

Radar im Dienste der Flugsicherung

Autor(en): **Steiger, J.**

Objektyp: **Article**

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

Band (Jahr): **22 (1949)**

PDF erstellt am: **13.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-563715>

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.

de neige accompagnées de vents de 50 à 120 km/heure. Et c'est le grand carrefour de passage et de transit de presque toutes les lignes transocéaniques qui toutes utilisent le GCA.

Ce dispositif de sécurité, indispensable dans d'aussi médiocres conditions de temps, fut obtenu des forces aériennes par les Pan American Airways et mis en service en décembre 1946.

Ce fut la première installation semblable dont l'emploi fut autorisé par les autorités aéronautiques civiles pour les lignes commerciales. L'installation fut la première érigée en dehors du territoire métropolitain.

En 1948, 1451 atterrissages se firent au GCA à Gander sans accidents, malgré un temps bouché et un plafond de moins de 300 m.

Radar im Dienste der Flugsicherung

Von J. Steiger, dipl. Ing., Küssnacht

Die Radartechnik ist ein von verschiedenen Staaten unter dem Druck der Zeit für militärische Zwecke gefördertes Anwendungsgebiet der Hochfrequenztechnik. Sie konnte nur mit einem sehr grossen Aufwand von Staatsmitteln so schnell verwirklicht werden. Nachdem seit längerer Zeit schon die Schifffahrt von dieser Errungenschaft profitiert, ist nun diese Möglichkeit für die zivile Luftfahrt ebenfalls vorhanden. Während der einfache Schiffsradar nur ein zwei-dimensionales System darstellt, da er nur Winkel- und Distanzangaben liefern muss, sind die Anforderungen, welche an den Flugsicherungsradar gestellt werden, beträchtlich grösser; indem er den Raum in allen drei Dimensionen beherrschen soll. Die am Kriegsende vorhandenen militärischen Anlagen waren deshalb im Aufbau und besonders in der Bedienung sehr kompliziert und erforderten eine erhebliche Weiterentwicklung, um eine zivile Verwendung überhaupt zu ermöglichen. Dieses Ziel ist heute weitgehend erreicht und soll nachstehend beschrieben werden. Solche Radar-Anlagen werden heute in grosser Serie hergestellt, damit möglichst bald alle Grossflugplätze mit Ground Controlled Approach (GCA) ausgerüstet werden können und auf diese Art der Anflug der Flugzeuge vom Boden aus gelenkt werden kann.

Mit der raschen Entwicklung des Flugwesens wurde dem Problem des «Allwetterfliegens» immer grössere Wichtigkeit beigemessen. Die Möglichkeit des Startens, Landens und der Navigation bei schlechtem Wetter und schlechten Sichtverhältnissen musste geschaffen werden. Die schwierigste Aufgabe beim Schlechtwetterfliegen ist der Blindanflug und die Blindlandung. Durch die rasche Zunahme der Verkehrsdichte in den letzten Jahren wurden diese Schwierigkeiten noch erheblich grösser. Das Radiation Laboratory des Massachusetts Institute of Technology hatte während des Krieges diesen Problemen besondere Aufmerksamkeit zu schenken. Die erstaunlich rasche und weitgehende Entwicklung der Radar- und Mikrowellentechnik ermöglichte es diesem Institut, unter der Leitung von Dr. L. W. Alvarez und in Zusammenarbeit mit der Industrie vollständig neue Geräte herzustellen. Das Projekt gipfelte schliesslich in der Produktion der AN/MPN-1-Anlage für die U.S. Army Air Forces durch Gilfillan Brothers Inc. und später auch durch Bendix Co. Wesentlich mehr als hundert solcher Einheiten wurden für das Militär produziert und mit auffallendem Erfolg eingesetzt. Diese Geräte werden heute noch z. B. für die Berliner Luftbrücke und auf verschiedenen Militär- und Zivilflugplätzen betrieben. Sie

J. BIETENHOLZ & CO., PFÄFFIKON-ZCH.

Drechslerwarenfabrik
in Holz und Kunsthorn etc.

Kunstharz-Presserei und -Spritzerei

Berücksichtigen Sie
bei Ihren Einkäufen immer
die Inserenten dieser Zeitschrift

Militär-Hemden

mit Achselklappe, Ord. 1949, gemäss
Vorschrift der KTA, Doppelzwirn,
feldgrau, «Sanfor», Sonderpreis

Fr. 14.— Wust inbegriffen

Bei Bestellungen Halsweite angeben. Nachnahme mit Rückgaberecht. Adresse bitte deutlich schreiben.

