der Einführung bei der Erklärung des Ausdruckes Radar erwähnt wurde, hat man mit Hilfe von Radiowellen oder, besser, elektromagnetischen Wellen den Ort und die Entfernung einem im Raume befindlichen Objektes festzustellen.

Wenn ein im Raume befindliches Flugzeug von der Erde aus mittels einer Radarstation, die aus einem Sender und einem Empfänger besteht, vermessen werden soll, so bestehen die für die genaue Lagebestimmung benötigten Koordinaten aus dem Seitenwinkel $\Theta$, dem Höhenwinkel $\varphi$ und der Schrägdistanz D (vgl. Fig. 1). Für den Seitenwinkel bedeutet die Nordrichtung, für den Höhenwinkel die Horizontebene die Nullage der Winkelvermessung, für die Schrägdistanz ist der Standort des Radargerätes (genauer: der Radarantenne) massgebend.

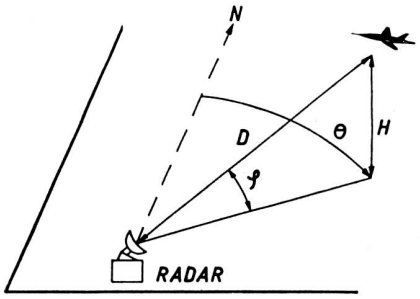



Fig. 1. Raumkoordinaten des Flugzieles. N Nordrichtung; $\varphi$ Höhenwinkel; $\Theta$ Seitenwinkel (Azimut); H Höhe über Boden; D Distanz des Flugzieles vom Radargerät.

Der Radarsender strahlt mit Hilfe einer scharf bündelnden Richtantenne elektromagnetische Wellen hoher Leistung ab. Diese Wellen erreichen das Flugzeug und werden an dessen Rumpf und dessen Tragflächen in alle möglichen Richtungen reflektiert. Ein kleiner Teil dieser reflektierten Radarwellen gelangt wieder an den Ort des Radargerätes zurück, wo er von der Antenne aufgefangen und im Empfänger registriert und zur weiteren Auswertung verwendet wird. Aus der Laufzeit der elektromagnetischen Wellen vom Radarsender zum Flugzeug und wieder zurück in den Radarempfänger lässt sich die Schrägdistanz des Flugzeuges ermitteln:

$$D = \frac{c_0 \cdot \Delta t}{2} \qquad (1)$$

wobei $c_0$ = Ausbreitungsgeschwindigkeit der elektromagnetischen Wellen = Lichtgeschwindigkeit = $3 \cdot 10^8$ m/s.
$\Delta t$ = Laufzeit oder Echozeit für das Zurücklegen der doppelten Schrägentfernung 2D in Sekunden.

---

**Zu unserem Titelbild**

**Die Übung ist vorbei, die Übungseinrichtungen werden abgebrochen, das Material zusammengeräumt. Zwei arbeitsreiche Tage liegen hinter den Teilnehmern, die sich freiwillig einer ausserdienstlichen Weiterbildung unterzogen haben. Die Aufnahme stammt aus einem Zentrum der letztjährigen Operation Lotus. Photo: Karl Bomonti**

Da die Radarantenne die Sendeenergie bezüglich des Abstrahlungs-Raumwinkels sehr scharf bündelt, ähnlich, wie dies im Scheinwerfer geschieht, so können die Lagewinkel $\Theta$ und $\varphi$ ebenfalls sehr genau bestimmt werden. Damit sind die Lagekoordinaten des Flugzieles zunächst einmal bestimmt, und zwar um so genauer, je schärfer die Sendeenergie durch die Antenne gebündelt wird und je genauer die Zeitmessung $\Delta t$ erfolgt.

Bewegt sich nun das Flugzeug im Raum, so muss die Radarantenne diesem dauernd nachgeführt werden oder sie sucht den vom Flugzeug beflogenen Raum periodisch ab. Im ersten Fall erfolgt demnach die Vermessung des Flugweges kontinuierlich, im zweiten Fall punktweise.

Die charakteristische Grösse für die Radarvermessung ist die Reichweite des Radargerätes. Sie ist durch die bekannte Radarformel gegeben und stellt die Grundlage für den Entwurf von Radaranlagen dar (Gleichung 2).

In der Gleichung (2) sind die Atmosphäre, in welcher die Radarwellen sich fortpflanzen, als dämpfungsfrei und jede Art von Verlusten in den Antennenzuleitungen und in der Antenne selbst vernachlässigt worden. Vor allem bei cm-Wellen sind diese Voraussetzungen nicht erfüllt. Dies lässt sich aber durch eine entsprechende Korrektur leicht berücksichtigen.

$$D_{max} = \sqrt[4]{\frac{Ns\ G_s\ Ae\ \sigma_z}{Ne_{min}(4\pi)^2}} \qquad (2)$$

Wobei bedeuten:

Ns = Sendeleistung
$Ne_{min}$ = minimale, für eine Vermessung noch ausreichende Empfangsleistung
Gs = Leistungsgewinn der Sendeantenne
Ae = Absorptionsfläche der Empfangsantenne
$\sigma_z$ = Rückstrahlquerschnitt des zu vermessenden Zieles

Nach dem Gesagten sind also in der Radartechnik verschiedene Probleme zu meistern:

— die Erzeugung hoher Leistungen in den Radarsendern
— die scharfe Bündelung der abzustrahlenden Energie mittels Richtantennen
— die Herstellung hochempfindlicher Radarempfänger für den Empfang der Echosignale
— die Anzeige schneller Vorgänge zur Darstellung der Radarechos in den Radarindikatoren
— die Kurzzeitmessung für die Distanzbestimmung.

Im Verlaufe der letzten 20 Jahre ist in vielen Ländern mit grosser Intensität an der Realisierung dieser aufgeführten Probleme gearbeitet worden. Jedes derselben bedeutet ein Spezialgebiet, in welchem Hunderte von Wissenschaftern und Ingenieuren mitgearbeitet haben und noch heute tätig sind.

