

Geschichte der militärischen Richtstrahltechnik bei AG Brown Boveri + Cie, Baden

Die Anfänge

Die Wirtschaftskrise der 30er Jahre hatte bei BBC tiefe Spuren hinterlassen. Maschinen und Anlagen für die Stromerzeugung, die Stromverteilung und die elektrische Traktion sowie elektrische Ausrüstungen für die Industrie waren seit den Gründerjahren die Schwerpunkte der Aktivität. Nach 1930 fiel der Markt für viele dieser Güter buchstäblich zusammen. Der Auftragseingang war 1933 nur noch etwa ein Drittel desjenigen von 1930! Entlassungen, hohe Verluste und eine Sanierung der Gesellschaft waren die Folgen. Diversifizierte Firmen, wie z.B. Siemens, erlitten vergleichsweise weniger Schaden. Als sich 1936 endlich wieder ein einigermaßen ausgeglichenes Ergebnis abzeichnete, begannen bei BBC bemerkenswerte Anstrengungen zur Diversifikation. Die Hochfrequenztechnik fand dabei eine spezielle Beachtung, nicht zuletzt deshalb, weil die PTT Pläne zum Bau eines Kurzwellenzentrums in Schwarzenburg bekanntgaben. Die Schweizer Industrie hatte sich mit der Hochfrequenztechnik im Vergleich zum Ausland wenig befasst. Gegenüber Ländern wie Deutschland, England und den USA bestand ein grosser Rückstand. Auf der anderen Seite war die technische Entwicklung, insbesondere bei der Nutzung der Frequenzen oberhalb von ca. 100 MHz, noch in vollem Fluss. An der Eidgenössischen Technischen Hochschule in Zürich befasste sich Professor Dr. Franz Tank mit Forschungen auf dem Gebiet der kurzen Wellen, so dass auch von dieser Seite her wertvolle Impulse kamen.

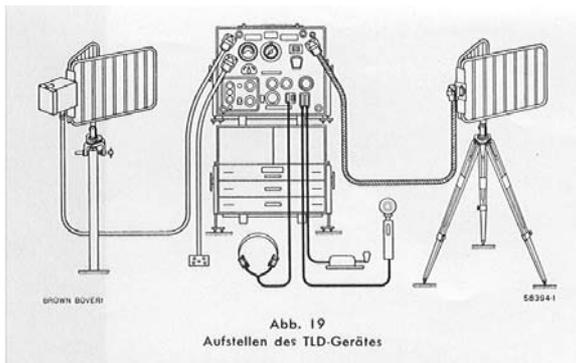
BBC rechnete sich Chancen aus, auf wichtigen Gebieten der Hochfrequenztechnik eine eigene Technik zu entwickeln. Eigene Konstruktionen und eigene Patente wurden als eine notwendige Voraussetzung für den wirtschaftlichen Erfolg angesehen. Diese Strategie hatte sich in der Vergangenheit bei BBC in vielen Gebieten bewährt. Man nahm die Diversifikationsanstrengungen mit bemerkenswerter Energie und Breite an die Hand. Kurzwellensender, Polizeifunk und grosse Elektronenröhren waren die ersten Tätigkeitsgebiete. 1939 begannen auch die Arbeiten am ersten Militärprodukt, der Kurzwellenstation TL BBC (SE-212). Es gelang rasch eine kreative Mannschaft zu bilden. Max Schiesser, Generaldirektor und später Delegierter und Vizepräsident des Verwaltungsrates, förderte persönlich den Vorstoss in das technische Neuland und gab so den kostspieligen Bemühungen den notwendigen Rückhalt. Elemente der Richtstrahltechnik gehörten schon bald auch dazu. Der Physiker Dr. Fritz Lüdi arbeitete an Oszillatordrühen für Höchsthfrequenzen und Gustav Guanella untersuchten die Eigenschaften der Frequenzmodulation, die damals in Europa noch selten zum Einsatz kam.

Man erkannte früh die Hauptvorteile dieser Modulationsart für den Richtfunk, nämlich die Verbesserung des Geräuschabstandes bei steigendem Modulationsindex, sowie die praktische Realisierbarkeit sehr linearer Kanäle, die sich für die Uebertragung von Trägerfrequenz-Mehrkanalsignalen eignen.

Die tragbare leichte Dezimeterstation TLD (SE-213)

1941 erhielt der Ingenieur Rudolf Schüpbach, später Direktor der Elektronikaktivitäten bei BBC, bei Professor Tank seinen Dokortitel mit der Dissertation "Studien über die Technik der Ultrakurzwellen im Bereich von 1 Meter Wellenlänge". Als praktisches Resultat dieser Studien entstand an der ETH ein Funktionsmuster einer frequenzmodulierten Richtstrahlverbindung. Bei der Kriegstechnischen Abteilung (KTA) interessierte man sich sehr für diese Arbeiten. Man kannte die Probleme des militärischen Leitungsbaues und wusste, dass in ausländischen Armeen erste Richtfunkgeräte bereits im Einsatz standen. Vor dem Krieg hatte die KTA mit Geräten der Firmen Lorenz und SFR auch erste kurze Versuche durchführen können.

