

ULRICH FIERZ

dipl.El.Ing.ETHZ

BROWN BOVERI & CIE AG (BBC)

VHF-UHF MOBILFUNKGERÄTE

Folge 2: 1963 – 1968, RT18 – ein neues
Gerät im technologischen Umbruch

NEUE AKTIVE BAUELEMENTE

Mitte der 50er Jahre wurden Germanium-Transistoren auch in Europa – etwas später als in den USA – industriell verfügbar und ermöglichten immer mehr Anwendungen. Die ersten Typen, als legierte Halbleiter hergestellt, hatten wegen der «groben» Strukturen der Sperrschichten niedere Grenzfrequenzen (OC71: 10kHz [1]) und waren nur für Niederfrequenzanwendungen geeignet. Eine Verfeinerung dieses Fabrikationsprozesses ermöglichte wenig später dünnere Sperrschichten und damit eine Anhebung der Grenzfrequenz (OC44: >7,5MHz). Mit solchen Transistoren wurde es möglich, MW Radios zu bauen und plötzlich kamen kleine, billige, batteriebetriebene (meist 9V) Taschenradios – vor allem aus Japan – auf den Markt.

Die Audioleistung solcher Geräte war jedoch für den Betrieb im Auto viel zu klein, es fehlten geeignete Leistungstransistoren. Motorola, Delco [Bild 1] u.a. produzierten ab 1956 solche Ge-Halbleiter für den Einsatz in Autoradios.



Bild 1: Delco 2N277, 40V/15A, TO-6 Gehäuse

Ein nächster Schritt war die Einführung des Diffusionsprozesses, zunächst kombiniert mit einem legierten Ausgangsprodukt (diffusionslegiert). Die Diffusion ermöglichte eine deutlich kleinere Basiszone und die

Grenzfrequenz stieg (AF114: >75MHz). Mit solchen Typen konnten jetzt auch UKW/KW-Radios gebaut oder die ZF-Stufen in einem Funkgerät transistorisiert werden.

Ein kompletter Empfänger oder Steuersender im unteren VHF-Band (40MHz) wurde möglich. Motorola brachte 1958, als Pionier, sein hybrides Motrac® HHT auf den Markt [2]. Auch der DC-DC Wandler für die Anodenspannung wurde mit Ge-Leistungstransistoren realisiert.

Was noch fehlte, waren Halbleiter, die auch auf den bei uns üblichen 160/460MHz Bändern gute Resultate liefern. Dies ermöglichte erst die MESA-Technologie [3], bei der Basis- und Emitterzonen in das legierte Ausgangsmaterial diffundiert wurden. Die Breite der Sperrschicht sank auf unter 5µm und die Grenzfrequenzen stiegen weiter (AFY11: >150MHz). Sprague erreichte mit den MADT® Typen [4] 2N2360 bzw. 2N2398 ein ft von 980 bzw. 1200MHz!

Um 1960 stand so der Entwicklung eines – bis auf die Leistungsstufen im Sender – transistorisierten Funkgeräts nichts mehr im Weg! Und es gab gute Gründe, dies rasch zu tun.

VERÄNDERTE RAHMENBEDINGUNGEN

Anfangs der 60er Jahre wurde das seit Beginn verwendete Konzept für den Aufbau der Funkgeräte zunehmend obsolet, die produzierten Systeme erfüllten die Anforderungen des Markts nicht mehr:

- Das Gewicht, die Grösse, der Preis und der hohe Stromverbrauch der Röhrengeräte – besonders auch im stand-by Empfangsbetrieb – schränkten eine breite Verwendung von Funkanwendungen von vornherein ein und verhinderten in vielen Fällen eine erfolgreiche Anwendung drahtloser Kommunikation.
- Weitere regulatorische Änderungen standen an: der Kanalabstand wurde in den VHF Bereichen auf jetzt 25 kHz (in D 20 kHz) nochmals halbiert. Ein neues

- Band, um 460 MHz (50 kHz), wurde verfügbar und auch andere Vorgaben (Nebenwellen, Nachbarkanal-dämpfung, Intermodulation usw.) wurden verschärft.
- Transistoren boten eine deutlich höhere Lebensdauer/Verfügbarkeit als Röhren – bei viel geringerem Stromverbrauch.
 - Die Entwicklungen in der Quarztechnik führten zu höherer Stabilität der Oszillatoren und es gab neue, mehr-polige Quarzfilter, die die Konzentration der ganzen ZF-Selektion in einem einzigen Filter erlaubten – viel einfacher!
 - Die Einführung gedruckter Schaltungen und der Aufbau in Baugruppen ermöglichten eine grosse Vereinfachung in Produktion und Prüfung der Module und Geräte.