Um die Echozeit und damit die Zieldistanz messen zu können, müssen die ausgestrahlten Radarwellen in geeigneter Weise moduliert werden. Dafür eignen sich besonders gut die Impulsmodulation und die Frequenzmodulation. Als Sonderfall kann der Dopplerradar bezeichnet werden, der eine kontinuierliche Schwingung konstanter Frequenz ausstrahlt, welche eine Distanzmessung ausschliesst, dafür aber eine Geschwindigkeitsmessung durch Ausfilterung der sogenannten Dopplerfrequenz ermöglicht.

In den nachfolgenden Abschnitten wird nun das Impulsradargerät, welches vor allem für die Radarfrühwarnung und die Feuerleitung von Fliegerabwehrgeschützen Anwendung findet, eingehender behandelt.

**Wirkungsweise und Aufbau eines Impulsradargerätes**

Das Impulsradargerät ist wohl das am meisten verwendete Radargerät. Es gestattet gleichzeitig eine Vielzahl von Zielen zur Anzeige zu bringen, was bei den vorerwähnten FM- und Dopplerradargeräten bedeutend schwieriger ist.

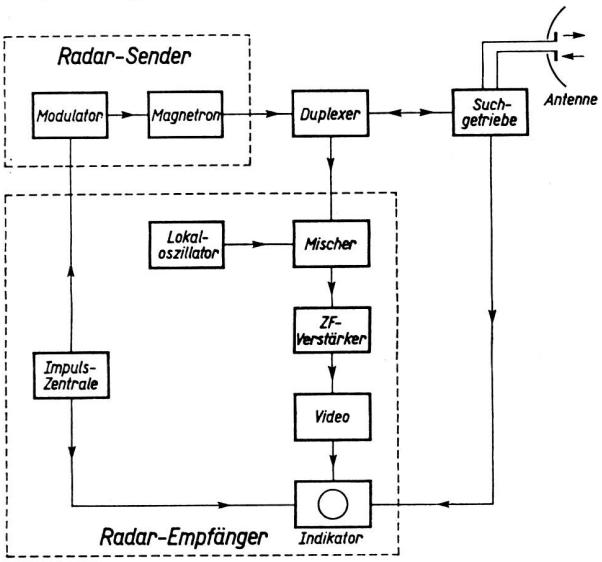



Fig. 2. Blockschaltbild eines Impulsradargerätes.

Eine Auswertung der Dopplerverschiebung der Echoimpulse eines Impulsradargerätes wird anderseits zur Darstellung bewegter Ziele nach der bekannten Methode der «Moving Target Indication» bei der Radarfrühwarnung angewendet.
Der Aufbau und die Wirkungsweise eines impulsmodulierten Radargerätes (vgl. Fig. 2) sind die folgenden:

Das Herz des Gerätes ist das Magnetron, welches als impulsgetasteter Radarsender in der Lage ist, kurzzeitig sehr hohe Leistungen zu erzeugen. Der Modulator, der von der Impulszentrale, dem Taktgeber der gesamten Radaranlage, gesteuert wird, erzeugt Hochspannungsimpulse mit der für das Gerät vorgeschriebenen Wiederholungsfrequenz. Sie gelangen an die Kathode des Magnetrons, welches nun im Rhythmus der Wiederholungsfrequenz hochgetastet wird und damit in den Kavitäten Mikrowellenschwingungen hoher Energie erregt. Diese Mikrowellenimpulse werden über den sogenannten Duplexer, eine Sende-Empfangs-Umschaltvorrichtung (Fig. 3), und über Wellenleiter oder koaxiale Kabel zur Antenne geführt, von wo sie in Richtung des zu suchenden oder zu vermessenden Zieles abgestrahlt werden. Die Folgefrequenz der abgestrahlten Mikrowellenimpulse ist dabei so bemessen, dass erst nach Eintreffen des Echoimpulses ein neuer Sendeimpuls ausgestrahlt wird. Beträgt die maximale, gemäss Formel (2) erreichbare Reichweite auf ein Ziel mit bestimmtem Rückstrahlquerschnitt beispielsweise 150 km, so wird hiefür eine Echolaufzeit nach (1) von

$$\Delta t = \frac{2 \cdot 150\,000}{3 \cdot 10^8} = 1 \text{ ms}$$

benötigt, wonach also die Impulswiederholungsfrequenz 1000 Hz nicht überschreiten darf. Diese Forderung ist nach Möglichkeit, zur Vermeidung von Echomehrdeutigkeiten, zu erfüllen.
Sobald ein Echoimpuls an der Antenne eintrifft, gelangt er zunächst durch den gleichen Mikrowellenkanal zurück bis zum Duplexer (vgl. Fig. 3). Dort befinden sich zwei Schaltorgane, die sogenannten TR- und ATR-Röhren (Transmit-Receive Tube und Anti-Transmit-Receive Tube), welche die «Weichenstellung» für gesendete und empfangene Impulse besorgen. Wie aus der Fig. 3 ersichtlich ist, wird nun dem Empfangsimpuls der Weg in Richtung zum Magnetron versperrt und der Kanal zum Empfänger geöffnet. Dort wird die Mikrowellenschwingung im Mischer, durch Überlagerung mit dem Lokaloszillator,

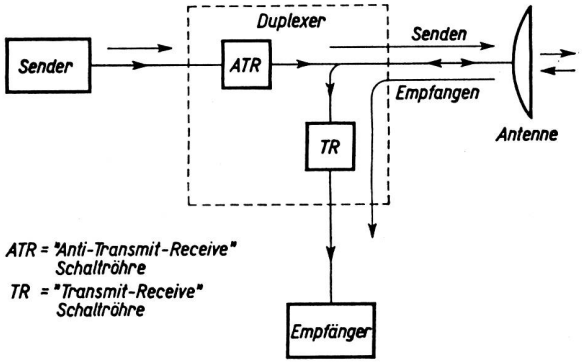



Fig. 3. Blockschrift des Duplexers eines Impulsradargerätes. Senden: ATR gezündet, verbindet Sender mit Antenne. TR gezündet, sperrt den Empfänger vor Zutritt der Sendeenergie. Empfangen: ATR gelöscht, unterbricht Verbindung von der Antenne zum Sender; TR gelöscht, entsperrt den Empfänger, ermöglicht Zutritt der Empfangssignale zum Empfänger.