Leutnant Schüpbach wurde für einige Zeit vom Aktivdienst mit seiner Einheit dispensiert, um mit der Versuchseinrichtung der ETH Feldversuche durchführen zu können. Die eine Station bezog ihre Stellung auf dem Jungfrauoch. Die andere begann ihren Einsatz in Interlaken und erhöhte dann sukzessive die Distanz. Als schlussendlich auch die Verbindung nach St. Chrischona bei Basel über eine Distanz von 120 km einwandfrei funktionierte, war man bei der KTA und der Abteilung für Genie von der Nützlichkeit des Richtstrahls überzeugt. Gustav Guanella von BBC setzte alle Hebel in Bewegung um einerseits Dr. Schüpbach zu engagieren und um einen Entwicklungsauftrag zu erhalten.

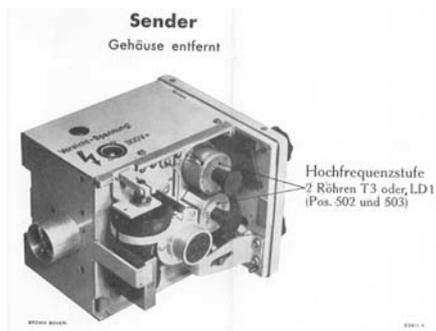


Mit der praktischen Realisierung befasste sich unter anderen ein junger Abendtechniker namens Rudolf Schweizer. Von ihm wird später in Zusammenhang der pulsmodulierte Station UKR noch zu berichten sein. Die Entwicklung der TLD zu einem industriellen Produkt erwies sich als weit schwieriger als erwartet.

Einerseits konnte man in der Schweiz noch auf keine Ingenieure mit praktischer Erfahrung zurückgreifen und andererseits wurde die Beschaffung von Bauteilen aus dem Ausland zunehmend schwieriger.

Im August 1943 wurden 7 Prototypen abgeliefert. Diese trugen die Firmenbezeichnung SET 9/2. Im November 1943 erfolgt die Bestellung einer ersten Serie von 100 Stationen. 1944 wurden weitere 50 Stationen in Auftrag gegeben. Zusammen mit kleinen Nachbestellungen ergab sich eine Gesamtstückzahl von 179 Stück. Es erfolgte nochmals eine grössere Ueberarbeitung. Das Seriegerät trug die Firmenbezeichnung SET 11/2.

Richtstrahl in der Schweizer Armee



Die Beschaffungssituation für Bauteile hatte sich weiter verschärft, so dass man nahezu alles im Lande herstellen musste. BBC beispielsweise baute nicht nur Kleinröhren für das geforderte Frequenzband, sondern musste auch die Karbonylkerne für die Hochfrequenzspulen selbst herstellen. Es wurden sogar künstliche Quarzkristalle gezüchtet. Im nebenstehenden Bild ist der Sender des TLD Funkgerätes ersichtlich, als Senderröhren wurde die deutsche Wehrmachtsröhre LD1 verwendet.



Wegen Beschaffungsproblemen gegen Ende des Krieges versuchte Brown Boveri die Telefunken Röhre LD1 (Röhre links im Bild) unter den Bezeichnungen T5 und T3 nachzubauen (Röhre rechts im Bild). Als dies nicht gelang wurden die TLD Sender mit der Original Telefunken Röhre LD1 bestückt. Die KTA beschaffte dafür nach Ende des Krieges eine grössere Anzahl dieser Röhren aus deutschen Restbeständen bei der STEG-Behörde.

Die Fabrikation wurde dadurch stark verzögert und die Vorläufergeräte gelangten erst bei Kriegsende, im Mai 1945, zur Ablieferung. 1947 war die Fertigung abgeschlossen. Die Buchhalter von BBC hatten an diesem Auftrag keine Freude, schloss er doch mit einem grossen Verlust ab. Auch bei der Truppe hatte im allgemeinen die TLD keinen guten Ruf. Die Zuverlässigkeit liess zu wünschen übrig, hauptsächlich bedingt durch die kriegsbedingten Materialprobleme. Dazu kam, dass man nur für die Funkerkompanien der Armee-Korps und der Armee sowie für die Fliegertruppe die dazugehörigen Mehrkanalgeräte beschaffte. Auf der Stufe Division, wo sich das Gros der TLD befand, war keine Mehrkanalübertragung möglich. Da die Rufsignalübertragung richtigerweise ein Bestandteil der Mehrkanalgeräte war, konnte man die TLD-Strecken nicht in die Telefonnetze der Divisionen integrieren. Ein weiteres Problem stellte die leichte Abhörbarkeit dar. Entgegen der ursprünglich angenommenen engen Bündelung des vermeintlichen Richtstrahles zeigten die praktischen Einsatz Erfahrungen das die Emissionen der TLD Funkstrecken über relativ weite Gebiete abgehört werden konnte. Die TLD hatte aus diesen Gründen keinen grossen taktischen Nutzen.

