

## **Vorgeschichte und erste Generation Frühwarn - Radar bis ca. 1960**

Die Schweiz verfügte während und in den ersten Jahren nach dem Zweiten Weltkrieg noch über keine modernen technischen Ortungsmittel zur Ueberwachung und Verteidigung des Luftraumes.

Obwohl die kriegsführenden Staaten bereits seit Beginn des Zweiten Weltkrieges Radar- oder Funkmess- Geräte wie diese in Deutschland bezeichnet wurden zur Ueberwachung des Luftraumes und für die Jägerführung einsetzten, unterlag vor und während des Krieges alles was damit in Zusammenhang stand strengster Geheimhaltung.

In den dreissiger Jahren wurde auch in der Schweiz von den verantwortlichen politischen und militärischen Stellen die Notwendigkeit des Ausbaues der Luftraumverteidigung erkannt und in der Folge ab 1934 in mehreren Schritten neue Flugzeuge und Fliegerabwehrausrüstungen beschafft.

Für die Zielortung begnügte man sich jedoch mit veralteten Ausrüstungen welche auf optischen und akustischen Verfahren basierten, wie z.B. akustische Horchgeräte zur groben Lokalisierung von Flugzeugen und deren Richtungsbestimmung sowie mittels Scheinwerfer gekoppelte Telemeter für die Entfernungsmessung. Es wurden soweit heute bekannt ist in diesem Zeitraum und bis zu Beginn der häufigen Luftraumverletzungen durch ausländische Flugzeuge von militärischer Seite keine taktisch technischen Forderungen aufgestellt welche die Beschaffung oder Entwicklung von Verfahren der Funkortung notwendig gemacht hätten.

Aber bereits ab Herbst 1940 erfolgten massierte nächtliche Luftraumverletzungen durch die britische Royal Air Force bei denen wegen der schlechter Witterung mit den vorhandenen Führungsmitteln weder der Einsatz von Fliegerabwehr noch von Jagdflugzeugen zur Wahrung der Lufthoheit möglich war. Da die deutsche Reichsregierung der Schweiz wegen der militärischen Inaktivität bei den britischen Neutralitätsverletzungen heftige Vorwürfe machte, ersuchte der Bundespräsident im September 1940 den deutschen Botschafter um technische Unterstützung und die Lieferung von geeignetem Material für die Luftverteidigung bei schlechter Witterung. Dies gelang bis zum Kriegsende trotz verschiedenen Bemühungen nicht mehr, bzw. nur noch in einer mehr oder weniger zufällig erfolgten Ausnahme mit den beiden deutschen Würzburg Funkmessgeräten (siehe S. 19).

Aus heutiger Sicht ist es kaum verständlich, dass ein zur militärischen Verteidigung des Territoriums bereites Land welches zudem über eine leistungsfähige Waffen-, Militäroptik-, und Fernmeldeindustrie verfügte inmitten des sich in Europa anbahnenden Krieges auf den Aufbau einer modernen Luftraumüberwachung verzichtete.

In Deutschland, England, den USA und Japan wurde bereits ab Mitte der dreissiger Jahre erkannt, dass sich mit den modernen Flugzeugentwicklungen Zielflüge und Bombenabwürfe bei Nacht und bei jeder Wetterlage durchführen liessen. Von militärischen Stellen wurde in diesen Ländern die Entwicklung der Funkmessortung bzw. der später als Radar bekannt gewordenen Verfahren gefordert und stürmisch vorangetrieben, so dass diese Streitkräfte bereits zu Beginn des Zweiten Weltkrieges über einigermassen ausgereifte und truppentaugliche Systeme für den militärischen Einsatz verfügten.

In der damals noch öffentlich zugänglichen Fachliteratur erschienen bereits in den frühen dreissiger Jahren zahlreiche Hinweise auf Entwicklungsarbeiten auf dem Gebiet der Funkmessortung:

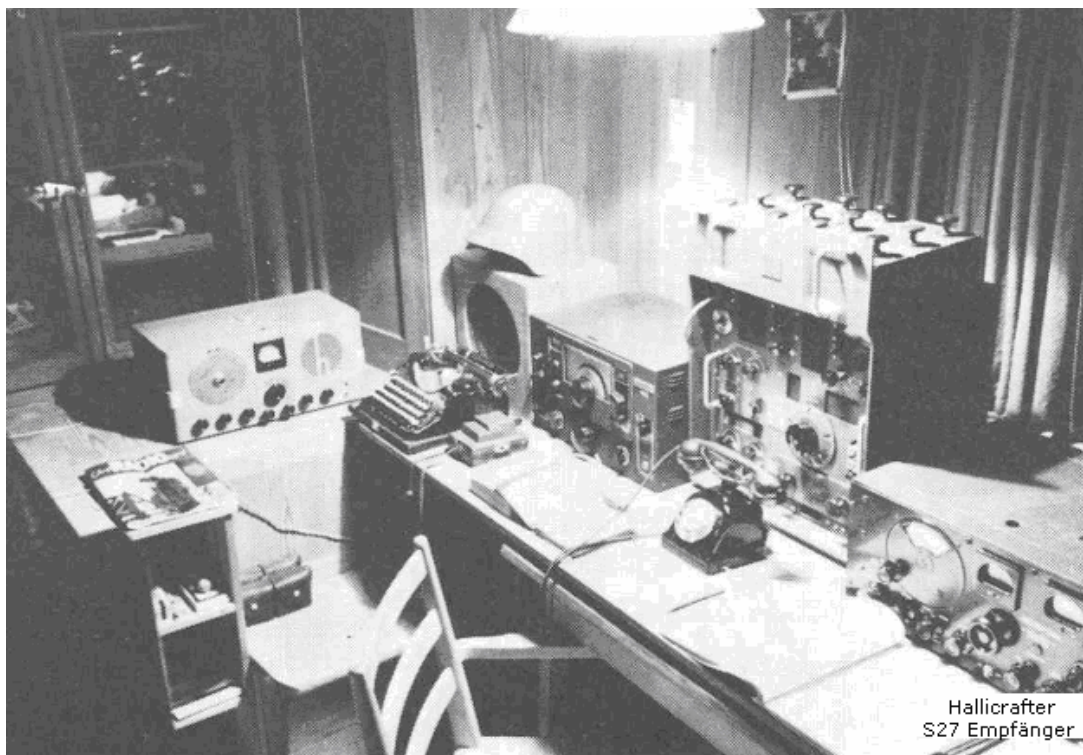
- **So zB in den amerikanischen "IRE (heutigen IEEE) Proceedings", in der deutschen Zeitschrift "Hochfrequenztechnik und Elektroakustik" und in den "Mitteilungen der deutschen Akademie für Luftfahrtforschung", sowie in den beiden 1934 erschienen Büchern von Dr. Hans Hollmann über die "Physik und Technik der ultrakurzen Wellen".**

- Die Schweiz verfügte in den dreissiger Jahren an der ETH Zürich bereits über ein Institut, das sich auch mit Fragen der Hoch- und Höchsthochfrequenztechnik befasste, zudem über eine relativ leistungsfähige Fernmeldeindustrie welche zweifellos in der Lage gewesen wäre eigene Entwicklungen auf dem Funkortungsgebiet anzugehen.
- Mit Beginn des Aktivdienstes wurde vom Kdo. der Fk. Kp. 7 ein Funkabhorchdienst aufgebaut der vom Sphinx-Observatorium auf dem Jungfraujoch, Funkaufklärung im UKW-Gebiet betrieb. Dabei wurden frühzeitig Emissionen ausländischer Streitkräfte aufgefangen, welche aufgrund ihres Inhaltes Hinweise auf neuartige Funkortungssysteme gaben.



Photo vom Sphinx-Observatorium Jungfraujoch in den Schweizer Alpen auf 3450 m/M  
(Geographische Position 46° 32' 02" N/ 07° 59' 02" E)

- Der Arbeitsplatz der UKW-Abhorchstation im Sphinx-Observatorium auf dem Jungfraujoch (siehe nachstehende Foto) war anfänglich mit einem Hallicrafters S27 Empfänger für den Frequenzbereich von 27 – 143 MHz ausgerüstet.



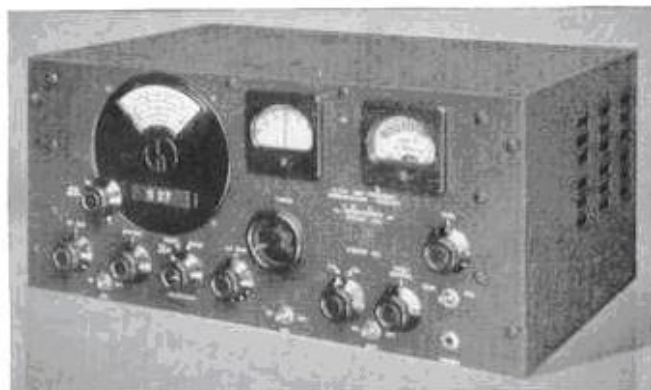
Hallicrafter  
S27 Empfänger

Der von der amerikanischen Firma „**The Hallicrafters Co. Chicago**“ in der zweiten Hälfte der dreissiger Jahre ursprünglich für Radioamateure entwickelte Empfänger **S27** fand wegen seinem damals einzigartigen bis ins UKW Gebiet reichenden Frequenzbereich auch bei den Behörden und Militärs anderer Länder rasch Verbreitung.

**WORLD'S LARGEST BUILDERS OF AMATEUR COMMUNICATIONS EQUIPMENT**



**FREQUENCY MODULATION  
AMPLITUDE MODULATION  
145 MC — 27 MC (S-27)**



**T**HIS Frequency Modulation communications receiver covers 3 bands: 27 to 46mc; 45 to 83mc; 81 to 145mc. Switch changing from FM to AM reception. Acorn tubes in R.F. and converter system. High gain 1852 tubes in Iron Core I.F. stages. Beam power tubes in A.F. amplifier. Controls are: R.F. gain control. Band switch. Antenna trimmer. I.F. selectivity control and

power switch. Volume control. Pitch control. Tone control. S-meter adjustment. AVC on-off switch. Send-receive switch. Phone jack. Amplitude or Frequency Modulation switch. 15 tubes. 110 volt 50-60 cycle AC. Dimensions: 19" long, 9" high, 14" deep. Model S-27. Complete with tubes. Shipping weight 75 lbs. (FREMO) **\$17500**

Wie aus dem oben dargestellten Firmenprospekt hervorgeht, ist dieser Superheterodyne - Empfänger bei der Entwicklung sowohl für den Empfang von amplituden- wie auch frequenzmodulierten- Emissionen ausgelegt worden.

Der S27 Empfänger wurde zu Beginn der Zweiten Weltkrieges auch in England für die militärische Funkaufklärung eingesetzt.

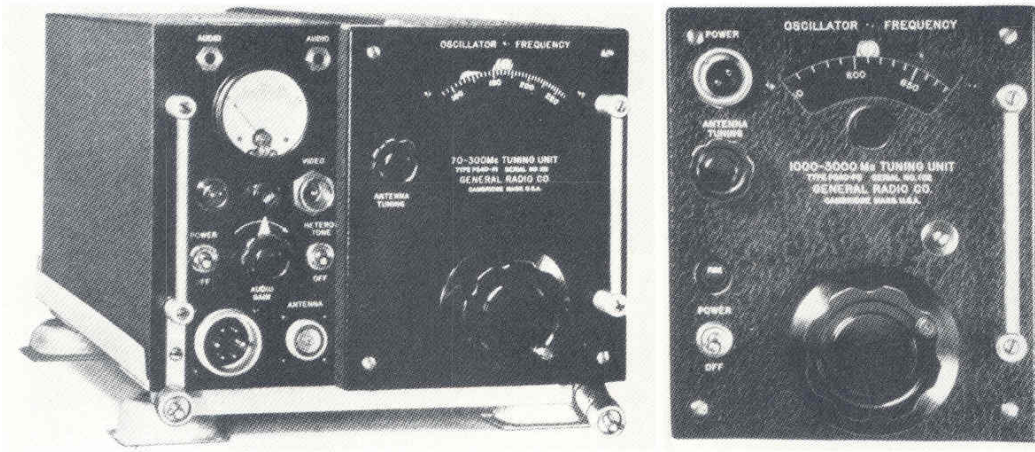
Bereits vor dem Zweiten Weltkrieg war es dem militärischen Nachrichtendienst in England bekannt geworden, dass Deutschland über Fernführungssysteme und Radargeräte verfügte welche im VHF und UHF Frequenzbereich arbeiteten. Mit den anfänglich in den Flugzeugen der Royal Air Force für die Funkaufklärung eingesetzten Hallicrafters S27 Empfängern konnte 1940 die Lage der für die Fernführung von Bombern eingerichteten Strahlungsfächer der deutschen Knickebein- und X-Systeme erfolgreich aufgespürt und vermessen werden.

Für den Empfang impulsmodulierter Emissionen welche die im VHF und UHF Frequenzbereich arbeitenden deutschen Radargeräte ausstrahlten, war der S27 Empfänger infolge seiner zu geringen Bandbreite des Zwischenfrequenzteiles ungeeignet.

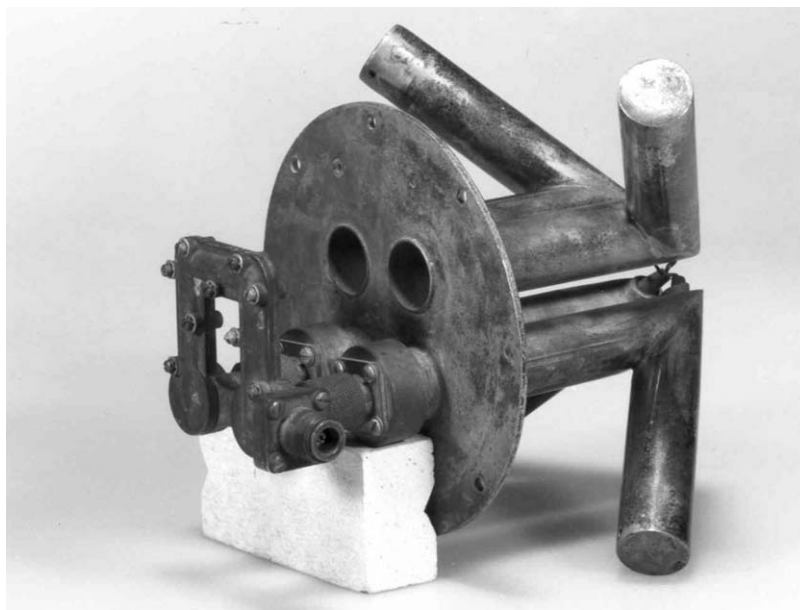
Dieser Mangel wurde erkannt, im Jahre 1940 entwickelte die amerikanische **General Radio Company in Cambridge MA** in Zusammenarbeit mit dem **Radio Research Laboratory der Harvard University** einen für die Funkaufklärung über Deutschland geeigneten Breitband - Aufklärungsempfänger. Der als **AN/APR-4** bezeichnete Empfänger überstrich mit zwei Einschüben den Frequenzbereich von 30 - 1000 MHz. Er verfügte über eine Bandbreite des Zwischenfrequenzverstärkers von 2 MHz bei einer Verstärkung von 90 dB. Damit war ein Empfang von impulsmodulierten Signalen bis zu einer Impulslänge von 1  $\mu$ s möglich. Der Empfänger wurde in der Folge von **Philco- und Crosley- Radio** in grosser Stückzahl gefertigt und damit die über Deutschland operierenden B-17 und B-24 Bomber ausgerüstet.

AN/APR-4 Empfänger samt den dazugehörenden Spezialantennen (siehe nachstehenden Abbildungen) wurden in der Folge auch in den in der Schweiz notgelandeten **B-17 Flying Fortress** und **B-24 Liberator Bombern** aufgefunden.





**AN/APR-4 Funkaufklärungsempfänger**



**In den amerikanischen B-17 und B-24 Bombern wurden für die Aufklärung der deutschen VHF- und UHF- Radaremissionen nebst einigen anderen auch AS-251/AP „Fish Hook“ Antennen (siehe Photo) verwendet.**

**Sowohl AN/APR-4 Empfänger wie auch AS-251/AP Antennen wurden in der Folge bis Ende des Zweiten Weltkrieges auch für die Funkaufklärung im Sphinx Observatoriums auf dem Jungfrauoch verwendet.**

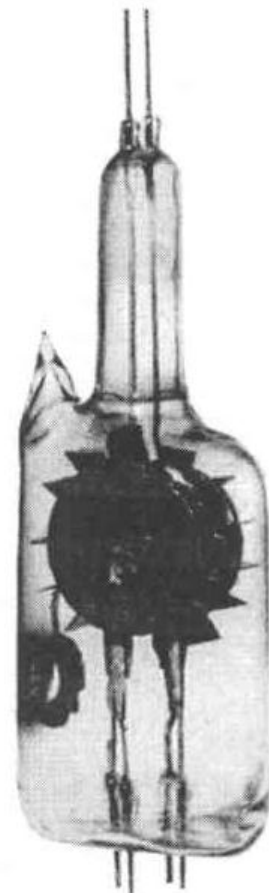
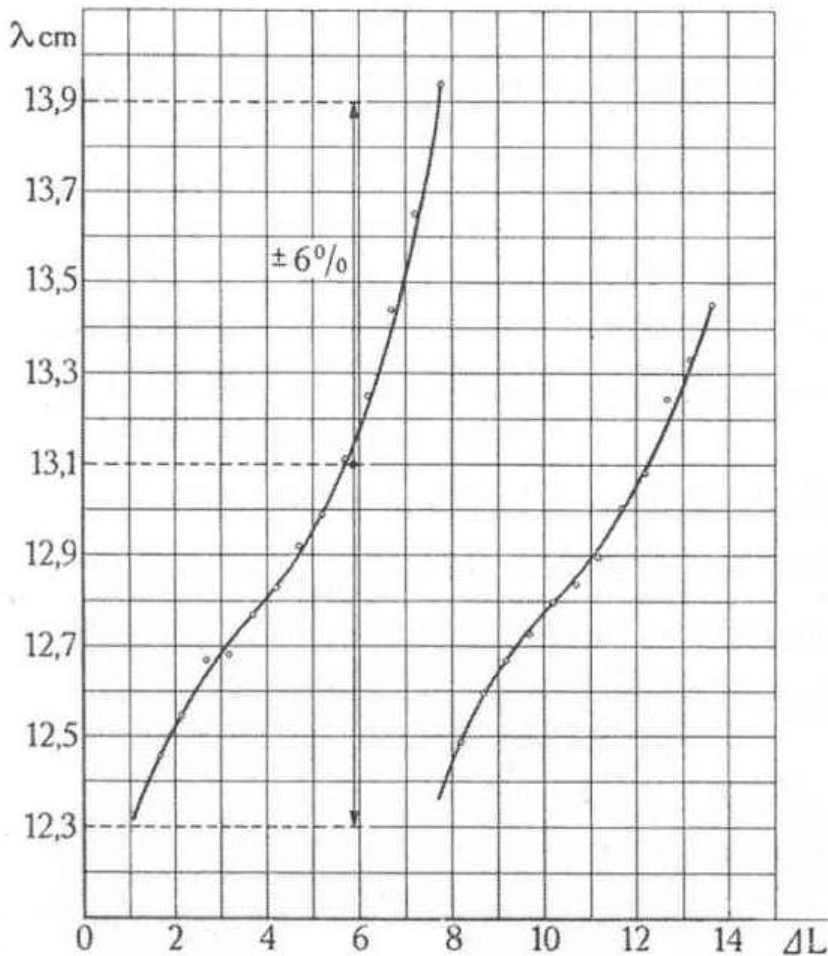
- Die Firma Brown Boveri befasste sich seit Mitte der dreissiger Jahre mit einer vom Ausland unabhängigen Entwicklung von Mikrowellen-Generatoren welche als Basis für Rückstrahlortungsverfahren hätte verwendet werden können. Wie heute bekannt ist, führte Brown Boveri auch sehr früh aus eigener Initiative Peil- und Rückstrahlversuche mit diesen Mikrowellen Generatoren durch, wobei bei den Versuchen die Turbator - Röhren bis zu Impulsleistungen von 10 kW hochgetastet wurden.



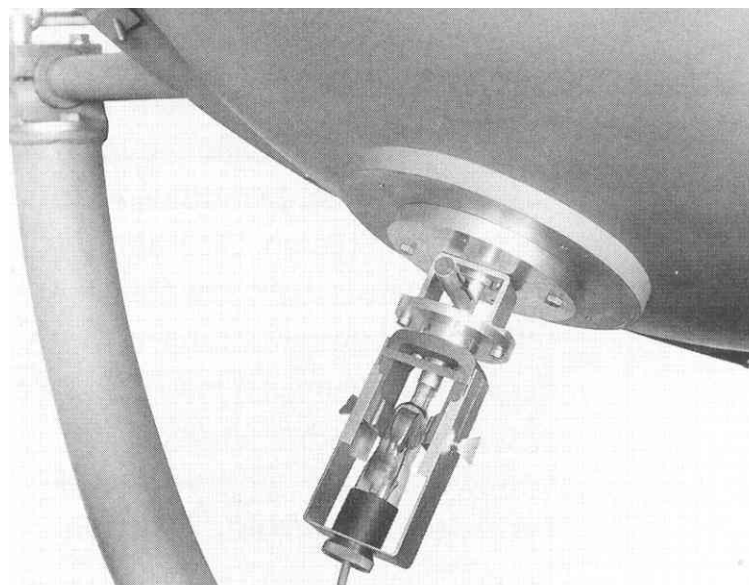


Dr. Fritz Lüdi der sich bereits als Assistent an der ETH-Zürich mit Fragen der Erzeugung ultrakurzer Wellen befasst hatte, wechselte 1936 zur Brown Boveri und begann dort mit der Entwicklung von Oszillorröhren für Höchstfrequenzen. Nach vorgängigen Abklärungen und Versuchen mit verschiedenen Mikrowellen-Laufzeitröhren entstand in den späten dreissiger Jahren die Eigenentwicklung des Turbators, einer Einresonator Magnetronröhre für Mikrowellen für den Frequenzbereich um 2000 MHz. Die Figur zeigt eine der ersten Versuchsausführungen der Turbator Röhre für die dann am 12.8.1938 von Brown Boveri das Schweizer Patent Nr. 215'600 beantragt wurde.

Die nachstehende Figur zeigt eine frühe frequenzvariable Ausführung des Turbators mit der zugehörigen Abstimmkurve. Die erzeugte Frequenz kann durch Abstimmung des äusseren Lechersystems beeinflusst werden. (Abzisse: Abstimmlänge, Ordinate; Wellenlänge)



Die nachstehende Fotoaufnahme zeigt den Turbator für 11 cm Wellenlänge, mit Permanentmagnet direkt an einem Parabolspiegel angebaut. Die Mikrowellen Ausgangsleistung von ca. 10 kW des auf 10kV hochgetasteten Turbators gelangte über eine koaxiale Durchführung auf den im Brennpunkt des Parabolspiegels angeordneten Dipol. Mit dieser Versuchsausrüstung wurden bereits zu Beginn der vierziger Jahre von Brown Boveri aus eigener Initiative Rückstrahlversuche gegen Flugzeuge durchgeführt.



Während des Zweiten Weltkrieges landeten in der Schweiz zahlreiche fremde Kriegsflugzeuge die zum Teil mit modernsten Navigations- und Zielsuchgeräten ausgerüstet waren. Da man ihre wichtige Bedeutung für den modernen Luftkrieg erkannte, wurden die Ausrüstungen auch eingehend untersucht und die militärische Führung über deren Funktion und Wirkung orientiert.

Mit der Häufung von Landungen ausländischer Kriegsflugzeugen im Herbst 1943, hatte der technische Chef des Armeeflugparks Oberst Carl Högger den Aufbau einer kleinen Gruppe von Spezialisten für das Untersuchen der Hochfrequenzausrüstungen veranlasst. Die Aufgabe der Arbeitsgruppe bestand darin, die in den Flugzeugen vorgefundenen Peil- und Funkanlagen genauestens zu untersuchen und über deren Funktion schriftlich zu berichten. Da es sich anfänglich bei den Ausrüstungen grösstenteils um konventionelle Funk- und Peilgeräte handelte, bereiteten das Analysieren und das Verständnis der Funktionen keine wesentlichen Probleme. Schwieriger wurde die Situation als ab 1943 erstmals deutsche Nachtjäger mit aktiven Zielsuchgeräten in der Schweiz landeten. Es handelte sich dabei um eine damals noch wenig bekannte Technik, zudem fehlten im Armeeflugpark geeignete Messausrüstungen um erfolgreich Analysen an Ultrakurzwellen- und Impulsgeräten durchzuführen. Bereits ab diesem Zeitpunkt wurde, trotz strikter Geheimhaltung das Institut für Hochfrequenztechnik der ETH in Zürich für die Untersuchungen involviert. Das Institut für Hochfrequenztechnik hatte sich im Hinblick auf die sich für die Zukunft abzeichnende Richtfunk- und Fernsehetechnik bereits seit Mitte der dreissiger Jahre mit der Physik und Technik der Ultrakurzwellen befasst.

Unter der Leitung von Prof. Franz Tank entstanden zu Beginn der vierziger Jahre zahlreiche Doktorarbeiten über dieses zukunftssträchtige Gebiet und das Institut verfügte über die erforderlichen Spezialisten und Ausrüstungen. Unter Mithilfe des Institutes für Hochfrequenztechnik begann man die Funktion der aus den deutschen Nachtjägern stammenden Radargeräte nun genauer zu analysieren. Es wurden damals wohl auch erstmals in der Schweiz Radar Feldversuche durchgeführt, als man die Lichtenstein Zielsuchausrüstungen in den am Boden befindlichen Flugzeugen operationell erprobte. Die Flugzeuge wurden für die Versuche auf eine schräge Rampe gestellt, so dass der Bug und damit der Suchsektor des Gerätes schräg nach oben gerichtet waren. Mit eigenen Flugzeugen wurde dieser Suchsektor in einiger Entfernung durchgeflogen und die dabei auf den Anzeigegeräten erscheinenden Zielechos beobachtet und photographiert. Damit gelangte bereits Mitte 1944 ein kleiner Kreis von Personen zu Kenntnissen über die praktische Anwendung von Radargeräten.

Als dann auf dem Höhepunkt des Luftkrieges über Deutschland vermehrt Landungen von alliierten Flugzeugen erfolgten, fanden zunehmend komplexere Funk- und Navigationsausrüstungen den Weg in die Schweiz. Inzwischen hatten bei den alliierten Luftstreitkräften bereits UKW Funkgeräte, Hyperbel – Langstreckennavigationssysteme wie GEE, Oboe, Loran und automatisch arbeitende Radiokompassse sowie Störsender die gegen die deutschen Funkortungsverfahren eingesetzt wurden, den Eingang gefunden.