in eine Zwischenfrequenzschwingung umgewandelt, welche verstärkt und nach nochmaliger Gleichrichtung dem Videoverstärker zugeführt wird. Am Ausgang desselben erscheint nun der Echoimpuls, der mit Hilfe der Kathodenstrahlröhre des Radarindikators geeignet dargestellt wird. Der Radarindikator erhält für die X-Ablenkung eine synchron mit den Modulationsimpulsen laufende Ablenkspannung von der Im-

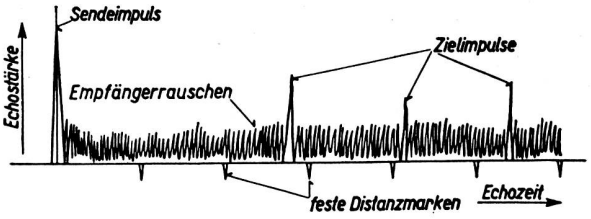



Fig. 4. A-Indikator mit festen Distanzmarken.

pulszentrale. Der Echoimpuls gelangt an die Y-Ablenkung, und es entsteht somit das in Fig. 4 dargestellte Indikatorbild — die sogenannte A-Darstellung oder Distanzdarstellung. Befinden sich mehrere Ziele im Radarstrahl, so werden sie ihrer Distanz entsprechend aufgezeichnet.

Will man mit dem beschriebenen Impulsradargerät einen grösseren Raum, beispielsweise das Gebiet über dem Horizont, abtasten, so bewegt man mit Hilfe des angedeuteten Suchgetriebes der Antenne den feinen Radarstrahl um eine vertikale Achse. Gleichzeitig lässt man, synchron zu dieser Bewegung, die Strahlablenkung der Kathodenstrahlröhre rotieren und durch Helltastung des Kathodenstrahles die Zielechos auf einem Phosphorschirm mit langer Nachleuchtdauer als aufleuchtende Punkte erscheinen. Diese Darstellungsart ist unter der Bezeichnung Plan Position Indication oder PPI bekannt (vgl. Fig. 5). Sie vermittelt zusätzlich zur Distanzinformation die Seitenwinkelinformation von einer Vielzahl von Zielen. Der Plan Position Indicator wird für nahezu alle rundsuchenden Radargeräte verwendet und ergibt ein übersichtliches Bild der Echosituation.

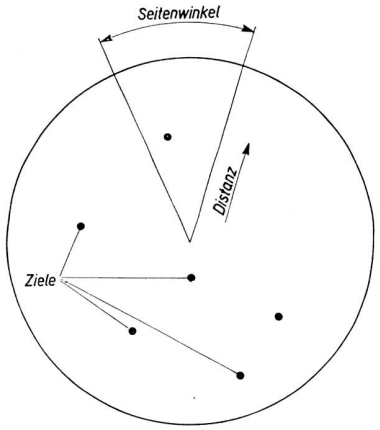



Fig. 5. PPI-Darstellung.

Der PPI-Indikator lässt sich ebenfalls bei vertikal bewegten Radarantennen anwenden, wie sie für die Höhenfinder (Height-Finder) der Frühwarnanlagen Verwendung finden. Damit sind die wesentlichen Elemente des Impulsradargerätes besprochen, so dass zu den speziellen Problemen des Feuerleitradars übergegangen werden kann.

**Technik und Probleme des Feuerleitradars**

Früher erfolgte die für die Beschiessung von Flugzeugen erforderliche Zielmessung rein optisch, in den Winkeln mit Richtfernrohren und in der Distanz mit dem Telemeter. Die optische Vermessung ist aber an die Sicht gebunden und fällt bei schlechtem Wetter und nachts, ohne die Hilfe von Scheinwerfern, gänzlich aus. Zudem ist die optische Reichweite heute ungenügend und ermöglicht deshalb auch keine Frühwarnung. Das Radargerät bringt hier die gewünschte Verbesserung der Flugzielerkennung und -vermessung. Die Aufgabe des Feuerleitradars besteht, wie aus dem bisher Gesagten bereits hervorgegangen ist, darin, die Koordinaten des mit einem Fliegerabwehrgeschütz zu beschiessenden bewegten Flugzieles kontinuierlich und exakt zu bestimmen. Mit Hilfe eines ballistischen Rechners kann dann der Treffpunkt, d. h. der Kreuzungspunkt der Geschossflugbahn mit der Zielflugbahn, vorausberechnet und dem Geschütz der dadurch bedingte Vorhaltewinkel erteilt werden. Wenn die Rechnung und die eingesetzten ballistischen Parameter korrekt sind, so treffen Geschoss und Flugzeug im Treffpunkt zusammen. Es ist von grosser Wichtigkeit, dass vom Augenblick der Zielerfassung durch den Radar bis zur Beendigung des Feuers die Zielvermessung kontinuierlich und exakt erfolgt. Dies erfordert als erste Hauptaufgabe des Feuerleitradars, die Radarantenne dem Ziel vollautomatisch nachzuführen. Hiezu wird, in bekannter Weise, der Richtstrahl der Antenne leicht

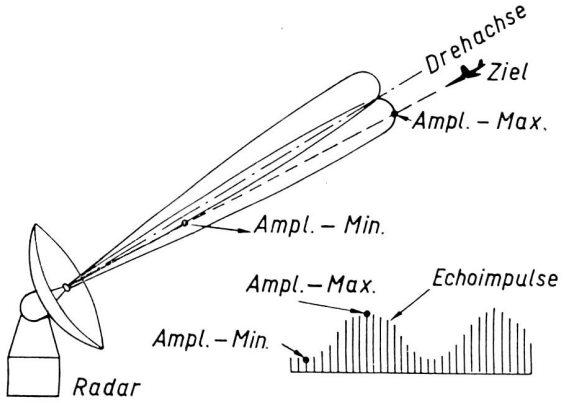



Fig. 6. Konische Abtastbewegung und amplitudenmodulierte Echoimpulse.

zur Antennen-Hauptachse geneigt und in rasche konische Rotation um diese Achse versetzt (Conical-Scan). Dadurch wird das im Strahlungsbereich der Antenne sich befindende Flugzeug von Radarimpulsen wechselnder Intensität getroffen, d. h. das empfangene Radarsignal ist mit der Richtstrahl-Umlauffrequenz moduliert (vgl. Fig. 6).