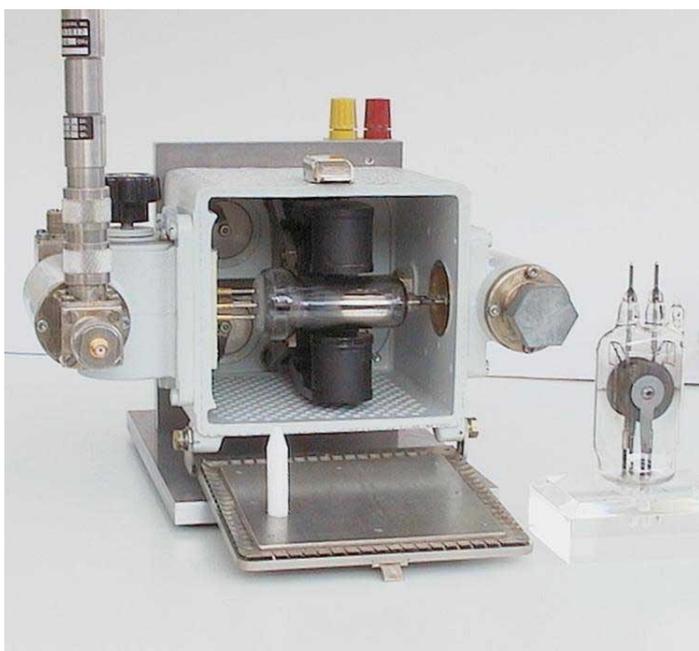
Technisch interessierte Offiziere bauten aber trotz dieser Mängel umfangreiche TLD-Netze auf und zeigten damit die grundsätzlichen Möglichkeiten des transportablen Richtstrahles in der Feldarmee auf. Zumindest die Planer wurden von dessen Nützlichkeit überzeugt, trotz oder sogar wegen, unseres coupierten Geländes.

Die pulsmodiulierte Richtstrahlstation UKR

Die bei der TLD benutzte Wellenlänge von 1 Meter erlaubt noch keine sehr starke Bündelung. Die Energie wird deshalb nicht nur in der Richtung zur Gegenstation abgestrahlt, sondern kann auch aus stark abweichenden Richtungen gut empfangen werden. Dies erleichtert das Abhören der Verbindungen sowie deren gezielten Störung durch den Gegner und erhöht die Wahrscheinlichkeit gegenseitiger Beeinflussung zwischen Richtstrahlstationen. Man suchte deshalb bereits vor dem zweiten Weltkrieg nach Möglichkeiten, die Zentimeterwellen für den Richtstrahl zunutzen.



Die Arbeiten von Dr. Fritz Lüdi mit Mikrowellenoszillatoren, zunächst an der ETH und später bei BBC, wurden bereits erwähnt. Dr. Lüdi konstruierte unter anderem den sogenannten Turbator (siehe nebenstehendes Bild), ein Einresonator-Magnetron, dessen spektrale Reinheit die grundsätzliche Verwendbarkeit für Richtstrahlsender möglich machte.



BBC glaubte mit dem Turbator eine Schlüsselkomponente für die Mikrowellen-Richtstrahltechnik zu besitzen.

Im nebenstehenden Bild ist der geöffnete Senderoszillator der späteren Anlage IM 23 (zivile Bezeichnung) oder RB (militärische Bezeichnung) mit der Turbator-Röhre ersichtlich.

Richtstrahl in der Schweizer Armee

1940 war aber die allgemeine Mikrowellentechnik für ein industrielles Produkt noch nicht reif. In England und etwas später auch in den USA wurde während des Krieges sehr intensiv gearbeitet. Im Vordergrund stand die Radartechnik. Als eine Art Nebenprodukt der Radartechnik entstand in England das pulssphasenmodulierte Richtstrahlgerät WS 10 mit einer Kapazität von 8 Kanälen. Der Träger hatte eine Wellenlänge von ca. 7 cm. Als eine Weiterentwicklung aus dem WS 10 entstand in den USA die AN/TRC-5 und 6. Diese Mikrowellen-Richtstrahlgeräte der Alliierten kamen 1944 bei der Invasion in der Normandie erstmals zum Grosseinsatz. Auch bei Telefunken in Deutschland arbeitete man in den letzten Kriegsjahren an einer ähnlichen Technik. Ein einsatzbereites Produkt entstand aber während des Krieges nicht mehr.

Man war bei Kriegsende der Ansicht, im Mikrowellenbereich werde sich die Pulsmodulation durchsetzen. BBC suchte den Rückstand auf die Technik in den kriegsführenden Ländern aufzuholen.