Ein Höhepunkt bei den Untersuchungen ergab sich, beim Auffinden einer Mikrowellen Radarausrüstung in der am 27. Februar 1945 in Dübendorf gelandeten **Boeing B-17G Nr. 44-8187**. Das zur amerikanischen „**Bomb Group 99**“ gehörende „**Pathfinder**“ **Flugzeug** war während eines Bombenangriffes über Augsburg beschädigt worden und musste in der Schweiz notlanden. Das in der Schweiz bisher noch nie gesehene Gerät wurden aus dem Flugzeug ausgebaut und am Institut für Hochfrequenztechnik der ETH in Zürich, unter der Leitung von Professor Franz Tank untersucht.

Es handelte sich um ein Mikrowellen-Rundsuchradar das gemäss Aussage der Besatzung für das Auffinden von Küstenlinien, grossen Städten, Flussläufen und Seen verwendet wurde. Beim Studium der komplizierten Anlage zeigte es sich, dass das Gerät neuartige Komponenten enthielt über deren Funktion man noch keine Kenntnisse besass. Erst anhand von Röntgenaufnahmen stellte man fest, dass es sich dabei um Magnetron- und Klystronröhren handelte deren Existenz, bisher in der Schweiz wegen der strikten Geheimhaltung der Alliierten, noch nicht bekannt war. Nach gründlichem Studium der Anlagen wurden diese wiederum in die „Fliegende Festung“ eingebaut und anlässlich eines Testfluges am 5. Juli 1945 ausprobiert. Der Flug stand unter dem Kommando von **Oberst Carl Högger der zusammen mit Oberst Walter Burkhard (Gröni)** die inzwischen mit einem „Neutralitätsanstrich“ versehene B-17G auch pilotierte. Mit von der Partie waren neben Vertretern des Kdo. Fl. u. Flab und der KTA auch **Professor Tank und die drei jungen Ingenieure Jenny, Weber und Heierle**, die sich an der ETH mit den Geräten befasst hatten. Rückblickend ist erstaunlich festzustellen, wie wenig der Fliegertruppe und der schweizerischen Industrie von den technischen Erkenntnissen der Untersuchungen an fremden Kriegsflugzeugen, zu Gute kam.



Ob es Scheu vor möglichen patentrechtlichen Folgen oder das Gefühl eines übersteigerten Neutralitätsdenkens gewesen ist, lässt sich heute kaum mehr feststellen.

Die Untersuchungs- und Erfahrungsberichte blieben bis Mitte der sechziger Jahre unter Verschluss und verloren inzwischen ihre Aktualität.

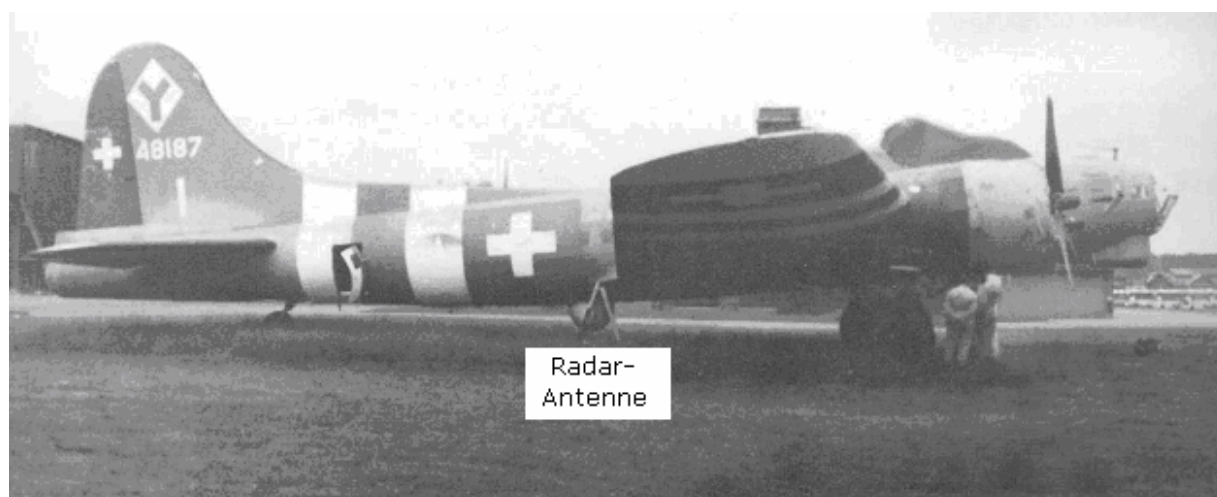
Auf den folgenden vier Seiten sind noch einige zusätzliche Informationen und Bilder über die seinerzeitigen Untersuchungen an den Ausrüstungen aus Kriegsflugzeugen welche während des zweiten Weltkrieges durchgeführt wurden, enthalten.

Mit einem Anfangs 1944 in Dübendorf gelandeten deutschen Nachtjäger gelangte die erste Radarausrüstung in die Schweiz. Es handelte sich dabei um ein von der Firma Telefunken entwickeltes Lichtenstein B/C Gerät, das im UHF Frequenzbereich um 500 MHz arbeitete und demzufolge eine sperrige Bugantenne benötigte, welche eine beträchtliche Einbusse an Flugeschwindigkeit zur Folge hatte.

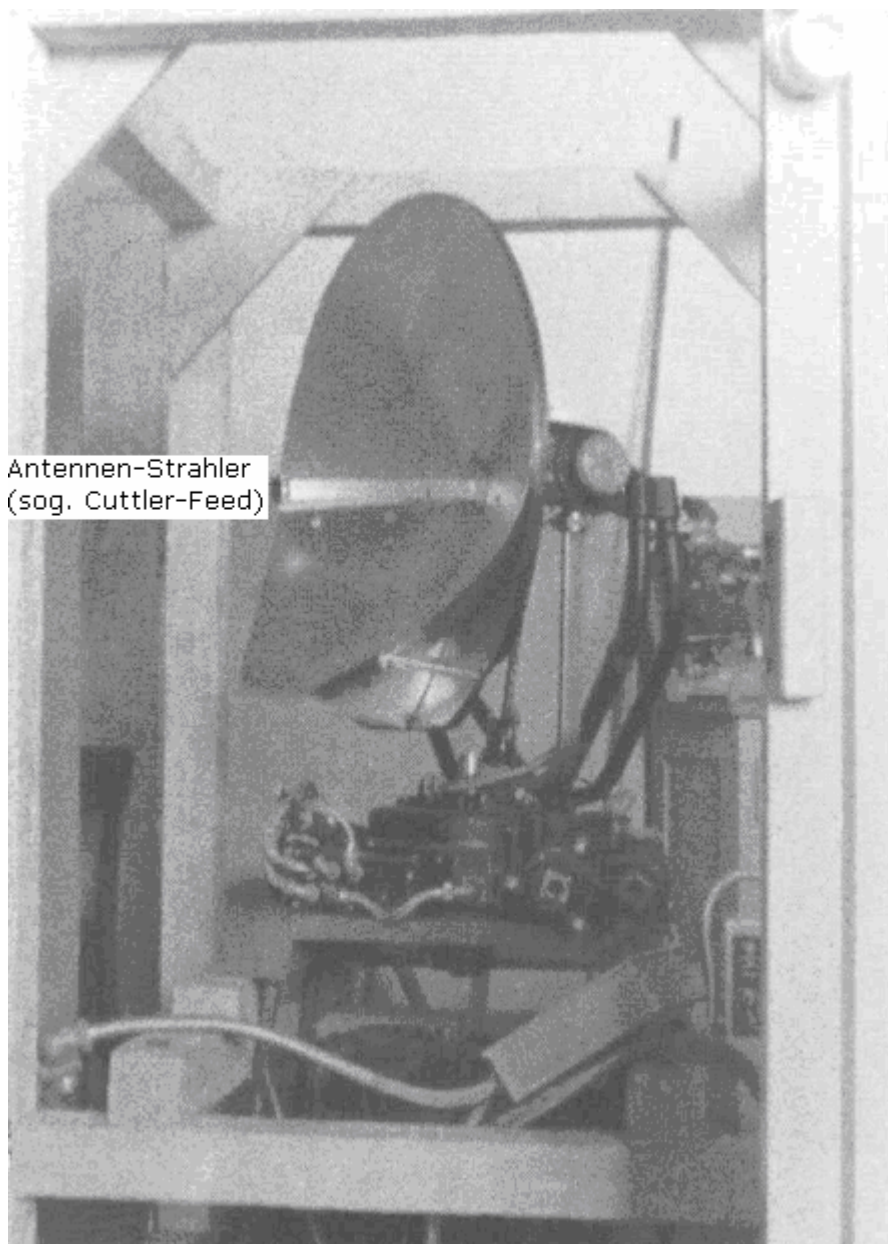


Anfangs 1945 kam mit einer in Dübendorf gelandeten amerikanischen „Fliegenden Festung B-17G“ das erste Mikrowellen Radar in die Schweiz. Für die spätere Erprobung dieses neuartigen Radars, durch schweizerische Spezialisten, wurde das Flugzeug mit einem Neutralitätsanstrich versehen.

### **„Fliegende Festung B-17G“ mit dem Neutralitätsanstrich**

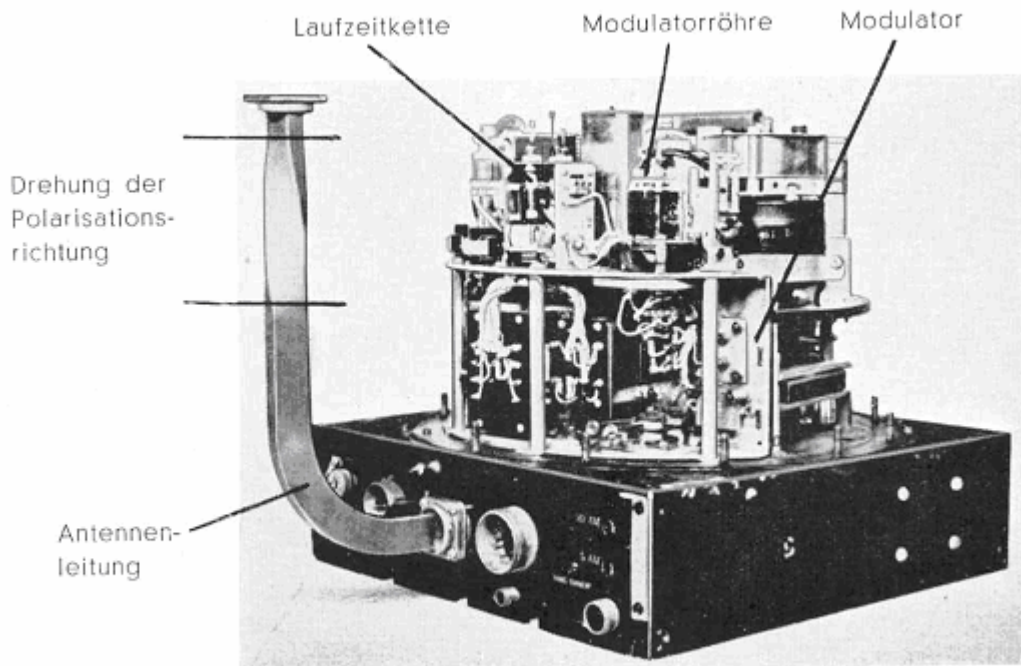
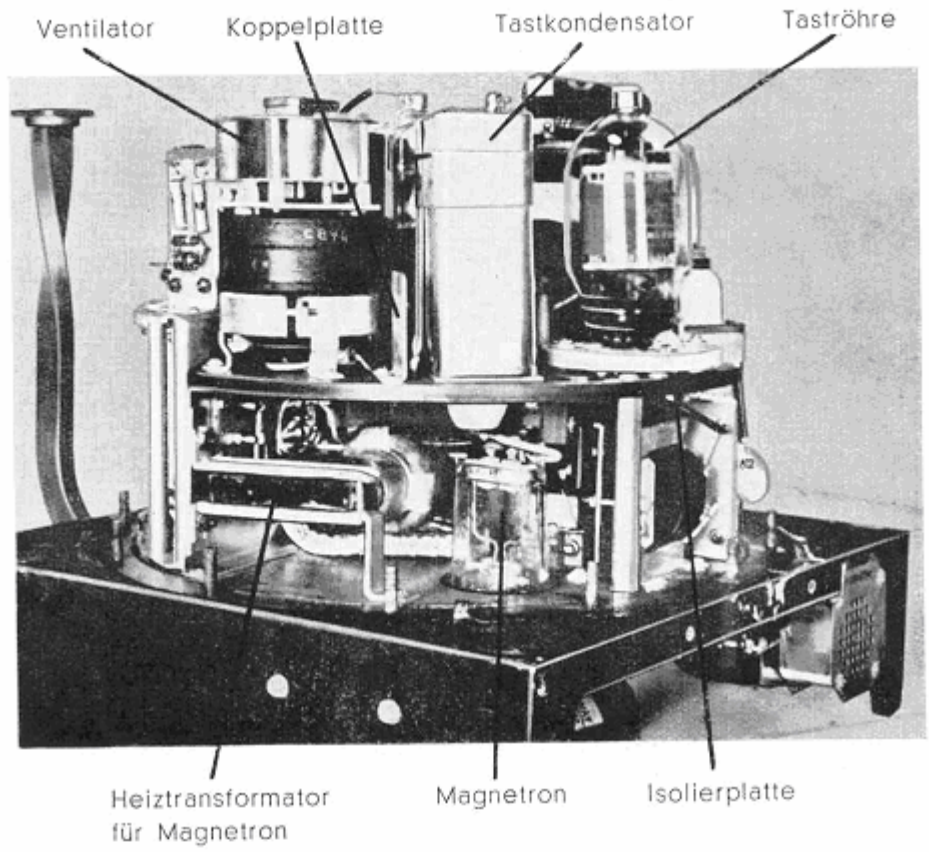


Da die Technik dieses Mikrowellenradars in der Schweiz noch vollkommen unbekannt war, wurde die Ausrüstung aus dem Flugzeug B-17G ausgebaut und am Institut für Hochfrequenztechnik der ETH in Zürich unter der Leitung von Professor Franz Tank genauestens untersucht. Es handelte sich um ein von der Firma Western Electric gefertigtes auf Wellenlänge 3.2 cm arbeitendes **AN/APS-15** Rundsuchradar. Der Sender erzeugte mit einem 725A Magnetron eine Leistung von ca. 50 kW. Der Superheterodyne-Empfänger entsprach mit dem 723AB Klystron Ueberlagerer und einem 1N23A Diodenmischer der fortgeschrittensten Technik. In Deutschland figurierte diese Ausrüstung, aufgrund des Ortes in Holland wo sie in einem abgeschossenen Bomber erstmals aufgefunden wurde, unter der Bezeichnung „**Meddo-Gerät**“.



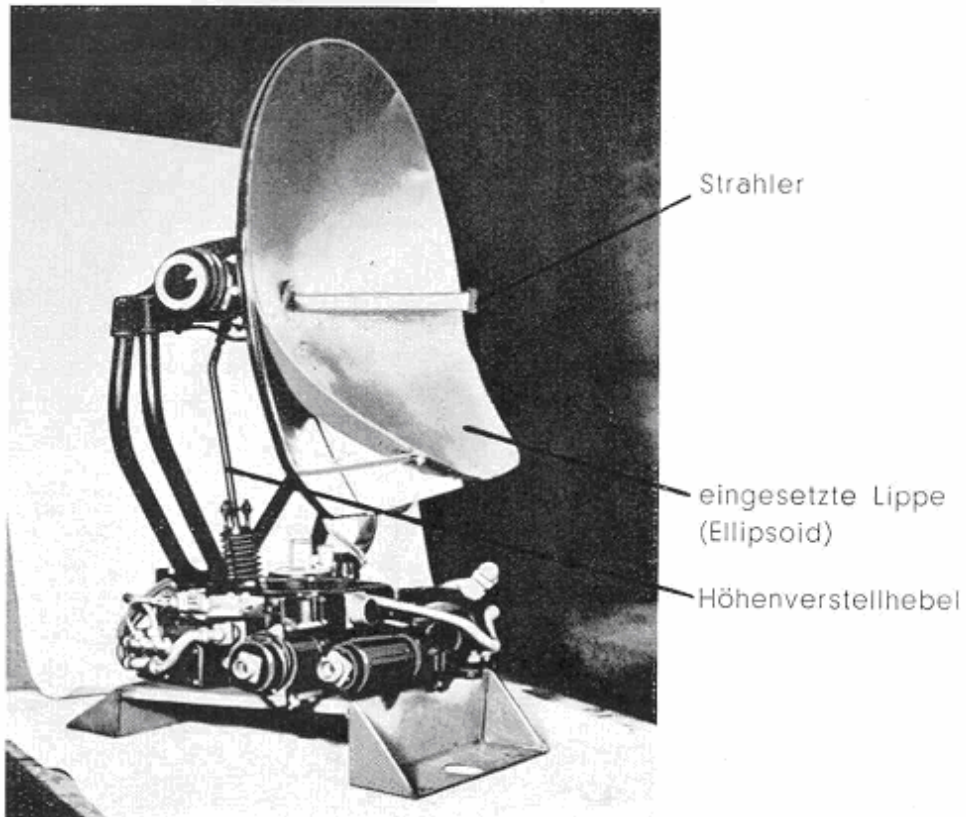
**Das Foto zeigt das für die Abklärungen an der ETH - Zürich in einen Holzrahmen eingebaute Mikrowellen Bordradargerät aus der B-17G.**

# Sender- und Modulatorteil des Mikrowellen-Bordradargerätes aus der B-17G

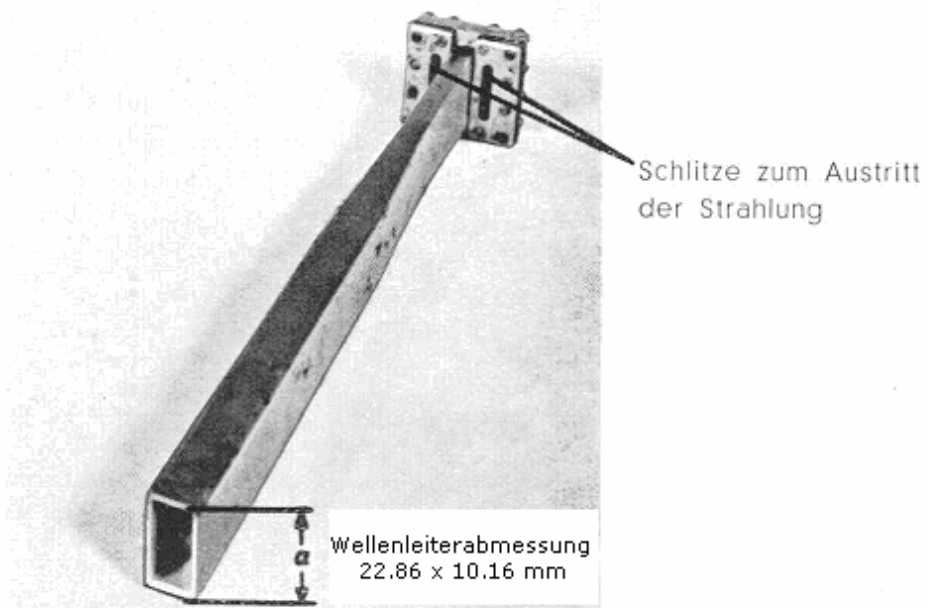


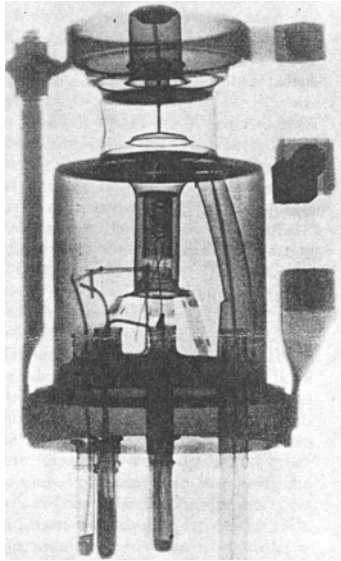


## AN/APS-15 Antenne

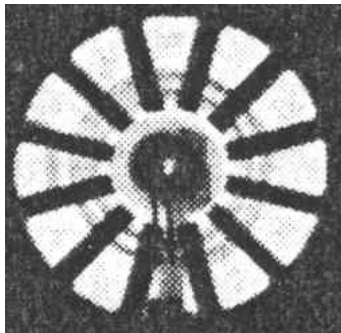


## AN/APS-15 Strahler (sog. Cuttler-Feed)

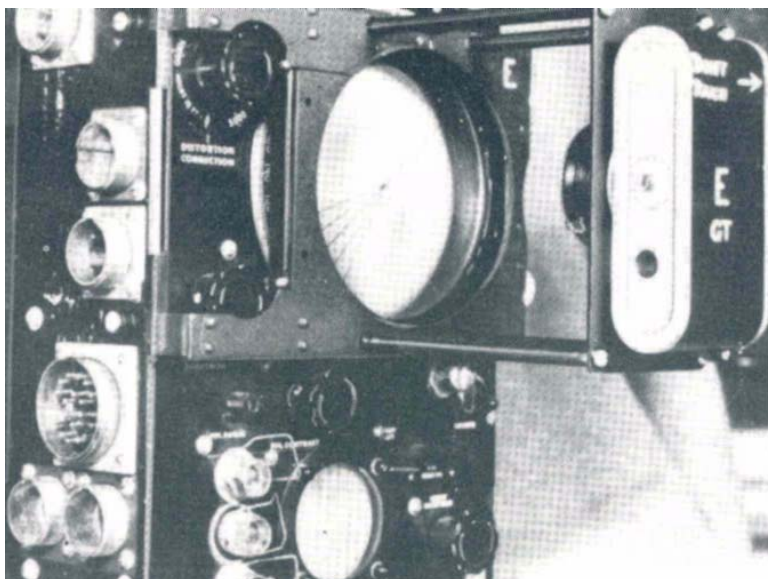




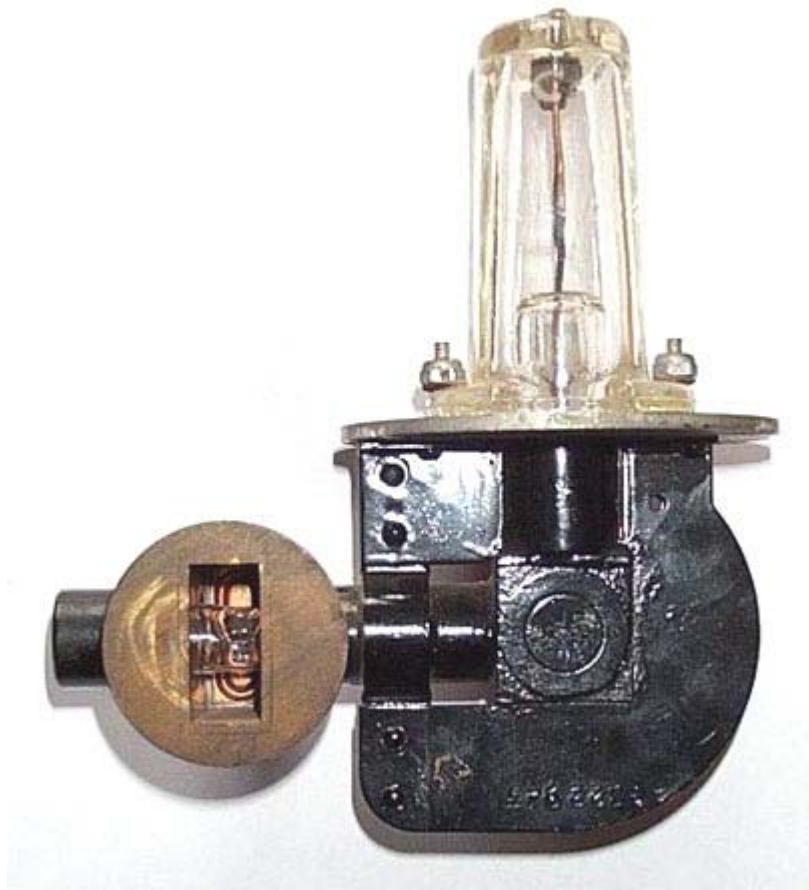
Beim Studium der Mikrowellen-Radaranlage aus der am 27. Februar 1945 in Dübendorf gelandeten Boeing B-17G zeigte es sich, dass das Gerät neuartige Komponenten enthielt über deren Funktion man bisher in der Schweiz, wegen der strikten Geheimhaltung der Alliierten, noch keine Kenntnisse besass. Erst eine Röntgenaufnahme (siehe Foto) die den innern Aufbau der mit Western Electric 723 A/B beschrifteten Röhre erkennen liess, gab Aufschluss über die Art und Wirkungsweise dieser Röhre. Es handelte sich dabei um ein Reflex-Klystron das als Ueberlagerungssoszillator für den Radarempfänger arbeitete. Die nachfolgende Untersuchung im Betrieb ergab, dass die mit einer Abstimm-schraube mechanisch abstimmbare Röhre eine Frequenz zwischen 8700 MHz und 9550 MHz erzeugen konnte.



Bei dem mit Western Electric 725A beschrifteten Bauteil liess der sehr starke Permanentmagnet vermuten, dass es sich um eine Magnetron Röhre handelte, deren physikalische Wirkungsweise seit längerer Zeit bekannt war. Absolut neu für die Untersucher war jedoch die Tatsache, dass sich mit dem aus der Röntgenaufnahme (siehe Foto) hervorgehenden Aufbau, bei einer Frequenz von 9375 MHz, die für die damalige Zeit ausserordentlich hohe Leistung von 50 kW erzeugen liess.



Für die nachträgliche Auswertung der Angriffstaktik bei den Bombardierungs-Flügen sowie der Schulung neuer Besatzungen wurden während den Einsätzen häufig Photos der Bord-radarbilder aufgenommen. Das Bild zeigt die vor dem Radaranzeigergerät installierte 35mm Kamera aus dem zur amerikanischen „Bomb Group 99“ gehörenden „Pathfinder“- Flug- zeug Boeing B-17G.



Das 725A Magnetron wurde von der Firma Western Electric in grosser Stückzahl gefertigt, es arbeitete auf der fixen Frequenz von 9375 MHz innerhalb der Herstellungstoleranz von  $\pm 30$  MHz. Die Heizspannung betrug 6.3 Volt. Bei der AN/APS-15 Radar Anwendung wurde das Magnetron auf 16 kV und 16 Ampere hochgetastet, die dabei erzeugte Hochfrequenz Impulsleistung betrug ca. 50 kW. Das extrem starke Magnetfeld von 5400 Gauss welches für den Betrieb des Magnetrons erforderlich ist, wurde mit einem externen Magnet aus Kobaltstahl erzeugt.



Das Foto zeigt ein Western Electric 723 A/B Reflexklystron das u.a. als Ueberlagerungssoszillator im Empfänger des AN/APS-15 Radars verwendet wurde. Die manuelle Frequenzeinstellung erfolgt mit der auf der linken Seite der Abbildung ersichtlichen Vierkantschraube.