Wenn das Flugzeug in der Hauptachse fliegt, entsteht keine Modulation. Bei irgendeiner winkelmässigen Ablage des Zieles werden die Tiefe und die Phasenlage der entstehenden Modulation gemessen und daraus ein Fehlersignal erzeugt, welches mit Hilfe von Servomotoren die Antennenanlage wieder so weit korrigiert, bis die Modulationsspannung zu Null wird und somit das Flugzeug auf die Hauptachse zentriert ist. Als nächste Aufgabe hat der Feuerleitradar die Zieldistanz automatisch und so genau wie möglich zu bestimmen. Dies

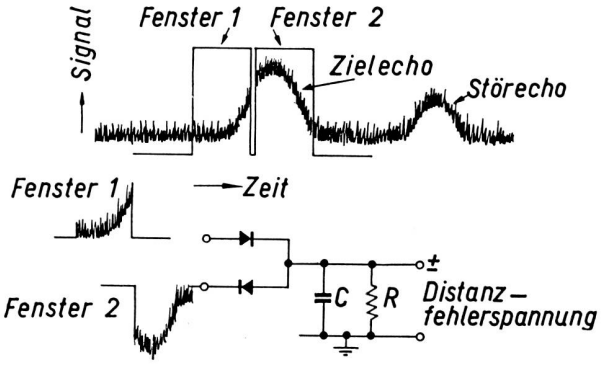



Fig. 7. Erzeugung der Distanzfehlerspannung.

wird erreicht durch die Verwendung von sehr kurzen Radarimpulsen von einigen Zehntel-Mikrosekunden Dauer. Die empfangenen Radarimpulse werden durch zwei eng anschlies-

sende Distanzfenster geteilt, und durch elektronische Messung der Energieinhalte der einzelnen Fenster werden Fehlersignale erzeugt, welche mit Hilfe eines Servomotors diese Fenster so verschieben, dass sich der Empfangsimpuls genau in der Mitte dieses Doppelfensters befindet. Die Mitte des Doppelfensters entspricht der Zieldistanz und wird durch eine elektronische Distanzmarke gekennzeichnet. (Die Erzeugung der Distanzfehlerspannung ist in Fig. 7 dargestellt.)

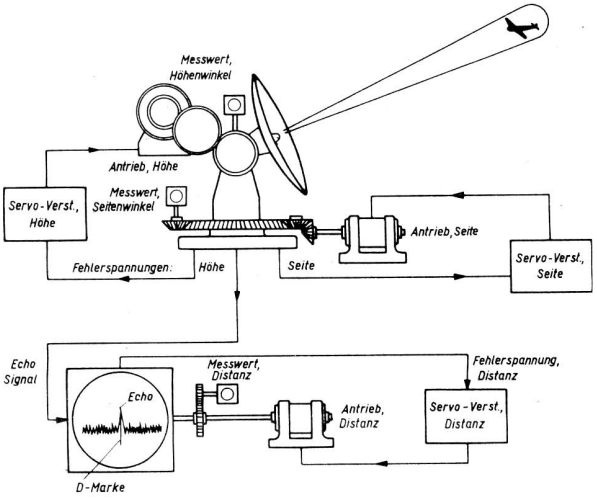



Fig. 8. Prinzipschema eines vollautomatischen Feuerleitradargerätes.

Auf diese Weise kann man die Zieldistanz bis auf wenige Meter genau bestimmen, was mit Hilfe eines optischen Telemeters nie gelingen wird.

Damit ist es möglich, ein Prinzipschema eines vollautomatischen Feuerleitradars aufzuzeichnen (vgl. Fg. 8).

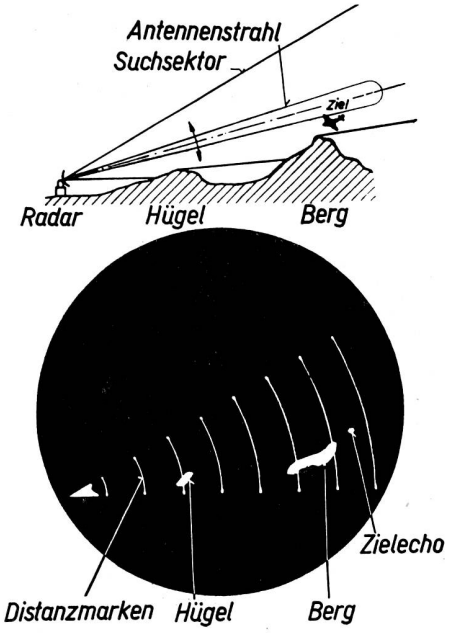



Fig. 9. Zieldarstellung im RHI-Indikator.

Eine weitere Aufgabe des Feuerleitradars besteht in der Möglichkeit, Flugziele selbständig zu suchen und zu erfassen. Diese Forderung ist um so berechtigter, als verschiedene Arten der Zielzuweisung bestehen, welche die Zielbezeichnung mehr oder weniger genau durchführen. Beim Zielzuweisungsradar wird das Ziel nach Seitenwinkel und Distanz bezeichnet. Eine Information über die Flughöhe fehlt, oder sie wird als zusätzliche Information nur ungenau angegeben. Bei Ausfall oder Fehlen eines Zielzuweisungsradars können optische Richtfernrohre die Zuweisung des Zieles in den Lagewinkeln durchführen. Fällt auch diese Zuweisungsart infolge schlechter oder gar fehlender Sicht (nachts) weg, so können durch die Frühwarnung Sektoren angegeben werden, in welchen sich feindliche Flugziele befinden. Daraus geht eindeutig hervor, dass der Feuerleitradar geeignete Suchbewegungen mit seiner Antenne ausführen muss, um das mehr oder weniger genau zugewiesene Ziel in möglichst kurzer Zeit erfassen und automatisch vermessen zu können.