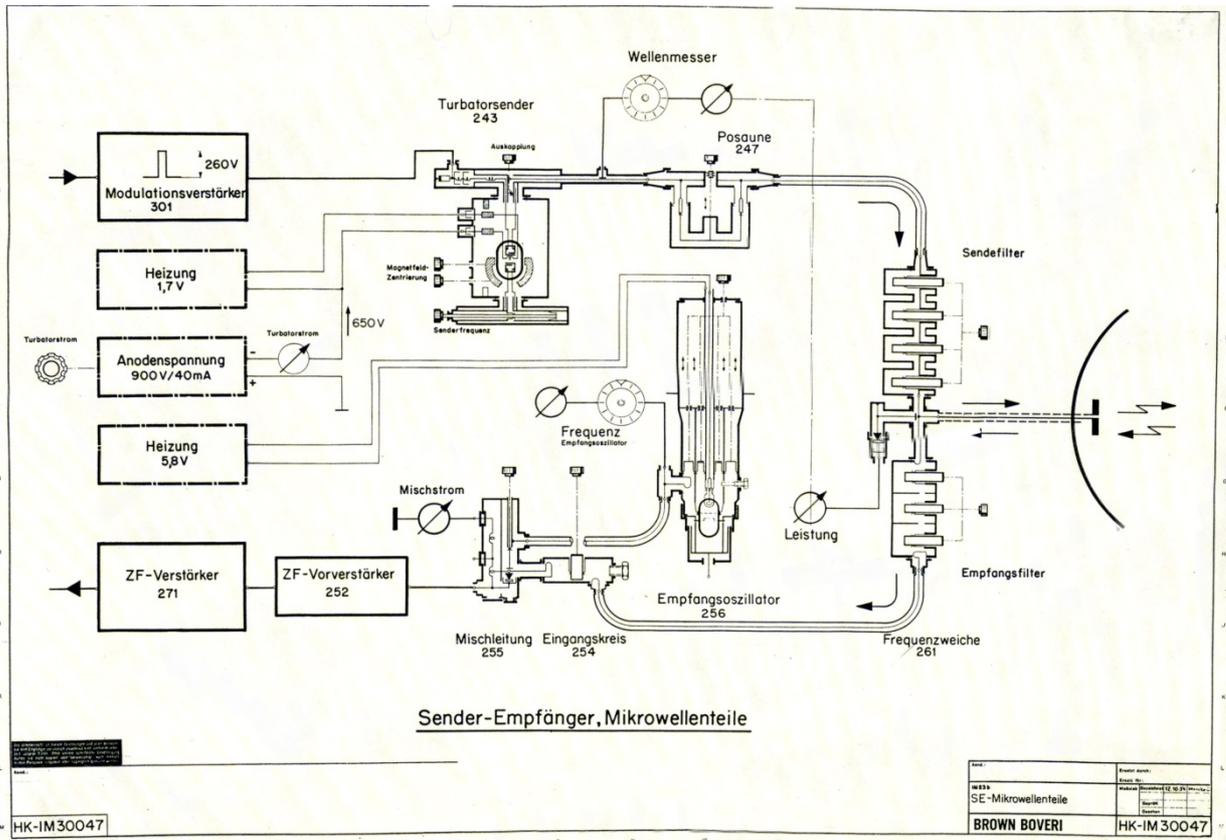
Es gelang kurz nach Kriegsende den deutschen Ingenieur Dr. H.J. von Baeyer zu engagieren. Von Baeyer hatte vorher bei der nach Süddeutschland ausgelagerten Telefunken in Konstanz gearbeitet und besass Erfahrung in der Pulstechnik. Er baute bei BBC eine Entwicklungsgruppe für diese Technik auf und entwickelte eine pulssphasenmodulierte Richtstrahlstation inkl. Multiplexer für 23 Nutzkanäle. Die Anlage trug die Firmenbezeichnung IM 23 und arbeitete im Frequenzband von 1900 - 2100 MHz. Die IM 23 wurde ab 1948 von BBC angeboten. Sie wurde kein grosser geschäftlicher Erfolg. BBC hatte einen viel schlechteren Zugang zu den nationalen Fernmeldeverwaltungen als Konkurrenten, die vergleichbares Material anboten. Die Zuverlässigkeit liess, infolge der in den 1940er Jahren noch verwendeten ungeeigneten Röhrentechnik für Pulsschaltungen, zu wünschen übrig. Schliesslich zeichnete sich bald ab, dass auch im Mikrowellenbereich die Zukunft der Frequenzmodulation gehören werde, da sie wesentlich höhere Kanalzahlen erlaubte.

Glücklicherweise wurden noch rechtzeitig für die Pulstechnik die Projekte Richtstrahlnetz der Armee und Richtstrahlnetz der FF Trp aktuell. Für diese Anwendungen vermochte die Kapazität von 23 Kanälen knapp zu genügen. Die Pulsmodulation war schwieriger zu demodulieren und zu demultiplexieren als Frequenzmodulation mit Trägerfrequenzsignalen und bot demzufolge einen besseren Schutz gegen Abhören.

