

**Zeitschrift:** Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins  
**Herausgeber:** Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke  
**Band:** 45 (1954)  
**Heft:** 24

**Artikel:** Schlechtwetter-Radarlandeanlagen (Ground Controlled Approach, GCA)  
**Autor:** Hunkeler, A.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-1061212>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **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. [Voir Informations légales.](#)

### **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. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 03.04.2025

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

mit einem Stab geschulter Ingenieure, Techniker und Kontrolleure zur Verfügung. Über bundeseigene Betriebe verfügt der Dienstkreis II nicht. Er arbeitet ausschliesslich mit der Privatindustrie zusammen. Der erwähnten Versuchstation liegt im besonderen die technische Erprobung des abgenommenen Kriegsmaterials ob. Die technische Erprobung der Frühwarn-Radaranlagen führte zum vorerst provisorischen Aufbau der Station auf der Bütschelegg. Daselbst werden zur Zeit unter anderem durchgeführt:

Vermessung von Antennen-Richtdiagrammen,  
Reichweiteversuche,  
Erprobung und Vermessung von Geräten für die Unterdrückung von Standzeichen,

Versuche über die gegenseitige Beeinflussung benachbarter Radargeräte usw.

Was wir Ihnen heute auf der Bütschelegg zeigen können, ist eine komplette Radaranlage für Frühwarnung und Jägerleitung in Betrieb (Fig. 27). Nicht zur Verfügung stehen das Flabradarmaterial und die Übermittlungsgeräte. Meine Mitarbeiter werden sich eine Ehre daraus machen, Ihnen die Anlage zu erklären und stehen Ihnen gerne für jede gewünschte weitere Auskunft zu Diensten.

Adresse des Autors:

Oberst J. H. Leutwyler, Chef des Dienstkreises II der KTA, Hallwylstrasse 4, Bern.

## Schlechtwetter-Radarlandeanlagen (Ground Controlled Approach, GCA)

Vortrag, gehalten an der 18. Hochfrequenztagung des SEV vom 13. Oktober 1954 in Bern,

von A. Hunkeler, Bern

621.396.967 + 621.396.933.1

*Die GCA-Radaranlagen dienen dazu, Flugzeuge unter sehr ungünstigen Witterungsbedingungen rasch und sicher zur Landung auf einem Flugplatz zu leiten. Zu diesem Zwecke gelangen meistens ein Überwachungsradar für die Kontrolle des entfernteren Luftraumes und ein Landeradargerät hoher Messgenauigkeit zur Anwendung. Die Arbeitsweise dieser Radargeräte, die Antennenstrahlungsdiagramme und einige besondere Eigenschaften der Anzeigergeräte werden im Detail dargelegt. Einige Bilder vermitteln einen Überblick über militärische und zivile GCA-Anlagen und deren Bildschirme.*

*Les Radars d'atterrissage servent à guider rapidement et sûrement des avions à un atterrissage sur un aérodrome, sous des conditions météorologiques défavorables. En général, on fait emploi, dans ce but, d'un radar de surveillance pour le contrôle de l'espace aérien éloigné et d'un radar d'atterrissage avec haute précision de mesure. Le fonctionnement de ces appareils Radar, les diagrammes de rayonnement des antennes et quelques propriétés spéciales des indicateurs sont traités en détail. Quelques photos donnent un aperçu général des Radars GCA militaires et civils et de leurs écrans.*

### 1. Einleitung

Sowohl bei der Zivil-, als auch bei der Militär-Aviatik ist es von grosser Wichtigkeit, die Flugzeuge auch bei ungünstigen Sichtverhältnissen rasch und sicher zur Landung auf einem Flugplatz zu führen. Zahlreiche Forschungsstellen und die Hochfrequenz-Industrie haben sich denn auch um die Lösung dieses Problems bemüht und hierfür geeignete Geräte entwickelt.

Es ist der Zweck dieser Ausführungen, ein System darzulegen, welches sich die Radartechnik zunutze macht, nämlich jenes des Ground Controlled Approach (GCA). Diese Bezeichnung ist sehr treffend, denn sie sagt aus, dass die Annäherung des Flugzeuges vom Boden aus, im speziellen vom Flugplatz aus geleitet wird. Um dies zu ermöglichen, werden die Positionen der Flugzeuge, welche sich innerhalb des Kontrollraumes eines Lufthafens befinden, laufend durch Radargeräte vermessen. Die Durchgabe von Meldungen und im besonderen die Kurs- und Höhenkorrekturen zum Zwecke einer einwandfreien Landung erfolgen mittels Funkgeräten. Dieses Radarsystem wird bei einem regen Flugbetrieb für eine reibungslose und rasche Abwicklung des Luftverkehrs im Bereiche eines Flughafens eingesetzt. Im weiteren besagt das Wort «Annäherung», dass bei schlechtem Wetter stets noch eine gewisse minimale Sicht vorhanden sein muss. Diese beträgt nach den heute bestehenden ICAO-Empfehlungen 400 m horizontal. Der Pilot wird somit bis zu 400 m an den Aufsetzpunkt herangeführt und vollzieht die Endphase der Landung selbständig