Als geeignete Antennensuchbewegungen, vor allem für schweizerische Geländeverhältnisse, haben sich die vertikale Suchbewegung und die Rundsuchbewegung erwiesen. Sie lassen sich passend kombinieren, so dass entweder pyramidenförmige Räume oder ganze Kugelzonen abgesucht werden können. Werden dazu noch passende Suchindikatoren gewählt, so erhält man für die vertikale Suchbewegung die Zieldarstellung nach Höhenwinkel und Distanz (Range Height Indicator) gemäss Fig. 9 und für die horizontale Suchbewegung die bereits in Fig. 5 gezeigte PPI-Darstellung.

Eine weitere sehr wesentliche Eigenschaft eines modernen Feuerleitradars ist die nebenzipfelfreie Antenne. Eine Mikrowellen-Richtantenne besitzt immer mindestens zwei relativ stark strahlende Seitenzipfel, welche durch sehr sorgfältige Bemessung des im allgemeinen verwendeten Parabolreflektors und des dazugehörigen Primärstrahlers auf ein Minimum gebracht werden müssen. Damit wird die Zielerkennung, vor allem beim Absuchen von hügeligem Gelände in Gebirgs-

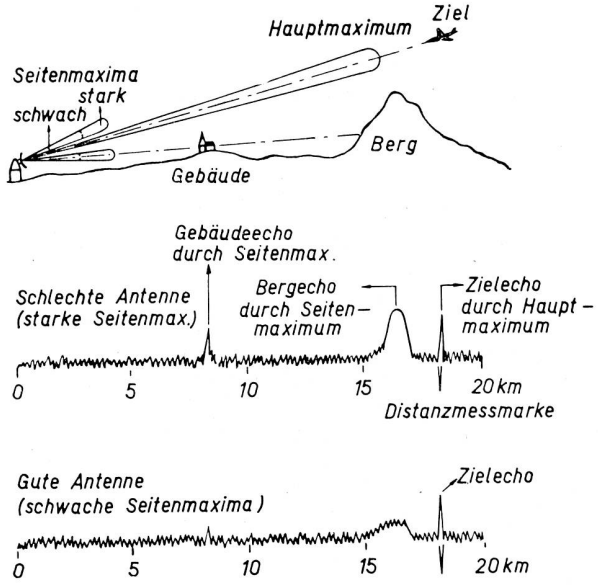



Fig. 10. Einfluss der Seitenzipfelstrahlung einer Feuerleit-Radarantenne.

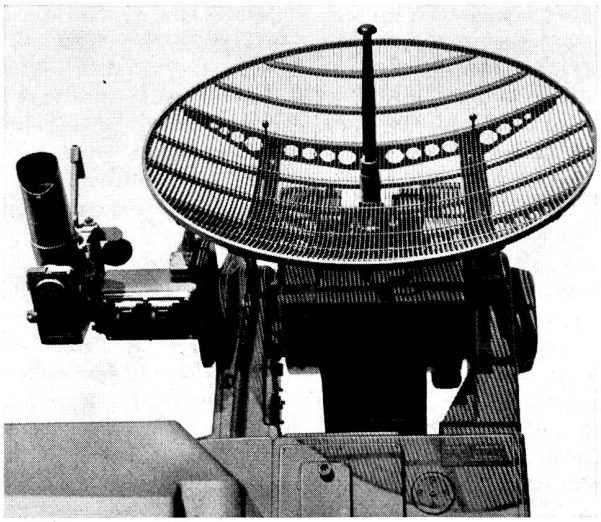


Fig. 11. Antennenaggregat zu Feuerleitradar «Superfledermaus».

tälern, bedeutend verbessert und das Verfolgen von Tieffliegern erleichtert.
Der Einfluss der Seitenzipfelstrahlung einer Feuerleit-Radarantenne ist in Fig. 10 dargestellt, wobei die zugehörige Signaldarstellung im A-Indikator gezeigt ist.
Aus dem bisher Gesagten ergibt sich allgemein für den Feuerleitradar die Forderung eines möglichst kleinen Auflösungsvolumens, welches durch eine scharf bündelnde, möglichst seitenstrahlungsfreie Antenne und durch möglichst kurze Sendeimpulse realisiert werden kann. Dadurch wird erreicht, dass das in diesem Raumelement fliegende Flugziel durch Geländeechos oder Echos benachbarter Flugziele möglichst ungestört bleibt und einwandfrei verfolgt und vermessen werden kann.

**Der Feuerleitradar zum vollautomatischen Feuerleitgerät «Super-Fledermaus»**

In den letzten Jahren wurde durch die Albiswerk Zürich AG ein moderner Feuerleitradar für die vollautomatische Feuerleitanlage «Super-Fledermaus» der Contraves AG, Zürich, entwickelt. Er erfüllt die vier beschriebenen Hauptforderungen und ist zweckmässig mit dieser Anlage kombiniert worden.
Ausgerüstet mit leistungsfähigen abstimmbaren Magnetrons gestattet dieser Feuerleitradar, Flugziele, je nach deren Rückstrahleigenschaften, bis zur Entfernung von 50 km aufzusuchen und zu erfassen. Eine Vertikalsuchbewegung mit hydraulisch gesteuertem, rasch wippendem Parabolreflektor und eine schraubenförmig verlaufende Rundsuchbewegung ermöglichen es, innerhalb weniger Sekunden Flugziele aufzusuchen. Je nach Art der Suchbewegung wird ein Suchindikator automatisch für die RHI- oder PPI-Darstellung umgeschaltet. Ein A-Indikator, welcher ausser dem gesamten Distanzbereich gleichzeitig eine vergrösserte Distanzdarstellung der unmittelbaren Zielumgebung enthält, ermöglicht dem Radaroperateur die Überwachung der automatischen Zielverfolgung sowie das allfällige Eingreifen mit Handsteuerung bei Auftreten von Fremdstörungen.