«S P I L A G» Laufen 54 (Jura)

Abteilung Hemden

Telephon (061) 7 93 55/56



Transformatoren

für Sender, Empfänger, Verstärker,
Radio etc.
HF-Kreuzwickerspulen
Spulensätze, ZF-Transformatoren

H. Wyder

Radiotechnische Werkstätte
Abteilung Wicklerei
Rieden bei Baden, Aargau
Telephon (056) 2 47 52

erfordern einen grossen Aufwand an Bedienungspersonal und sind in bezug auf die Mess- und Anzeigetechnik heute veraltet.

Bevor nun auf das neue GCA-Gerät näher eingegangen wird, soll kurz auf das Prinzip des Radars (Radio detecting and ranging) hingewiesen werden. Es beruht im wesentlichen auf zwei Tatsachen: Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit elektromagnetischer Wellen in der Luft ist eine bekannte, gleichbleibende Grösse. Ferner wird mit genügend hoher Frequenz ausgestrahlte Energie an festen Gegenständen teilweise reflektiert. Wichtig ist, dass sehr grosse Energien während ganz kurzer Zeit gesendet werden. Die so entstehenden Radar-Impulse werden am Ziel reflektiert und vom Radarempfänger wieder aufgefangen. Die Zeit zwischen Sende- und Empfangsmoment wird gemessen und zwar geschieht die Aufzeichnung in der Regel direkt auf dem Leuchtschirm einer Kathodenstrahlröhre, über welchem eine transparente Landkarte oder ein geeichter Maßstab angebracht ist, womit eine direkte Ablesung der Distanz und der Richtung möglich wird. Dieses Prinzip der Echomessung mit Hilfe von Radar-Impulsen wird auch für GCA verwendet.

Bei der Flugnavigation handelt es sich jedoch um zwei Probleme, nämlich um das Auffinden und Führen eines Flugzeuges in der Nahzone bis zum Einflug und um die Endphase des Anfluges bis zur Landung. Aus diesem Grunde musste die Anlage in zwei vollständig getrennte, selbständig arbeitende Radar-Systeme aufgeteilt werden.

Das erste, ein Such- oder Überwachungs-Radar, tastet kontinuierlich 360 Grad rund um den Flugplatz ab und ermittelt alle Flugzeuge, welche sich innerhalb eines Radius von 50 km befinden. Diese Anzeige gibt dem Kontrolleur sämtliche Angaben über Azimut und Distanz aller Flugzeuge und der festen Hindernisse innerhalb dieses Gebietes, was ihm die Führung des Flugzeuges in die Nahzone ermöglicht.

Der zweite Teil des GCA ist bekannt unter dem Namen Präzisions- oder Lande-Radar. Er arbeitet mit zwei Antennensystemen, wovon eines in einer vertikalen Ebene von 1° unter bis 6° über dem Horizont eine Abtastung ausführt und das andere dasselbe von 5° auf der rechten bis 15° auf der linken Seite einer zur Landepiste parallelen Linie macht. Dies legt das Flugzeug in Beziehung zu einem vorausbestimmten Gleitweg fest. Die Position des Flugzeuges erscheint kontinuierlich in Form von Azimut- und Elevationsangaben auf den Anzeigeschirmen. Mit Hilfe der normalen Flugfunk-Radiotelephon-Verbindung kann der Lotse das Flugzeug dem Gleitweg entlang bis zum richtigen Landepunkt führen.

„Gilfillan Modell 8-A“

Das Modell 8-A der Gilfillan Brothers Inc., Los Angeles, ist die erste Zivil-GCA-Anlage, welche das Zertifikat der U.S. CAA (Civil Aeronautics Authority) besitzt und nach den Spezifikationen dieser Stelle heute hergestellt wird. Diese Anlage wurde speziell für die Bedürfnisse der Zivilaviatik entwickelt. Sie setzt sich aus einem Überwachungs- und einem Landeradar zusammen, wobei der Sender des ersteren bei der im Maximum 3 km vom Kontrollturm entfernt auf einem Antennenturm montierten Rotationsantenne steht. Die Geräte des Landeradars mit den Spezialantennen werden in einem Häuschen neben dem Pistenende untergebracht. Das ganze System wird vom Kontrollturm aus bedient und ferngesteuert. Dort stehen die Anzeigekonsolen, die mit allen Bedienungselementen versehen sind (vgl. Abb. 1).