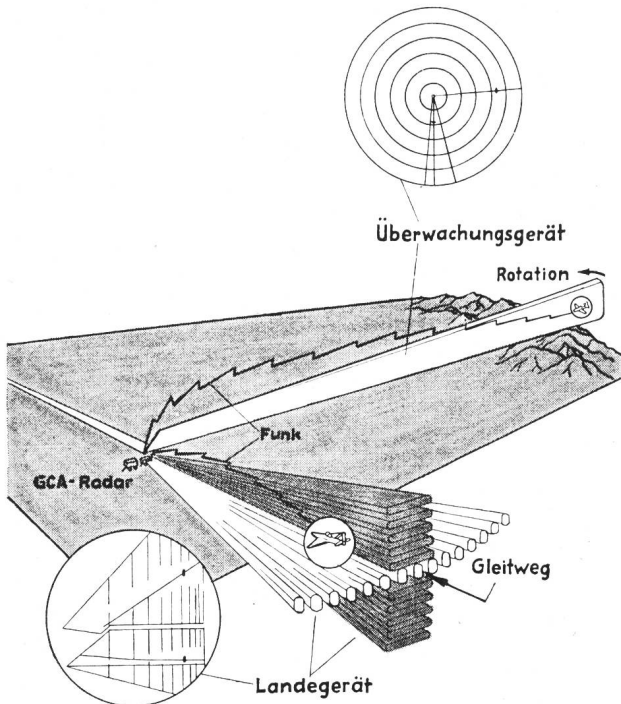
anhand der optischen Sicht. Selbstverständlich können ihm während dieses Vorganges die vorhandenen Lichtschneisen und übrigen Markierungen von Nutzen sein.

Die ersten GCA-Geräte wurden für militärische Zwecke gebaut und gelangten in den Jahren 1944/45 auf vielen alliierten Flugplätzen zum Einsatz. Mit Hilfe dieser Geräte wurden Landungen beliebiger Flugzeuge durchgeführt, unter sehr ungünstigen Bedingungen von Boden- und Horizontalsicht.

### 2. Die Arbeitsweise einer GCA-Anlage

Der Kontrollraum eines Flughafens erstreckt sich bis auf eine Distanz von minimal 50 km und bis zu Höhen von mindestens 2400 m über Boden. Um diesen Luftraum zu beherrschen, werden meistens zwei Radargeräte, nämlich ein Überwachungs- und ein Präzisionslandegerät eingesetzt. Dem Überwachungsgerät fällt hierbei die Aufgabe zu, die Flugzeuge in der Fernzone des Kontrollraumes zu erfassen. Sobald der Radarbeobachter ein neues Objekt festgestellt hat, nimmt er mit diesem Funkverbindung auf, um es zu identifizieren. Wenn sich auf dem Bildschirm gleichzeitig mehrere unbekannte Objekte vorfinden, so wird beispielsweise aus der Anzeige des automatischen Peilers geschlossen, welches Radarzeichen zu einem bestimmten antwortenden Flugzeug gehört. Im Falle mehrerer Maschinen müssen den später eintreffenden unter Umständen Warteräume zugeteilt werden, welche in der Höhe gestaffelt sind. Man sucht dies zwar nach Möglichkeit zu vermeiden durch Anordnen

mehrerer paralleler Anzeigeegeräte, welche mit dem entsprechenden Personal dotiert sind. Zudem übertrifft der vom Überwachungsradar beherrschte Raum meist die eingangs angegebenen Minimalwerte oder es werden eigentliche Frühwarn-Radargeräte eingesetzt, um durch Fernbeobachtung die gesamte Verkehrslage besser zu übersehen und Stauungen zu verhindern. Dadurch wird man auch besonderen Dringlichkeits- und Notfällen besser gerecht.



SEV 22731

Fig. 1

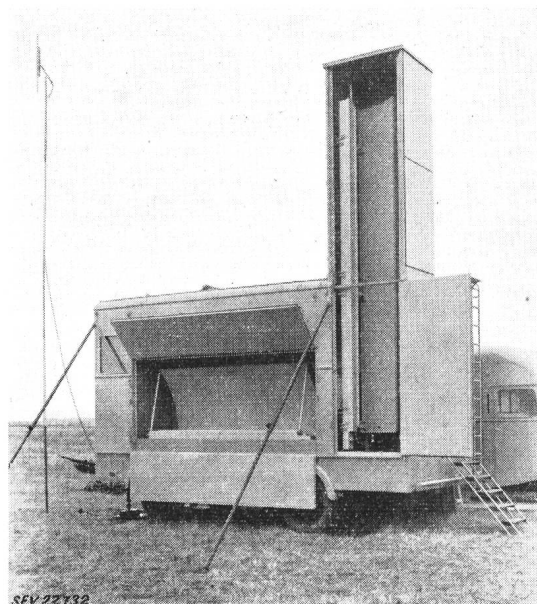
Arbeitsweise des Überwachungs- und des Landegerätes  
Oben und unten die entsprechenden Anzeigen auf den Bildschirmen