Der gesamte Such- und Verfolgungsvorgang des Feuerleitradars ist weitgehend automatisiert, so dass ein einziger Radaroperateur diese erste und wichtigste Phase eines Fliegerabwehrschiessens einleiten kann. Fig. 11 zeigt eine Ansicht des Radaranzeige- und -bedienungsgerätes mit den beiden Indikatoren für die Suchphase (PPI/RHI-Indikator) und die automatische Zielverfolgung (A-Indikator).

Der Radarsender mit Duplexer und Mikrowellenmischer sowie das Antennenaggregat mit Such- und Conical-Scan-Getriebe ist auf der Drehplattform des Feuerleitgerätes «Superfledermaus» angeordnet (vgl. Fig. 12 und 13).

Der Antennenreflektor ist als Gitterkonstruktion ausgeführt und ist für den Transport des Gerätes demontierbar. Ein Reservereflektor kann den durch Bordangriffswaffen von Flugzeugen leicht verletzbaren Antennenreflektor sofort ersetzen. Weiterhin kann ein Antennen-Zusatzreflektor mit speziellem Primärstrahler für die Ausstrahlung von zirkularpolarisierten Wellen die störenden Einflüsse bei Regenfall erheblich reduzieren.

Für die Überwachung des Gerätes in Betrieb sind eine Anzahl von Kontroll- und Überwachungsinstrumenten eingebaut worden. Permanente Abgleicheinrichtungen gestatten dem Radaroperateur die Anpassung der Indikatorbilder an seine Augen.

Besondere Aufmerksamkeit wurde bei diesem Feuerleitradar den Antistörmassnahmen geschenkt. Eine Anzahl Spezial-

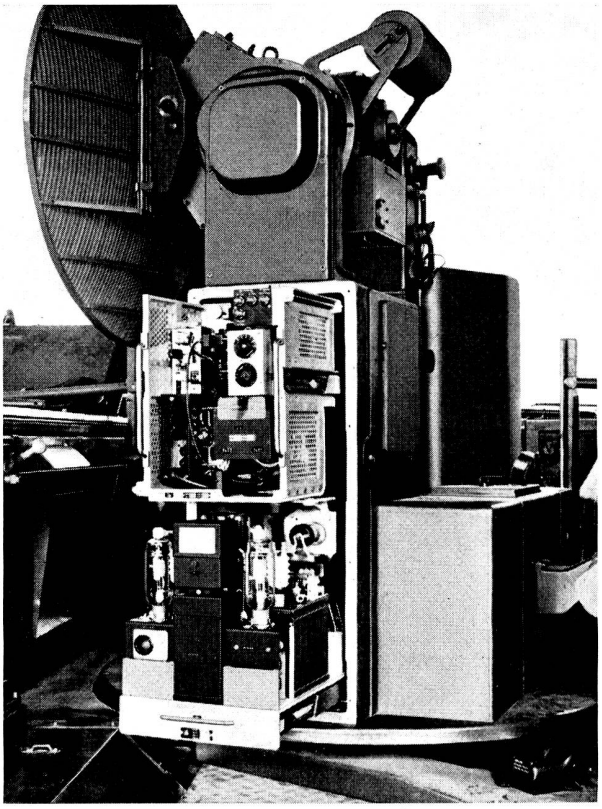


Fig. 12. Sender zu Feuerleitradar «Superfledermaus».

# Rasch sichere Verbindung mit

# SE 18

Das Kleinfunkgerät SE 18 der Autophon ist leicht, handlich, leistungsfähig. Es wiegt nur 2,6 kg. Es ist nur 19,8 cm breit, 16,6 cm hoch und 5,5 cm dick: etwa halb so gross wie ein Telefonbuch.

Die Reichweite beträgt in offenem Gelände bis 20 km, im Innern von Ortschaften oder in hügeligem Terrain noch gute 3 km.

Der Nickel-Cadmium Akkumulator liefert Strom für 110 Stunden reine Empfangszeit oder 25 Betriebsstunden mit 10% Sendezeit. Er kann leicht und beliebig oft aufgeladen werden.

SE 18 Kleinfunkgerät

Ausführungen mit 1...4 oder 1...6 Kanälen; eingerichtet für Wechselsprechen oder bedingtes Gegensprechen. Auf Wunsch Prospekte oder Vorführungen.

**AUTOPHON**

Zürich: Lerchenstrasse 18, Telefon 051 / 27 44 55
Basel: Peter-Merian-Str. 54, Telefon 061 / 348585
Bern: Belpstrasse 14, Telefon 031 / 2 61 66
St. Gallen: Schützengasse 2, Telefon 071/233533
Fabrik in Solothurn

## Farner-Werke AG
## Grenchen/So.

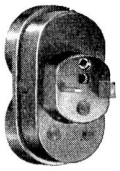
Reparaturen und Revisionen von
Militär- und Zivil-Flugzeugen

Kundenarbeiten für Industrie und
Gewerbe:
Sandstrahlen, Rissprüfung,
Schutzgas-Schweissung

Diverse Eigenprodukte, z. B.
Pilotenkniebrettchen für Flieger,
Motorfahrer, Sportsleute usw.