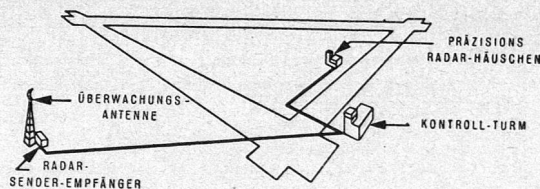


Abb. 1. Aufstellung der GCA-Radargeräte auf dem Flugplatz. Der Suchradar befindet sich gewöhnlich auf einer Anhöhe in der Nähe des Flugplatzes, während der Landeradar neben dem Ende der Blindlandepiste aufgestellt wird. Diese beiden Radargeräte der GCA-Anlage werden vom Kontrollturm aus bedient, wo auch die Anzeigekonsolen stehen.

Das Überwachungs-Radarsystem ermöglicht die Feststellung von Flugzeugen in einem Bereich von 50 km rund um die Antenne, bis zu einer Höhe von 2500 m. Eine vollständige Überdeckung dieses Gebietes wird erreicht durch die Verwendung einer Spezialantenne, welche eine Cos²-Charakteristik besitzt. Es handelt sich im Prinzip um ein gebräuchliches Such-Radarsystem (vgl. Abb. 2, Blockschema). Der Sender verwendet einen Magnetron-Oszillator, welcher durch Hochspannungsimpulse von der Modulatoreinheit her betrieben wird. Die letztere wird ihrerseits mit Synchronisationsimpulsen gesteuert. Der S-Bandausgang vom Magnetron wird mit einem Wellenleiter zu einem Hornstrahler, welcher mit einem parabolischen Reflektor versehen ist, geführt. Echos werden von der Antenne empfangen und über das «Transmitte-Receive-System» (TR und ATR) einer Kristall-Mischstufe im Empfänger zugeführt. Der Video-Ausgang (Hochfrequenzsignal) des Superheterodynempfängers wird über die Fernsteuereinheit dem Gitter der Anzeige-Kathodenstrahlröhre zugeführt. Das Anzeigegerät enthält alle zur Erzeugung der Ablenk- und Distanzmarkierungsimpulse notwendigen Kreise. Diese werden von der Synchronisationseinheit aus im Takt mit dem Sender gesteuert.

Das über einen maximal 24 m langen Wellenleiter vom Sender gespeisene Antennensystem, bestehend aus dem Hornstrahler und dem Reflektor, wird mit 30 Umdrehungen pro Minute rotiert und strahlt in der Sekunde 1000 Impulse von 0,5 Mikrosekunden Länge ab. Der Sender, der diese Impulse von 300 kW Spitzenleistung erzeugt, benützt einen Magnetron-Oszillator (Type 2J32), welcher in einem Frequenzgebiet von 2780—2820 MHz (S-Band) arbeitet.

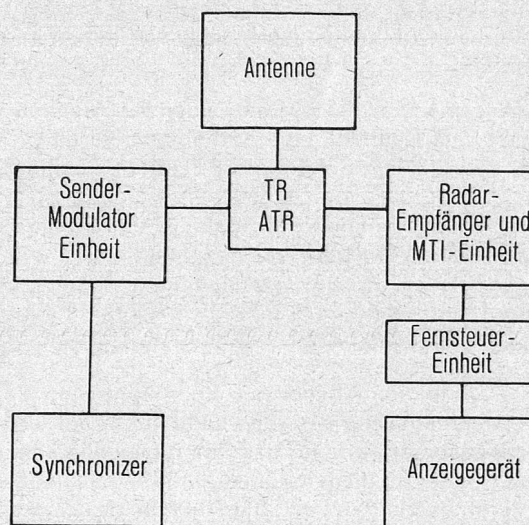


Abb. 2. Blockschema des gebräuchlichen Such-Radargerätes. Die rotierende Antenne wird durch das TR- und ATR-System in den Sendepausen, d. h. 1000mal pro Sekunde an den Empfänger umgeschaltet.

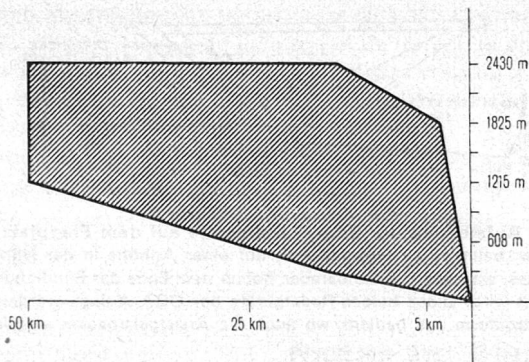


Abb. 3. **Wirkungsgebiet des Suchradars.** Alle Flugzeuge, welche sich in dem durch 360° Umdrehung der Antenne aus obiger Fläche entstehenden Rotationskörper befinden, erscheinen als leuchtende Punkte auf dem Radarschirm