Sie bot auch das Potential für eine Verschlüsselung der Abtastwerte. Als Konkurrent trat die Standard Telephon + Radio AG, Zürich auf, die ihr Angebot einer Entwicklung der Federal Telecommunications Laboratories (ITT, USA) basierte. Dieses Produkt hatte, grob gesehen, sehr ähnliche Systemeigenschaften. BBC setzte alle Hebel in Bewegung, um zumindest das Militärgeschäft zu gewinnen, nachdem sich die Ausichten bei den PTT-Betrieben praktisch verflüchtigt hatten. Die FF-Truppen bevorzugten das einfacher konzipierte Produkt von Standard. Durch eine massive Ueberarbeitung entstand die Station IM 23 b. Sie unterschied sich von der IM 23 durch die Transportfähigkeit, den vergrösserten Frequenzbereich, die einfache Durchstimmbarkeit und einer Vielzahl von Detailverbesserungen. Als Senderoszillator fand noch immer der Turbator Verwendung.

Für den Ueberlagerungszosillator des Empfängers kam hingegen eine Scheibentriode zum Einsatz. Ende 1952 bestellt die KTA 108 Stück, 1956 und 1960 kamen noch Nachfolgebestellungen dazu, was ein Total von 187 Stationen Stück ergab.

Blockschema des Sende- Empfangsteiles der IM - 23 Richtstrahlanlage



1956 bereits begannen die Arbeiten im Hinblick auf die Verschlüsselung, die die Firmenbezeichnung MV 22 trug. BBC kannte die Problematik der Sprachchiffrierung bereits aus Arbeiten während der Kriegsjahre. Damals entstand beispielsweise der Chiffiator, ein Sprachverschleierungsgerät nach dem Prinzip der zeitlichen Vertauschung von Sprachabschnitten. Der Chiffiator hätte sich beispielsweise für den Schutz der Gespräche über TLD-Strecken geeignet. Er wurde nie in Serie beschafft, da die Verschleierungssicherheit als ungenügend beurteilt wurde, bildete aber die Grundlage für die erfolgreichen Sprachverschleierungsgeräte Vericrypt 1100, SVZ-226 und SVZ-430 der 70er und 80er Jahre. Da die Richtfunkstationen UKR die einzelnen Abtastwerte der Sprachkanäle übertrug, erlaubt sie, trotz der analogen Übertragung, die Realisierung einer Verschlüsselung mit hoher kryptologischer Sicherheit. Das Chiffiat tönnte wie Rauschen, im Gegensatz zur erwähnten Sprachverschleierung des Chiffiators, dessen Chiffiat noch immer sprachähnlich tönnte.

Der Verschlüsselungsprozess beeinträchtigte allerdings den Geräuschabstand der Übertragung. Der geistige Vater der UKR-Schlüsselung war Gustav Guanella. Die Realisierung lag, wie im Falle der TLD, in den Händen von Rudolf Schweizer. Die Realisierungstechnische Herausforderung bestand in der Erreichung einer genügenden Zuverlässigkeit. Mit der Röhrentechnik, wie sie noch in der UKR verwendet wurde, wäre dies nicht zu erreichen gewesen. Es galt deshalb, hochzuverlässige Transistorschaltungen zu entwickeln. Zu Beginn stand nur die temperaturempfindliche Germaniumtechnologie zur Verfügung, in der Serie kamen dann aber bereits weitgehend Siliziumhalbleiter zum Einsatz.

Richtstrahl in der Schweizer Armee

Mit dem in den 1960er Jahren erfolgten Uebergang von der analogen zur digitalen Radardatenverarbeitung wurden schnelle und zuverlässige digitale Datenübertragungen zwischen den geographisch über die Schweiz verteilten Radarstationen und Einsatzzentralen erforderlich. Die noch mit den störungsanfälligen Röhrenschtaltungen arbeitende IM 23 Richtstrahlanlagen genügten diesen Anforderungen nicht mehr und mussten durch zuverlässigere Systeme mit weit grösserem Uebertragungskapazitäten ersetzt werden.

Eine der IM 23 Uebertragungsstrecken wurde unter der Projektbezeichnung FLORA UNO noch in den 1970er Jahren für die Uebertragung des analogen Radarbildes einer Höhenradarstation mit grosser Reichweite in die Kriegseinsatzzentralen verwendet. Das nachstehende Foto zeigt die hierzu erforderliche Zusatzausrüstung der AN/FPS-20A Radaranlage.