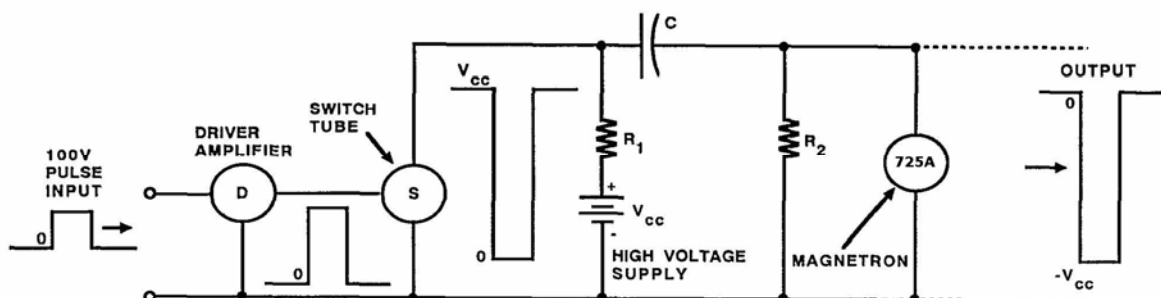


## 715B Taströhre aus dem Impulsmodulator des AN/APS-15 Radars



Bei der Entwicklung der ersten Mikrowellenradars mussten für die Tastung der Magnetron Sender neue Wege gesucht werden, da die für die Hochleistung der der Sender erforderliche Impulsleistung bereits in Größenordnungen von bis zu einigen hundert Kilowatt lag. Zudem wurde wegen der starken Abhängigkeit der angeregten Schwingungsmodi von der Anodenspannung hohe Anforderungen an die Form und Spannungskonstanz der Tastimpulse gestellt.

Die nachstehende Figur zeigt das vereinfachte Funktionsschema des AN/APS-15 Tastgerätes für das 725A Magnetron. Der Tastkondensator C wird durch die Hochspannungsversorgung in den Impulspausen auf ca. 16 kV aufgeladen. Mit den aus einer Laufzeitkette abgeleiteten Triggerimpulsen wird die 715B Taströhre kurzzeitig entsperrt, dies hat zur Folge, dass sich der Kondensator über das 725A Magnetron entlädt. Die als Taströhre arbeitende Impulstetrode 715B ist mit einer Oxydkathode für kurzzeitige Strombelastungen bis zu 16 Ampère ausgerüstet. Absolut neu für die ETH Untersucher war der Umstand, dass eine derart kleine zudem mit einer Oxydkathode arbeitende Röhre im Dauerbetrieb zuverlässig mit einer Anodenspannung von 16 kV betrieben werden konnte. Erst beim genaueren Untersuchen einer etwas später aufgefundenen Röhre zeigte es sich, dass das Steuergitter der vom Bell Laboratory entwickelten Spezialröhre, zur Vermeidung der gefürchteten Gittersekundäremission mit Gold belegt war. Zum Vorbeugen gegen elektrische Ueberschläge bei grösseren Flughöhen befand sich die gesamte Hochspannungsversorgung inkl. dem Tastgerät und Magnetron in einem druckdichten mit Pressluft gefüllten Gehäuse. Der Bombenschütze musste jeweils vor dem Flug den Druck kontrollieren und wenn erforderlich mit einer Handpumpe auf den Sollwert nachpumpen.



# Programm für die Erprobung des Bordradars im B-17G Flugzeug

Dübendorf, 4. 6. 45.

## Flug mit B-17 am 5.6.45, 0700.

Zweck des Fluges : Vorführung verschiedener Aufgaben im Flug  
an X F A , Prof. Spitt und Kdo, Fl.u., Flab, Try.

- 1) Sicht-Gerät; Demonstration des Geräts im praktischen Betrieb.
- 2) Geo-Anlage; Standort-Bestimmung ausländischer Stationen, die in Betrieb sind.
- 3) WSW-Messmesserei; Anzeigefähigkeit bei Start und Landung.
- 4) Radiokompass; Standort-Bestimmung mit Hilfe von Landfunkstationen.
- 5) L R - und G R - Anlage in Betrieb setzen. Freq. 3190 3230 4432.

Flugsatz :

Fluchtschleife :

Rapperswil - St. Gallen - Weinfelden - Baden - Lucern - Dübendorf.  
3 - 4000 m über Meer.

Dauer des Fluges : 1 - 1½ Stunden.

Besatzung :

Bedienung des Sichtgeräts :	Ing. Weber Oberst Wüchmann
Bedienung des Abtastgeräts bei Start und Landung, Protokollführer	Ing. Heiserli
Bedienung der Geo-Anlage und Radio-Kompass	Ing. Jenny Oberst Wüchmann
Bedienung der L R - und G R - Anlage	Hgts. Stinger Ing. Heiserli
Passagiere	Prof. Tank Oberst Leutwyler
Piloten	Oberst Högger Oberst Burckhard
Technische Kontrollen	Wn. Schwaner

Aufenthaltsraum bei Start und Landung :

Navigationsteam :	Ing. Jenny
Pilotenraum :	Oberst Burckhard, Oberst Högger, Wn. Schwaner
Raumraum :	Prof. Tank, Oberst Wüchmann, Ing. Weber, Hgts. Stinger
Hg.-Raum :	Oberst Leutwyler, Ing. Heiserli.

Aufenthaltsraum im Flug : Der Aufenthaltsraum im Flug kann geändert werden bei vorheriger Meldung beim L. Piloten.

Fallschirm :

Solche sind stationiert :

in Navigationsraum :	3
in Pilotenraum :	3
in Hg.-Raum :	6

Die Fallschirmgurten sind vor dem Start gut anzupassen und während des Fluges zu tragen.

Bordverantwortung : Die BV ist vor jedem Start von jedem Besatzungsmitglied auf richtiges Funktionieren zu prüfen. Während Start und Landung bleibt die BV-Anlage für die Piloten reserviert. Bei Standortwechsel hat sich der Betreffende wieder in die Bordverantwortung einzuschalten.

DIREKTION DER MILITÄRFLIEGERLEHRE

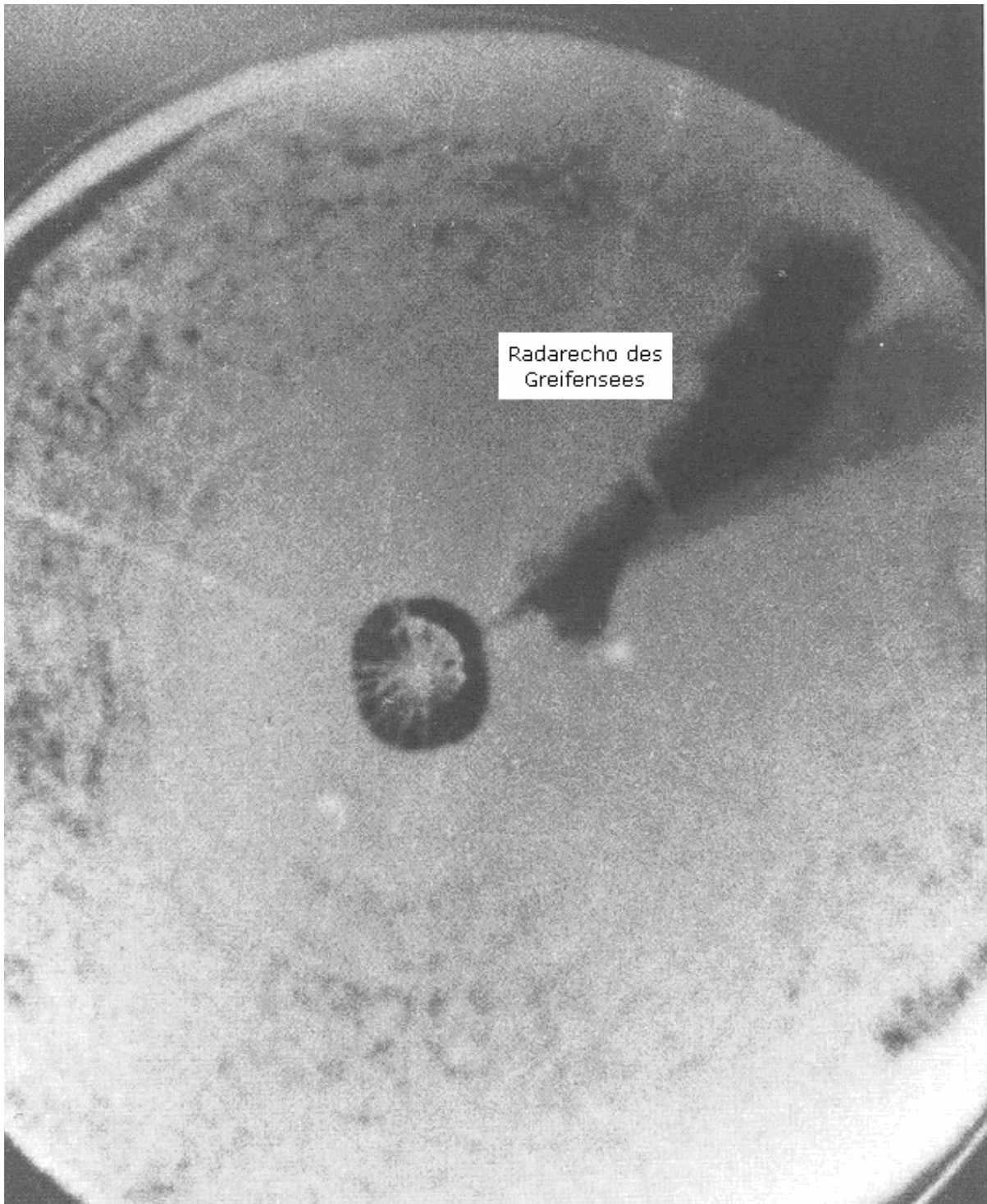
Techn. Chef :

*Wigger C.*

Gibt an :

Stuhl, Besatzungsmitglieder,

Bei der Erprobung des Mikrowellenradars im Fluge bestätigte es sich, dass Wasserflächen wie hier auf dem Bild diejenige des Greifensees, auf dem PPI als sehr leicht zu interpretierende Objekte abgebildet wurden. Diese Eigenschaft hatte den Mikrowellen Bordradars zu ihrer grossen Bedeutung als Navigationsmittel im Bombenkrieg über Deutschland verholfen. Das vorliegende AN/APS-15 Gerät das auf 3 cm Wellenlänge arbeitete ermöglichte neben dem Auffinden der Zielgebiete auch bereits die Anzeige von Wetterphänomenen und stellte somit ein früher Vorläufer der späteren in der Zivilliegerei verwendeten Wetterradars dar. Die in der notgelandeten B-17G vorgefundenen Filme zeigten auch, dass das Radarbild von den Besatzungen jeweils während den Feindflügen fotografiert wurde.





Bereits im Sommer 1940 wurde der schweizerische Luftraum fortgesetzt von Flugzeugen der Kriegsgegner verletzt. Nach der Kriegerklärung Italiens an Grossbritannien am 10. Juni 1940 flog die RAF von England aus Aufklärungs- und Bombardierungseinsätze gegen Industrieziele in Oberitalien. Der kürzeste Flugweg führte westlich der Linie Ajoie – Simplon über die Schweiz. Die rücksichtslosen nächtlichen Verletzungen des schweizerischen Luftraumes durch die RAF, solche wiederholten sich auch in der Nord- und Ostschweiz anlässlich von Angriffen des britischen Bomber Command auf Ziele in Süddeutschland, lösten Aktivitäten im Schweizerischen Politischen Departement und im Armeekommandos aus. Die Hoheit des schweizerischen Luftraumes musste gewahrt werden und gegenüber Italien und Deutschland war der Beweis zu erbringen, dass nichts unterlassen wurde, diese Aufgabe nach Kräften und mit allen verfügbaren Mitteln zu lösen. Bereits im Juli 1940 hatte der deutsche Gesandte in der Schweiz im Auftrag der Reichsregierung beim Bundespräsidenten vorgesprochen und Massnahmen der Schweiz gegen das fortgesetzte nächtliche Ueberfliegen von britischen RAF Verbänden gefordert. Die politischen Demarchen der Schweiz in London, hatten jedoch zu keinem Erfolg geführt, Grossbritannien kämpfte, bis im Dezember 1941 auf sich allein gestellt, um sein Ueberleben.

Der Bundespräsident bemerkte dazu, die Schweiz habe gegenwärtig kein Mittel, die britischen Ueberflüge wirksam zu bekämpfen. Obwohl seit dem Frühjahr 1940 Detachemente der 7.5 cm, 34 mm und 20 mm Fliegerabwehr von 20 Uhr bis 7 Uhr, sofern die Witterung ein Schiessen bzw Leuchten mit Scheinwerfer gegen Luftziele gestatte, einsatzbereit gehalten werden, habe sich im Einsatz gegen die britischen Neutralitätsbrecher noch kein Abschusserfolg eingestellt. Wenn man der Schweiz vorwerfe, dass an bestimmten Punkten nicht das Feuer eröffnet werde, so könne er nur sagen, dass bei dem gegenwärtigen Wetterstand die Nebelbildung die wirksame Bekämpfung der britischen Flugzeuge unmöglich mache.

Im August 1940 versuchte das Politische Departement den Kommandanten der Flieger und Flabtruppen in direkten Gesprächen zu bewegen, die Luftraumverletzungen der RAF auch mittels Nachtjäger zu unterbinden.

Der Kommandanten der Flieger und Flabtruppen Oberstdivisionär Bandi wollte aber dazu nicht Hand bieten und begründete seine ablehnende Haltung wie folgt:

Die Flugabwehr in der Nacht durch Jagdflugzeuge kann nur durchgeführt werden, wenn die zu bekämpfenden Flugzeuge von den Jägern gesehen werden. Das Auffinden der Flugzeuge bei Nacht ist aber auch bei Mondhelle unmöglich. Es könnten heute grundsätzlich zwei Methoden für die Standortbestimmung des fliegenden Gegners angewendet werden:

- **Mittels Scheinwerfer wobei das Aufsuchen von Bomberflugzeugen mit Scheinwerfern nur unter bestimmten meteorologischen Verhältnissen möglich ist. Jagdflieger können zudem nur dort eingesetzt werden wo eine genügende Anzahl von Scheinwerfer tätig sind und dort, wo die feindlichen Bomber eine gewisse Zeit im Aktionsradius dieser Scheinwerfer fliegen müssen, um ihre Aufgabe zu lösen. Beim reinen Durchflug, wo die Bomber höchstens 2 Minuten im Bereich einer Gruppe von Scheinwerfern fliegen, wäre es einem Jagdflieger unmöglich sich dem Bomber so zu nähern, dass er ihn angreifen und noch im Auge behalten können, nachdem er aus dem Scheinwerferlicht ausgeflogen ist.**

- **Oder aber mittels spezieller Funkapparaturen, deren ausgestrahlte Wellen auf die Flugzeuge, deren Standort bestimmt werden soll, gerichtet werden. Die Flugzeuge reflektieren dann diese Strahlen, welche nachher am Boden aufgefangen werden. Diese Radiolokations - Apparate werden am Boden und in Flugzeugen verwendet, die Schweizer Armee verfüge jedoch gegenwärtig über keine derartigen Ausrüstungen, zudem seien die Abmessungen wahrscheinlich so gross, dass sie nur in mehrmotorigen Flugzeuge eingebaut werden können.**

Im September 1940 bat der Bundespräsident anlässlich einer weiteren Unterredung mit dem deutschen Gesandten, in Berlin abklären zu lassen, ob nicht Deutschland der Schweiz Ratschläge geben könne, was nötig wäre, um britische Flieger wirksam zu bekämpfen. Zunächst einmal fehle es an Material und Ausrüstungen die in Deutschland bestellt aber noch nicht geliefert seien. Dann aber könne die deutsche Luftwaffe wahrscheinlich taktische Ratschläge geben. Er habe sich daher entschlossen, inoffiziell anzufragen, ob sich **drei sachverständige Schweizer Offiziere, die Piloten Oberst Isler und Oberst Magron sowie der Kommandant der FF Nachrichtenschule Dübendorf Oberstleutnant Wuhrmann** nach Deutschland fahren könnten, um mit zuständigen deutschen Stellen in Fliegerabwehrfragen Fühlung zu nehmen. Er bitte die deutsche Regierung, aus dieser Anregung zu entnehmen, dass die Schweiz alles tun wolle, um den Neutralitätspflichten nachzukommen.

Die Abschüsse deutscher Flugzeuge im Mai und Juni 1940 sowie die Rede von General Guisan anlässlich des Rütli Rapportes vom 25. Juli 1940 hatten jedoch bei der Reichsregierung und der Wehrmachtsführung eine derart heftige Verstimmung ausgelöst, dass auf die Anfrage des Bundespräsidenten betreffend des Besuches einer Schweizer Delegation, eine Absage erfolgte.

**Quelle: Bundesarchiv E5155, 1971/202, Bd. 102**

In der Schweiz wurde die Sache jedoch nicht ad acta gelegt sondern nach einiger Zeit von der Kriegstechnischen Abteilung (KTA) über den schweizerischen Militärattaché in Berlin eine weitere Anfrage betreffend einer Fühlungnahme mit zuständigen deutschen Stellen in die Wege geleitet.

Nach über einjähriger Anstrengung durch den schweizerischen Militärattaché in Berlin und mit Unterstützung durch Stabsingenieur Mack von der deutschen Gesandtschaft in Bern, erfolgte eine Einladung aus dem Reichsluftfahrtministerium (RLM) zu einer Orientierung und Vorführung über Funkmessgeräte in Berlin.

**Eine Delegation bestehend aus den Herren Hans Hess von der KTA in Bern, Gustav Guanella von der Brown Boveri in Baden und Oberst Leutwyler vom Kommando der Flieger- und Flab Truppen besuchten in der Zeit vom 21. – 27.11.1943 das RLM in Berlin.**

**Anmerkung zu Dr. Ing. Gustav Guanella von der Brown Boveri AG in Baden**

**Dr. Ing. Gustav Guanella war von 1942 bis 1969 Vorstand der Abteilung Hochfrequenz (HF) bei Brown Boveri in Baden. Er war ein ungeheuer ideenreicher Mann, ein hervorragender Chef und sein eigener "Hofwissenschaftler". Dr. Guanella hatte sich auch schon früh mit der Radartechnik und der Kryptologie befasst:**

- **Bereits am 26. September 1938 hatte Dipl. Ing. Gustav Guanella der damals noch als Assistent an der Abteilung für industrielle Forschung (AFIF) der ETH Zürich tätig war, beim EIDG. AMT FUER EISTIGES EIGENTUM einen Patentantrag für eine Einrichtung zur Messung der Entfernung mit einem rauschmodulierten Reflexionsverfahren eingereicht. Am 26. August 1941 wurde ihm dafür vom U.S.A. Patent Office das Patent 2'253'975 für ein „Distance Determining System“ erteilt. Das EIDG. AMT FUER GEISTIGES EIGENTUM erteilte ihm dafür am 30. April 1942 das Schweizer Patent 220'877.**
- **Neben vielen weiteren Patenten so z.B. auch für den sog. Strombalun zur Erzeugung von symmetrischen elektrischen Anpassungen, hat Gustav Guanella bereits im Jahre 1938 beim U.S.A. Patent Office einen Patentantrag für „Means For And Method Of Secret Signalling“ eingereicht. Es handelte sich dabei um ein Verfahren, das später als „Direct Sequence Spread Spectrum Technique“ grosse Bedeutung erlangte, bei dem die Information mit einem „Pseudorandom Signal“ mit viel höherer Frequenz multipliziert wird und dadurch über eine weite Bandbreite gestreut wird. Das U.S.A. Patent Office erteilte ihm dafür am 6. August 1946 das Patent 2'405'500.**

**Die KTA stand während des Zweiten Weltkrieges mit der Hochfrequenz Abteilung von Brown Boveri im Rahmen einer Reihe von Entwicklungsaufträgen in engem Kontakt. Es ist daher nicht verwunderlich, dass Dr. Ing. Gustav Guanella als anerkannte Fachmann von der KTA für die heikle Mission beim deutschen Reichsluftfahrtsministerium in Berlin zugezogen wurde.**

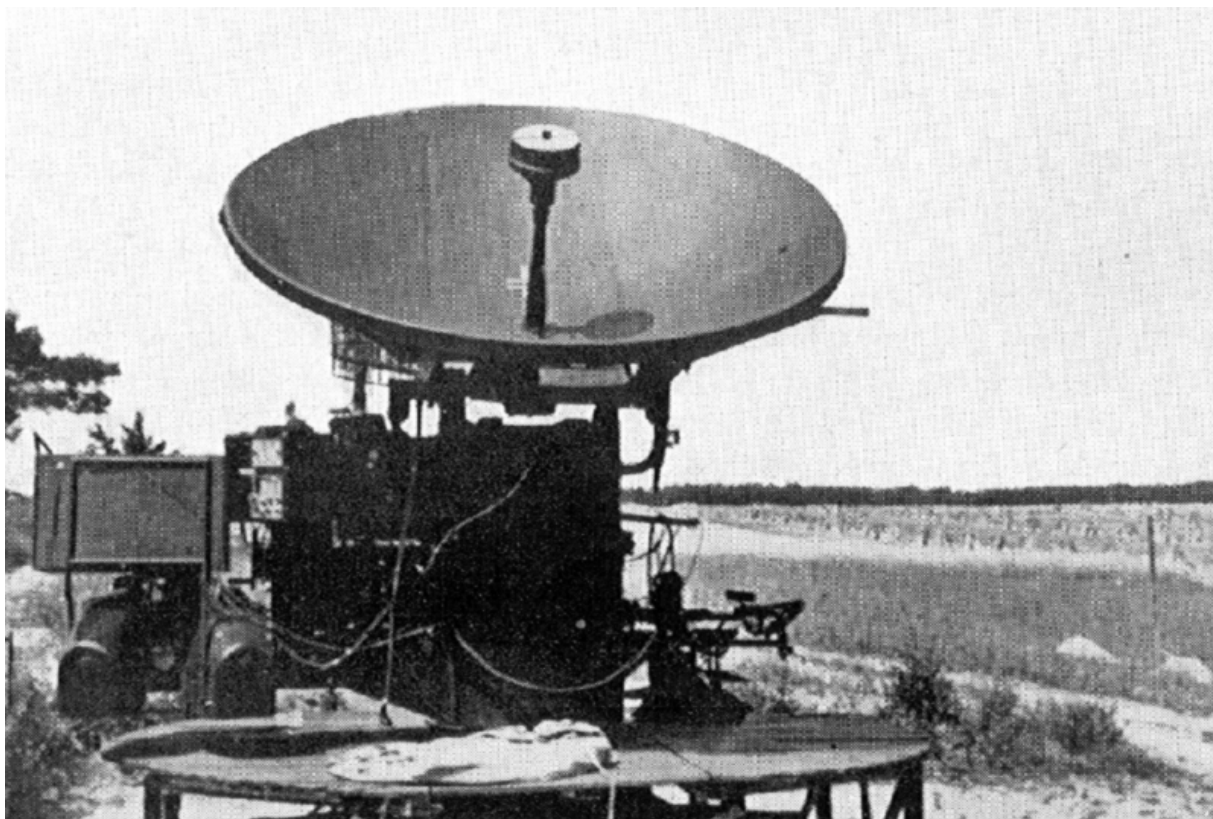
Die Teilnehmer wurden anlässlich des Besuches über die bodengestützten Suchgeräte Freya, Würzburg und Würzburg – Riese, das Flugzeugbordsuchgerät Lichtenstein B/C und den Flugzeug - Funkhöhenmesser FuG101 orientiert, hatten dabei auch Gelegenheit einige dieser Geräte im Betrieb zu besichtigen. Den Teilnehmern wurden überdies technische Unterlagen über diese Geräte ausgehändigt. Im damaligen Reisebericht ist vermerkt: Es ist dem RLM ausserordentlich hoch anzurechnen, dass uns die streng geheimen Geräte, die selbst den Verbündeten nicht zugänglich sind, vorgeführt und erklärt wurden.

Die KTA versuchte in der Folge zwei Funkmessgeräte Würzburg, für das Vermessen von Flugzeugen ab Bodenstationen, aus Deutschland zu beschaffen. Der Erwerb dieser beiden Muster sollte es ermöglichen Versuche durchzuführen, um festzustellen, ob sich die Geräte für die Fliegerabwehr eignen. Für den Fall, dass die Versuche positiv ausfallen, würde der Wunsch bestehen, entweder eine grössere Serie von Geräten anzukaufen oder eine Nachbaulizenz zu erwerben.

Im Frühjahr 1944 konnten neben einer Anzahl ME-109G Jagdflugzeugen, zwei dieser Ausrüstungen, als Gegenleistung für die dem deutschen Nachrichtendienst erlaubte Zerstörung **eines in Dübendorf am 28. April 1944 notgelandeten geheimen Messerschmitt - Nachtjägers ME110 C9EN**, für Versuchszwecke beschafft werden.<sup>(5)</sup>

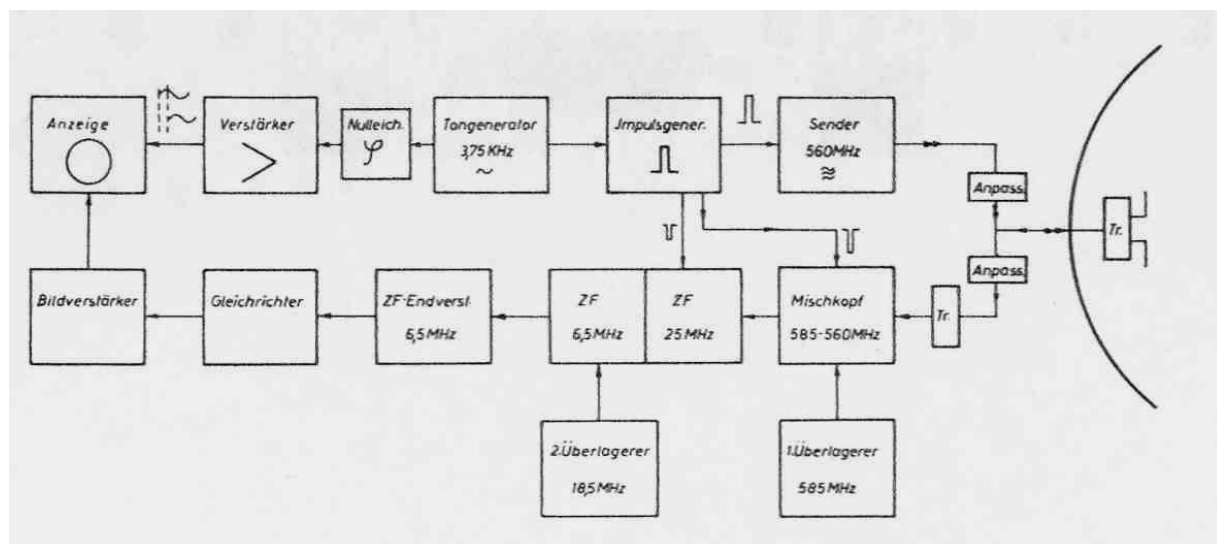
Das Würzburg Gerät Fu.M.G.62 war auf Grund eines vom Luftfahrtsministerium im Jahre 1937 an die Firma Telefunken erteilten Entwicklungsauftrages für ein Zielsuchgerät für die Fliegerabwehr entstanden. Im Sommer 1939 konnte der Prototyp der transportablen Zielsuchausrüstung, die im Dezimeterwellen - Gebiet im Frequenzbereich um 560 MHz arbeitete, noch vor Ausbruch des Zweiten Weltkrieges auf dem Flugplatz Rechlin erstmalig den Spitzen der Luftwaffe, Wehrmacht und der Partei vorgeführt werden.