Für den Weiterflug werden dem Piloten Richtung, Sinkgeschwindigkeit, Sicherheitshöhe und meteorologische Daten bekannt gegeben. Während nun die Maschine auf dem neuen Kurs allmählich sinkt, erhält sie in grösseren Zeitabständen Distanzangaben bezogen auf den Flugplatz. Im Abstand von 16...20 km wird sie vom Landeradargerät übernommen und auf dem Gleitweg bis 400 m an den Aufsetzpunkt herangeführt. Als Gleitweg bezeichnet man eine Gerade von 2...5° Neigung in der Verlängerung der Landepiste nach aussen, welche letztere im Aufsetzpunkt schneidet. Die Neigung des Gleitweges richtet sich nach den topographischen Gegebenheiten der eigentlichen Flugplatzzone. Das Landeradar ist in der Lage, die Positionen der Flugzeuge genau in Azimut, Distanz und Höhe zu vermessen. Die Vermessung erfolgt in der Endphase mit Höhenfehlern von nur ca. 5 m und Seitenfehlern von ca. 10 m. Auf den Anzeigeschirmen sind der Gleitweg in der Elevation und die Landepistenachse im Azimut eingezeichnet. Damit ist es dem Radaroperateur möglich, das Flugzeug genau zu leiten und er gibt dem Piloten radiotelephonisch laufend entsprechende Anweisungen. Im Anschluss an das Aufsetzen rollt das Flugzeug sogleich auf den Parkplatz, um die Piste für eventuell nachfol-

gende Maschinen frei zu geben. Sofern sich im Kontrollturm nur das Minimum an Anzeigeegeräten vorfindet, dauert eine GCA-Landung ca. 3 Minuten. Bei einer reichlicheren Dotierung kann die Landesequenz auf 2 Minuten reduziert werden, was für zivile Bedürfnisse meistens genügt. Die militärischen GCA-Stationen auf Jagdflugplätzen, welche mit 4 Bedienungsleuten besetzt werden, weisen eine Landungssequenz von 1 Minute auf.

### 3. Die Einzelemente einer GCA-Station

Fig. 1 zeigt neben einer allgemeinen Übersicht die Strahlungsdiagramme der einzelnen Radargeräte. Das Diagramm des Überwachungsradars erstreckt sich von links nach rechts und muss ausser einer grossen Reichweite auch eine gleichmässige Erfassung aller Ziele bis zu einer konstanten Maximalhöhe über Boden sicherstellen. Um das zu erreichen, weist dieser Radarstrahl in der Elevation eine besondere Formgebung auf. Eine übliche Strahlungskeule mit + 3° Anstellwinkel wird oberhalb der Achse durch Zusatzenergie derart ergänzt, dass die Abnahme der Intensität im oberen Teil nach der Funktion  $\frac{1}{\sin^2 x}$  oder  $\text{cosec}^2 x$  erfolgt. Dies ergibt eine praktisch horizontal verlaufende obere Grenze des Strahles auf einer konstanten Höhe von 3000 m. Eine solche Strahlform wird kurz als cosecans<sup>2</sup>-Diagramm bezeichnet und rotiert in unserem Fall um eine vertikale Achse. Synchron mit dieser Rotation bewegt sich auch der Lichtstrahl auf dem Bildschirm und es entsteht ein Landkartenbild in



SEV 22732

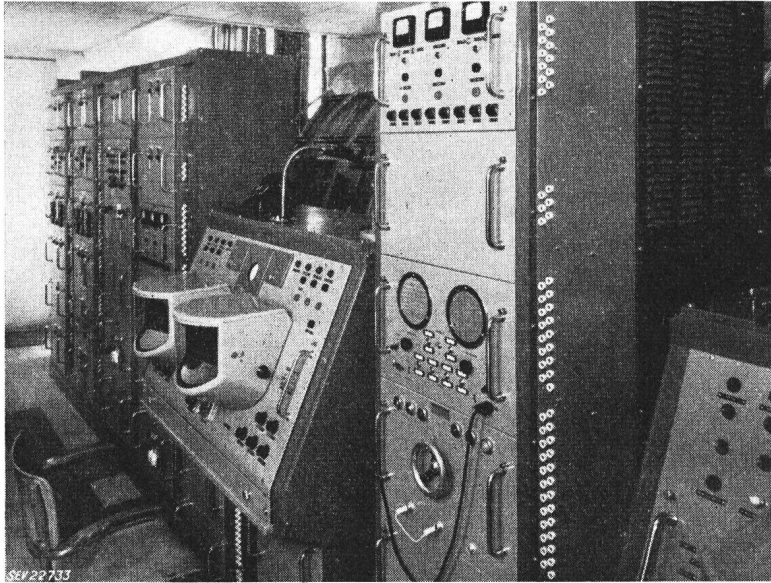
Fig. 2

Mobiles militärisches Präzisions-Landegerät

Die geöffneten Verschaltungen lassen die horizontale Azimutantenne und die vertikale Elevationsantenne erkennen

Polarkoordinatendarstellung mit dem Standort als Zentrum. Dieses ist in der rechten oberen Hälfte der Figur dargestellt, wobei allerdings die Berg- oder Standzeichen mittels einer speziellen Apparatur unterdrückt sind. Somit erscheinen nur die