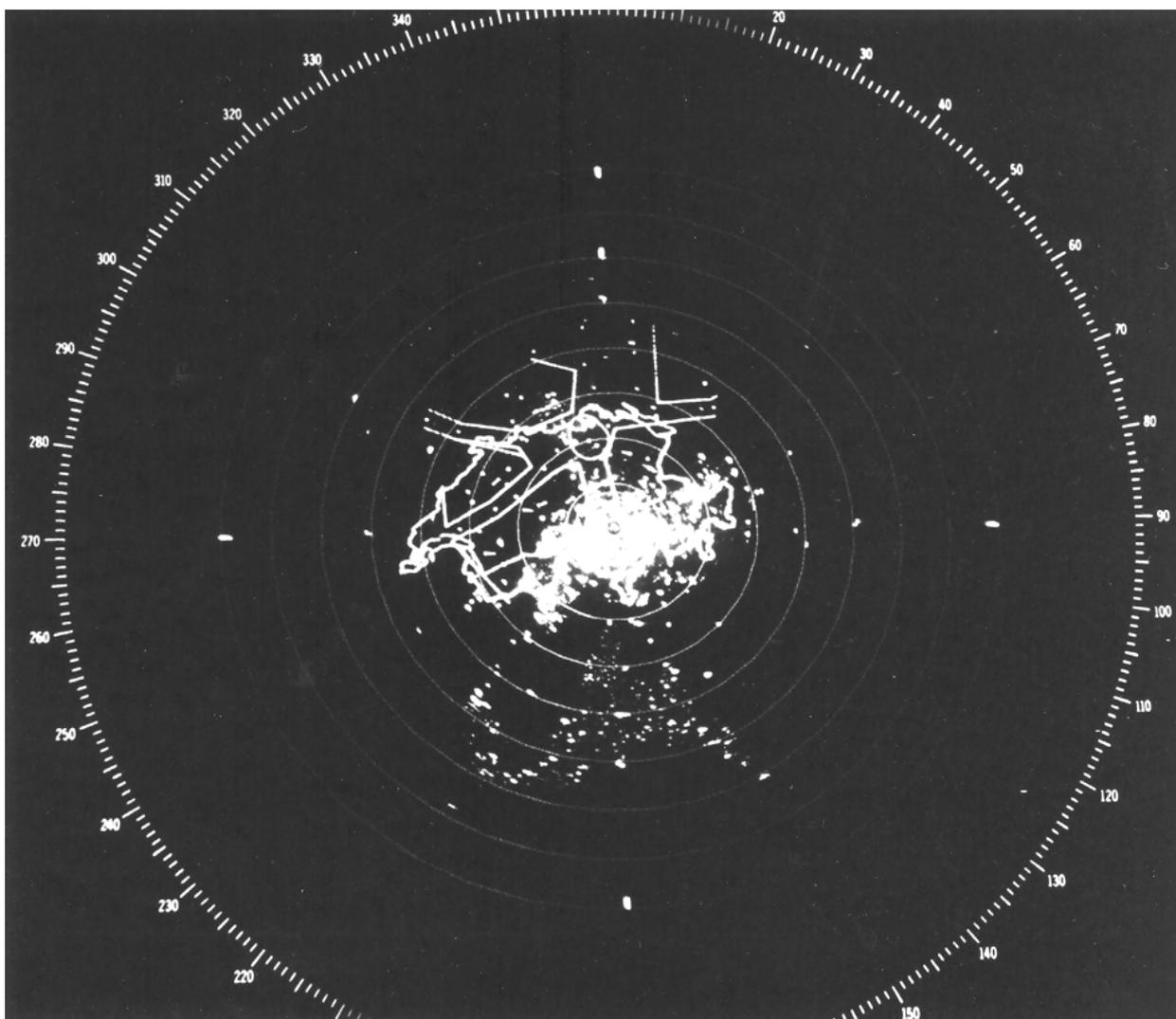


Die breitbandige Uebertragung erfolgte über die inzwischen nicht mehr verwendeten IM 23 Richtstrahlsstrecken. Die sowohl richtungs- wie entfernungsmässig korrelierenden Primär- und Sekundärvideos wurden gemischt und auf einem gemeinsamen Breitbandkanal übertragen.

Richtstrahl in der Schweizer Armee

In den Einsatzzentralen gelangte das analoge Radarbild als Zusatz zur synthetischen Luftlage des FLORIDA Radarsystems auf den Anzeigergeräten zur Darstellung. Für die Darstellung wurde zusätzlich zur Azimutinformation der Radarantenne der Starttrigger der Entfernungszeitachse benötigt. Die Uebertragung des Starttriggers erfolgte durch Zumischung auf den Video - Breitbandkanal.