DAS RT18 SYSTEM

Diese Parameter bestimmten den Entwurf des RT18: der ganze mobile Sendeempfänger ist modular aufgebaut und in einer einzigen Metallbox [Bild 2] untergebracht. Die weitgehende Transistorisierung senkte das Gewicht und den Stromverbrauch deutlich. Regelmässig gewartet werden mussten eigentlich nur noch die Röhrenstufen des Senders.

Der kleinere Stromverbrauch veränderte die Einsatzbedingungen für die neue Funkausrüstung. Nicht nur brauchte es keine Zusatzbatterie im Auto mehr, sondern es wurde möglich, den Empfänger – bei nur noch 4W – ohne laufenden Motor zu betreiben und im Stand dauernd erreichbar zu sein.

Die reduzierte Grösse und das kleinere Gewicht ermöglichten neue Einbaumöglichkeiten: eine 5W Funkanlage fand etwa – vorher undenkbar – im VW Käfer vorne unter der Haube Platz. Sogar eine «Version unter dem Armaturenbrett», bei der das Bediengerät direkt vorne am RT18 montiert wird, wurde angeboten – wemgleich der Platzbedarf eher für eine Anwendung in Lastwagen, Baumaschinen oder grossen US-Autos spricht.

DAS RT18 IM DETAIL

Der Basis-Sender ist teiltransistorisiert und hat, mit nur noch 2 Röhren (80/160MHz), 5W Leistung. Die Röhren haben eine Schnellheizkathode (YL1080, Pout 70 % nach $\leq 0.5s!$) und werden, zusammen mit dem transistorisierten Wandlerteil für die Anodenspannung, erst beim Senden aktiviert. Dieses neue Konzept senkt den Stromverbrauch im Empfangsbetrieb auf die genannten 4W.

Im Lauf der Entwicklung zeigten sich an kritischen Stellen Nachteile der MESA Ge-Transistoren und wenige Silizium-Planartransistoren – ganz neu auf dem Markt – fanden stattdessen Verwendung: 2N708 im Oszillator und 2N1613 – der erste Planartransistor überhaupt – im Sender und 460MHz Empfänger.

Das Bild 3 zeigt vorne den 460MHz 5W Sender und hinten den zugehörigen Empfänger. Beim Sender sieht man links das Quarzoszillatormodul – auch für UHF ohne Ofen aber mit Si-Transistor – für S und E mit bis zu 8 Kanälen. Unten sind der Modulator und erste Vervielfacher zu sehen und oben – hier für 460MHz – die drei Röhrenstufen (YL1130): Vervielfacher und 5W Endstufe. Die verwendeten Transistoren sind 2N1613, 2N708, 2N527, total 8.

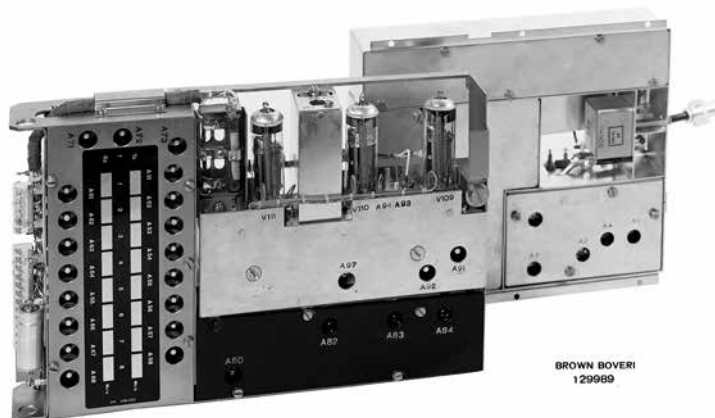


Bild 3: RT1846 Sender- (vorn) und Empfänger (hinten) in Modulbauweise

Zusätzlich hat das RT18 eine grössere Version mit 20W Ausgangsleistung. Diese Power-Einheit enthält die Endstufe und eine eigene Stromversorgung für den ganzen Sender. Sie wird oben auf dem 5W Gehäuse aufklappbar montiert [Bild 4]. Auch diese Stufen sind mit Röhren mit Schnellheizkathode (QC05/35 bzw. YL1020) ausgerüstet. Diese Ausführung, besonders wenn noch Zusatzgeräte nötig sind, landet wieder im Kofferraum, Beispiele in [6], S. 327 und [5], S. 455.