Flugzeugsignale, die Distanzkreise und einige Azimuthilfslinien. Diese sind: nach rechts aussen der Hinweisstrahl, herrührend vom automatischen Peiler, nach unten die Begrenzung des Anflugbereiches und dazwischen die verlängerte Pistenachse.



von den bei Such- bzw. Feuerleitgeräten gebräuchlichen Ausführungen. Ein Modulator liefert in regelmässigen Zeitabständen Impulse kurzer Dauer, aber hoher Spitzenleistung, welche im Magnetron in ebensolche Zentimeterwellen-Schwingungen umgeformt werden. Diese HF-Impulse gelangen über einen Wellenleiter zu den Antennen. Der Empfänger arbeitet nach dem Überlagerungsprinzip mit einem Klystron als Hilfsoszillator und Halbleiter-Dioden in der Eingangs-Mischstufe.

Die Überwachungsradaranlagen arbeiten im 10-cm-Wellenbereich mit Impulsspitzenleistungen von 500...600 kW. Sie sind fast durchwegs mit Apparaten zur Unterdrückung der Standzeichen ausgerüstet und zeigen Sportmaschinen wie z. B. den Piper auf Distanzen von 40...50 km

Fig. 3

Innenraum des Landeradars des Flughafens von Amsterdam

von links nach rechts: Hochfrequenzteil (im Doppel), Teil der Azimutantenne, Anzeigepult (im Doppel), Speise- und Umschaltgerät

Das Landergerät sendet zwei verschiedene keulenförmige Radarstrahlen aus, welche in der untern Bildhälfte skizziert sind. Der Strahl der Elevationsantenne weist eine Breite von  $2...4^\circ$  und eine Höhe von  $0,6...0,8^\circ$  auf. Dieser Strahl bewegt sich auf und ab in einem Elevationsbereich von  $-1^\circ$  bis  $+6^\circ$  bezogen auf den Horizont. Synchron mit dieser Bewegung läuft ein Lichtstrahl in der oberen Hälfte des zugehörigen Schirmes, wobei zur Erreichung einer präzisen Höhenmessung der Winkelbereich stark gedehnt ist. In diesem Teilbild sind noch die vertikalen Distanzmarken und der ideale Gleitweg eingetragen. Weiter erkennt man den Strahl der Azimutantenne mit einer Breite von  $0,6...0,8^\circ$  und einer Höhe von  $2...3^\circ$ . Dieser Strahl pendelt im Azimut hin und her mit seitlichen Ausschlägen von  $\pm 10^\circ$  bezogen auf die Pistenachse. Das zugehörige Bild entsteht in der untern Hälfte des Anzeigeschirmes wiederum mit starker Winkeldehnung. Als Hilfsmittel für die Auswertung sind auch hier die Distanzmarken und zudem die Pistenrichtung vorhanden. Vielfach wird ein logarithmischer Distanzmaßstab gewählt, um auf einem einzigen Bildschirm einen Bereich von 16 km darstellen zu können bei Wahrung einer guten Übersicht und Messgenauigkeit innerhalb der Flugplatzzone von 5 km.

Die Pendelung der Landeradarstrahlen wird erreicht entweder durch entsprechende mechanische Bewegung dieser Antennen oder mittels spezieller feststehender Antennen. Letztere werden dann meistens durch eine Dipolzeile erregt, welche längs eines Wellenleiters angeordnet ist. Durch mechanische Querschnittsveränderung des Wellenleiters wird eine Phasenänderung der Speisung bewirkt, welche schliesslich die Strahlverschiebung zur Folge hat.

Die bei den Radargeräten verwendeten Sender und Empfänger unterscheiden sich nicht wesentlich

an mit einer Genauigkeit von zirka  $\pm 1^\circ$  im Azimut und zirka  $\pm 3\%$  in der Distanz. Die Anzeigergeräte einer Überwachungsanlage sind vielfach mit einem sogenannten Video-Mapping versehen,

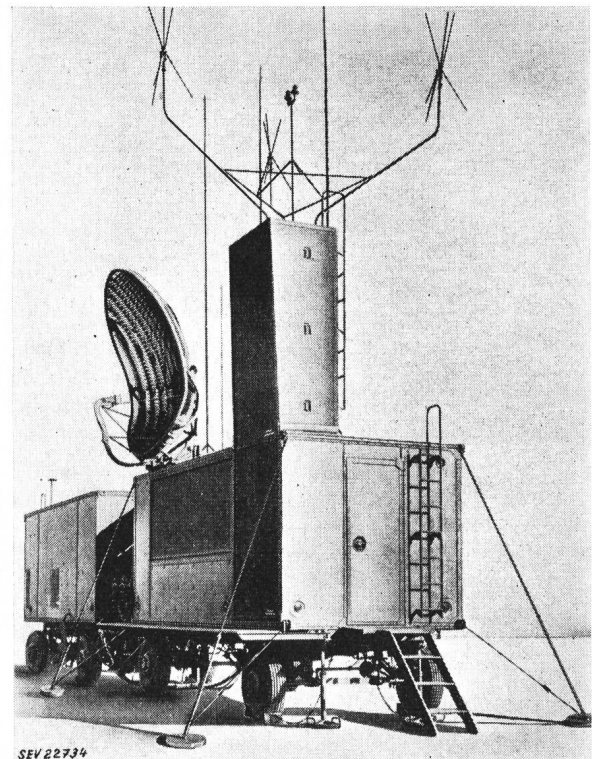


Fig. 4

Vollständige Militär-GCA-Station

links der Anhänger mit Energiequellen, Funkgeräten usw.  
rechts der Radaranhänger