Das Gerät erzeugte mit einem im Brennpunkt des Antennenspiegels defokussiert rotierenden Dipols einen Strahl (später als „conical scanner principle“ bekannt geworden) der den Luftraum im Bereich von ca.  $\pm 12^\circ$  zur Spiegelachse abtastete. Das Zielecho erschien dabei auf den Seiten- und Höhen- Anzeigeröhren in Form von je zwei gewobbelten Videosignalen. Durch Ausrichten des im Durchmesser ca. 3 m messenden Antennen-Spiegels über Richtantriebe konnten damit Flugziele nach Seite und Höhe bis zu einer instrumentierten Entfernung von max. 40 km vermessen und mit einigem Geschick des Bedienungspersonales auch verfolgt werden.



Auf Grund seiner Leistungen und der verhältnismässig einfachen und modularen Bauweise wurde daraufhin die Fertigung in Gross - Serie verfügt.

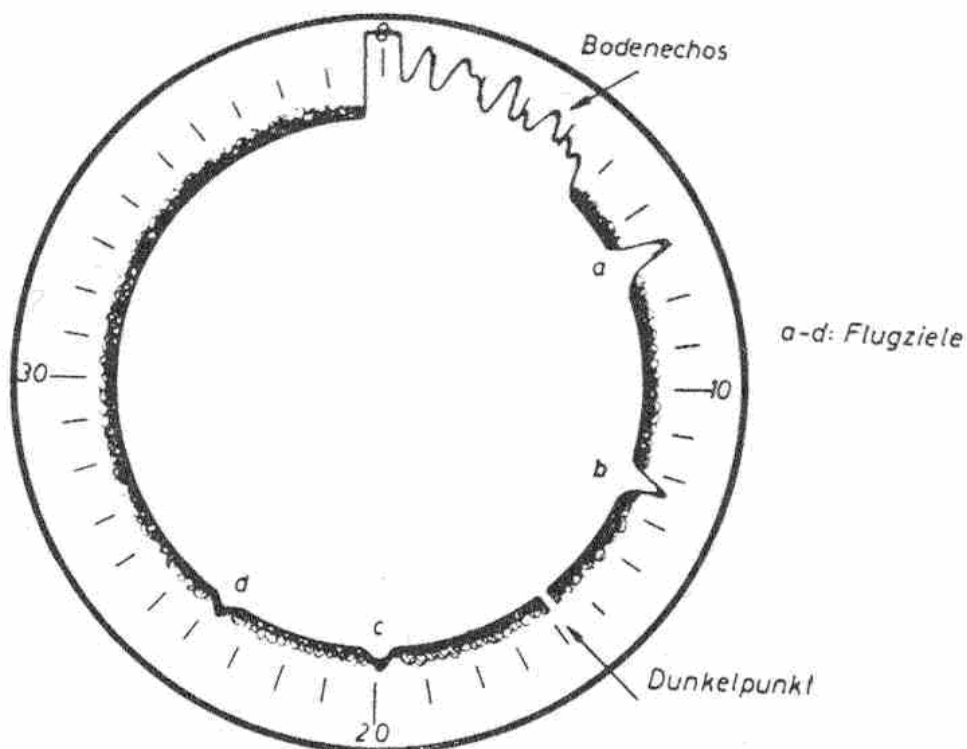
Mit den Würzburg Zielsuchgeräten erzielte die deutsche Flakartillerie bei den nächtlichen Grossangriffen der Royal Air Force anfänglich beachtliche Abschusserfolge. Die nachstehende Figur zeigt den Wirkplan des Fu.M.G.62 Zielsuchgerätes.



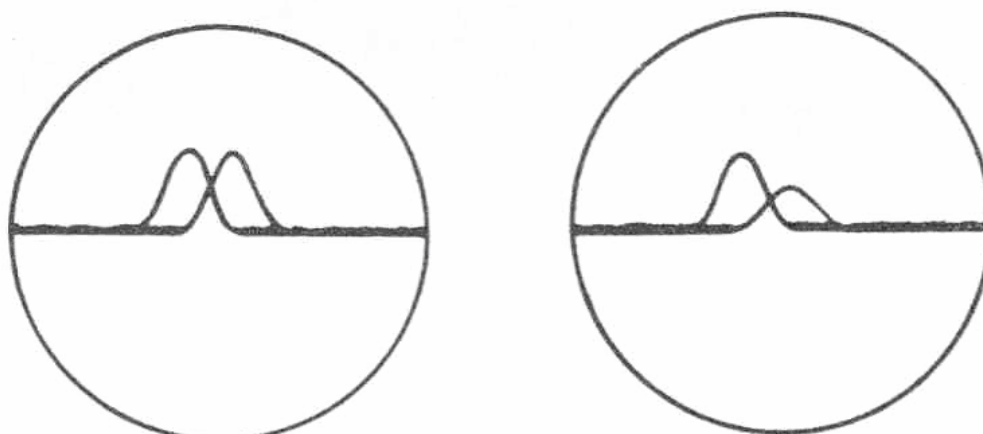


Die Tastfrequenz des Senders von 3.75 kHz wurde aus der Sinusspannung eines Tongenerators abgeleitet und legte den Entfernungsmessbereich des Fu.M.G.62 auf 40 km fest. Aus der gleichen Sinusspannung wurde über einen Phasenschieber zur Nullpunktverstellung die Zeitkreisablenkung der Entfernungsanzeigeröhre abgeleitet.

**Die Entfernungsanzeige der Ziele erfolgte beim Würzburg - Zielsuchgerät auf der Kreisskala einer Kathodenstrahlröhre. Ein Kreis als Zeitbasis hat den Vorteil, dass bei gegebenem Durchmesser die Zeitachse um das 3.14 fache länger wird, dadurch wird die Ablesegenauigkeit erhöht. Für eine zeitproportionale Ablenkung genügen zudem Sinussignale, hochlineare Sägezahnsignale deren Entwicklung erst gegen Ende des Zweiten Weltkrieges einwandfrei gelöst werden konnte, waren hierfür nicht erforderlich.**

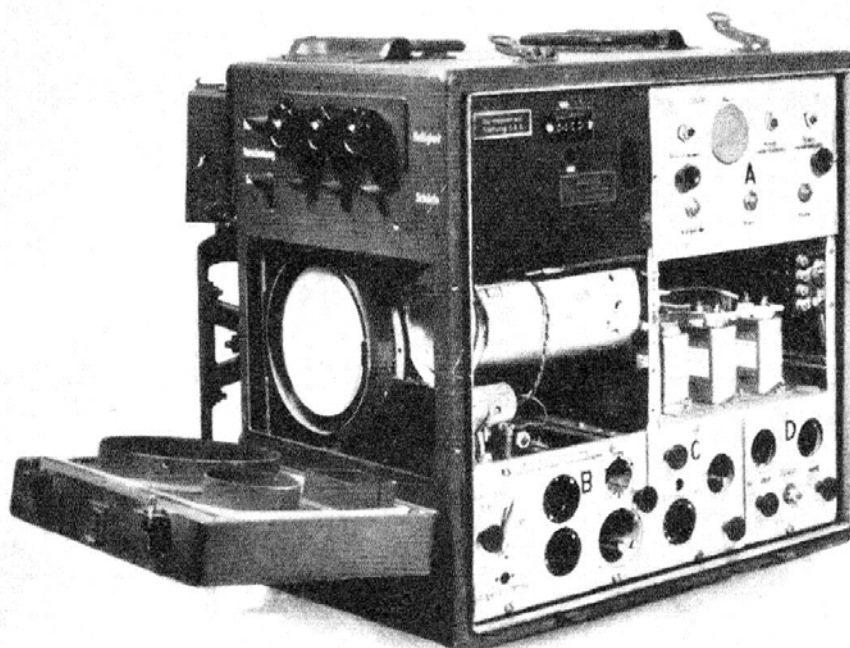


**Die Höhen- und Seitenpeilung erfolgte auf zwei zusätzlichen Kathodenstrahlröhren auf denen nur ein kleiner Entfernungsausschnitt dargestellt war. Mit den Richtantrieben des Antennenspiegels musste lediglich die Amplitudengleichheit der gewobbelten Videosignale der Zielechos hergestellt werden.**

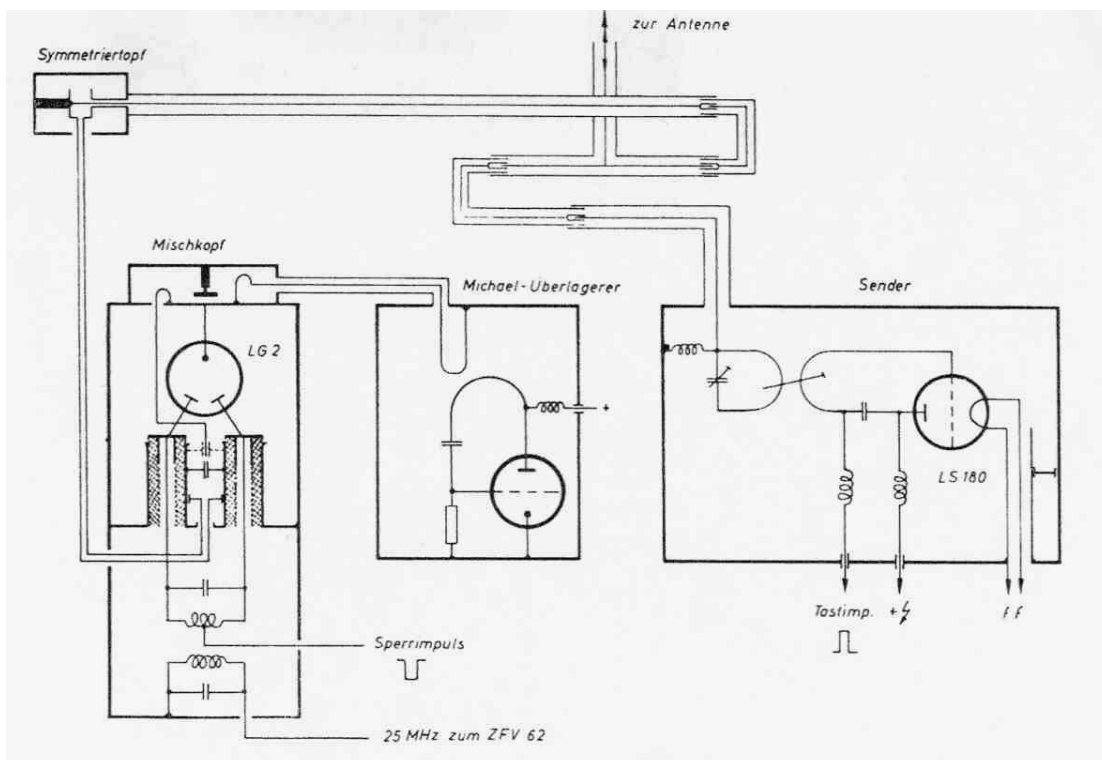


Die Entfernungsanzeigeröhre LB 13/40 in der Mitte, die einen Durchmesser von 13 cm aufwies, war auf dem Bildschirm mit einer in 100 m unterteilten Entfernungsskala von 0 – 40 km versehen. Für die rechts davon angeordnete Seiten - Peilanzeigeröhre LB 8, musste mit einem handbedienten Phasenschieber der Dunkelpunkt auf der Entfernungsanzeige auf das zu vermessende Zielecho gebracht werden. Die Höhen - Peilanzeigeröhre befand sich in einem separaten Gehäuse beim Höhen - Richtantrieb.

### Würzburg Anzeigegerät ANG 62

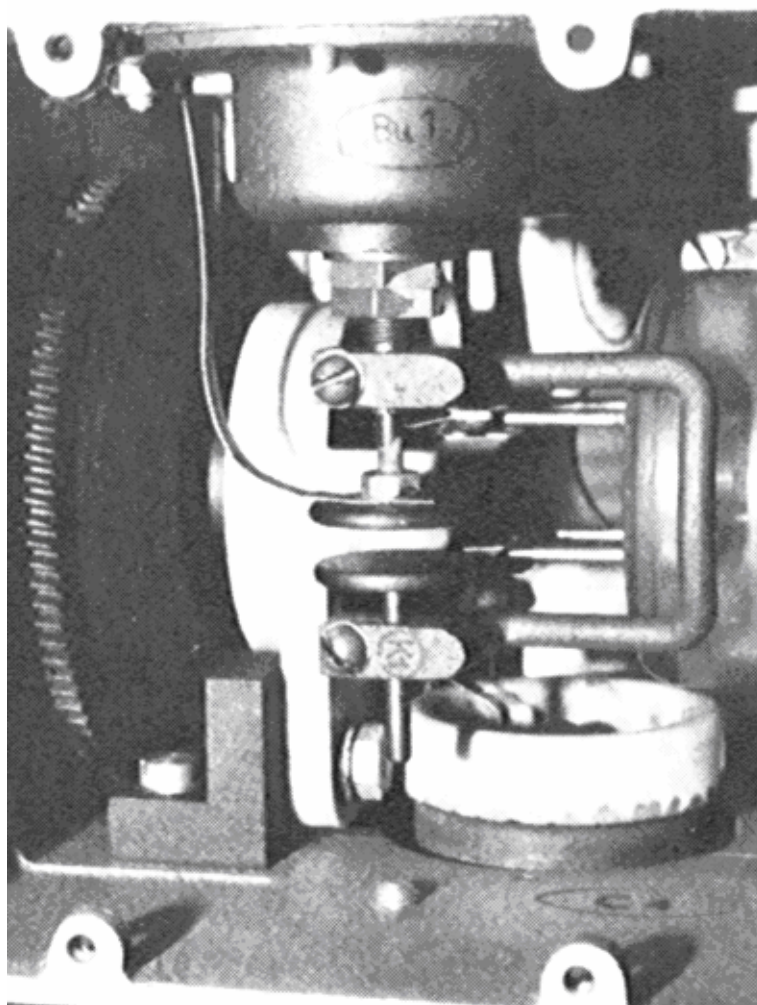


Der Sender S62 war zusammen mit dem Empfängereingangs- und Mischerteil sowie dem Empfangsüberlagerer in einem Baustein untergebracht.



Die UHF-Impulsleistung gelangte über die Anpassleitung des Simultanteiles und über eine konzentrische 70 Ohm Leitung zu dem im Brennpunkt des Antennenspiegels angeordneten, rotierenden  $\lambda/2$  Dipol. Die Ankopplung des Empfangsteiles erfolgte über dessen Anpassungsleitung und einen  $\lambda/4$  Transformator auf den Mischkopf. Der als Empfängereingang arbeitende Mischer war mit der spannungsfesten LG 2 Spezialdiode ausgerüstet und erzeugte in additiver Mischung der Trägerfrequenz mit dem Empfangsüberlagerer die Zwischenfrequenz von 25 MHz.

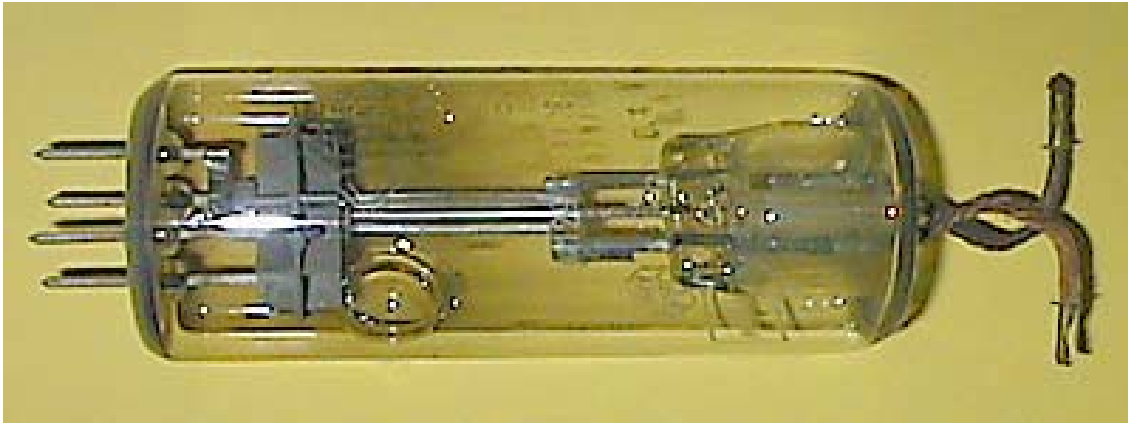
**In nachstehender Figur ist der geöffnete Sender des Würzburg - Gerätes ersichtlich. Die Senderöhre LS180 wurde mit einer Anodenspannung von 8 kV betrieben und gab bei der Tastung am Gitter, eine HF-Leistung von 8 - 10 kW ab. Die Impulsdauer betrug ca. 2  $\mu$ s bei einer Wiederholerfrequenz von 3750 Hz. Die Sendefrequenz von 560 MHz entsprechend einer Wellenlänge von 53.6 cm wurde durch die im Bild sichtbare Induktivität (Bügel) und den einstellbaren Plattenkondensator bestimmt, dieser konnte mittels eines mechanischen Abstimmantriebes betätigt werden, so dass die Sendefrequenz um ca.  $\pm$  6 MHz variiert werden konnte.**



**Bei der im Würzburg Gerät verwendeten LS 180 Impulssenderöhre handelte es sich um die erste von Telefunken entwickelte Hochtast - Triode. Die Röhre war mit einer direkt geheizten thorierten Wolfram - Kathode und einer gefächerten Blechanode ausgestattet. Als die LS180 entwickelt wurde, war der Pressteller noch neuartig, er war unbedingt notwendig, weil die Röhre ja bis 50 cm Wellenlänge arbeiten sollte und daher kurze Verbindungen zu Gitter und Anode benötigte. Andererseits war die Presstellertechnologie noch nicht so weit entwickelt, das die Durchführungen starke Ströme vertrugen.**

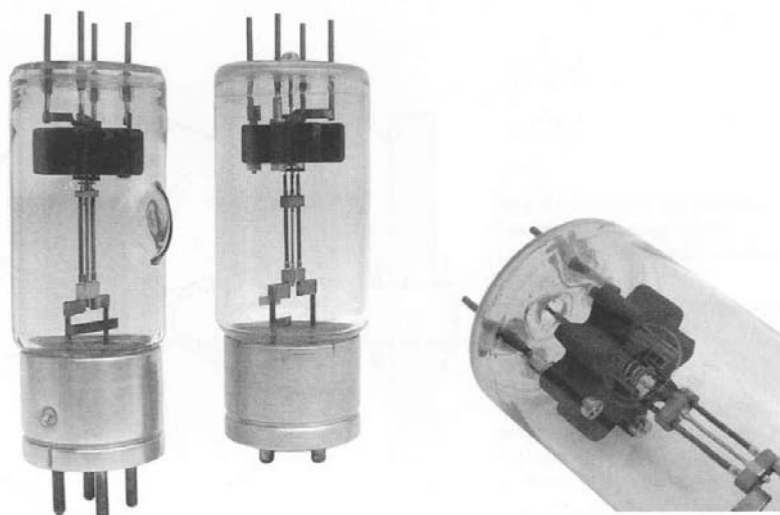
Daher der Quetschfuss auf der anderen Seite der Röhre mit den Heizerzuleitungen in Form von Kupferbändern.

Das Foto zeigt die Telefunken LS 180 Impulssendetriode, die Heizungsspannung beträgt ca. 6 Volt, sie wurde für jede Röhre individuell bestimmt und in den Glaskörper der Röhre eingätzt. Der Heizstrom der thorierten Wolframkathode war noch sehr hoch er lag bei ca. 15 Ampère. Im Würzburger Gerät wurde die Röhre mit einer Anodenspannung von 8 kV betrieben. Die Sendertastung erfolgte am Gitter. Bei einer Anodenverlustleistung von max. 165 Watt lag die UHF Impulsleistung, abhängig von der Frequenz, bei 8 - 10 kW.



Gegen Ende des Krieges wurde noch eine LS 180 mit Graphitanode entwickelt. Die Form der Anode war so kompliziert, dass es unwirtschaftlich wurde sie aus Blech herzustellen. Aus einem Graphitblock ließ sie sich relativ leicht heraus-schneiden. Ein weiterer Vorteil war auch die höhere Überlastbarkeit, was zu einer längeren Lebensdauer führte.

Da in der Schweiz gegen Ende des Krieges Probleme mit der Nachbeschaffung von Ersatzröhren aus Deutschland auftraten, erhielt Brown Boveri im Herbst 1944 vom Armeekommando den Auftrag in Dübendorf eine LS 180 Röhre aus einem Würzburg - Sender auszubauen und die Möglichkeit eines Nachbaues zu prüfen. Im Physiklabor von Brown Boveri wurde zuerst versucht die defekten LS 180 zu reparieren. Da die ursprüngliche Ausführung der Telefunken LS 180 Röhre noch über den veralteten Quetschfuss verfügte und die Montage des Systems komplizierte Hilfseinrichtungen benötigte, entschloss sich Brown Boveri für den Nachbau einer neu durchkonstruierten Ausführung bei der anstelle des Quetschfusses ebenfalls ein Pressglastersteller verwendet wurde. Es entstanden in der Folge verschiedene Musterröhren unter den Bezeichnungen TK 150-1, TK 150-2 und TK 150-3 die zum Teil für die sich abzeichnenden weiteren Einsatzmöglichkeiten mit einem Jumbo 4-pol Sockel ausgerüstet wurden.



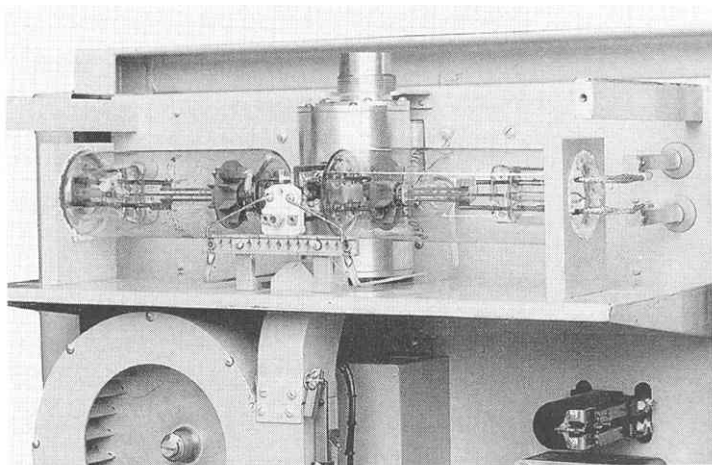
Zwei in ihrer Sockelart unterschiedliche Bauformen der TK 150-1.

Details der TK 150-1: Graphit-Anode, zentrale Halterung des Heizwendels im Kolbenboden.



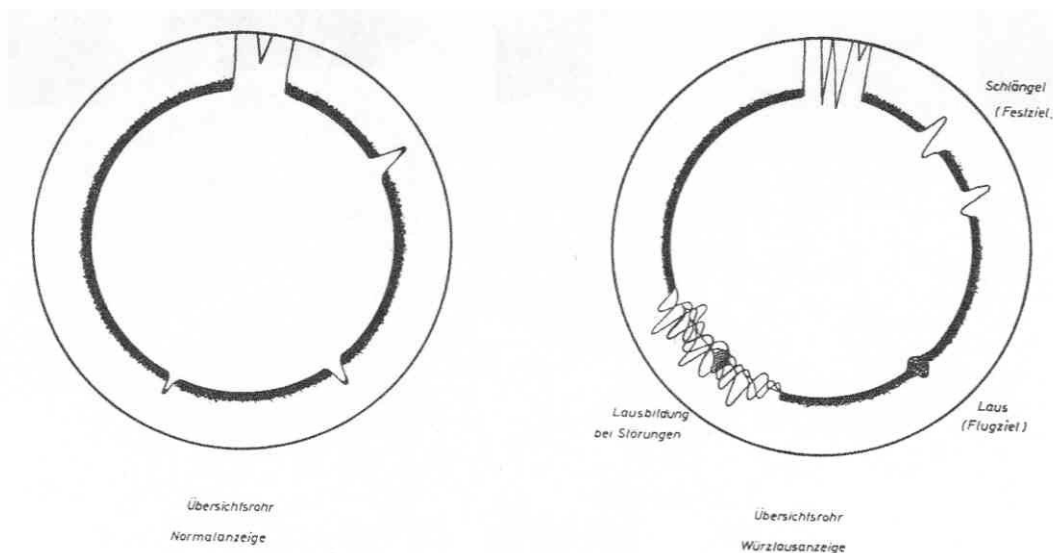
Brown Boveri hatte inzwischen von der Versuchssektion der PTT den Auftrag für die Entwicklung und den Bau eines 50 Watt Dezimeterwellensenders erhalten. In Zusammenarbeit mit der ETH - Zürich sollten mit diesem Sender, im Hinblick auf ein künftiges Richtstrahl- UKW- und Fernseh- Sendernetz, Ausbreitungsversuche durchgeführt werden.

**Die nachstehende Figur zeigt den mit zwei LS 180 ausgerüsteten Sender**



Als im März 1942 an der Atlantikküste bei Dieppe durch einen britischen Handstreich (Bruneval - Raid) die frequenzbestimmenden Teile (Dipol, Sender- Ueberlagerer, ZF-Teil) eines Würzburg Gerätes in englische Hand fielen, wurden in englischen und auch in amerikanischen Laboratorien mit Hochdruck aktive und passive elektronische Störverfahren entwickelt.

Im Sommer 1943 wurden von den Engländern bei einem Angriff auf Hamburg, erstmals in grossen Mengen Aluminiumstreifen sog. "Chaff" als passive Störmassnahme abgeworfen welche auf die Würzburg - Wellenlänge abgestimmt waren. Die nachstehende Figur zeigt links die ungestörte und rechts die mit „Chaff“ gestörte Darstellung der Entfernungsanzeigeröhre.