Die Empfänger sind neu als Einfachsuper realisiert und für alle Bänder vollständig transistorisiert. In Bild 5 eines Zusatzempfängers 160MHz sieht man links den Quarzoszillator mit bis zu 8 Kanälen (sonst Teil des Sendermoduls), oben den VHF-Teil und den Squelch, in der Mitte das mehrpolige 10.7MHz Quarzfilter und den Au-



Bild 2: RT18 5W-Sendeempfänger, Basisgerät



Bild 4: RT18 20W-Sendeempfänger, Leistungsstufe auf Basisgerät

dioverstärker. Unten liegt der ZF-Verstärker/Begrenzer und ganz rechts quer der Quarz-Demodulator. Alle Kamern, mit Ausnahme des Antennenkreises und des Quarzfilters, enthalten eine Printplatte, auf der die Bauelemente bestückt sind. Die verwendeten Transistoren sind 2N2398, 2N2360, 2N708, AFY11, AF114, 2N527, total 26!

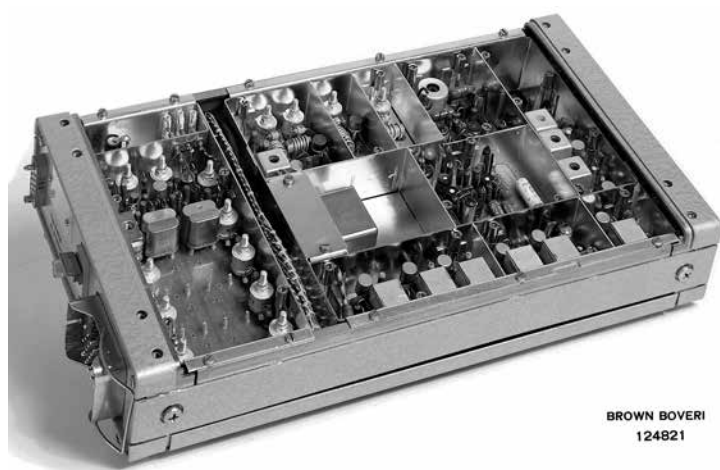


Bild 5: RT1816 Zusatzempfänger, 160MHz

Die Batteriespeisung 6/12/24V des RT18 erfolgt über die DC-Wandler BC81/85 mit Germanium-Leistungstransistoren. Die Module enthalten zwei Wandler, je für den Empfänger (ASZ16/ASZ18) und den Sender (2N277/ASZ18). Sie bilden mit dem Kühlkörper eine Baugruppe und werden hinten am Gehäuse des Funkgeräts befestigt [vgl. Bild 2]. Der Wirkungsgrad ist deutlich höher als die bisherige Versorgung mit Zerhacker (E) bzw. rotierendem Umformer (S) und es gibt keine mechanischen Verschleissteile mehr!

Der lesenswerte Aufsatz in den BBC Mitteilungen vom Mai/Juni 1965 [5] beschreibt das Funksystem RT18 selbst und eine Reihe von Konfigurationen und Zusatzgeräten mit mehr Hintergrundinformationen. Eine Übersicht gibt die Tabelle im RT18-Flyer [6].

ANWENDUNGSBEISPIELE

Im anlässlich der Expo64 neu gestalteten 160MHz Polizei-funknetz des Kt. Waadt wurden in alle Fahrzeuge RT18 20W Geräte samt RT18 Zusatzempfänger und Frequenzweiche eingebaut. Damit konnten der Duplexkanal zur Basisstation/Zentrale und der Simplexkanal im Fahrzeugnetz gleichzeitig und dauernd abgehört werden. Dies war erst dank des niedrigen Stromverbrauchs der neuen Empfänger möglich und wurde zum Standard für solche Netze.

Die Basisstation auf dem Rochers-de-Naye wurde dagegen noch mit 5 RT5 Stationen und Leistungsverstärker ausgerüstet. 2+1 RT5 mit je 3 Empfängern im Diversitybetrieb für die beiden Mobilnetze und 1+1 RT5 für das Postennetz. Zwei redundant arbeitende RT18 400MHz Stationen in Mehrkanalausführung stellten die Verbindung zur Zentrale in Lausanne dafür her und erlaubten die Fernbesprechung, -steuerung und -überwachung der Basisstation. Eine weitere RT5 Anlage diente als Notfunkstation in Lausanne.