einer Einrichtung, welche gleichzeitig mit den Radarzeichen Landkartenskizzen auf der Kathodenstrahlröhre abbildet. Die zum Aufstellungsort pas-



sende Kartenskizze wird in einen Projektor eingeschoben und photoelektrisch synchron mit der Antennendrehung abgetastet. Die so gewonnenen Bildsignale werden den Radarzeichen beigemischt, wodurch gleichzeitig ein Kartenbild auf dem Anzeigeschirm entsteht.

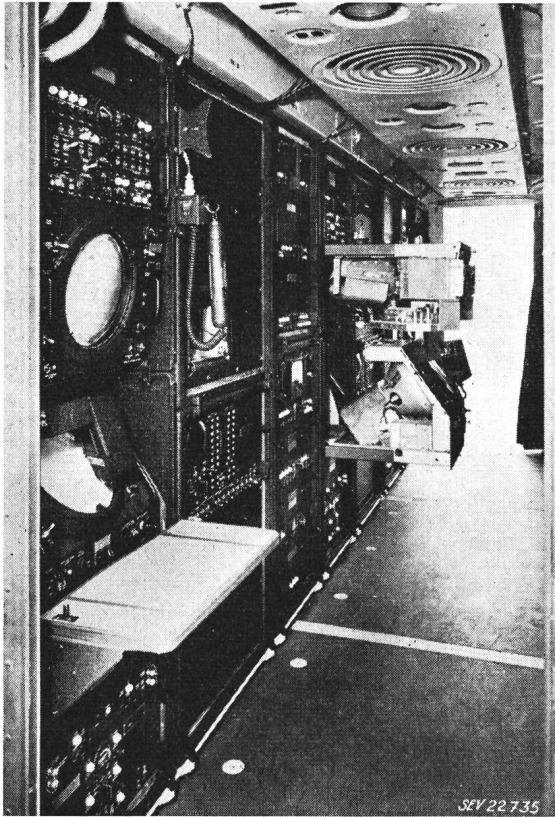


Fig. 5

Innenansicht des Radaranhängers der Fig. 4

Das Präzisions-Landegerät wird stets längs der Landepiste aufgestellt, wobei in Bezug auf den eigentlichen Aufstellungsort bei den neueren Geräten ziemliche Freiheit besteht. Zu den Spezialantennensystemen ist noch nachzutragen, dass diese bei ganz abnorm liegenden Einflügen nachzustellen sind (die Azimutantenne in der Elevation und umgekehrt). Hiefür sind Servosteuerungen vorhanden, und die Stellung einer Antenne ist stets aus dem gegensätzlichen Anzegebild ersichtlich. Die Landegeräte arbeiten im 3-cm-Wellenbereich, und es werden Versuche mit Circular-Polarisation unternommen, um die merkliche Anzeige starker Niederschläge zu reduzieren. Die Sender-Spitzenleistungen bewegen sich zwischen 25...50 kW, und im Interesse einer guten Distanzauflösung werden Impulse von 0,2...0,5  $\mu$ s Dauer gewählt. Bei den Landegeräten amerikanischen Ursprungs finden sich Apparaturen zur Standzeichenlöschung. Innerhalb des gesamten Arbeitsbereiches von 16...20 km Distanz geben auch kleine Flugzeuge sehr deutliche Bildschirmzeichen.

Bei den GCA-Anlagen wird auf einen hohen Grad von Betriebssicherheit hingezielt. Aus diesem Grunde sind bei vielen Stationen die Hochfrequenzteile und Standzeichenlöschgeräte in doppelter Aus-

führung vorhanden, mit Umschaltmöglichkeit auf die Reservegeräte bei Störungen. In gewissen Fällen werden die Radarinformationen wie auch Fernsteuerbefehle und Messwerte von den Radargeräten zum Kontrollturm mittels drahtloser Richtstrahlverbindungen übertragen.

Die militärischen GCA-Anlagen sind im Hinblick auf einen möglichst selbständigen Betrieb ausgestattet und in Anhängern eingebaut. Sie sind mit vollständigen Funk- und Peilgeräten und meteorologischen Instrumenten versehen, um auch die Funktionen des Kontrollturmes in gewissen Einsatzfällen übernehmen zu können.

#### 4. Ausschnitte aus praktischen GCA-Anlagen

In Fig. 2 ist ein mobiles militärisches Präzisions-Landegerät dargestellt. Anlässlich der Aufnahme waren die Isoliermaterialabdeckungen aufgeklappt, wodurch die horizontale Azimutantenne und die vertikale Elevationsantenne sehr deutlich sichtbar werden.