Das Empfangssystem enthält verschiedene wichtige Neuerungen, wie zum Beispiel die «Moving Target Indication» (MTI) und die Sensitivity Time Control (STC). Das MTI-Gerät ermöglicht dem Kontrollleur, alle von festen Zielen herrührenden, auf dem Anzeigegerät erscheinenden Aufhellungen zu eliminieren, was natürlich die Beobachtung aller beweglichen Ziele (z. B. vor einem Berg fliegendes Flugzeug) erheblich erleichtert.

Die Anzeige bewegter Ziele (MTI) kann über irgendeinen gewünschten Teil des Abtastgebietes eingestellt werden, was dem Kontrollleur die Erhaltung von festen Bezugspunkten und sehr schwachen Echos von festen Zielen am äusseren Rand des Suchgebietes ermöglicht. Die Wirkungsweise dieses wichtigen Gerätes beruht auf einer Phasenvergleichsmethode.

Die Empfindlichkeits-Zeitkontrolle (STC) besteht im wesentlichen in einer Schaltung, welche die Empfängerverstärkung unmittelbar dem Sendepuls folgend verkleinert und diese dann stetig anwachsen lässt, um das Maximum erst dann zu erreichen, wenn die Grundaufhellungen (Ground Clutter) auf dem Anzeigeschirm nicht mehr erscheinen können. Dieses Gerät ist äusserst nützlich, um wechselnde, aufblitzende, hauptsächlich von Bodenreflexionen herrührende helle Flecken zu unterdrücken, während zur gleichen Zeit die volle Empfindlichkeit für die Feststellung von schwachen Signalen erhalten bleibt. Zeichen von ganz nahen Zielen und solchen mittlerer Entfernung werden so gleichzeitig auf dieselbe Amplitude verstärkt.

Das Anzeigegerät besteht aus einer pultförmigen Konsole, in der als Hauptteil eine Kathodenstrahlröhre eingebaut ist, deren 30-cm-Schirm als PPI (Plan Position Indicator) ein Radarbild vom abgetasteten Gebiet vermittelt. Vier verschiedene Bereiche mit 10, 16, 32 und 50 km Radius können an einem Wählschalter eingestellt werden, wobei die als konzentrische Kreise erscheinenden Distanzmarkierungen auf den ersten zwei Bereichen 3,5 km und auf den andern 8 km Abstand haben.

Zum Zwecke des Absuchens eines speziellen Sektors des Beobachtungsschirmes kann das Bild dezentriert, d. h. verschoben werden, was für das Zentrum, wenn es an den Rand des Bildes zu liegen kommt, eine mindestens zweifache Vergrösserung ergibt. Die Reichweite des Systems wird begrenzt durch den bei einer 360-Grad-Drehung der in Abb. 3 gezeichneten Kurve entstehenden Rotationskörper. Dabei erlaubt die Azimutaufösung eine Anzeige von zwei in gleicher Distanz mindestens 3 Grad ausein-

anderliegenden Zielen als zwei eindeutig getrennte Punkte. Die Azimutgenauigkeit ist besser als 3‰. Für die Distanz gilt, dass Ziele in gleicher Richtung mindestens 1‰ auseinanderliegen müssen, um noch als getrennte Punkte angezeigt zu werden. Die Genauigkeit ist besser als 5‰ der jeweiligen Distanz.

Der Präzisions- oder Lande-Radar erlaubt, irgendein Flugzeug auf einem vorbestimmten Gleitweg zum Landepunkt zu führen. Er übernimmt das Flugzeug in 16 km Distanz vom Landepunkt. Die Antennen, je eine für Azimut und Elevation, werden zusammen mit der Sendempfangsanlage 1,2 bis 1,8 km vom Landepunkt entfernt neben der Piste aufgestellt. Es kann mit diesem System ein Gebiet zwischen Boden und 6° über dem Horizont und seitlich zwischen 5° auf der rechten und 15° auf der linken Seite einer der Piste durch die Antenne parallelaufenden Linie überwacht werden. Innerhalb diesem Bereich wird die Links-Rechts-Position eines Flugzeuges durch Verwendung einer Azimut-Antenne, welche einen sehr scharf definierten, etwa 0,8° breiten Strahl erzeugt, kontinuierlich gemeldet. Die Elevations-Antenne verschafft mit einem noch schärferen Strahl von etwa 0,5° Breite Angaben über die vertikalen Positionen. (Vgl. Abb. 4, Mitte.)