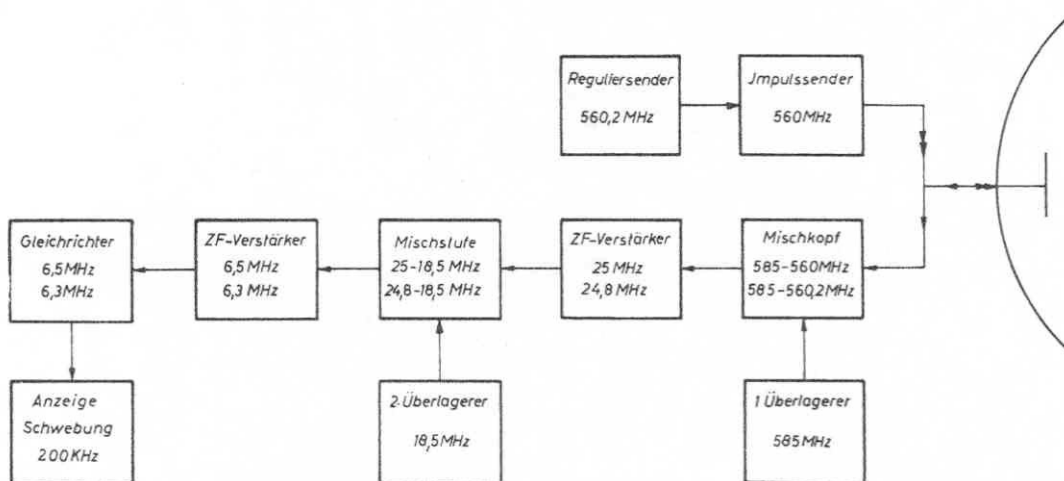


Infolge der relativ grossen Strahlbreite der Würzburggeräte verursachten diese künstlichen Reflektoren enorme passive Störung des Funkmessverfahrens was für die deutsche Flab und Luftwaffe einen nahezu unüberwindbaren Schlag bedeutete.

Die deutsche Führung sah sich gezwungen in Windeseile praktisch sämtliche verfügbare Forschungskapazität der Industrie und der Laboratorien der Universitäten für die Entwicklung geeigneter Gegenmassnahmen einzusetzen.<sup>(6)</sup> Von der Luftwaffenführung wurden für geeignete Lösungen Belohnungen in der Höhe von bis zu 1 Million Reichsmark in Aussicht gestellt. Obwohl die Würzburggeräte in der Folge mit diversen technischen Zusätzen zur Minderung dieser Störungen nachgerüstet wurden, konnten die ursprünglichen Einsatzerfolge jedoch nie mehr erreicht werden.

Bei den zwei Würzburg - Ausrüstungen die von der Schweiz im Sommer 1944 aus Deutschland beschafft werden konnten, handelte es ebenfalls um technisch bereits mehrfach modifizierte Exemplare. Diese verfügten mit der sog. Phasenregulierung (siehe Figur mit dem Blockschema auf der nächsten Seite) über eine interessante Nachentwicklung, in Form einer kohärenten Doppler - Auswertung, welche bei passiven Störungen **eine Verbesserung der Zielanzeige um ca. 13 dB zu erbringen vermochte**. Das Verfahren zur Sichtbarmachung des hochfrequenten Dopplereffektes war am physikalischen Institut der Universität Hamburg entwickelt worden.

Er besteht in seiner Grundanordnung darin, dass der Impulssender (IS) durch den im Dauerstrich schwingenden Reguliersender (RS), bei der Tastung zum Anschwingen in der vom RS bestimmten Phasenlage gezwungen wird.



Weicht die Frequenz des RS um einen gewissen Betrag von der des IS ab, so ergibt sich beim Empfang des reflektierten Signals eine Schwebung zwischen der Trägerfrequenz der RS - Frequenz. Da jede Tastung des Impulssenders vom RS phasenreguliert wird, bleibt die Schwebung beim Ausmessen eines entfernungs-mässig unbewegten Reflektors impulssynchron. Liegt die Schwebungsfrequenz innerhalb der Bandbreite des Empfängers, so zeigt sich eine sehr charakteristische Verformung des Echoimpulses zu einem „Schlängel“, der das stehende Bild der Schwebung wiedergibt. Wird jedoch ein entfernungs-mässig bewegtes Ziel an-gemessen, so ändert sich die Schwebungsfrequenz infolge des Dopplereffektes, und es tritt eine periodische Phasenänderung des Schwebungsbildes ent-sprechend der Radialgeschwindigkeit ein. Die Periodizität gleicher Phasenlagen zeigt eine Frequenz:

$$f_{ph} = \frac{2 ve}{\lambda}$$

worin  $f_{ph}$  in Hz,  $ve$  in m/s und  $\lambda$  in m einzusetzen sind. Für eine Radialgeschwindigkeit  $ve = 100$  m/s, wie sie beim Anmessen eines Flugzeuges auftreten kann, ergibt sich bei einer Wellenlänge von 50 cm die Frequenz von 400 Hz.

Das Auge des Beobachters vermag der Phasenänderung nur bis zu einer Frequenz von ca. 10 Hz zu folgen. Bei höheren Frequenzen wird das Schwebungsbild als „Laus“ wahrgenommen, die infolge ihrer eigenartigen Erscheinungsform ein ausserordentlich prägnantes Unterscheidungsmerkmal darstellt.

**Dieses Verfahren ermöglichte in begrenztem Umfange, dass das Zielecho eines Flugzeuges von einer „Chaff“ - Wolke unterschieden werden konnte!**

Für die Jägerführung mit der hierfür erforderlichen grösseren Reichweite existierte eine von Telefunken weiterentwickelte Version das **Fu.M.G. 65 Würzburg - Riese**.

**Das Foto zeigt eine Fu.M.G. 65 Würzburg - Riese Ausrüstung auf dem Gelände des Luftwaffenstützpunktes Gatow bei Berlin - Spandau, aufgenommen am 27.4.2007 vom Verfasser**



Die Fu.M.G. 65 Würzburg - Riese Ausrüstung stellte unter Verwendung des elektrischen Messteiles des Fu.M.G. 62 eine Sonderentwicklung dar, um für die Zwecke der Luftnachrichtentruppe und der Jägerführung ein weitreichendes Gerät mit hoher Peilgenauigkeit zu schaffen. Um die Forderung nach grosser Reichweite von ca. 50 - 70 km, hoher Peilgenauigkeit für Seiten- und Höhenwinkel ( $< 1/4^\circ$ ) sowie dem Freikommen von Bodenechos bei kleinen Höhenwinkeln entsprechen zu können, war das Fu.M.G. 65 mit einem Parabolspiegel von 7.5 m Durchmesser ausgerüstet. Entsprechend der grösseren Reichweite musste die Tastfrequenz des elektrischen Fu.M.G. 62 Messteils von 3.75 kHz auf 1.875 kHz halbiert werden. Für die Antenne wurde beim Fu.M.G. 65 der gleiche Dipol wie beim Fu.M.G. 62 verwendet, der mit seinem Abstand von 1.72 m vom Spiegelgrund und seiner Defokussierung von 75 mm die Verlagerung des Antennendiagrammes um  $\pm 1.5^\circ$  für den Peilschnitt bei 80 % erzeugte.

Bei stehendem Dipol wies das Strahlungsdiagramm eine Halbwertsbreite von  $\pm 3.5^\circ$  auf. Mit einer Senderleistung von 8 kW, Empfängerempfindlichkeit von 250  $kT_0$  und der Bandbreite von 300 kHz lag die Reichweite gegen kleinere Einzelflugzeuge durchschnittlich bei 70 km. Die Peilgenauigkeit ergab Durchschnittswerte von ca.  $\pm 0.15^\circ$

Nachdem nun, in Anbetracht der ersten von der Schweiz gekauften Radarausrüstungen, etwas ausführlicher auf die Technik eingegangen wurde nun zurück zum weitem geschichtlichen Verlauf der Würzburg Geräte Beschaffung.

Zweifellos war der Kauf der beiden Würzburg Geräte, durch die dem deutschen Nachrichtendienst erlaubte Zerstörung des in Dübendorf notgelandeten Messerschmitt – Nachtjägers, erleichtert und beschleunigt worden. Aber bereits seit dem Besuch der Schweizer Delegation im Reichsluftfahrtministerium (RLM) Berlin im November 1943, als eine Orientierung über die deutschen Radargeräte erfolgte, hatte die KTA die Beschaffung von zwei Würzburg - Geräten aus Deutschland beschlossen und begonnen in die Wege zu leiten.

Die Lieferung der beiden von der Firma Telefunken Berlin – Zehlendorf, entwickelten Fu.M.G. 62D Geräte erfolgte aus dem durch den Bombenkrieg nach Süddeutschland ausgelagerten Telefunken Werk Ulm. Mit ins Geschäft involviert wurde nun auch ihre Schweizer Vertretung die Telefunken Zürich AG.

#### **Anmerkung zur Telefunken Zürich AG**

Nach dem Ersten Weltkrieg gründete die deutsche Telefunken Gesellschaft im Jahre 1924, im Zuge der damals in der Weimarer Republik im Ausland betriebenen verdeckten Rüstung, das Technische Bureau Zürich. Die Absicht bestand Militärfunkgeräte künftig in der neutralen Schweiz zu entwickeln. Aus dem Technischen Bureau ging die Telefunken Zürich AG hervor, welche von Dr. A. Hänni geleitet wurde. Neben der Entwicklung von Militärfunkgeräten vertrat die Telefunken Zürich AG die Interessen der deutschen Telefunken Gesellschaft in der Schweiz, sie verfügte über einen Stab von Entwicklungs-Ingenieuren, besass jedoch keine eigene Fabrikationsabteilung. Die Seriefertigung der Geräte erfolgte beim Albiswerk in Zürich und der Autophon in Solothurn welche mit der Telefunken Zürich AG eng zusammenarbeiteten. Als in den 30er Jahren Importe vom Stammwerk in Deutschland aus politischen und später kriegsbedingten Gründen immer schwieriger wurden, wurde die Telefunken Zürich AG auch mit der Entwicklung von Funkgeräten für die Schweizer Armee und Flugwaffe beauftragt. Dr. A. Hänni galt als anerkannter Experte auf dem Funkgebiet und wurde verschiedentlich von der ETH Zürich als wissenschaftlicher Berater zugezogen, so u.a. auch von Professor C.F. Baeschlin für die Entwicklung von Verfahren für die Zeitsynchronisierung mit Funksignalen bei den geodätischen Vermessungen für die Schweizerische Landestopographie.

Nachdem die Geräte von Ulm in der Schweiz eingetroffen waren, erfolgte im Spätsommer 1944 die Installation und Inbetriebnahme durch Spezialisten von Telefunken Ulm und Telefunken Zürich auf dem Gelände des Militärflugplatzes Dübendorf. Im Anschluss fand ein Einführungskurs für die Vertreter der KTA und die Instrukoren der Flieger- und Flabtruppen statt. Von Seite der Flieger- und Flabtruppen wurde dabei das Fehlen von technischen Unterlagen für den Unterhalt sowie das ungenügende Ersatzmaterial beanstandet. Durch Vermittlung der KTA erklärte sich die Telefunken Zürich AG bereit die geforderten technischen Unterlagen zu erstellen und für die Nachlieferung des Ersatzmaterials aus Deutschland besorgt zu sein. Ein ausführliches technisches Handbuch wurde im Frühling 1945 vom der Telefunken Zürich AG nachgeliefert. Röhren für den Ersatz wurden zum Teil von Brown Boveri nachgebaut. Der Erwerb dieser beiden Muster sollte es ermöglichen Versuche durchzuführen, um festzustellen, ob sich die Geräte für die Fliegerabwehr eignen. In der Folge führte die KTA zusammen mit Vertretern der Flieger- und Flabtruppen auf dem Gelände der Flugplätze Dübendorf und Payerne eine Reihe von Versuchen und Abklärungen mit den beiden Fu.M.G. 62D Geräten durch. Diese erfolgten meist unter Federführung der zuständigen **KTA Sachbearbeiter Hans Hess und den Flab Spezialisten Joseph Moser**. Im Vordergrund stand dabei die Frage ob beim Einsatz für die Fliegerabwehr nachfolgende Anforderungen erfüllt werden konnten:

- **Sicherstellung einer Grobortung (Zielsuchen) bis zum 3 - 4 fachen der maximalen Geschützreichweite, um eine rechtzeitige Zielauswahl sicherstellen zu können.**



- Sicherstellen der genauen Zielortung bis zur doppelten Geschützreichweite um das Kommandogerät so zeitgerecht einsteuern zu können, dass der Zielbeschuss mit dem Einflug in den Wirkungsbereich der Flabatterie beginnen kann.
- Sicherstellen der Unabhängigkeit der Ortung von Wetter und Tageszeit.

**Die Würzburggeräte waren allerdings gegen Ende des Zweiten Weltkrieges gegenüber den inzwischen von den Alliierten eingesetzten SCR-584 Mikrowellen - Radars hoffnungslos veraltet!**

**Die Schlussfolgerung aus all den Versuche und Abklärungen mit den Würzburg Geräte lautete deshalb, dass diese inzwischen technisch überholt seien und somit für einen taktischen Einsatz in der Nachkriegszeit nicht mehr in Frage kämen!**

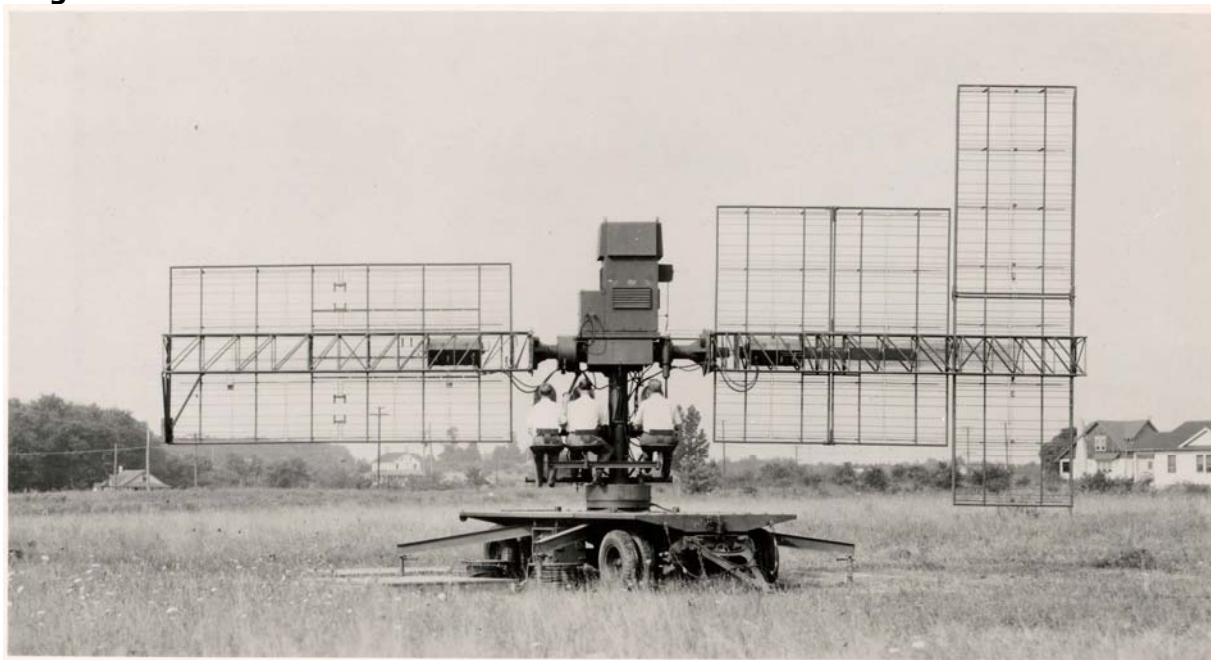
**Der Verlauf der Luftkriegsführung im Zweiten Weltkrieg mit den sich überstürzenden Ereignissen und den vielen Luftraumverletzungen, hatte der militärischen Führung der Schweizer Armee und dem Bundesrat drastisch aufgezeigt, dass eine Verteidigung der Neutralität nur noch mit Hilfe von modernen elektronischen Ortungsmitteln für die Frühwarnung und die Führung der Waffensysteme möglich ist. Sowohl bei der Kriegstechnischen Abteilung wie auch beim Kommando der Flieger- und Flabtruppen hatte man auf Grund von Informationen die über die Nachrichtendienste eingegangen waren, sowie eigenen Versuchen mit Ausrüstungen aus notgelandeten Flugzeugen und den aus Deutschland beschafften Würzburg - Geräten versucht die technische Entwicklung auf dem Radargebiet mitzuverfolgen. Gerne hätte man in der zweiten Hälfte des Krieges Radargeräte für die Unterstützung der Flab und den Aufbau einer witterungsunabhängigen Luftlage zur Verfügung gehabt.**

Aber erst nach Ende des Krieges als sich die Geheimhaltungsschleier bei den Siegermächten etwas gelüftet hatten, gelang es der KTA und dem Kommando der Flieger- und Flabtruppen Radarausrüstungen im Ausland zu besichtigen und teilweise sogar leihweise für Versuche in der Schweiz zu erhalten. Am 23.5.1945 also unmittelbar nach Kriegsende hatte der für Radarfragen zuständige Sachbearbeiter der KTA Hans Hess eine Besprechung mit einem amerikanischen Offizier über amerikanische Radargeräte für Flabanwendungen. Auf Grund dieser Kontaktnahme konnte eine Schweizer Delegation im Oktober 1945 ein SCR-584 Radar bei den amerikanischen Streitkräften in Frankreich besichtigen. Dank der hohen Präzision des für Flabzwecke, in der zweiten Hälfte des Krieges vom Radiation Laboratory des MIT, entwickelten SCR-584 Mikrowellen Radars konnten diese zusammen mit einem Vorhalterechner direkt zur Steuerung der Flabgeschütze verwendet werden. Mit der SCR-584 Ausrüstung gelang es den Engländern sogar deutsche V1 Flugkörper mit der Flab abzuschiessen.

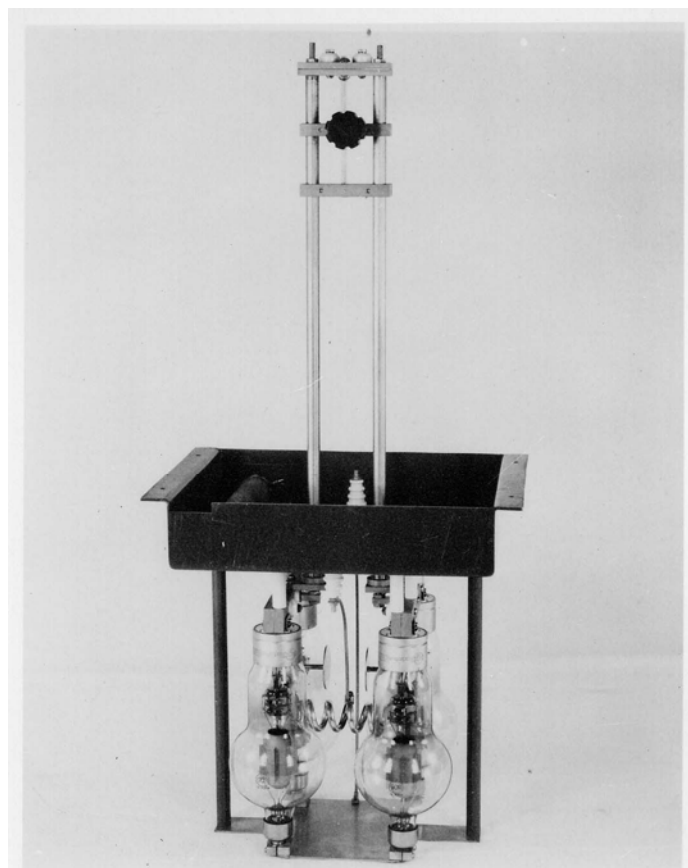
Die Bemühungen der KTA wenigstens einzelne SCR-584 Radarausrüstungen für Versuche zu beschaffen, scheiterten allerdings an der strikten Exportsperr der amerikanischen Regierung für moderne Radarausrüstungen.

Hingegen konnten im Oktober 1945 auf dem Militärflugplatz Payerne Versuche mit einer älteren amerikanischen SCR-268 Radarausrüstung (siehe nachfolgende Fotos) durchgeführt werden.

**Das SCR-268 wurde in den späten 30er Jahren im Ft. Monmouth Laboratory N.J. des amerikanischen Signal Corps für das Entdecken und Verfolgen von einzelnen Flugzielen entwickelt.**



FIRST AIRCRAFT DETECTION RADAR - The first aircraft detection radar in the United States was this SCR-268, developed and built at Fort Monmouth in 1938. Aircraft detection radars were vital to Allied victory in World War II in both the Pacific and European theaters.



21. Transmitter made up of four 806 vacuum tubes SCR-268-T1. Fort Monroe, October 1937

Das Radar arbeitete im VHF Gebiet auf einer Frequenz von ca. 205 MHz. Mit einer Senderleistung (siehe die untere Abbildung mit der Senderanordnung) von 50 kW und einer von 7 - 15  $\mu$ s einstellbaren Impulslänge konnten mühelos Ziele bis zur instrumentierten Messentfernung von 40'000 Yard entdeckt und verfolgt werden.

Die Empfangsantennen arbeiteten sowohl im Azimut- und im Elevationsbereich mit „lobe switching“ und ermöglichten eine Richtungsbestimmung mit einer Genauigkeit von  $\pm 1^\circ$ . Die beiden Abbildungen lassen jedoch deutlich erkennen, dass es sich beim SCR-268 Radar am Ende des Zweiten Weltkrieges um eine veraltete Ausrüstung handelte. Obwohl die Geräte aus amerikanischen Liquidationsbeständen für den Verkauf freigegeben waren, hätte eine Beschaffung für weitere Versuche in der Schweiz keinen Sinn gemacht.

Während sich die KTA nach Kriegsende vorwiegend mit Fragen der Radaranwendungen für Flabzwecke befasste, begann das Kommando der Flieger- und Flabtruppen mit Vorabklärungen für den Aufbau einer Frühwarn - Radar - Organisation. Durch die Aufstockung der Flugwaffe mit dem amerikanischen Jagdflugzeug Mustang P51 aus „Surplus“ - Beständen und der geplanten Beschaffung einer grösseren Anzahl von Düsenflugzeugen DH100 Vampire, drängte sich auch die Beschaffung von Radars für eine Schlechtwetter Landung sog. GCA Anlagen auf.

Aus den Vorabklärungen resultierte ein erster Entwurf vom 27.10.1947 für eine Frühwarn Radar Organisation Schweiz. Die Studie welche von Hpm. August Ettinger ausgearbeitet wurde, sah für eine Radarüberdeckung Schweiz ein Netz von 8 Radarstationen vor. Auf Grund von Rekognoszierungen aus der Luft wurden nachfolgende Radarstandorte vorgeschlagen:

Mt. Tendre, Creux du Van, Gäbris - St. Anton, Weissfluh, Mt. Raimeux, Lägern, Scopi, und Weisshorn.

Die Studie beinhaltete auch schon Vorschläge über allfällig für eine Beschaffung in Frage kommende Radargeräte:

- AMES-21 Wellenlänge 10 cm, Reichweite 150 km
- AN/TPS-1A Wellenlänge 24 cm, Reichweite 150 km
- MZPJ Wellenlänge 10 cm, Reichweite 80 km
- AN/CPS-1 Wellenlänge 10 cm, Reichweite 250 km

Das AN/CPS-1 Gerät (siehe Abbildung auf der nächsten Seite) war gegen Ende des Zweiten Weltkrieges vom Radiation Laboratory des MIT als „Early Warning Radar“ entwickelt worden und entsprach in den ersten Nachkriegsjahren zweifellos dem „state of the art“ für Frühwarn - Radarsysteme.

Das Antennensystem verfügte mit der „back to back“ Anordnung über eine „Tiefe“ und eine „Hohe“ Radarüberdeckung und ermöglichte mit dem schmalen Strahlungsfächer von  $0,8^\circ$  eine sehr genaue Azimutvermessung der Ziele.

Die Strahlungsdiagramme der beiden Antennen wurden durch lineare aus 108 Elementen bestehende Dipolanordnungen erzeugt. Für die Darstellung der Radarinformation waren fünf 30 cm PPI Anzeigekonsolen vorgesehen.



Das AN/CPS-1 Radargerät wurde vom Kommando der Flieger- und Flabtruppen als Favorit für die Ausrüstung der geplanten Frühwarnstationen ins Auge gefasst, war aber leider nicht lieferbar. Mit Brief vom 6.9.1948 teilte die KTA dem Waffenchef der FF Truppen mit, dass das von der Generalstabsabteilung für die Beschaffung vorgeschlagene AN/CPS-1 Gerät von der amerikanischen Regierung für den Export nicht freigegeben werde.

Anlässlich einer Besprechung vom 12.10.1948 beantragte Oberst K. Wuhrmann vom Kdo. der FF Truppen, die Entsendung einer KTA Mission nach USA zwecks Besichtigung von den neuen in Entwicklung befindlichen Frühwarnradargeräten.

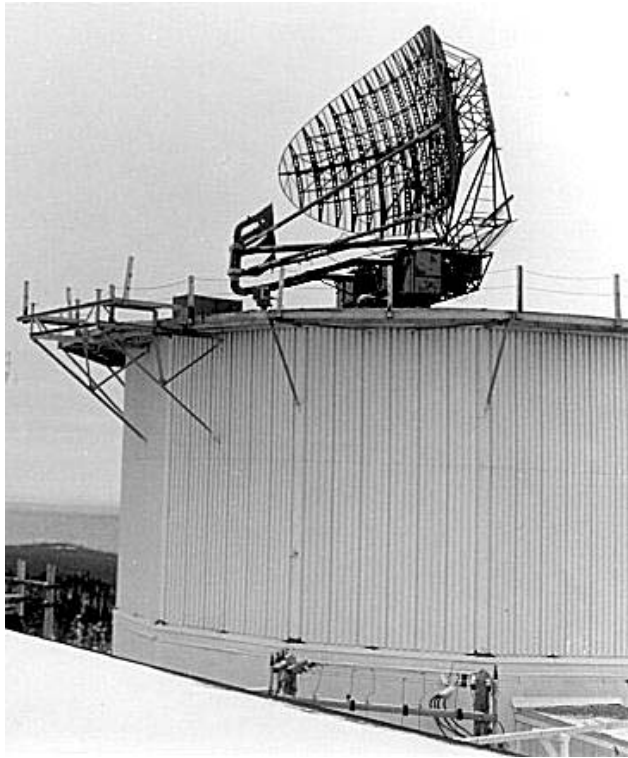
Wuhrmann war offenbar von einem ehemaligen Studienkollege welcher in den USA lebte, darüber orientiert worden, dass sich neue technisch weit fortgeschrittenere Frühwarngeräte in Entwicklung befinden.

Der etwas später erfolgte USA Besuch ergab, dass es sich dabei um das bei Bendix gebaute Frühwarnradargerät AN/FPS-3 und den bei der General Electric in Entwicklung befindlichen Höhenfinder AN/FPS-6, handelte.

Diese Radargeräte sollten in der von den US Streitkräften, für die frühen fünfziger Jahre geplanten „Pinetree Line“ Frühwarnkette, eingesetzt werden.

Die anschliessend durchgeführte Vorabklärung der KTA, betreffend einer Beschaffung dieser tatsächlich technisch weit fortgeschrittenen Geräte für die Schweiz, ergab wiederum, dass die amerikanische Regierung nicht gewillt war dafür eine Exportbewilligung zu erteilen.