Bei Dislokationen wird die obere Hälfte der Elevationsantenne abgetrennt und mittels eines Mechanismus zuerst nach rechts verschoben und dann abgesenkt. Die Aussendimensionen betragen dann 7,8×2,4×3,8 m und das Gewicht 12 t. Ein Gerät dieser Art, allerdings in stationärer Ausführung, steht seit längerer Zeit auf dem Flughafen Cointrin in Betrieb.

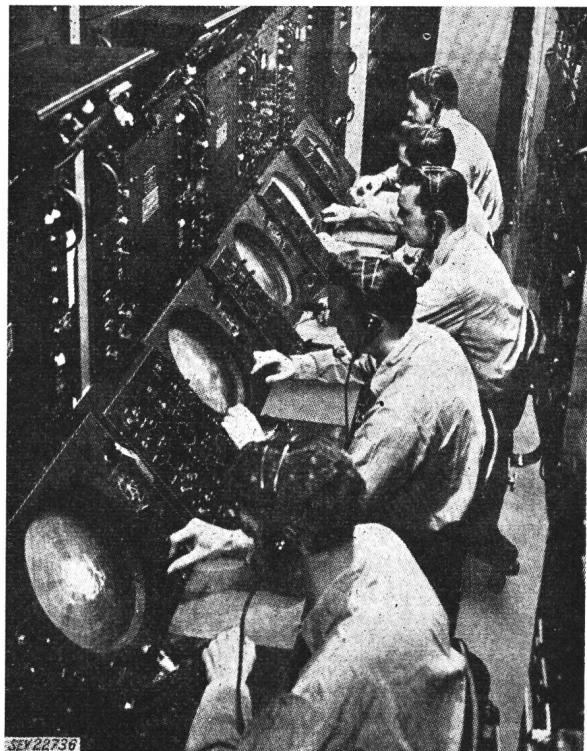


Fig. 6

Innenansicht einer Militär-GCA-Station mit Reihenanzordnung der Anzeige-Röhren

Fig. 3 zeigt den Innenraum des Landeradars des Flughafens von Amsterdam. Dieses Gerät ist auf einer Drehplattform montiert, um verschiedene Landepisten bedienen zu können. Sowohl der Hoch-

frequenzteil (im Hintergrund des Bildes) wie auch das Anzeigepult (im Vordergrund sichtbar) sind doppelt vorhanden. Das im Bild zuvorderst sichtbare Gestell enthält Teile der Funkausrüstung, die Speisegeräte der Anzeigepulte und eine Einrichtung

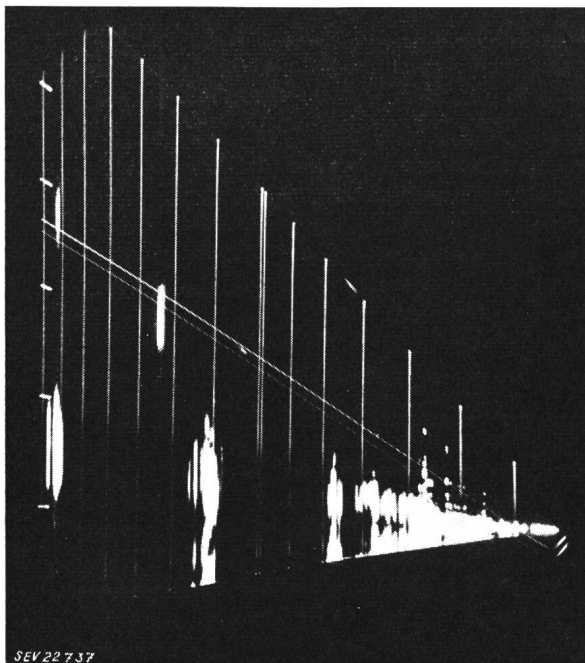


Fig. 7  
Elevationsbild der GCA-Anlage des Flughafens Kloten

zur automatischen Umschaltung der Bildsignale auf das andere Anzeigepult bei Pistenwechsel. Zwischen dem Bildsignal- und den HF-Gestellen ist noch ein Teil der Azimutantenne zu erkennen, wobei die äusserst solide Konstruktion des Reflektors auffällt.

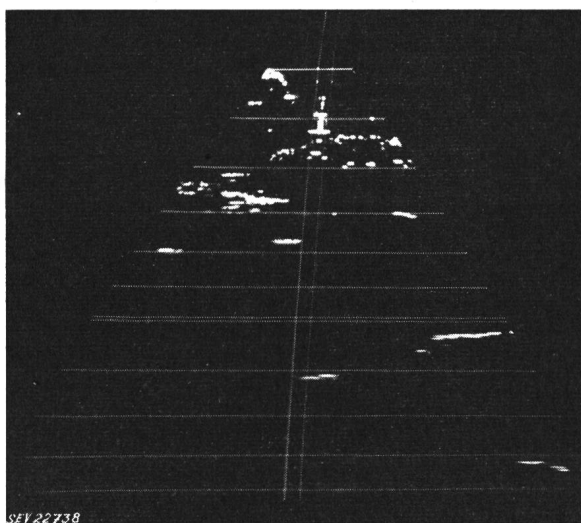


Fig. 8  
Azimutbild der GCA-Anlage des Flughafens Kloten

Fig. 4 stellt eine vollständige Militär-GCA-Station in Aussenansicht dar. Der Radaranhänger ist im Vordergrund aufgestellt und zeigt zuvorderst die Landegerät-Elevationsantenne mit verschiedenen

Funkantennen und einem Hindernis-Blinklicht. Dahinter befinden sich auf dem Dach die Überwachungs-Radarantenne und unterhalb derselben die Azimutantenne des Landeradars. Der zweite Anhänger enthält hauptsächlich die Energiequellen, Funkgeräte, weiteres Betriebszubehör und das Ersatzmaterial.