Die beiden Reflektoren sind parabolische Zylinder. Derjenige, welcher die vertikale Abtastung besorgt, ist stehend angeordnet und ist bei einer Breite von etwa 60 cm 4,3 m lang. Der Azimut-Reflektor wird liegend montiert und misst 1,0 × 2,5 m. Die Speisung der Reflektoren erfolgt aus je einer linearen, veränderbaren Dipolanordnung, und zwar abwechselungsweise vom gleichen Sender her. Zur Steuerung der mechanischen Stellung der Antennen sind Servomotoren vorhanden, die von der Kontrollkonsole aus bedient werden können. Für die wechselweise Abtastung der Bereiche durch jede Antenne mit der Folge von zwei Schwenkungen pro Sekunde und für die Steuerung des Hochfrequenzenergie-Schaltsystems sorgt die synchron laufende Antriebseinheit. Die Abtastung erfolgt jedoch nicht durch mechanisches Schwenken der Antennen, sondern elektrisch, das heisst durch ein periodisches Verändern der Querschnitte der Wellenleiter. Dadurch werden die Phasenbeziehungen zwischen den einzelnen Elementen des Dipolsystems geändert, was das Antennen-Feldbild, je nach der Antenne, hinauf und herunter oder nach rechts und links pendeln lässt.

Der Sender dieses Systems ist bezüglich der Wirkungsweise identisch mit demjenigen des Überwachungsradars. Der Unterschied besteht lediglich darin, dass er unter Verwendung eines Magnetrons (Type 2J49) in einem Frequenzband zwischen 9000 und 9160 MHz (X-Band) arbeitet. Die minimale Impulsspitzenleistung beträgt 35 KW und die Impulsdauer 0,5 Mikrosekunden. Es werden 2000 Impulse in der Sekunde abgestrahlt. Der X-Empfänger hat die in den Sendepausen eventuell eintreffenden Echos zu empfangen und zu verstärken. Sein Eingang wird, wie beim Überwachungssystem (vgl. Abb. 2), vom TR- und ATR-Gerät her zwei Kristall-Mischstufen zugeführt, wovon eine zum Signalkanal und die andere zur automatischen Frequenzkontrolle führt. Der Ausgang des Klystron-Lokal-Oszillators bildet mit dem ankommenden RF-Signal eine Schwebung in beiden Mischstufen. Das IF-Ausgangssignal wird verstärkt und in einer Detektorstufe gleichgerichtet. Der Video-Ausgang wird verstärkt für die Fernübertragung auf die Verstärker in der Anzeigekonzole. Eine vom Synchronizer gesteuerte Empfindlichkeitszeitkontrolle ist ebenfalls vorhanden. Dabei wird die Empfänger-IF-Verstärkung bezüglich der Zeit einer Kurve vierter Potenz