Besonders hohe Verfügbarkeit des Gesamtsystems war für die 1966 erstellte Rangierfunkanlage in Zürich [8] nötig, die mit 460MHz 5W RT18 Geräten ausgerüstet wurde. Die Anlagen in Haupt- und Nebenstellwerk umfassen redundante Funk- und Signalisiersysteme, Anspeisungen und zugehörige Überwachungs- und Umschalteneinrichtungen. Für den Einsatz im Gleisfeld wurden in die Rangierloks Ee 3/3 ein RT18 und Signalisierelektronik eingebaut. Der zugehörige Rangiermeister wurde mit tragbaren SE18 Funkgeräten von Autophon ausgerüstet. Nicht zuletzt für die tragbaren Geräte ist der eingerichtete Raumdiversityempfang mit den beiden Antennen [Bild 6] besonders wichtig.



Bild 6: Teilansicht der Gleisanlagen in Richtung W vom neuen Hauptstellwerk aus, 1965. Rechts das Nebenstellwerk mit Antennenmast

In der Ee 3/3 sind die Funkgeräte samt Zubehör in einem wasserdichten Gussgehäuse seitlich in die Lok eingebaut. Beim Lokführer in der Mitte finden sich Bediengerät

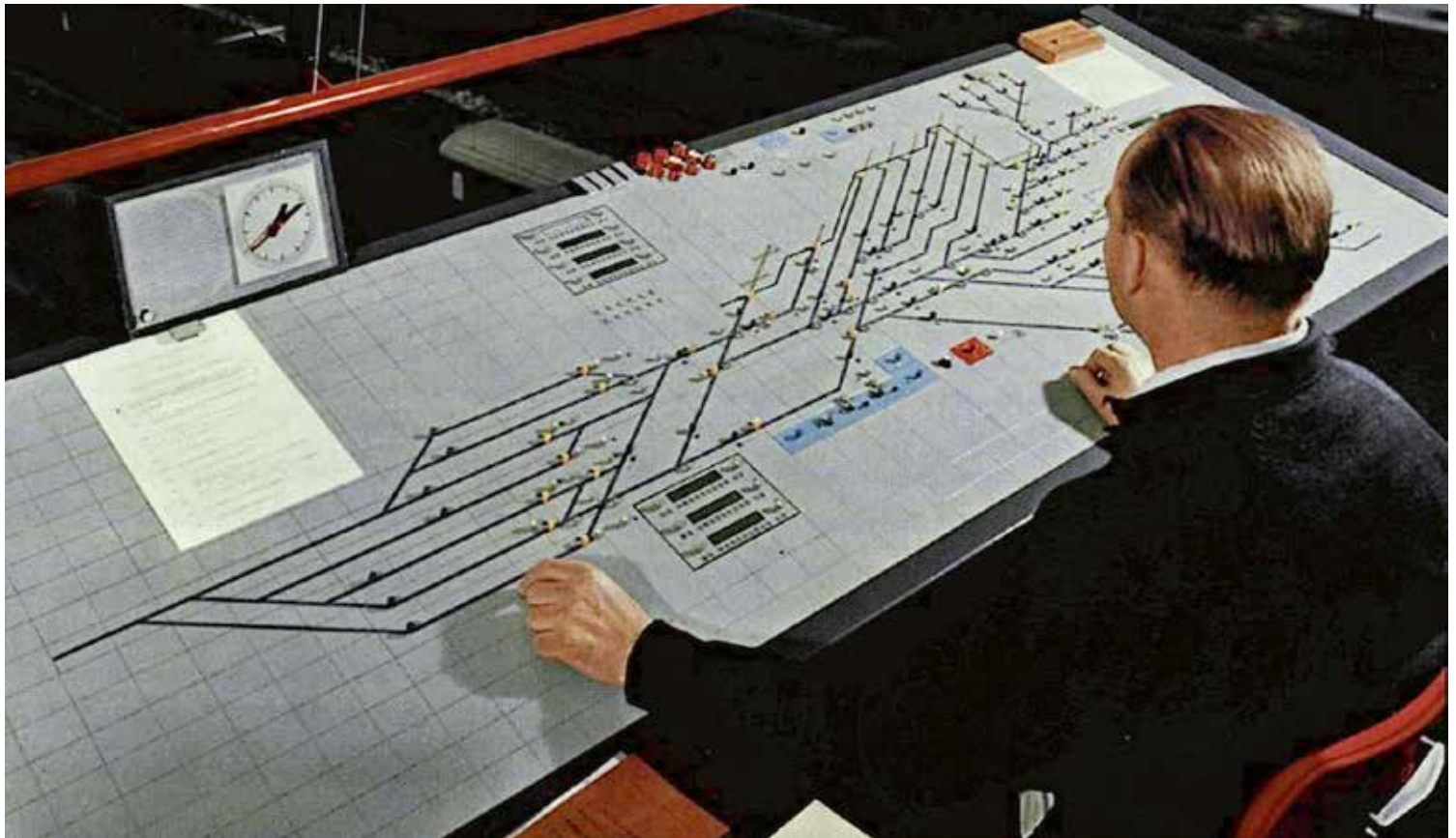


Bild 7: Gleisbildstellwerk im neuen Nebenstellwerk

und Sprechereinrichtung. Neben der Sprachverbindung Stellwerk-Lokführer-Rangiermeister war besonders die mit Mehrtonübertragung und FSK-Rückmeldung realisierte analog/digitale Signalisierung für die Gleismelderanlage [Bild 7] mit hoher Zuverlässigkeit sicherzustellen. Die Belegung der Gleise – und damit auch die Position der Ee 3/3 – wird dem Stellwerkmitarbeiter auf dem Siemens-Gleisbildstellwerk optisch angezeigt und erlaubt ihm die Planung von Fahrstrassen und Rangiermanövern. Auch in diesem Projekt waren die Qualität der Ausrüstungen und die Erfahrung von BBC im Energie-/Industriebereich Voraussetzungen für den Erfolg.

DER NÄCHSTE SCHRITT

Das RT18 löste die frühere Generation im Mobilbereich erfolgreich ab, blieb aber trotzdem eine Übergangslösung. Neue Halbleiter ermöglichten für Funkgeräte ganz andere Konzepte und neue Anwendungen. 1968 lancierte BBC das RT21 – das Zeitalter der Metallkoffern war zu Ende. Mehr davon in Folge 3!