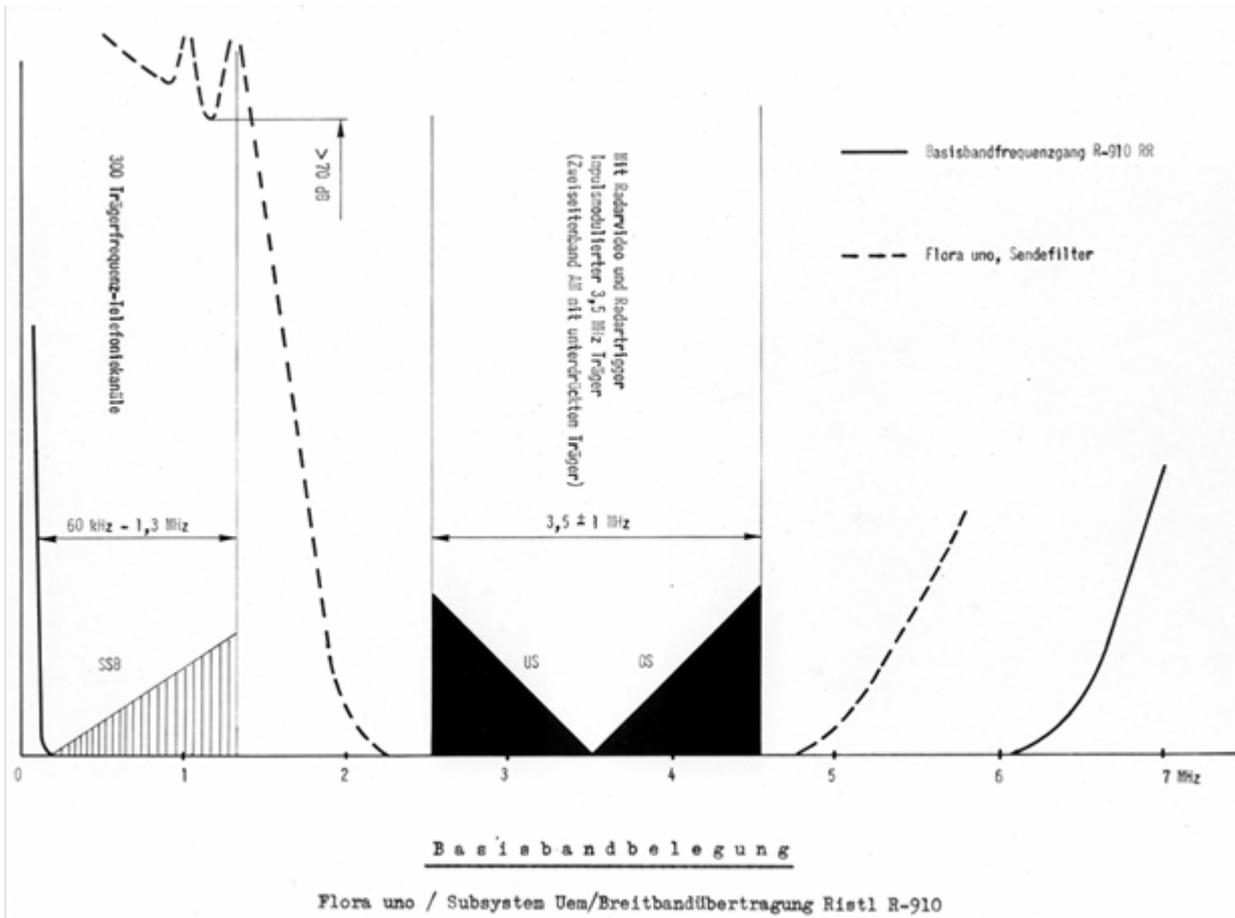
Das Foto zeigt das in die FLORIDA Einsatzzentralen übertragene Radarbild der auf einem Hochgebirgsstandort installierten AN/FPS – 20A Radaranlage. Der äussere der 50 km Distanzringe entspricht einer Entfernung von 400 km. Die eingeblendeten Winkelmarken bei Azimut 0°, 90°, 180° und 270° dienen zur Ueberwachung der Fernübertragung in die EZ. Auf dem Radarbild ist im Süden in einer Entfernung von ca. 250 - 300 km die Küstenlinie der Bucht von Genua zu erkennen.



Für die Uebertragung der Azimutinformation wurden zwei schmalbandige Sprachkanäle der Richtstrahlverbindung benützt.

Die Videos, Trigger und Azimutinformation wurden mit einer Ringmodulator Anordnung im Einseitenband - Verfahren dem Basisband der Richtstrahlanlage aufmoduliert.

Die nachfolgende Figur zeigt die Belegung des Basisbandes der IM 23 Anlage zur analogen Uebertragung der Radarinformationen.



Die transportable Richtstrahlstation R-902

Ende der 50er Jahre stand die BBC in Bezug auf die Zukunft der Richtstrahltechnik vor wichtigen Weichenstellungen. Es war klar, dass die Pulsphasentechnik sich im zivilen Markt nicht durchsetzen konnte. BBC hatte den Marktzugang zu den öffentlichen Fernmeldeverwaltungen nicht geschafft und die Kanalzahl der BBC- Richtstrahlgeräte war für diese Märkte ungenügend.

Auf der anderen Seite war BBC zu einem Hauptlieferanten für Fernmeldenetze der Elektrizitätswirtschaft geworden. Diese Netze basierten im Weitdistanzbereich auf der Trägerfrequenzübertragung über Hochspannungsleitungen, TFH-Technik genannt. BBC war in kurzer Zeit zum Weltmarktführer für TFH-Systeme geworden, ein Beweis für die grosse Bedeutung der Marktkennntnis und des Marktzuganges. Wo keine TFH-Verbindungen möglich waren, kamen Richtstrahlstrecken zum Einsatz. BBC erkannte im Richtstrahlmarkt für die Energiewirtschaft einen steigenden Bedarf und entschloss sich durch Eigenentwicklungen die Marktposition zu stärken. 1960 entstand das 6 GHz-Gerät MT1, noch weitgehend in Röhrentechnik mit Klystrons als Sender- und Ueberlagerungsoszillatoren.