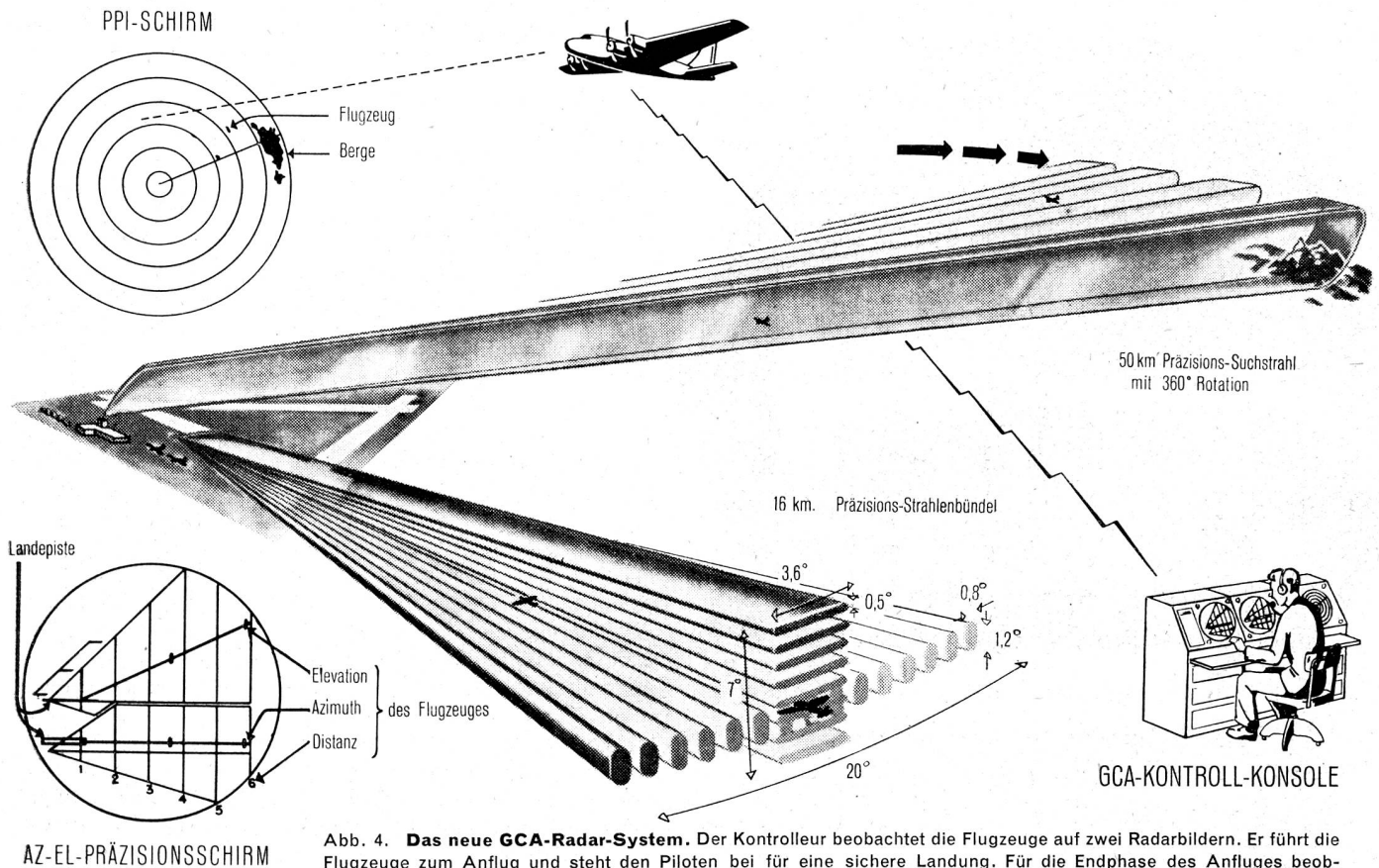


Abb. 4. **Das neue GCA-Radar-System.** Der Kontrolleur beobachtet die Flugzeuge auf zwei Radarbildern. Er führt die Flugzeuge zum Anflug und steht den Piloten bei für eine sichere Landung. Für die Endphase des Anfluges beobachtet er den dritten Schirm, welcher mit starker Vergrößerung die Abweichung eines Flugzeuges vom richtigen Gleitweg anzeigt. Auf diesem Schirm erscheint das Bild des Flugzeuges, wenn es noch 5 km vom Landepunkt entfernt ist.

entlang verändert, wodurch die Signalstärke naher Ziele teilweise unterdrückt wird und die volle Empfindlichkeit für schwache Echos erhalten bleibt.

Das Anzeigergerät des Präzisions-Radars stellt eine radikale Änderung vorangehender Systeme dar (vgl. Abb. 5). In früheren Anlagen wurden die Azimut- und Elevationsangaben auf verschiedenen Schirmen aufgezeichnet, wobei jede einem exzentrischen, vergrößerten PPI-Bild entsprach. Verbunden mit diesen verschiedenen Anzeigergeräten waren Messeinrichtungen, welche auf Instrumenten die dem Chefkontrolleur zu übergebenden Werte anzeigten.

Als grossen Vorteil besitzt das Präzisions-Radar-Anzeigergerät den «Az-el»-Schirm, welcher Azimut und Elevationsangaben auf einem einzigen Anzeigergerät vereinigt. (Vgl. Abb. 4, links, und Abb. 6.) Dieses System gestattet eine Einmann-Kontrolle des Flugverkehrs und vermeidet Zeitverzögerungen, welche früher durch die Messeinrichtung und die Interpretation der Angaben oft entstanden.

Die Anzeigekonsolle (Abb. 4, rechts) der neuen 8-A-Anlage besitzt zwei Az-el-Schirme, wobei einer für eine maximale Reichweite von 4,8 bis 6,5 km, der andere für eine solche von 16 km bestimmt ist. Auf der oberen Hälfte des Anzeigeschirmes erscheint die Lageangabe des Flugzeuges bezüglich Distanz und Elevation auf der unteren Schirmhälfte jene bezüglich Distanz und Azimut, wobei die Aufzeichnungsvergrößerung im Verhältnis 8:1 für die Elevations- und 3:1 für die Azimut-Koordinate erfolgt. Diese Vergrößerungen sind wichtig, weil eine möglichst genaue Ablesung dieser Werte erreicht werden muss.