Das von der Bendix gebaute im Frequenzgebiet von 1250 - 1350 MHz arbeitende AN/FPS-3 Radar hatte eine Reichweite von 200 Nautical Miles (370 km). Mit zwei Magnetron 5J26 erzeugte der Sender eine Impulsleistung von 750 kW. Diese Leistung wurde über eine mit 3,3, 5 oder 10 U/min rotierende Antenne abgestrahlt. Die Antenne erzeugte zwei in der Elevation gestaffelte Strahlungsfächer von  $1.3^\circ$  Öffnungswinkel. Damit konnte eine Azimutauflösung von ca.  $\pm 1^\circ$  erreicht werden. Das AN/FPS-3 System war bereits mit einem über eine Video Map gesteuerten MTI Zusatz für die Standzeichenlöschung ausgerüstet. Die Seriefabrikation für das Pinetree Line Network der USA begann im Jahre 1951.



Der von General Electric gebaute im Frequenzgebiet von 2700 - 2900 MHz arbeitende AN/FPS-6 Höhenfinder hatte eine Reichweite von 300 Nautical Miles (550 km). Mit dem stärksten von Raytheon je gebauten Magnetron, dem QK338A, erzeugte der Sender  $2\mu\text{s}$  Impulse von 5 Megawatt Leistung, mit einer PRF von 400 Hz. Die Leistung wurde über das Strahlungsdiagramm der Antenne (siehe Abbildung) welche einen horizontalen Öffnungswinkel von  $3.2^\circ$  aufwies in den Raum abgestrahlt. Die Antenne die im Azimut über  $360^\circ$  auf ein Ziel eingewiesen werden konnte, tastete mit wahlweise 20 oder 30 Nickbewegungen pro Minute die Elevation im Bereich von  $-2^\circ$  bis  $+36^\circ$  ab. Die Seriefabrikation begann im Jahre 1952.

Die azimutale Einweisung des Höhenfinders AN/FPS-6 auf das zu vermessende Flugziel erfolgte ab den PPI Anzeigekonsolen des Frühwarnradars AN/FPS-3. Mit dem Höhenfinder AN/FPS-6 konnte die Flughöhe von Zielen innerhalb einer Entfernung von 370 km mit einer Genauigkeit von 500 feet (300 Meter) vermessen werden. Die Höhenanzeige erfolgte auf der 30cm Bildröhre einer separaten Anzeigekonsole.

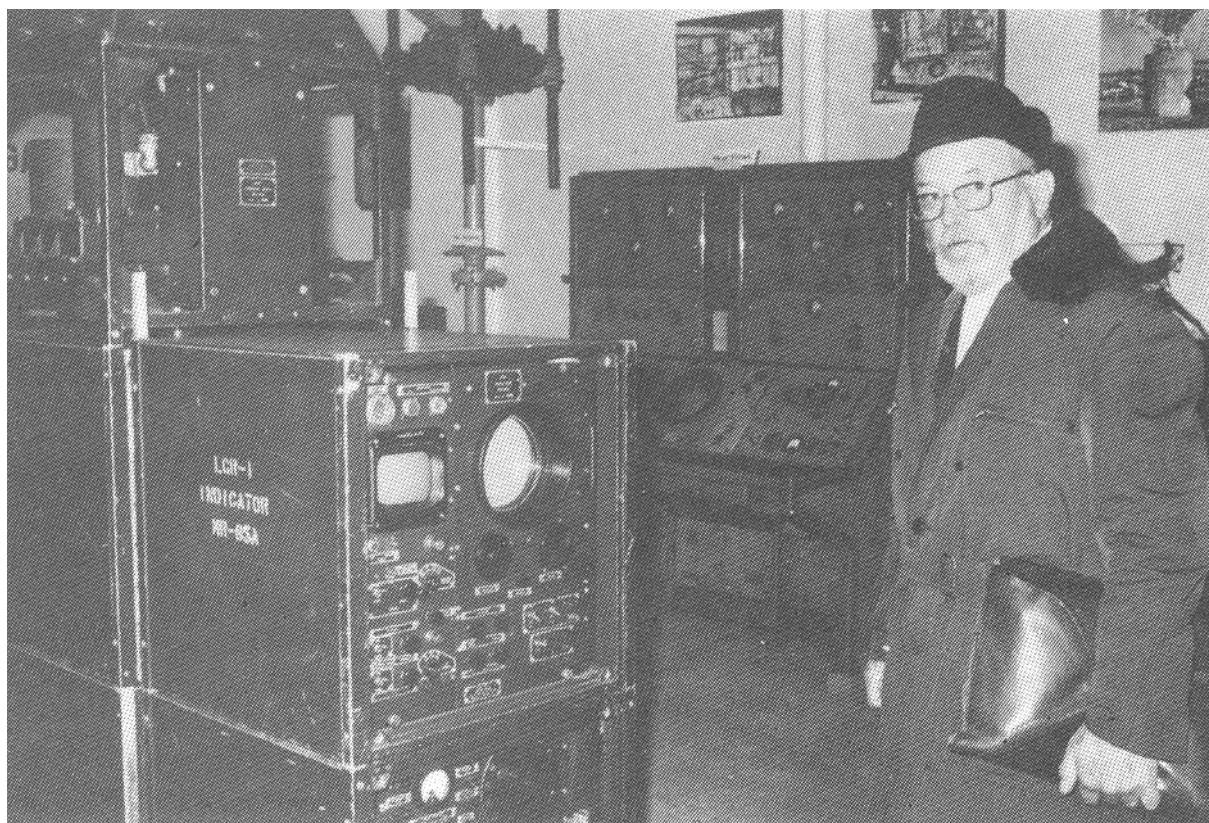
Zu Beginn des Jahres 1949 erteilte der damalige Kommandant und Waffenchef der Flieger und Flab Truppen, Oberstdivisionär Rihner, seinem Stab den Auftrag, einen definitiven Plan für die Errichtung eines Frühwarnradar-Netzes zu entwerfen.

Dieses Radarnetz sollte ermöglichen, den Luftraum über unserem Lande und ca. 100 - 200 km ausserhalb der Landesgrenzen möglichst lückenlos zu überwachen, um in einem späteren Zeitpunkt für die Jägerführung ausgebaut werden zu können. Dieser Auftrag bedingte das Beschreiten neuer Wege, auch im Vergleich zum Ausland.

Die topographischen Verhältnisse in der Schweiz verlangten, dass die Radarstandorte auf hohen Bergen (bis ca. 3000 m ü. M.) errichtet wurden, um eine radartechnisch ausreichende geographische Ueberdeckung zu erzielen. Es wurden hierzu eingehenden Abklärungen, verbunden mit Rekognoszierungen aus der Luft und Versuchen vor Ort durchgeführt. Mit einem aus amerikanischen Ueberschuss - Beständen beschafften, transportablen Radargerät des Typ LGR-1, wurden im Jahre 1951 durch das Kdo. der FF Truppen auf der Creux du Van und der Weissfluh ob Davos, Feldversuche zur Abklärung der Eignung dieser Standorte für Radarstationen durchgeführt.

Massgeblich betraut mit diesen Planungsaufgaben und Abklärungen war der damalige Sachbearbeiter im Stab der FF Truppen, Major August Ettlinger. Als erfahrener Militärpilot und begeisterter Alpinist und Skisportler führte er auch eigenhändig Rekognoszierungen aus der Luft und vor Ort auf den geplanten Radarstandorten im Hochgebirge durch.

**Das nachstehende Foto zeigt Oberst August Ettlinger vor den Einheiten des transportablen LGR-1 Radargerätes im Luftwaffenmuseum Dübendorf.**



Im Jahre 1951 erfolgte unter der Leitung von Major Ettinger eine Standortabklärung mit dem LGR-1 Radargerät auf dem Weissfluhgipfel oberhalb Davos. Da damals weder die später erbaute Luftseilbahn noch Helikopter für den Materialtransport zur Verfügung standen, mussten das Radargerät samt dem Material für die Wetterschutz - Baracke mühsam mit Saumtieren vom Weissfluhjoch Davos auf den Weissfluh - Gipfel transportiert werden.

**Die nachfolgende Aufnahme zeigt das temporär auf dem Weissfluhgipfel installierte LGR-1 Radargerät anlässlich der Standortabklärung für die spätere Frühwarnradarstation.**



Das Lightweight Ground Radargerät (LGR-1) arbeitete im L-Band im Frequenzbereich von 1220 – 1350 MHz und tastete im Gegensatz zum vorher erwähnten Würzburggerät den Luftraum mit einer rotierenden Antenne unter Ausnützung der Bodenreflexion über 360°, ab. Das Gerät wies schon viele Merkmale der späteren Mikrowellen-Rundsuchradars auf, verfügte jedoch noch über keine „Moving Target Indicator“ (MTI) Ausrüstung für das Ausfiltern der Standzeichen.

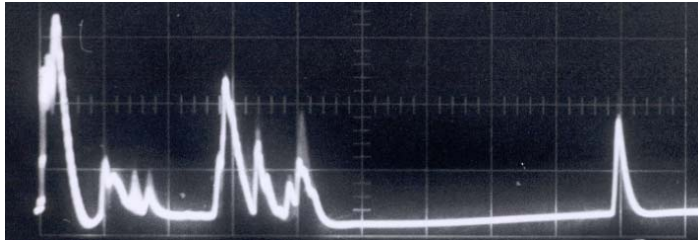


Das in 10 Lasten transportierbare Leichtgewichts-Radar LGR-1 wurde während des zweiten Weltkrieges von den Bell Telephone Laboratories entwickelt und von Western Electric und Bendix in grosser Anzahl gebaut. Diese Systeme kamen u.a. bei der Invasion der Alliierten in der Normandie sowie auf den fernöstlichen Kriegsschauplätzen für die Warnung vor feindlichen Bomber-Angriffen zum Einsatz. Bei einer Sendeleistung von ca. 400 kW und einer PRF von 360 – 400 Hz betrug die max. instrumentierte Reichweite ca. 160 Nautical Miles. Die Impulsbreite des Sendepulses betrug 2µs. Der Sender war mit einem im Frequenzbereich von 1220 – 1350 MHz durchstimmbaren 5J26 Magnetron ausgerüstet. Der Laufzeitketten - Modulator arbeitete noch als „Hard Tube Pulser“ mit Hochvakuumröhren als Schalter, da die ersten Wasserstoff – Thyratrons erst nach dem Zweiten Weltkrieg zur Verfügung standen. Die Stromversorgung mit 120 Volt 400 Hz erfolgte aus einem Benzin-Aggregat. Die Anzeige erfolgte auf einem PPI - Bildschirm von ca. 25 cm Durchmesser in den Entfernungsbereichen 20/40/80 oder 160 Nautical Miles. Mit einem zusätzlichen A - Scope konnten bei stillstehender Antenne einzelne Festziele eingepeilt und vermessen werden.

**Das nachstehende Foto zeigt die LGR-1 Radaranlage aufgebaut neben der ehemaligen Kurzwellensendestation des Militärflugplatzes Dübendorf anlässlich von Versuchen.**







Radarecho vom Antennenturm auf dem Uetliberg bei einer Vermessung mit dem LGR-1 Radar. Das Echo erscheint beim 9. Teilstrich der A - Scope Anzeige.

Der Schwachpunkt des LGR-1 Radars lag in der Antenne. Bedingt durch die relativ grosse Wellenlänge von ca. 20 cm des L - Band Radars und die durch den mobilen Einsatz des Gerätes bedingte geringe Antennenabmessung, betrug die Strahlbündelung im Azimut ca. 4° und in der Elevation ca. 12°. Dadurch erfolgte eine starke Dispersion des Strahlungsfächers.

Ein in der Elevation einigermaßen homogenes Antennendiagramm konnte nur unter Ausnützung der Bodenreflexionen dh bei einer Aufstellung des Radars in einer Bodensenke erreicht werden. Konnte diese Bedingung nicht erfüllt werden, bildeten sich Auszipfelungen im Antennendiagramm, so dass die vertikale Radarüberdeckung aus einer Vielzahl einzelner Strahlungsfinger, mit grösseren Lücken dazwischen, bestand. Eine zuverlässige Radarerfassung von Flugzeugen konnte damit natürlich nicht gewährleistet werden.

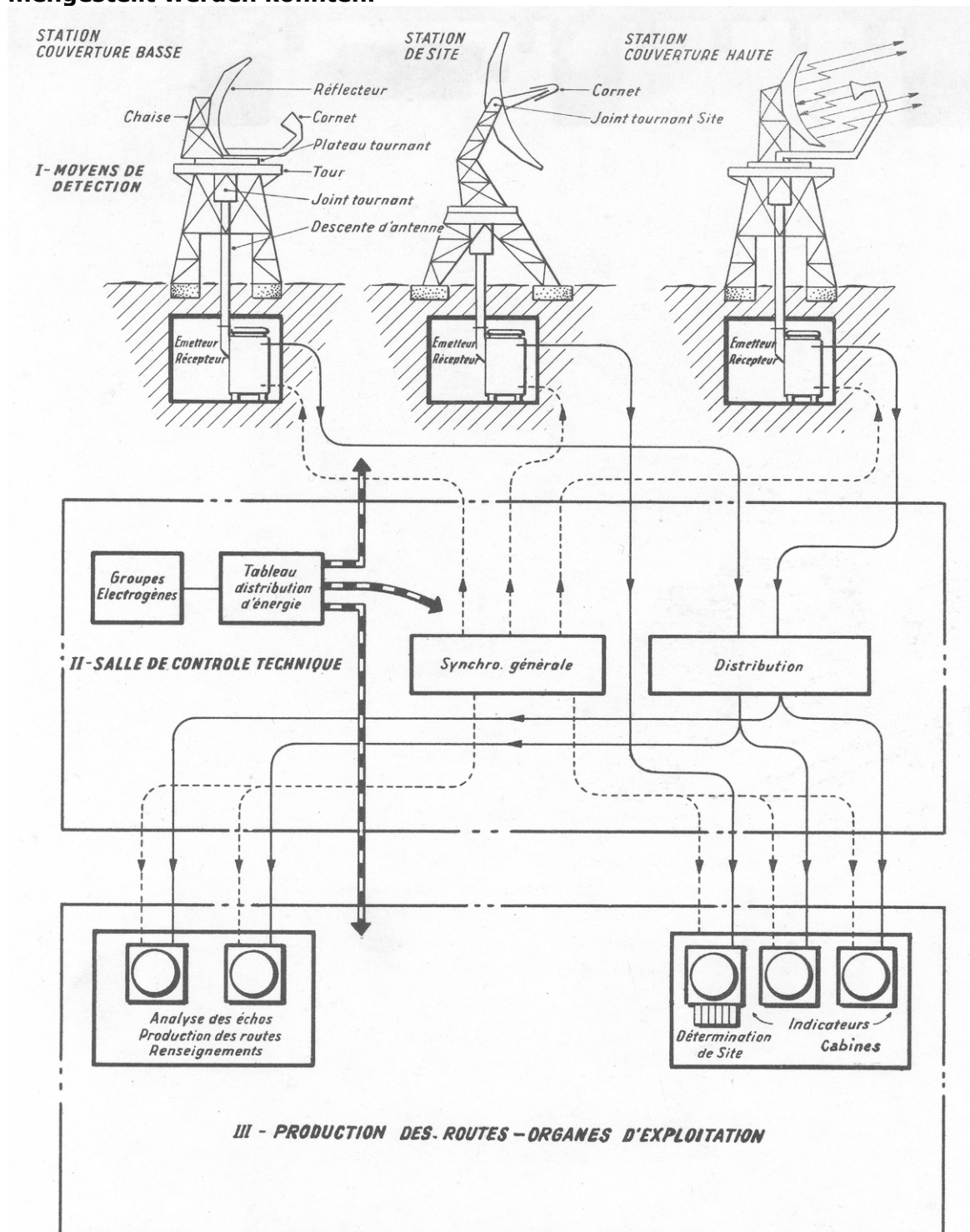
Beim Betrieb des LGR-1 Radars in unseren topographischen Verhältnissen wurde der Bildschirm zum grössten Teil mit Standzeichen überdeckt, die Ausrüstung eignete sich gut, für das Betrachten der umliegenden Geographie, das Auffinden von Flugzeugen war hingegen eher eine Glückssache. Aus diesen Versuchen konnte vor allem die Erkenntnis gewonnen werden, dass für den Einsatz auf den vorgesehenen Radarstandorten, Geräte ohne Standzeichenlöschung nicht in Frage kamen.

Nachdem das vom Kommandant und Waffenchef der Flieger und Flab Truppen und vom Generalstabschef, der Landesverteidigungs-Kommission sowie den parlamentarischen Räten vorgelegte Konzept einer Frühwarnradarorganisation die grundsätzliche Zustimmung erhalten hatte, musste das für die vorgeschlagene Lösung geeignete Ausrüstungen gefunden und beschafft werden. <sup>(7)</sup>

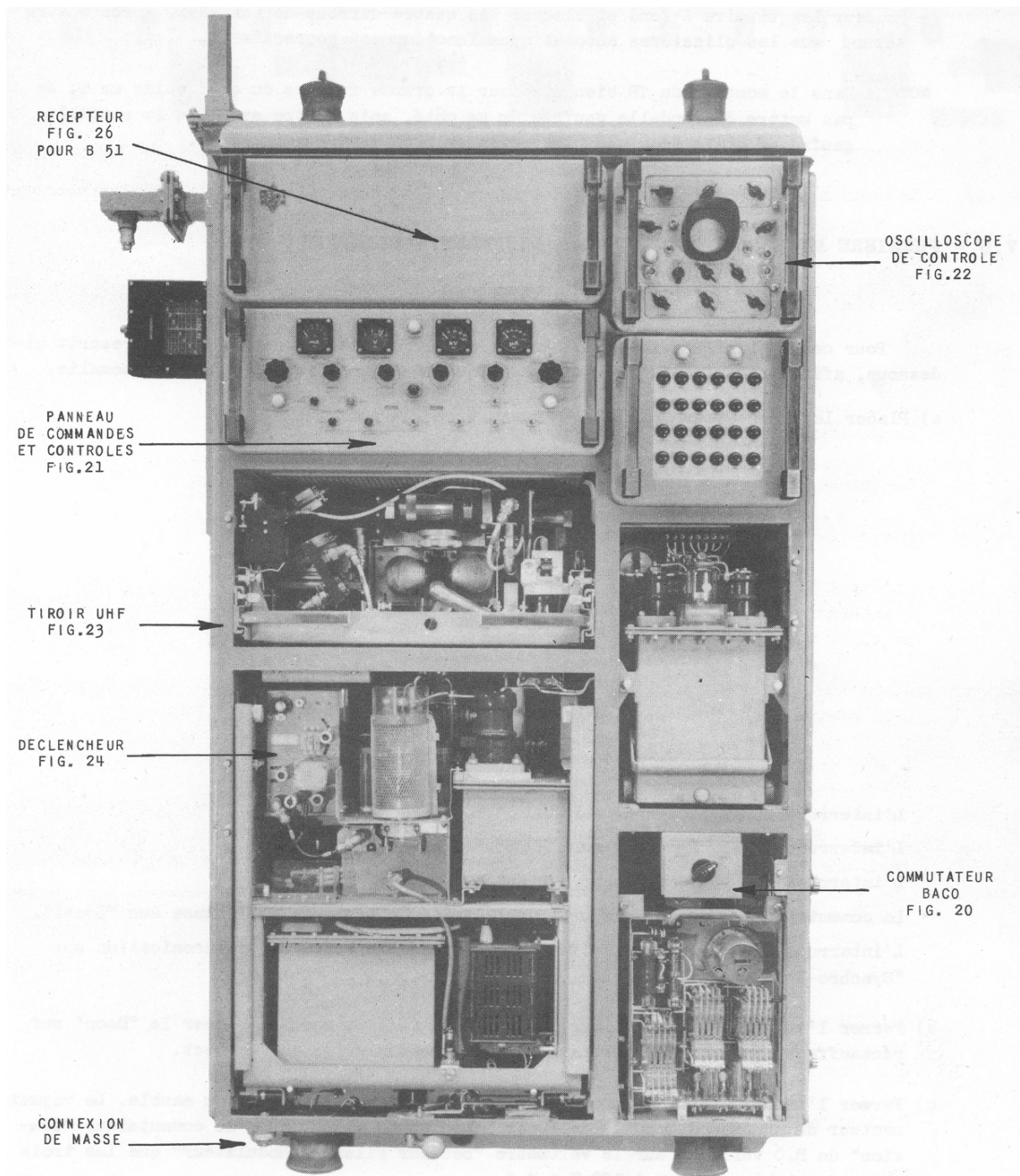
Wegen der sehr restriktiven Haltung der amerikanischen Regierung bezüglich dem Export von Radargeräten ins Ausland kam zum grossen Bedauern des Kdos. der FF Truppen die Beschaffung der Radarausrüstungen AN/FPS-3 und AN/FPS-6 welche zu Beginn der 50er Jahre zweifellos den fortschrittlichsten Entwicklungsstand aufwiesen, leider nicht zustande.

So musste sich die KTA bei der Beschaffung einer französischen Neuentwicklung zuwenden, welche die gestellten Anforderungen einigermaßen zu erfüllen versprach. Es wurden hierzu Kontakte mit der Firma Societe Francaise Radioelectrique (SFR) der Vorgängerin der Thomson - CSF Company aufgenommen. SFR hatte in den frühen 50er Jahren ein 10 cm Radar für die französische Marine entwickelt aus dessen Geräteeinheiten auch ein System zusammengestellt werden konnte, welche für die Installation an Land geeignet war. Es handelte sich hierbei um das Radar ER-220 "Goeland" (zu Deutsch Silbermöve) der Firma Societe Francaise Radioelectrique (SFR).

SFR hatte mit dem ER-220 Projektvorschlag (siehe nachstehende Figur), der KTA einen groben Entwurf eines Systems unterbreitet welcher sich aus bereits bei SFR vorhandenen Baugruppen zusammensetzen liess. Das vorgeschlagene Radarsystem arbeitete im S-Band auf diskreten Frequenzinseln im Bereich von 2910 – 3350 MHz und tastete mit zwei rotierenden Antennen die Höhenschichten des Luftraumes zweidimensional (nach Seite und Entfernung) ab. Ein separater Höhenfinder - Radar diente zum Vermessen der Flughöhe von einzeln ausgewählten Zielen. Nach weiteren Berechnungen zeigte es sich allerdings, dass für die von der KTA gewünschte vertikale Radarüberdeckung eine dritte Radarantenne erforderlich war. SFR schlug als Lösung die Verwendung einer Doppelantenne (Back to Back) für die Höhenüberdeckung „Tief – Mittel“ an Stelle der ursprünglich vorgesehenen „Station Couverture Basse“ vor. Die KTA akzeptierte diesen Vorschlag und bestellte am 31. Januar 1952 eine grössere Anzahl von Radarbaugruppen aus denen Radarsysteme nach eigener Architektur zusammengesetzt werden konnten.

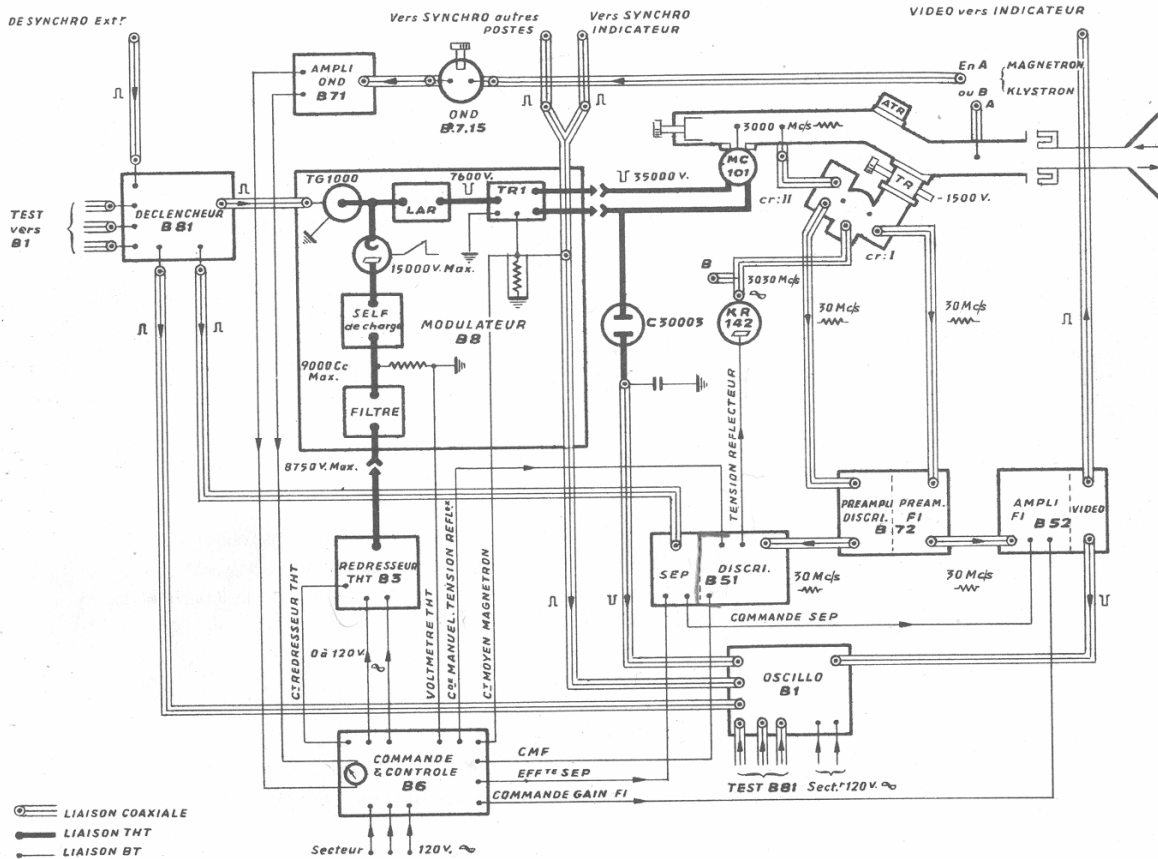


Die nachstehende Figur zeigt das ursprünglich für den Einsatz auf Kriegsschiffen die französische Marine entwickelte SFR Radarsendeempfangsgerät ESV2. Analog zum Radarsendeempfangsgerät waren auch die übrigen von SFR gelieferten Baugruppen, wie Radarantennen, Videoverteilergeräte und Anzeigekonsolen für den rauen Einsatz auf Schiffen sehr robust gebaut.