Das MT 1 ging nicht in Produktion, weil die Fortschritte der Halbleitertechnik die Möglichkeit eines röhrenfreien Richtstrahlgerätes eröffnete und weil BBC die damit zu erwartete Zuverlässigkeit als eine Voraussetzung für einen Markterfolg erachtete. Mikrowellenhalbleitergeräte waren durch die Entwicklung der Varakterdioden möglich geworden. Mit diesen Bauelementen lassen sich Leistungs-Frequenzvervielfacher mit hohem Wirkungsgrad im Mikrowellenbereich bauen. Alfred Käch befasste sich bei BBC intensiv mit der komplexen Theorie und Realisierung der Varaktorschaltungen und schuf damit eine Voraussetzung für das erfolgreiche Produkt MT 3. Die Entwicklung des MT 3 gehört zu den Pionierleistungen der BBC, handelte es sich doch um das erste in Europa kommerziell erhältliche Mikrowellenrichtstrahlgerät in reiner Halbleitertechnik. Besonders attraktive Eigenschaften waren die spektrale Reinheit des Sendesignals sowie die hohe Selektivität des Empfängers, die ein HF-Kanalraster von nur 1 MHz ermöglichte.

Als die KTA 1964 Ausschau hielt für eine neue transportable Richtstrahl Station als TLD-Ersatz auf der taktischen Stufe, stand zunächst ein Gerät von Telefunken im Vordergrund. BBC setzte ein weiteres Mal alle Hebel in Bewegung um mit der MT 3-Technik zum Zuge zu kommen.

Für die militärische Anwendung waren Anpassungen notwendig. Der Bediener muss den Mikrowellenkanal auf einfache Weise wählen können und das Sende- und Empfangsband muss ebenfalls mit einem Handgriff vertauscht werden können, damit an beiden Seiten einer Strecke ein Einheitsgerät verwendet werden kann. Innerhalb von 8 Monaten entstand aus dem MT 3 die Militärstation R-902 die 1965 in Erprobung ging. Die Seriebeschaffung erfolgte in 3 Tranchen zwischen 1967 und 1977. Das letzte Gerät für den Export verliess 1988 die Firma, 23 Jahre nach der erfolgreichen Truppenerprobung! Als Multiplexer wurde das Trägerfrequenzgerät MK-5/4 von Siemens-Albis beschafft. 1 Gerätekofter erlaubte die Uebertragung von 4 Sprechkanälen und 1 Dienstkanal. Durch die Stapelung mit einem zweiten Koffer konnte die Kapazität auf 8 Kanäle erweitert werden. Die Kapazität der R-902 von 24 Kanäle wurden also bei weitem nicht ausgenützt. Sie genügte aber damals für die Einsätze auf Stufe Brigade und Division.

Nachteilig war die fehlende Verschlüsselung. Die Truppe musste erfahren, dass R-902 Verbindungen - trotz der kurzen Wellenlänge von 4 cm - oft über weite Distanzen abgehört werden konnten und dass demzufolge die Uebertragung vertraulicher oder gar geheimer Informationen nur mittels Fernschreiber mit Verschlüsselung zu verantworten war.

Bereits Ende der 60er Jahre begann man sich mit der Digitalisierung der R-902 und der Entwicklung eines digitalen Bündelverschlüsselungsgerätes zu befassen. Die Machbarkeit konnte sehr bald nachgewiesen werden, so dass der Beschaffung weiterer R-902 nichts mehr entgegenstand.

Die R-902 wurde durch die Ergänzung mit einem Basisbandmodem für 512 kbit/s digitalisiert. Die Kapazität für Sprache betrug normalerweise 15 Deltamodulationskanäle à 32 kbit/s. Der Dienstkanal wurde weiterhin mittels analoger Phasenmodulation in der NF-Lage übertragen.

Dank der bipolaren Codierung des Digitalsignals, die eine spektrale Nullstelle bei 0 Hz aufweist, blieb der Geräuschabstand des Dienstkanals akzeptabel.

Richtstrahl in der Schweizer Armee

Mit dem Rüstungsprogramm 1984 wurden alle R-902 für den Digitalbetrieb umgerüstet und gleichzeitig einer allgemeinen Revision unterzogen. Mit gleichem Rüstungsprogramm erfolgte auch die Beschaffung einer ersten Serie Bündelverschlüsselungsgeräte CZ-1 von BBC und Mehrkanalgeräte MK-7 von Hasler/Philips. Damit war es, 40 Jahre nach der Einführung der TLD, endlich möglich die transportablen Richtstrahlssysteme uneingeschränkt in die Fernmeldenetze der Armee zu integrieren. Erst jetzt konnte der Taktiker von den Vorteilen der Richtstrahltechnik vollumfänglich profitieren.