Spezialität:
Wartung und Reparatur von
Bremsschirmen für Düsenflugzeuge

Telegrammadresse: Farner
Telephon-Nummer: (065) 8 58 02
Postzustellung: Postfach 274
Büro: Flugplatz Grenchen



**Abzweigstecker Type 20**

2p+E 10 A 380 V
Nr. 4747
ohne Schutzkontaktstift
Nr. 4747U
mit Schutzkontaktstift
Mit SEV-Zeichen

**JENNY & CO**
GLATTBRUGG / ZCH · TEL. (051) 83 62 22

## Radiobastler

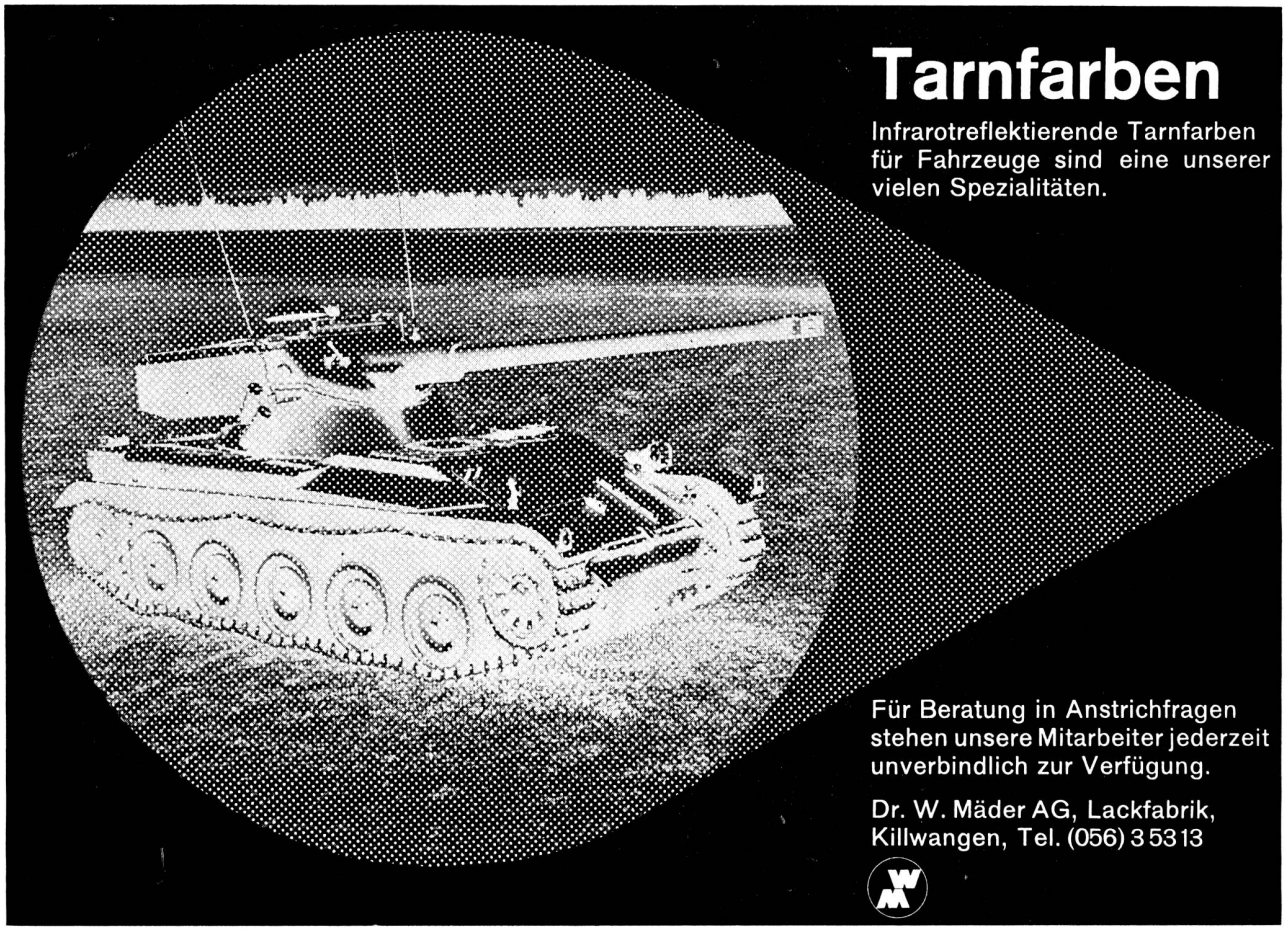
Aus Überschusslager liquidieren wir Bastlermaterial.

**Bastlersäcke** (Best.-Nr. 10001)
(Inhalt im Wert von mindestens Fr. 50.— bis Fr. 100.—.)
Nur Fr. 5.—.

**Widerstandssortimente** (Best.-Nr. 10002)
Inhalt: 100 versch. Widerstände ½—2 Watt.
Nur Fr. 5.—.

Unsere Lieferungen erfolgen ausschliesslich per NN.
(Bestellen Sie auch unseren Gratis-Katalog.)

**SILENIC** GmbH **BERN** Waisenhausplatz 2.



## Tarnfarben

Infrarotreflektierende Tarnfarben für Fahrzeuge sind eine unserer vielen Spezialitäten.

Für Beratung in Anstrichfragen stehen unsere Mitarbeiter jederzeit unverbindlich zur Verfügung.

Dr. W. Mäder AG, Lackfabrik,
Killwangen, Tel. (056) 3 53 13

schaltungen im Empfangs- und Sendeteil gestatten dem Radaroperateur, die Einwirkung von Fremdstörungen zu reduzieren und die Störquellen, welche vor allem in feindlichen Flugzeugen zu suchen sind, zu lokalisieren und damit die Möglichkeit zu deren Bekämpfung zu schaffen.