Fig. 5 vermittelt eine Innenansicht des Radaranhängers der Fig. 4. Vorn erkennt man eine kombinierte Anzeigekonsole mit Überwachungs-Schirm (oben) und Landeradar-Anzeigeschirm (unten). Es sind im ganzen drei solcher Konsolen vorhanden, wobei die hinterste durch die herausgezogenen Schubläden der zweiten verdeckt wird.

Auch Fig. 6 stellt eine Innenansicht einer Militär-GCA-Station dar. Jedoch sind bei diesem Fabrikat die Indikatoren in einer Reihe angeordnet. Im einzelnen handelt es sich von vorn nach hinten zunächst um zwei Überwachungs-Bildpulte, gefolgt von drei Landeradar-Bildpulten. Die Sender-Empfänger sind längs der andern Wand, also im Rücken der Bedienungsleute aufgestellt.

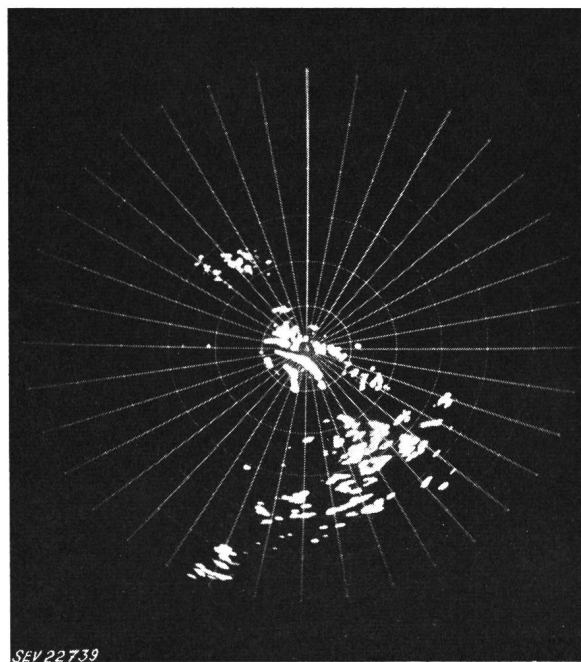


Fig. 9  
Bild des Überwachungsgerätes der GCA-Anlage des Flughafens Kloten

Die Fig. 7...10 zeigen Aufnahmen von Bildschirmen in der GCA-Anlage des Flughafens Kloten. Bei dem dort seit ca. 1 Jahr in Betrieb stehenden Landegerät wird eine Art der Anzeige verwendet, die von der in Abschnitt 3 geschilderten etwas abweicht. Es handelt sich nämlich um separate Kathodenstrahlröhren für das Elevationsbild (Fig. 7) und das Azimutbild (Fig. 8), wobei aber beide Bildröhren in derselben Konsole montiert sind und abwechselnd von einem Operateur interpretiert werden.

Die Elevationsanzeige umfasst längs des linken Bildrandes die Winkelmarken von Grad zu Grad und vertikal die logarithmische Distanzmarkierung

mit einer Doppellinie bei drei Meilen. Der Gleitweg ist durch eine schräge Doppellinie mit grösserem Abstand markiert, und es sind zwei Flugzeugsignale

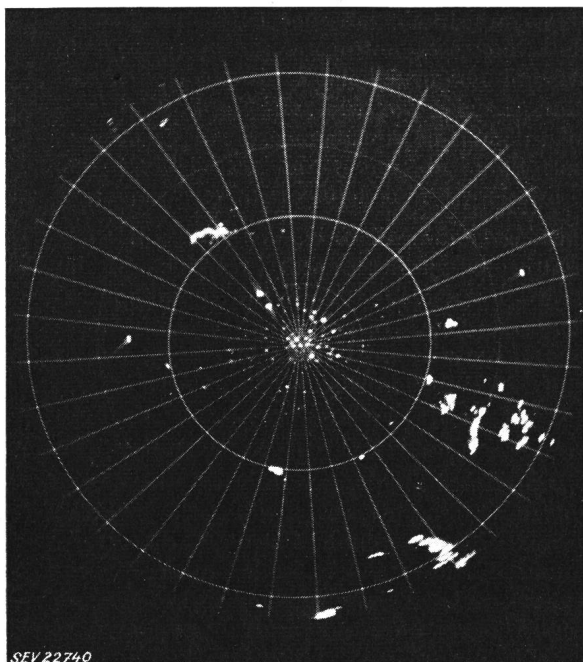


Fig. 10

Ausschnitt aus Fig. 9 mit Standzeichen-Unterdrückung

ersichtlich. Das weiter entfernte befindet sich etwas oberhalb und das nähere etwas unterhalb des idealen Gleitweges.