Quellen und Zusatzinformationen:

Anmerkung: Die Aufsätze aus den BBC Mitteilungen sind – mit freundlicher Genehmigung des Historischen Archivs ABB Schweiz – auf der Webseite des Autors abrufbar: <https://hb9aik.ch/radio/BBC.html>.

- [1] «TRANSISTOREN HANDBUCH», 1963, DE, ohne Impressum. Typen der DE Hersteller mit Daten aus deren Datenbüchern.

Mit Ausnahme der alten legierten Typen sind alle Beispiele Typen aus dem RT18.

- [2] «TIMELINE», MOTOROLA Solutions, https://www.motorolasolutions.com/en_us/about/history/timeline.html.
- [3] «MESA» (span. Tisch) beschreibt den horizontalen Aufbau der Struktur, ein Schritt in Richtung Planartransistor.
- [4] «MADT® PNP Germanium Transistors for VHF/UHF Applications», Kurzdatenblatt, Sprague Electric, USA, Datum unbekannt. MADT steht für Micro Alloy Diffused Base.
- [5] «RT18, ein Radiotelephon mit vielseitigen Ausbaumöglichkeiten», I. Wigdorovits, BROWN BOVERI MITTEILUNGEN, Mai/Juni 1965. Aus Archiv ABB Schweiz Nr. B.0.8.102.51.4, S. 452ff.
- [6] «Radiotelephone Type RT18», Flyer 3046 E, August 1964. Archiv ABB Nr. B.7.3.1.3046. Foto: Autor.
- [7] «Die neue Polizeifunk-Anlage des Kantons Waadt», I. Vandewalle, BROWN BOVERI MITTEILUNGEN, April 1965. Aus Archiv ABB Schweiz Nr. B.0.102.51.3, S. 324ff.
- [8] «Die Rangierfunkanlage im neuen Zentralstellwerk Zürich HB», W. Brunner, BROWN BOVERI MITTEILUNGEN, Februar/März 1967. Aus Archiv ABB Schweiz Nr. B.102.53.2, S. 83ff.

Bildnachweis:

- Bild 1: Autor
- Bilder 2,3,5: Historisches Archiv ABB Schweiz, N.1.1.124953, N.1.1.129989, N.1.1.124821
- Bild 4: Teilansicht aus [6].
- Bild 6: Teilansicht Gleisfeld HB Zürich 1965, Diapositiv Autor.
- Bild 7: Ausschnitt aus Historisches Archiv ABB Schweiz, Nr. B.0.102.53.2, innere Umschlagseite.