Auf den Schirm oder auf eine Überlagscheibe werden die beiden Projektionen des Einflugweges fest aufgezeich-

Abb. 5. **GCA-Radar-Konsolen,** von welchen aus der Kontrolleur das ganze System steuern und den gesamten Nahzonen- und Landeverkehr mittels Radio-Telephonie dirigieren kann. Diese Geräte wurden von der Gilfillan Bros. Inc., Los Angeles, konstruiert und hergestellt. Die rechte Konsole enthält das PPI-Anzeigergerät und die linke den „Az-el“-Schirm. Die Konsole der beschriebenen Modell 8-A-Anlage enthält zwei „Az-el“-Schirme für zwei verschiedene Distanzbereiche. Werkphoto Gilfillan Bros.



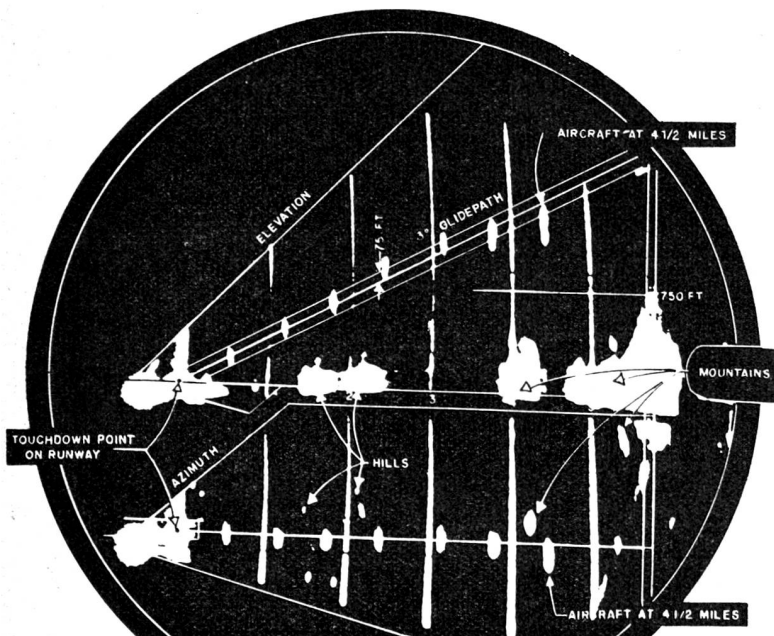


Abb. 6. Radarbild auf dem Azel-Schirm, wie es der Landeradar vermittelt. Das Bild zeigt eine grosse Verkehrsdichte. Man erkennt eine ganze Reihe von Flugzeugen, welche sich auf dem vorgeschriebenen Gleitweg in gleichmässigen Abständen von etwa einem Kilometer dem Landepunkt nähern. Während auf dem oberen Teil des Azel-Schirmes die Abweichungen in der Höhe abgelesen werden können, zeigt der untere, ob die Flugzeuge genau über der Verlängerung der Pistenmittellinie einfliegen

net. Die Gleitweglinie schneidet bei einer dem Flugzeugtyp angepassten Steilheit das Bild der ebenfalls aufgezeichneten Piste an irgendeinem Aufsetzpunkt, während die korrekte Einfluglinie als Fortsetzung der Pistenmittellinie erscheint. (Vgl. Abb. 6.) Diese beiden Leitlinien ermöglichen dem Kontrolleur eine einfache quantitative Lagebestimmung des Flugzeuges in der Anflugschneise, nämlich ob und wieviel es über oder unter, links oder rechts, neben dem vorgeschriebenen Gleitweg fliegt. Die entsprechenden Flugrichtungs-Korrekturen (nicht die Abweichungen) werden, wie schon früher erwähnt, vom Piloten in einer unmissverständlichen, standardisierten, radiotelephonischen Mitteilung verlangt.

Die «Azel»-Anzeigemethode wurde speziell für die Bedürfnisse des Zivilflugsicherungsdienstes geschaffen. Nur durch ihre Einführung konnte die geforderte maximale Präzision bei einem Minimum von notwendigem Bedienungspersonal erreicht werden.