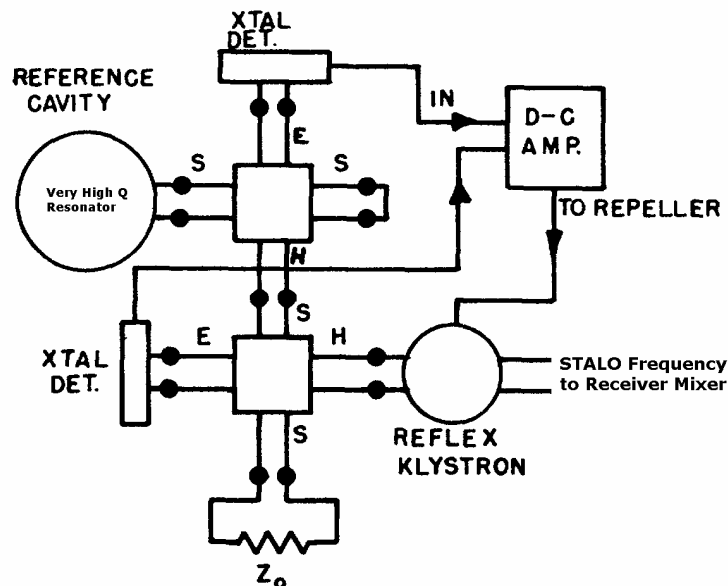


Das Frontende des Radarempfängers bestand aus einer einfachen Diodenmischstufe ohne Mikrowellenvorverstärkung. Der Rauschfaktor des Empfangssystems lag dementsprechend hoch bei ca. 15 dB. Als Ueberlagerungssoszillator für die Abmischung des Mikrowellensignals auf die Zwischenfrequenz von 30 MHz verfügte das ESV2 Gerät über ein einfaches Reflex Klystron. Der nachfolgende Zwischenfrequenzverstärker wies bei einer -3 dB Bandbreite von 2 MHz eine Verstärkung von 120 dB bei einem Dynamikbereich von ca. 30 dB auf. Das minimal im Empfängerrauschen erkennbare Nutzsignal „Minimum Discernible Signal“ (MDS) betrug ca. -98 dBm.

Aus nachstehender Figur ist das Blockscheema des ESV2 Radarsendeempfängsgerätes ersichtlich.

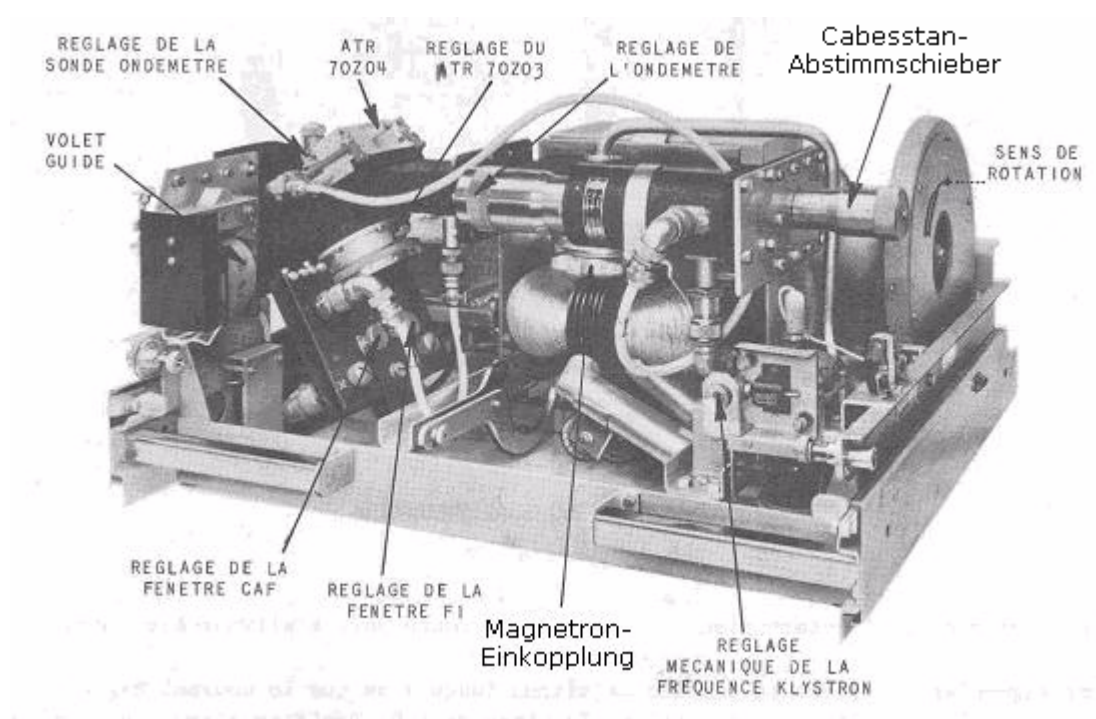


Da die Phasenstabilität des im ESV2 Gerätes vorhandenen Reflexklystrons für die hohen Anforderungen des MTI Betriebes nicht ausreichte, wurde von SFR mit der Einführung der Standzeichenlöschung ein zusätzlicher „Fréquence Stabilisateur“ (FS) für die Erzeugung der Empfänger Ueberlagererfrequenz nachgeliefert. Das Prinzipschema des „Fréquence Stabilisateur“ geht aus der nachfolgenden Figur hervor. Es handelte sich dabei um einen Reflex Klystron – Oszillator dessen Frequenz mit einem Hohlraum - Resonator (Reference Cavity) hoher Güte über einen Servokreis elektronisch stabilisiert wird. Um Unstabilitäten bei Erschütterungen vorzubeugen war der „Fréquence Stabilisateur“ in einem mit „shock - mounts“ ausgerüsteten separaten Gerät untergebracht.

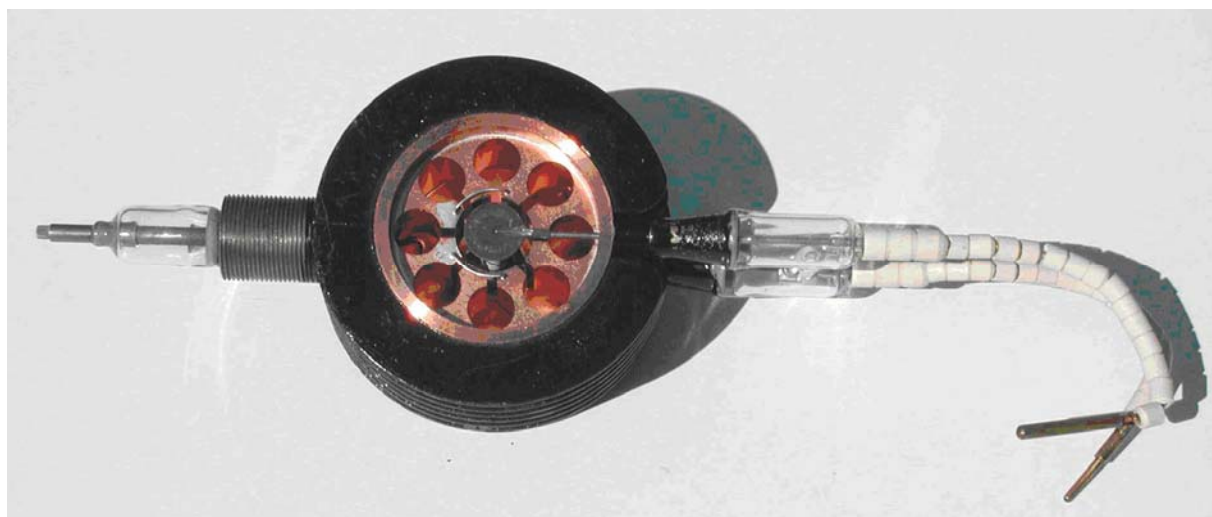




Die Figur zeigt den Mikrowellenteil des ESV2 Senderempfängers. Die Impulsleistung des Senders betrug ca. 350 kW. Ein sog. „Multi Cavity Magnetron“ diente als Senderöhre.



Das Foto zeigt das SFR „Multi Cavity Magnetron“ in geöffnetem Zustand. Das Magnetron wurde an der Kathode mit  $1\mu\text{s}$  Impulsen von 30 kV bei einem Impulsstrom von ca. 40 Ampere (1200 kW) hochgetastet und erzeugte dabei eine Mikrowellenleistung von ca. 350 kW.



Wie bereits vorher erwähnt waren infolge der bescheidenen Sendeleistung für eine lückenlose Radarüberdeckung des zu überwachenden Raumvolumens noch drei Radarantennen mit den zugeordneten Radarsendeempfangsgeräten erforderlich.

Zur Anwendung kamen dabei die in „Rücken an Rücken Position“ angeordnete Doppelantenne „Espadon“ für die Tiefe- und Mittlere- Radarüberdeckung und die Einfachantenne „Baleine“ für die Hohe- Radarüberdeckung.



Die Systems-Architektur basierte auf einer Impulswiederholungsfrequenz (PRF) von 500Hz was einer instrumentierten Reichweite von 300 km entspricht. Die aus heutiger Sicht sehr bescheidenen Systemparameter ergaben jedoch, gegen die damals mehrheitlich kleinflächigen Militärflugzeuge, **Reichweiten von kaum mehr als 80 km**. Der z.B. noch in Metall/Holz- Mischbauweise konstruierte Düsenjäger **DH100 Vampire** wies im Anflug ja lediglich einen **Rückstrahlquerschnitt von ca. 0.5 m<sup>2</sup>** auf.

**Das nachstehende Foto zeigt einen Ausschnitt der SFR Höhenfinder Antenne mit dem Hornstrahler und dem parabolischen Reflektor. Der Gewinn der sehr einfachen und bezüglich Seitenkeulen noch nicht optimierten Antennen lag bei 35 dB bei einem Seitenkeulenabstand von 20 dB .<sup>(8)</sup>**



Die drei azimuthal aufeinander synchronisierten Antennendiagramme leuchteten mit gewissen Lücken in der Vertikalen, das abgetastete Raumvolumen über 360° aus.

Die Präsentation der Videos erfolgte in Panoramadarstellung auf PPI - Anzeigegeräten wobei die drei Teilüberdeckungen einzeln ausgewählt oder gemischt zur Darstellung gebracht werden konnten. Der Höhenfinderradar verfügte über ein separates jedoch gleichartiges Senderempfängersystem wie die Rundsuchradars. Die Antenne führte eine kontinuierliche vertikale Nickbewegung aus und konnte zur Höhenvermessung manuell über einen elektromechanischen Servoantrieb auf die zu vermessenden Flugziele im Azimut ausgerichtet werden.

Die Präsentation des Höhenfinder-Videos erfolgte in Range Height Indicator (RHI) Darstellung auf einem separaten Anzeigegerät.

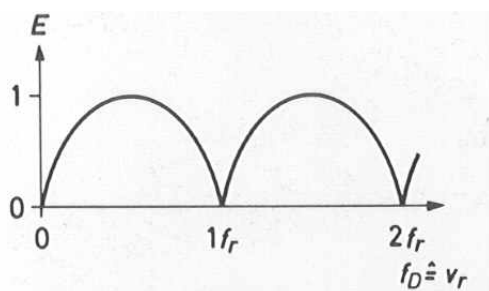
Auf Grund der seinerzeitigen Erkenntnisse bei den LGR-1 Versuchen stand von Anfang an fest, dass für die tiefe und mittlere Radarüberdeckung eine Standzeichenlöschung (MTI) erforderlich war.

Bei der Systemwahl wurde vom Radarlieferanten SFR eine elektrooptische Standzeichenlöschung (die später als „**Area - MTI**“ bekannt wurde) vorgeschlagen. Da sich jedoch dieses Verfahren bei der französischen Compagnie Générale de TSF erst in Entwicklung befand, wurde von der KTA eine auf der Auswertung des Doppler-Effektes mit Verzögerungsleitungen basierende Lösung bevorzugt.

Will man mit einem Pulsradar bewegte Ziele von Standzeichen trennen, so wird ein Vergleich der Radarechos aufeinanderfolgender Impulse gemacht (Moving Target Indikation oder MTI). Im einfachsten Fall entspricht dies einer Subtraktion der Echos zweier aufeinanderfolgender Pulsrepetitions-Intervalle. Durch die Bewegung des Zieles tritt eine Positionsänderung zwischen zwei Pulsen auf. Betrachtet man ein Flugzeug, das mit einer Radialgeschwindigkeit von 900 km/h (250m/s) gegen ein mit 1000 Hz PRF arbeitendes Radar fliegt, so bewirkt dies einen Laufzeitunterschied der Pulse von 1.6 Nanosekunden. Dieser sehr kleine Zeitunterschied kann technisch nicht direkt für die Trennung von bewegten und stehenden Zielen ausgewertet werden.

Auswertbar ist hingegen die durch den Dopplereffekt verursachte Phasenverschiebung zweier aufeinander folgender Echos bewegter Ziele. Die Dopplerfrequenz ( $f_d$ ) ist eine Funktion der relativen Radialgeschwindigkeit ( $v_r$ ) des Zieles und der Wellenlänge ( $\lambda$ ).

$$f_d = \frac{2 v_r}{\lambda}$$



Die daraus resultierende Phasenverschiebung ( $\Delta_\phi$ ) zwischen zwei Echos ist noch vom zeitlichen Abstand  $T_p = 1/\text{PRF}$ ) zweier Sendepulse abhängig. In nebenstehender Figur ist die Geschwindigkeits-Charakteristik eines MTI ersichtlich. E ist das Maß für die Empfindlichkeit in Abhängigkeit der Dopplerfrequenz.

$$\Delta_\phi = \frac{4 \pi}{\lambda} v_r T_p$$

Ein stehendes Ziel ( $v_r = 0$ ) verursacht keine Phasendrehung und kann somit von einem bewegten unterschieden werden.

Wird der Phasenunterschied gleich  $2 \pi$  oder ein mehrfaches davon, so kann man diese bewegten Ziele nicht mehr von stehenden unterscheiden, dh die Echos solcher Ziele werden durch die MIT Filterung ebenfalls wie Standzeichen unterdrückt.

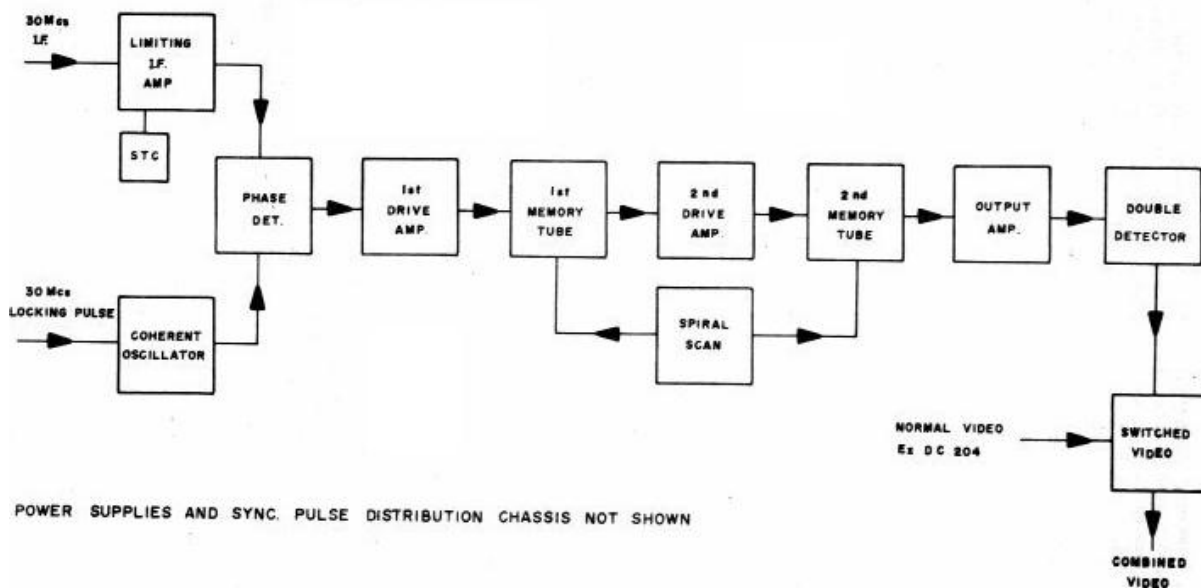
Die Radialgeschwindigkeiten, bei denen dieser Effekt auftritt, nennt man Blindgeschwindigkeiten ( $v_b$ ). Je nach Wahl der Sendefrequenz und der PRF können mehrere Blindgeschwindigkeiten im gewünschten Geschwindigkeitsbereich auftreten.

$$v_b = n \frac{\text{PRF} \cdot \lambda}{2} \quad n = \pm 1, 2, 3, \dots$$

Bei einem Radar mit einer PRF von 1000 Hz und einer Wellenlänge von 10 cm ergeben sich im Geschwindigkeitsbereich von 1400 km/h 7 Blindgeschwindigkeiten. Die erste tritt bei 180 km/h auf.

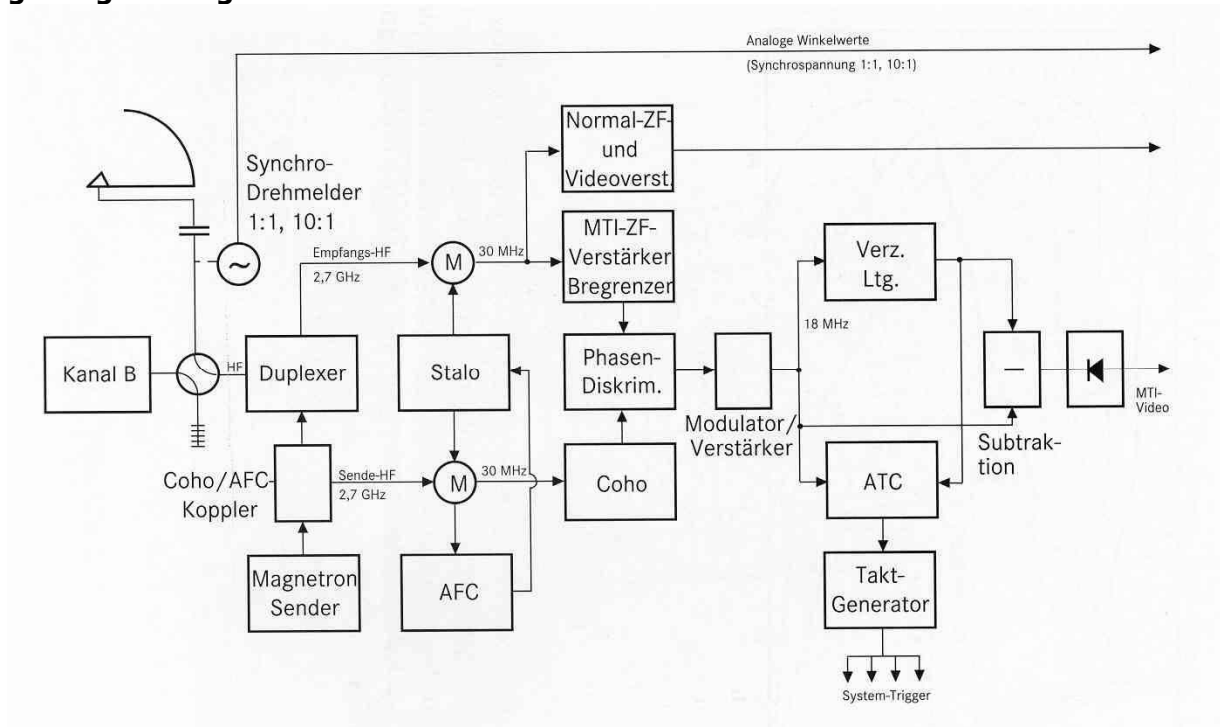
Für die Standzeichenlöschung hatte SFR wie bereits erwähnt, das von der französischen Firma Compagnie Générale de TSF entwickelte System mit der optischen Speicherröhre (siehe nachstehendes Blockschema) vorgeschlagen. Die kohärenten Signale z.B. des (n-ten) Impulszuges werden in einer Speicherröhre (Memory Tube) in Form von Teilladungen eingetragen und aufgespeichert. Beim Eintragen des nächsten n+1 - ten Impulszuges wird an jenen Stellen wo Standzeichen eingetragen worden sind, keine zusätzliche Ladung notwendig sein, während an Stellen, welche dem Standort mobiler Echos mit veränderlicher Amplitude entsprechen, zusätzliche positive oder negative Ladungen nötig sind, um die neuen Amplituden wieder a jour zu bringen.

Mit einer sog. Kollektoranode in der Speicherröhre werden diese zusätzlichen Ladungen registriert, nach aussen geführt und nach zweckmässiger Verstärkung wiederum auf den PPI Röhren zur Anzeige gebracht.

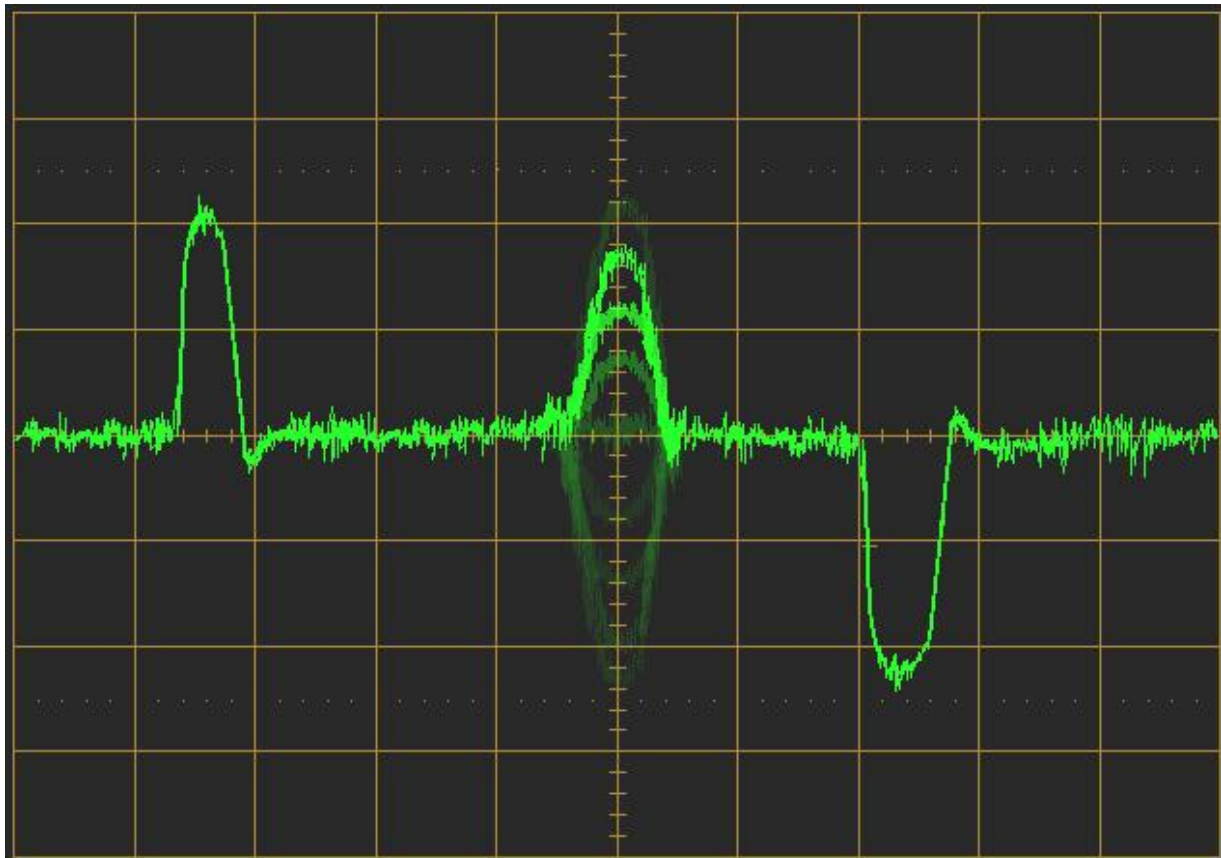


Als Standzeichenlösch-Ausrüstung wurde jedoch von der KTA eine von der Firma Laboratoire Central de Telecommunication (LCT) in Paris entwickelte Ausrüstung gewählt welche dem klassischen ursprünglich während des Zweiten Weltkrieges in den USA entwickelten Prinzips mit Ultraschall - Verzögerungsleitung entsprach. Das Gerät wurden in der Folge in der Schweiz durch die Firma Standard Telefon und Radio A.-G. in Zürich in Lizenz gebaut.

Die nachstehende Figur zeigt das Funktionsschema eines Radarsystems mit Magnetronsender und der klassischen MTI Ausrüstung mit Ultraschall - Verzögerungsleitung.

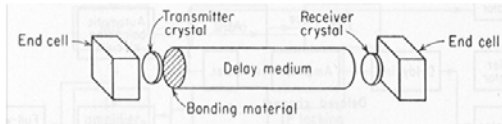


Die nachfolgende Abbildung zeigt das kohärente Video des MTI Systems am Ausgang des Phasen - Detektors. Das Signal in der Mitte der Abbildung weist eine Phasenmodulation auf welche durch den Doppler - Effekt eines bewegten Zieles hervorgerufen wird, die Signale links und rechts davon sind Echosignale von fixen Standzeichen.



**Um eine einwandfreie Standzeichenlöschung zu erreichen muss die Frequenzstabilität des Magnetron - Senders von Impuls zu Impuls innerhalb 10 - 20 kHz liegen.**

**Der stabilisierte Lokalszillator (STALO) des Empfängers erfordert noch eine wesentlich höhere Frequenzstabilität als das Magnetron, weil er bis an die Grenze des MTI Bereiches stabil bleiben muss. Vom STALO muss daher eine Stabilität von 30 Hz von Impuls zu Impuls, d.h. das  $10^{-8}$  fache seiner Frequenz verlangt werden.**



**Zur Speicherung des kohärenten Videos über eine Impulsperiode ( $1/PRF$ ) standen damals nur mit Quecksilber gefüllte Ultraschall Verzögerungsleitungen zur Verfügung.**

**Die Verzögerungsleitung muss aus denselben Gründen, auf  $\pm 0,02 \mu\text{s}$  bezüglich der Verzögerungszeit konstant gehalten werden, eine Forderung, welche bei der zur Anwendung kommenden Quecksilberverzögerungsleitung nur durch den Einbau in einen thermisch stabilisierten Schrank erreicht werden konnte.**

Im Betrieb stellte es sich rasch heraus, dass das Quecksilber durch die Berührung mit den vielen feinmechanischen Komponenten der mechanisch verstellbaren Verzögerungsleitung verunreinigt wurde.

Dadurch erhöhte sich die elektrische Dämpfung der Verzögerungsleitung über die zulässigen Grenzwerte, dies bedingte ein periodisches Auswechseln des Quecksilbers und eine peinlich genaue Reinigung der Quarzschwinger.

Der Aufbau des ersten ER-220 Radars erfolgte in den Jahren 1953/54 auf dem Versuchsstandort Bütschelegg der KTA oberhalb Belp, diese Anlage diente in erster Linie der eingehenden Erprobung der noch weitgehend unbekannteren neuen Technik.

Dabei konnten erste grundlegende Erkenntnisse über die tatsächliche Intensität der Standzeichen in unserem Gelände und die damaligen technischen Grenzen der „Moving Target Indicator“ (MTI) - Ausrüstungen gewonnen werden. Die mit der L.C.T. - MTI Ausrüstung erzielbare Subclutter Visibilität (SCV) lag im günstigsten Fall bei ca. 25 dB. Das hatte zur Folge, dass ein  $0,5\text{m}^2$  Radarziel welches in einer Entfernung von 50 km ein Echo-signal mit 8 dB S/N Ratio liefert, beim überfliegen der Standzeichengebieten mit den typischen 30 - 50 dB Intensität, vom Bildschirm verschwand.