Das Azimutbild stellt einen 7-Meilen-Ausschnitt der betreffenden Anzeigeröhre dar. Die erste horizontal verlaufende Distanzmarke bezeichnet den Aufsetzpunkt. Das Doppel T bei der zweiten Distanzmarke rührt von der Lichtschneise her. Von oben nach unten verlaufen zwei parallele Lichtlinien, welche die Verlängerungen der Pistenränder darstellen. Die übrigen, sich hauptsächlich ausserhalb der verlängerten Pistenachse befindenden Lichtpunkte entstehen durch Reflexion am Boden und an diversen festen Objekten.

In Fig. 9 ist das Bild des Überwachungsgerätes (Radius 110 km, Azimutteilung von  $10^\circ$  zu  $10^\circ$ , Norden oben) mit den Standzeichen dargestellt. Die Distanzkreise folgen sich in Abständen von 10 nautischen Meilen. Innerhalb des ersten Kreises treten der Zürichberg, Uetliberg und die Lägern, am Bildrande in Richtung SSW ein Teil der Berge des Berner Oberlandes in Erscheinung.

Fig. 10 vermittelt einen Ausschnitt aus der Fig. 9, welcher bis zum zweiten Distanzring reicht. Die Standzeichen-Löschapparatur ist derart eingestellt, dass die Bergzeichen vom Zentrum bis zum ersten Distanzring unterdrückt sind. Innerhalb des letztgenannten Bereiches sind zwei Flugzeuge in Richtung NW sichtbar. Zwei weitere Flugzeuge befinden sich in grösserer Distanz in Richtung West und Ostnordost.

Adresse des Autors:

A. Hunkeler, Dipl. Ing., Kriegstechnische Abteilung, Hallwylstrasse 4, Bern.

## Die Unterdrückung der Standzeichen bei Radar

### Anwendung des Dopplereffektes

Vortrag, gehalten an der 18. Hochfrequenztagung des SEV vom 13. Oktober 1954 in Bern,

von M. Wildi, Bern

621.396.969 : 534.22

Die an ein Radargerät mit Standzeichen-Unterdrückung (englisch: Moving Target Indicator = MTI) zu stellenden Anforderungen in unseren Verhältnissen werden dargelegt. Nach Erläuterung der Funktionsweise eines solchen Gerätes werden die Massnahmen diskutiert, welche notwendig sind, um die gerätebedingten Instabilitäten klein zu halten. Deren Messung zeigt, dass sie gegenüber den naturbedingten, nicht unterdrückbaren Fluktuationen der Echos von Bergen (Standzeichen) klein sind. An Hand zweier Aufnahmen von PPI-Anzeige-Schirmen bei 2, bzw. 6 U./min der Antenne wird dies qualitativ belegt. Daraus, dass auch quantitativ die Berechnungen mit den Messungen ziemlich gut übereinstimmen, darf gefolgert werden, dass die Geräte die in der Praxis an sie gestellten Anforderungen erfüllen.

Les performances qui sont nécessaires, dans nos conditions, pour un appareil de radar avec suppression des échos fixes (en anglais: Moving Target Indicator = MTI) sont exposées. Lorsque le fonctionnement d'un tel appareil a été expliqué, on discute les mesures à prendre pour rendre minimales les instabilités dues aux appareils. Les mesures prises à ce sujet démontrent qu'elles sont faibles par rapport aux fluctuations non-éliminables des échos de nos montagnes, qui sont fonction de la nature de ces échos mêmes et en particulier de la vitesse de rotation de l'antenne. A l'aide de deux reproductions de l'écran d'un indicateur panoramique, dont la seule différence est la vitesse de rotation de l'antenne (2 t./min, resp. 6 t./min), on prouve que les calculs et mesures préalables correspondent assez bien; on peut donc tirer la conclusion que nos appareils de radar pour veille éloignée remplissent les performances qui leur sont imposées dans la pratique.

### I. Allgemeine Bedingungen für die Unterdrückung von Standzeichen

Bei der Abtastung des Luftraumes durch ein Radargerät gewöhnlicher Art (d. h. ohne Standzeichen-Unterdrückung) wirken nicht nur die Luftziele, sondern auch Berge als Reflexions-Objekte. Demzufolge werden auch sie auf den Anzeigeröhren der sogenannten PPI-Geräte (PPI = plan position indicator) registriert. Die Echos von

Bergen nennen wir Standzeichen. Sie sind bei uns in der Schweiz sehr zahlreich. Fig. 1, aufgenommen auf der Bütschelegg, zeigt, dass sie nicht nur einen namhaften Teil der Beobachtungsfläche belegen und dort eine Flugzeugbeobachtung verunmöglichen, sondern auch das Auffinden von Flugzeugen zwischen den Standzeichen sehr erschweren. Die Figur zeigt gleichzeitig, um welche Standzeichen-Intensitäten es sich handeln kann. Die stärksten Standzeichen liegen bis zu 65 db über dem Rausch-