Neben den Kontrollelementen und Verstärkern enthält die Anzeigekonzole als wichtigsten Teil das ganze Anzeigesystem. Dieses läuft absolut im Takt mit den Antennen. Als Haupt-Steurelement wirkt der «X»-Synchronizer, welcher eigentlich die Uhr des Systems darstellt. Er liefert verschiedene scharfe Steuerimpulse, sogenannte Trigger, welche den Empfänger, die Distanzmarkierungs-Generatoren und die Steuereinheit synchronisieren. Die Anzeigekathodenstrahlröhre erhält von der Steuereinheit die Impulse zur magnetischen Ablenkung des Elektronenstrahls und zwar in horizontaler und vertikaler Richtung. Die

Distanzmarken und die empfangenen Signale, die sogenannten Videosignale, werden dem Gitter der Röhre zugeführt.

*

Mit welcher Genauigkeit kann nun die Position eines in der Schneise anfliegenden Flugzeuges ermittelt werden? Um eine bessere Genauigkeit zu erreichen, speziell in der Ablesung, wurden zwei Azelschirme eingeführt. Das Bild des Flugzeuges erscheint bei 16 km Distanz am Rand des ersten Schirmes. Da bei 5 km Distanz bereits eine grössere Genauigkeit für die nun folgende Landephase erforderlich ist, erscheint dann der vom Flugzeug herrührende leuchtende Punkt auch am Rand des zweiten Schirmes. Es können auf dem 16-km-Bereich Azimutangaben mit einer Genauigkeit von maximal 30 m (oder 0,4% der jeweiligen Distanz) bezüglich der Links-Rechts-Abweichung des Flugzeuges von einer vorausbestimmten Kurslinie abgelesen werden. Der entsprechende Wert im 5-km-Bereich beträgt maximal 9 m (oder 0,2% der jeweiligen Distanz). Die Elevationsabweichungen von irgendeinem vorher festgelegten Gleitweg werden mit einem Fehler angegeben, welcher nicht grösser ist als 0,2% der jeweiligen Distanz, im besten Fall jedoch 14 m im 16-km- und 4,5 m im 5-km-Gebiet beträgt. Die genaueste Distanzablesung kann mit einem Fehler, der im Maximum 230 m im 16-km- und 45 m im 5-km-Gebiet beträgt, gemacht werden. Mit der Entfernung vom Sender nehmen alle Fehler naturgemäss zu, da die Querschnitte der Richtstrahlen grösser werden. Auf dem Schirm werden zwei mit mindestens 120 m Abstand hintereinander fliegende Flugzeuge als zwei eindeutig getrennte Punkte wiedergegeben, wenn deren gegenseitiger Azimutabstand 1,2° beträgt und ihre Elevation sich um 0,6° unterscheidet.

*

Das hier beschriebene Flugsicherungssystem wird entsprechend der nun laufenden Produktion rasch im Flugverkehr eingeführt und wird in den nächsten zehn Jahren eine dominierende Rolle spielen. Da diese Anlagen sehr teuer sind, zusammen mit allen Bauten und Kabelverlegungen ungefähr 1,8 Millionen Franken, ist die Frage berechtigt, ob nicht nach ein paar Jahren neue, noch bessere Geräte bekannt sein werden. In den nächsten zwei Jahren werden weit über hundert Einmann-GCA-Anlagen auf Grossflugplätzen installiert. Die Annahme ist berechtigt, dass nur jene Weiterentwicklungen Aussicht auf Erfolg und Empfehlung durch die I.C.A.O. haben werden, welche die gemachten grossen Investitionen berücksichtigen und deshalb auf dem Bestehenden aufbauen. Eine Möglichkeit der Weiterentwicklung mit Beibehaltung der Radargeräte liegt zum Beispiel darin, unter Zuhilfenahme der Fernsehtechnik aus dem GCA-Fremdnavigationsverfahren ein solches der Eigennavigation zu machen. Im Prinzip werden dabei dem Piloten die Radarbilder ins Flugzeug übertragen, wobei er dann seinen Flugweg selbst beobachten kann. Ein solches System, genannt TELERAN (Television-Radar-Navigation), wurde von der R.C.A. für den amerikanischen Staat entwickelt und eine erste Ausführung wurde vor kurzem in einem U.S.-Air-Force-Zentrum in Betrieb genommen. Leider wird es, wie die Erfahrung lehrt, mehrere Jahre dauern, bis dieses System dem Zivilluftverkehr zugänglich ist, einmal weil seine Entwicklung noch nicht abgeschlossen ist und zum andern, weil bei den heutigen Verhältnissen alle Staaten mit Neuentwicklungen, die sie finanziert haben, aus politischen Gründen sehr zurückhaltend sind.