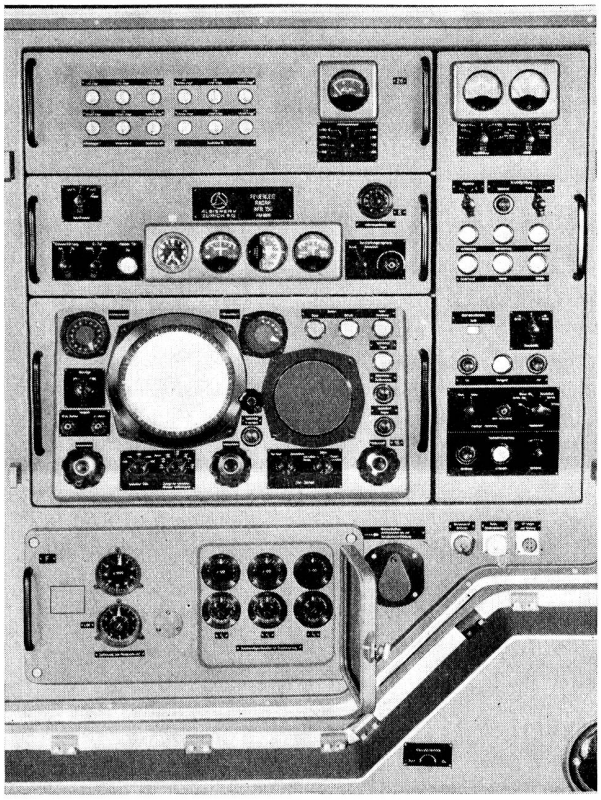


Fig. 13. Radaranzeige- und -bedienungsteil zu Feuerleitradar «Superfledermaus».

Zusammengefasst kann gesagt werden, dass, dem heutigen Stand der Radartechnik entsprechend, sowohl in technischer wie in taktischer Hinsicht alle Massnahmen ergriffen wurden, um ein leistungsfähiges und störsicheres Radargerät für die Feuerleitung von Fliegerabwehrgeschützen zu schaffen.

H. U. Klauser, Kilchberg ZH

**Literatur**


R. W. Hallows: Radar, die Ortsbestimmung mittels Radiowellen, Sammlung Dalp, Band 22; Verlag A. Francke, Bern, 1946.

Max Wildi: Die Verwendung von Radar in unseren Verhältnissen. Allgemeine Schweizerische Militärzeitschrift, Frauenfeld.

A. F. Braun und H. U. Klauser: Radar, Albiswerk-Berichte, Heft 2, Jahrgang 10, Dezember 1958.

H. U. Klauser: Radarantennen und Scannereinrichtungen. Scientia Electrica, Band VI, 1960, Heft 2.

A. F. Braun: Feuerleitradar für schweizerische Verhältnisse. Flugwehr und Technik, Heft 7, 1957.

A. F. Braun: Technik und Probleme von Zielverfolgungsradar. Bulletin SEV, Band 51, 1960, Nr. 14.




## Herausgelesen . . .

Bei unserer ausserdienstlichen Tätigkeit hat man mitunter das Gefühl, man arbeite in einem luftleeren Raum. Bezeichnend für solche Ahnungen sind gelegentliche Äusserungen von Wehrmännern und Angehörigen unseres Verbandes, ausserdienstliche Tätigkeit werde in Wiederholungskursen viel zu wenig gewürdigt. Auch haben uns zu diesem Thema schon ganz böse Briefe erreicht. Als Beispiel möge hier die Beschwerde eines Pioniers dienen, der sich vor einiger Zeit bitter beklagte, dass er trotz eifriger ausserdienstlicher Tätigkeit im WK für längere Zeit zum Küchenmann abkommandiert wurde. Er habe das Gefühl, dass ausserdienstlich tätige Leute nur deshalb zu solchen Arbeiten herangezogen werden, damit auch die andern auf den gleichen Ausbildungsstand gebracht werden können . . .

In solchen Fällen — der angeführte mag extrem sein — ist dann eine treffende Antwort schwer, ja sie geht über ein bedauerliches Achselzucken kaum hinaus. Wir fragen uns oft, ob die ausserdienstliche freiwillige Weiterbildung nicht auch in Wiederholungskursen besser anerkannt werden dürfte. Wir denken da an den Einsatz bei besonders verantwortungsvollen Aufgaben, Erwähnung des einzelnen Wehrmannes an einem Hauptverlesen (geschieht hie und da) oder die Dispensierung von gewissen Arbeiten. Vielleicht sollte sich unser Verband weitere Ideen einfallen lassen, insbesondere auch einen Weg, wie man Kompagniekommandanten zuverlässig über die Tätigkeit ihrer Wehrmänner ausser Dienst informieren kann.

In dieses Kapitel geht eine Veröffentlichung des Oberfeldarztes der Armee, Oberstdivisionär Käser, im offiziellen Organ der Militärsanitätsvereine «Militärsanität», an der wir uns ganz besonders gefreut haben. Es wird darin einmal einleitend festgestellt, dass in der Armee dreissig Auszeichnungen bestehen, von denen man sich einen stimulierenden Einfluss auf die Ausbildung der Truppe erwartet. Zu verstehen sind darunter das Schützenabzeichen, Hochgebirgsabzeichen, Spezialistenabzeichen mit doppelter Umrandung für Motorfahrer, Motorradfahrer, Gerätemechniker, Übermittlungsgerätemechaniker oder der uns allen bekannte Funkerblitz. Die Angehörigen der Sanitätstruppen hatten bis anhin keine Gelegenheit, für ihre fachdienstliche Arbeit auf Grund einer abgelegten Prüfung (wie sie für die meisten Auszeichnungen verlangt wird) eine Auszeichnung zu erwerben. Der Oberfeldarzt verspricht die Prüfung der Schaffung. Gefreut hat uns — um es noch einmal zu wiederholen — einmal der eingeschlagene Weg. Es wurde nicht verfügt, wie es so heisst, sondern die Militärsanitätsvereine und die Angehörigen der Sanitätstruppen werden aufgefordert, Vorschläge über die Abgabevorschriften, über den Namen des Abzeichens und über eine formschöne Ausführung einzureichen. Zweitens enthält der Aufruf einen Satz, den wir anerkennend hier veröffentlichen wollen:

Welche Rolle ist der aussendienstlichen Tätigkeit beim Erwerb der Auszeichnungen zuzuweisen?

Hoffen wir nur, dass die Initiative des Oberfeldarztes, die Sanitätssoldaten bei der Schaffung einer Auszeichnung mitarbeiten zu lassen, auch fruchtbare Ergebnisse zeitige und dass das Beispiel solcher Anerkennung ausserdienstlicher Arbeit Schule mache.

Argus