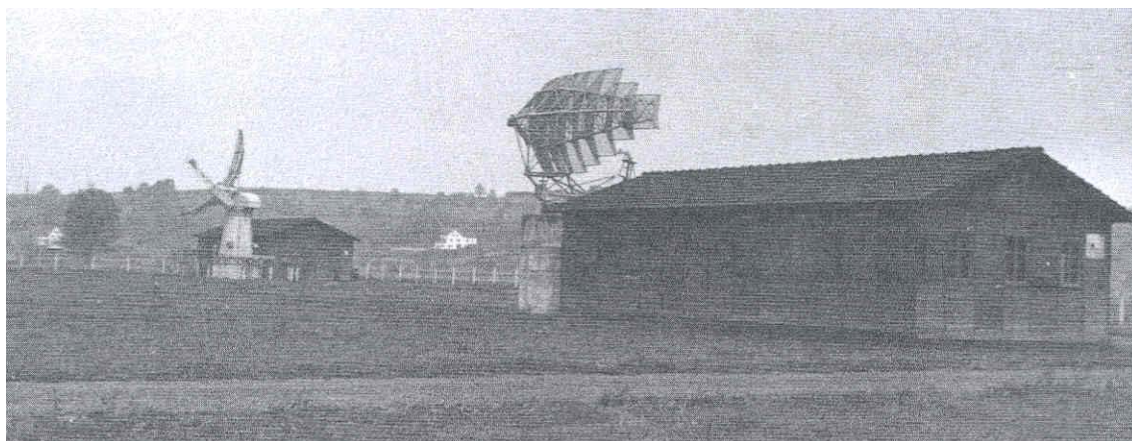
In einem von der Fachwelt mit Interesse verfolgten und später auch in der internationalen Fachliteratur häufig referenzierten Vortrag, schilderte der KTA Ingenieur M. Wildi an der Hochfrequenztagung des Schweizerischen elektrotechnischen Vereines (SEV) im Herbst 1954, die Problematik bei der Radarerfassung von Flugzielen über Standzeichengebieten. <sup>(9)</sup>

Parallel zu den Versuchen auf der Bütschelegg wurden Vorbereitungen für die Ausbildung einer Flieger Radartruppe getroffen. Der damalige Instruktor der Flieger Nachrichtenschule in Dübendorf, Oblt. Walter Dürig und spätere Kommandant der FF Truppen, war massgeblich an der Ausarbeitung der erforderlichen Ausbildungsunterlagen beteiligt gewesen.

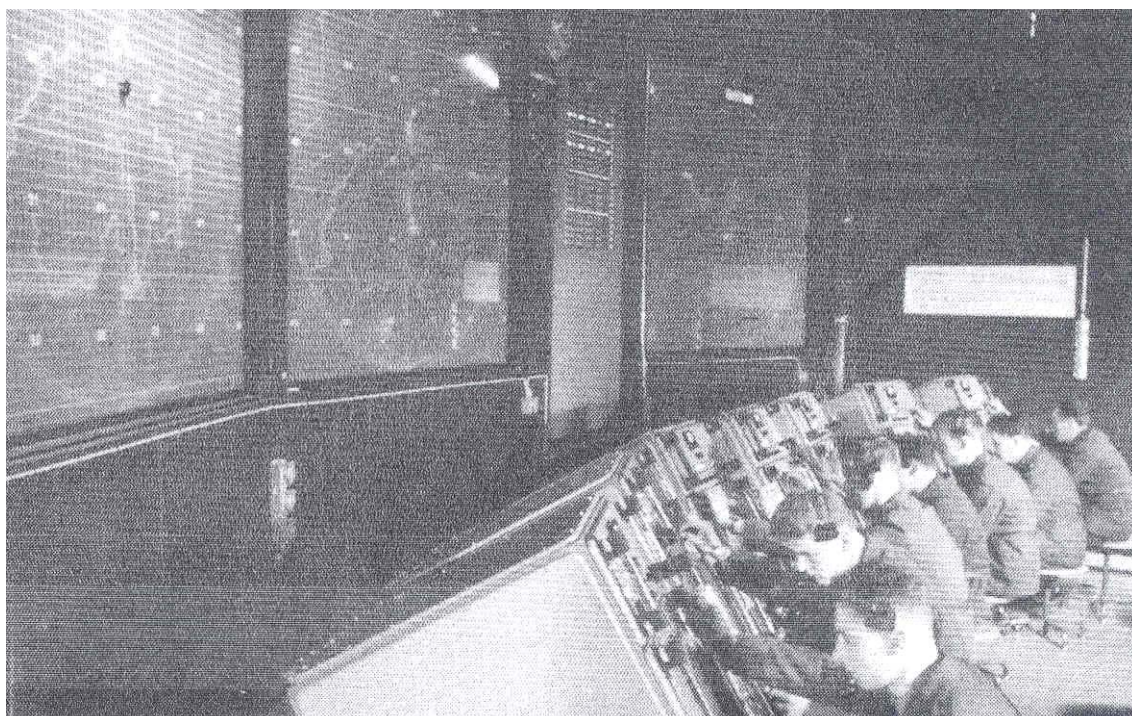


Die von ihm geschaffenen „Radartechnischen Grundlagen“ sind sicher allen Absolventen der späteren Radarmechaniker – Rekrutenschulen in bleibender Erinnerung geblieben.

**Nachdem die ersten Einführungen noch am LGR-1 Radar und am Würzburg Funkmessgerät erfolgten, wurde in Dübendorf das „Radardörfli“ auf dem Ausbildungsstandort Dürrbach, siehe nachstehendes Foto, mit der Radaranlage ER-220 hergerichtet.**



**Auf diesem Standort konnten erstmals auch die Aspekte der Radarauswertung etwas studiert werden, siehe den Auswerteraum der Radaranlage Dürrbach.**



Die physikalischen und technischen Grundlagen des Radars waren auf Beschluss der amerikanischen Regierung erstaunlicherweise schon kurz nach Ende des zweiten Weltkrieges, durch die Veröffentlichung des 28-bändigen Standardwerkes der M.I.T. Radiation Laboratory Serie, für die internationalen Fachwelt zugänglich gemacht worden. <sup>(10)</sup>

Im Gegensatz dazu blieben, die Verfahren über die Auswertung und Weiterverarbeitung der Radarinformationen in den am Weltkrieg beteiligten Ländern noch bis Mitte der fünfziger Jahre sorgsam unter Verschluss.

Dies hatte zur Folge das die Verfahren der Auswertung sowie die dazu erforderlichen Ausrüstungen, in der Schweiz von Grund auf studiert und unabhängig vom Ausland entwickelt werden mussten.

Zum Teil wurden dazu auch Entwicklungsaufträge an die Industrie vergeben, so z B für einen damals noch in Relais-Technologie gebauten Flugweg Totalisator an die Fa. Siemens - Albis in Zürich und eine Zielmarkierungseinrichtung für die Anzeigegeräte an die Firma Güttinger in Niedersteufeln.

Bei der Auswahl des für die Ausbildung und Umschulung auf das neue Radarsystem vorgesehenen Personales der Fliegertruppe wurden relativ strenge Kriterien bezüglich der Vorbildung angewendet.

Neben Umschulungskursen für bereits erfahrene Spezialisten aus der Fernmeldeindustrie sowie Hochschulabsolventen aus der Forschung wurden relativ viele Studenten für die militärische Grundausbildung in den Rekrutenschulen ausgewählt. Dies führte in der Folge zu einer relativ hohem Fachkompetenz in den militärischen Radareinheiten. Dadurch wurden die noch sehr beschränkten technischen Möglichkeiten und Mängel des ER-220 Radarsystems rasch erkannt und man versuchte deren Ursachen zu analysieren. Mit vielen aus Truppenkreisen initialisierten Verbesserungsvorschlägen wurde in den Jahren nach der Einführung versucht Unzulänglichkeiten zu beheben, mit dem Ziel die Systemsleistung zu verbessern. Zum Teil wurden unter Beizug schweizerischer Industriefirmen Zusatzausrüstungen entwickelt und später in Form von Modifikationen eingeführt. Neben Verbesserungen an den elektromechanischen Antrieben und den Drehplattenlagerungen der Antennen ist die Einführung der zentralen Überwachung und Regelung der zahlreichen und noch sehr unstabilen ZF- und Videokanäle, sowie das Ausrüsten der Radarempfänger mit Mikrowellen - Vorverstärkern zur Verbesserung der Erfassungswahrscheinlichkeit und damit auch zur Vergrößerung der Reichweite, zu erwähnen.

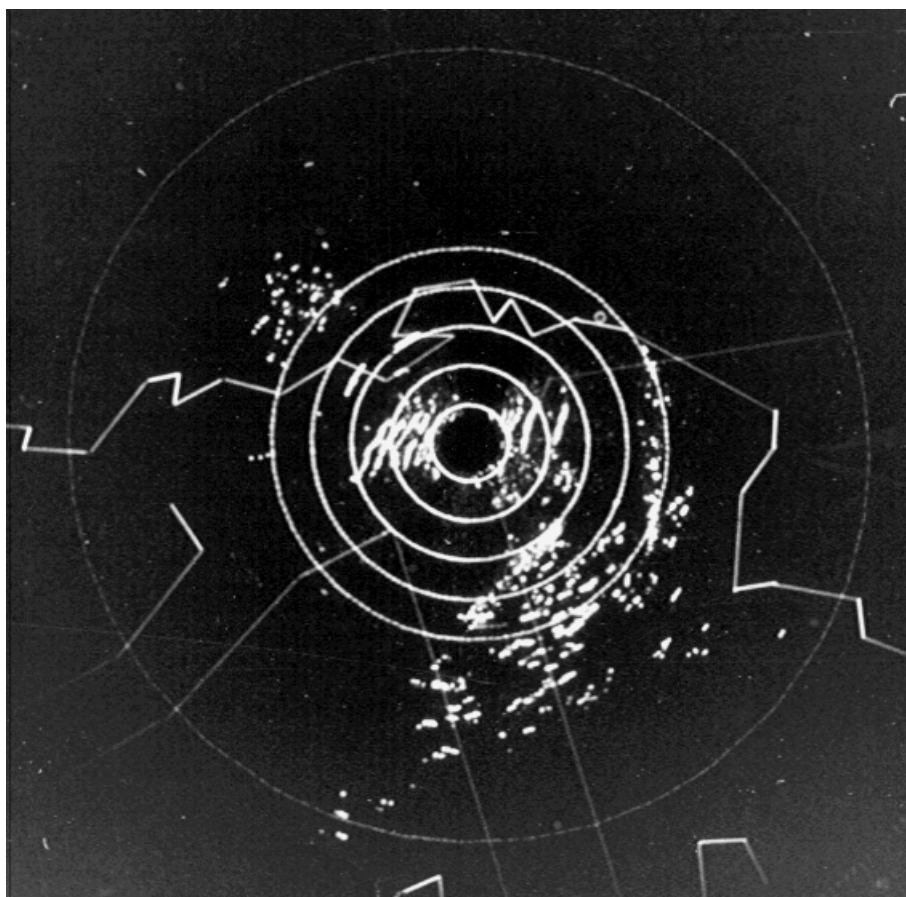
Obwohl es sich beim ER-220 Radarsystem um eine Nachkriegsentwicklung handelte und die französischen Systemsarchitekten zweifellos Zugang zu den zahlreichen Erfahrungsberichten der Alliierten über elektronische Störmassnahmen im Weltkrieg hatten, existierte erstaunlicherweise beim militärische ER-220 System noch keine Massnahmen gegen elektronische Störverfahren <sup>(11)</sup>

Die verwendeten Magnetronsender arbeiteten auf vorgegebenen fixen Frequenzinseln welche lediglich durch zeitraubende und heikle Abstimmprozeduren um ca.  $\pm 10\text{MHz}$  verändert werden konnten. Die linearen Empfänger verfügten über einen sehr bescheidenen Dynamikbereich von 30dB. Da der Haupt-/ Seitenkeulenabstand der Antennen zudem nur ca. 20 dB betrug, konnte das System mit einfachen Störsendern, aus grösserer Entfernung und über 360° Azimut, in die Sättigung getrieben werden. Im Zeichen des fortschreitenden kalten Krieges, angeregt auch durch Veröffentlichungen in ausländischer Fachliteratur in der zweiten Hälfte der fünfziger Jahre, wurden in der Schweiz erste Störversuche gegen das ER-220 Radarsystem durchgeführt. Die Versuche mussten anfänglich mit einfachen und oft improvisierten Mitteln durchgeführt werden.



Als Folge der dabei gesammelten Erkenntnisse sind etwas später einzelne Radarüberdeckungen auf Frequenz - Diversity erweitert worden. Durch die mit aufwendigen Röhrenschaltungen erreichte multiplikative Mischung der beiden Empfangskanäle, wurde der Störer gezwungen die Stör-energie auf ein breiteres Frequenzspektrum aufzuteilen. Gleichzeitig brachte die Einführung des Frequenz - Diversity - Verfahrens auch eine willkommene Verbesserung der Reichweiten im ungestörten Betrieb des Radars. Die Verbesserung durch die Einführung des „Diversity“ - Betriebes wurde allerdings, durch die bereits Ende der 50er Jahre in Erscheinung tretenden breitbandigen Carcinotron - Störsender, wieder zunichte gemacht. Erstmals konnten in diesen Jahren auch die Auswirkung der im benachbarten Ausland durchgeführten „Chaff“ - Störeinsätze auf das ER-220 Radarsystem studiert werden.

**Siehe in der nachstehenden Figur die durch „Chaff“- Abwurf verursachten streifenartigen Störungen.**



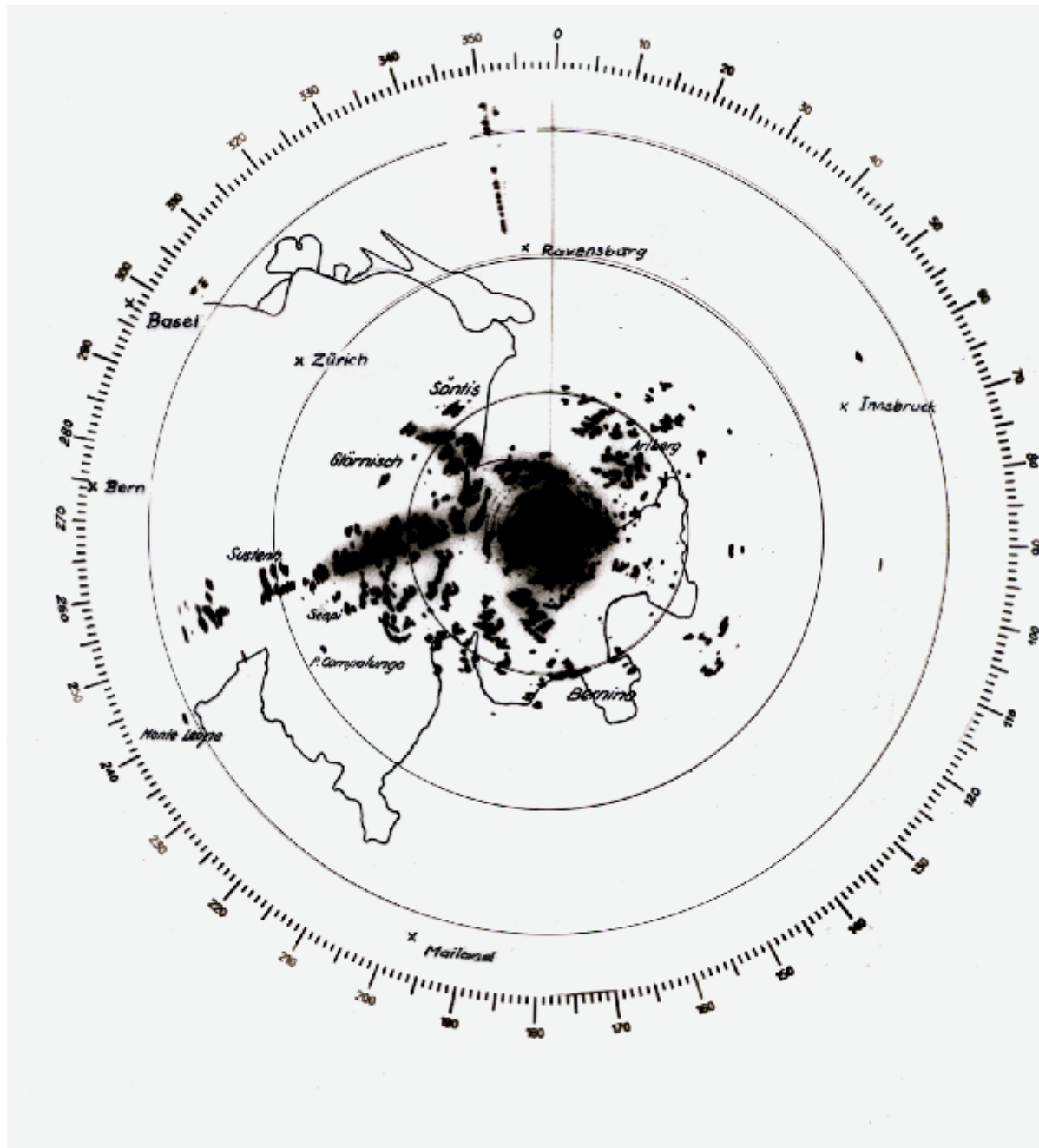
Begünstigt durch Windeinflüsse konnten die Auswirkungen der „Chaff“-Abwürfe auf die Zieldetektion mit dem noch unvollkommen geschützten Radarsystem zum Teil über Stunden verfolgt werden.

Obwohl damals die Einführung wirksamer Gegenmassnahmen gegen derartige passive Störmittel ausserhalb der technischen Möglichkeiten lag, konnten mit den Beobachtungen die wachsende Bedrohung der elektronischen Kriegsführung mitverfolgt werden.

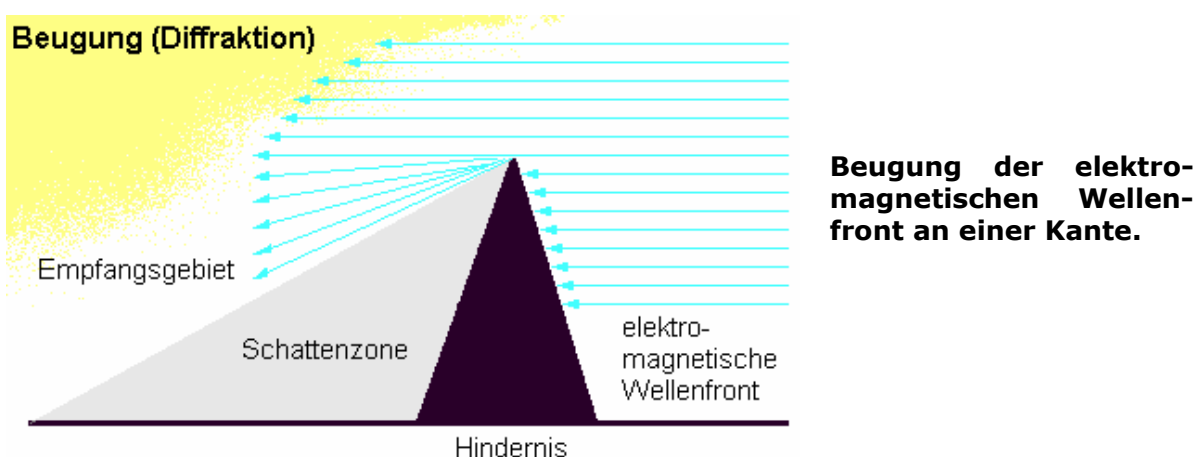
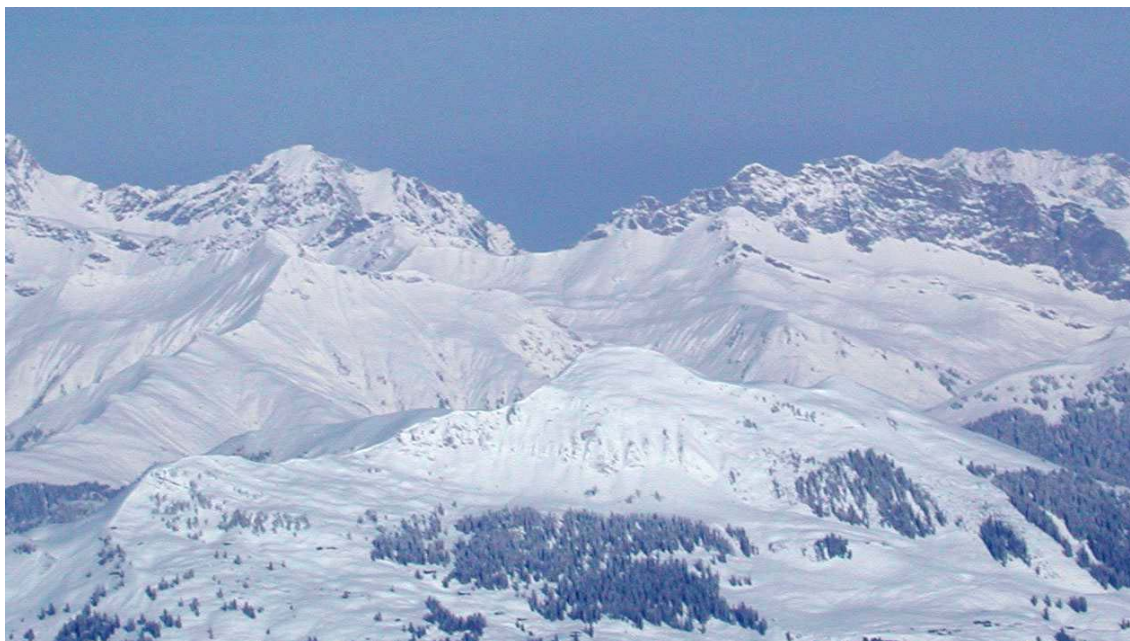
Der Ausbau der definitiven Radarstandorte im Gebirge begann im Jahre 1952 und dauerte infolge der zum Teil ausserordentlichen Schwierigkeiten beim Bauen im Hochgebirge über 10 Jahre.

Auf einem Gebirgsstandort konnte im Jahre 1958 erstmals eine Radaranlage ER-220 installiert werden. Bei den damit in der Folge durchgeführten Versuchen konnten erste praktische Erfahrungen mit den Radarüberdeckungen ab den Hochgebirgsstandorten gesammelt werden.

Die nachstehende Figur zeigt das Standzeichenbild mit der eingeblendeten Geographie. Die in einer Entfernung von 100 - 150 km auf Azimut 350° radial verlaufenden Echos entstehen durch die Bodenberührung der Radarkeule im süddeutschen Raum nördlich Ravensburg.



**Durch die Blendenwirkung des im Schesaplana - Gebiet gelegenen Schweizertor (siehe im nachstehenden Foto, das Schweizertor befindet sich in der Bildmitte) wird die Strahlungskeule im Azimut scharf eingegrenzt und durch Diffraktion nach unten gebogen. Dies hat zur Folge, dass die Strahlungskeule nördlich des Bodensees das Gelände anschneidet und damit die dargestellten Radarechos verursacht.**



Mit der sukzessiven Fertigstellung der übrigen Bergradarstationen erfolgte die generelle Verlegung der bis zu diesem Zeitpunkt in der Ausbildungsanlage Dürrbach durchgeführten Truppenübungen auf die Bergstandorte. Im Vergleich zu der im Rahmen des kalten Krieges erfolgenden rasanten Weiterentwicklung der Radartechnik, war das ER-220 Radarsystem bei der Installation auf den Bergstandorten technisch überholt. Desto Trotz konnten damit bei den zuständigen zivilen Verwaltungsstellen KTA und DMP sehr wichtige Erfahrungen gesammelt und Erkenntnisse daraus abgeleitet werden, welche später bei der Beschaffung und Einführung neuer und komplexerer Systeme eine wertvolle Basis bildeten.



## Quellenangaben

- 1) E. Bonjour, Geschichte der schweizerischen Neutralität, Bd. VII  
  
W. Rutschmann, Die Schweizer Flieger- und Fliegerabwehrtruppen 1939 – 1945  
  
F.H. Hinsley, British Intelligence in the Second World War, Vol. 1 – 3
- 2) Helvetica Physica Acta, Vol. XIX, F. Lüdi, BBC Baden, Zur Theorie des Magnetfeldgenerators für Mikrowellen.  
  
SEV, 10. Hochfrequenztagung, G. Guanella, Diskussionsbeitrag über Mikrowellen-Röhrenprobleme.
- 3) Kdo. Fk. Kp. 7, Hptm. Stuber, Zusammenfassender Bericht über UKW-Empfang auf dem Sphinxgipfel (Jungfraujoch)
- 4) ETHZ, Institut für Hochfrequenztechnik, Prof. F. Tank, H.K. Jenny, Untersuchungsberichte über Navigations- und Radarausrüstungen aus Kriegsflugzeugen.
- 5) Zusammenfassender Bericht der KTA über die Erprobung des Flab – Funkmessmessrätens Würzburg, April 1945.
- 6) Combined Intelligence Objectives, SHAEF London, Institutes of the „Bevollmächtigter für Hochfrequenz-Forschung“ in Germany.  
  
Flugfunk-Forschungsinstitut Oberpfaffenhofen, Prof. Dr. Max Dieckmann, Aus Hochfrequenztechnik und Flugfunk-Forschung.  
  
IEE, London, Prof. Russel Burns, Radar Development to 1945  
  
IEEE, Blumtritt, Petzold, Aspray, Tracking the History of Radar.
- 7) AFLF, A. Ettinger, Die Radartechnik hält Einzug bei den Fliegertruppen.
- 8) Eine Berechnung der Detektionsentfernung unter Annahme der oben aufgeführten Parameter gemäss der nachfolgenden (vereinfachten) Radargleichung ergibt tatsächlich eine Detektionsentfernung von nur ca. 86km.

$$R^4 = \frac{P_t G^2 \lambda^2 \sigma_t}{(4\pi)^3 k T_s B_n}$$

R	Detektionsentfernung
P <sub>t</sub>	Sendeleistung
G	Antennengewinn
λ	Wellenlänge
σ <sub>t</sub>	Zielquerschnitt

$(4\pi)^3$  Kugeloberfläche (zweimal)  
kTs eff. Empfänger - Rauschtemperatur  
Bn Systems - Rauschbandbreite

- 9) SEV, 18. Hochfrequenztagung, M. Wildi, Die Unterdrückung der Standzeichen bei Radar, Anwendung des Dopplereffektes.
- 10) National Defense Research Committee, Massachusetts Institute of Technology, Board of Editors, Radiation Laboratory Series, Vol. 1 - 28
- 11) NDRC, Summary Technical Report of Division 15, Radio Countermeasurements during WWII.
- 12) Es wurden auch auszugsweise Informationen aus der Frühzeit der schweizerischen Radaraktivitäten aus dem im Bundesarchiv Bern eingelagerten Dossier E5155 der KTA und Dossier E5460 des Kdo. der FF Truppen verwendet.