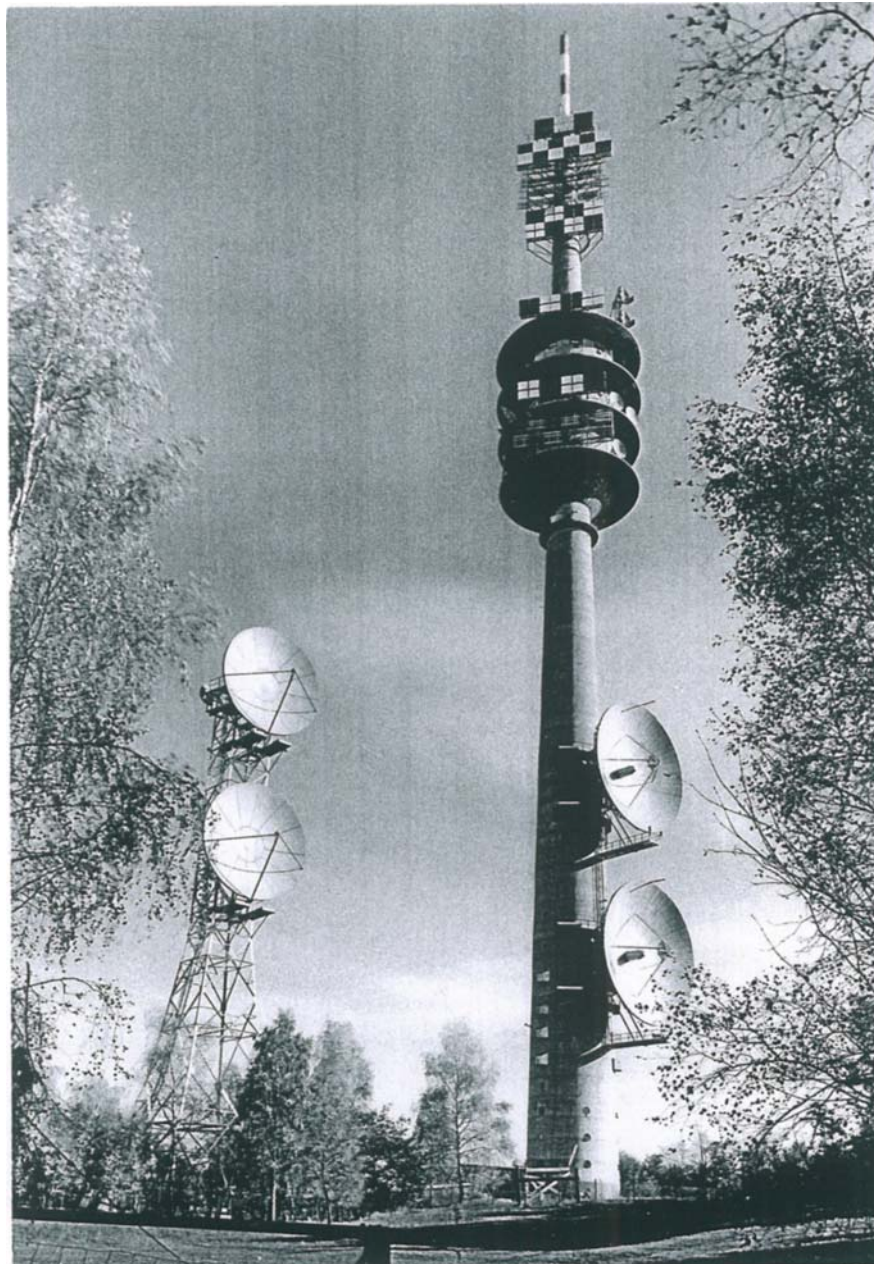


**DER RICHTFUNK ZWISCHEN
WESTBERLIN UND WESTDEUTSCHLAND –
EINE BRÜCKE ZUR FREIEN WELT
VON 1948 BIS ZUR WENDE**



Das Telefonieren in die entferntesten Winkel der Erde ist uns heute selbstverständlich. Die rasante technische Entwicklung in den letzten Jahrzehnten hat's möglich gemacht. Da sah es in den Jahren nach dem Zweiten Weltkrieg noch ganz anders aus. Private Ferngespräche zu führen war den Berlinern zunächst nicht gestattet. Dann gab es für lange Zeit Leitungsengpässe im Fernverkehr und das „Fräulein vom Amt“ musste vermittelnd eingreifen. Für die Beseitigung des Leitungsengpasses zu den drei westlichen Zonen beziehungsweise zur späteren BRD mussten die Berliner schon recht kreativ sein. Auf Unterstützung durch die östlichen Machthaber konnten die Insulaner dabei kaum hoffen. Im Gegenteil ! Die Zuspitzung der politischen Lage ließ den Wunsch aufkommen, unabhängig von den durch die Ostzone führenden und damit für Sicherheit und Zuverlässigkeit ungünstigen Kabelwegen zu werden.

Der Leitungsengpass konnte nur über Funkverbindungen beseitigt werden. Dabei musste vielfach Neues erprobt und verbessert werden. Von den Kollegen und Postdienststellen im Westen, insbesondere vom Fernmeldetechnischen Zentralamt sowie von verschiedenen Fachfirmen kam tatkräftige Hilfe.

Die folgenden Ausführungen möchten aus Berliner Sicht einen Überblick vermitteln über die für den Fernverkehr in Westberlin errichteten Funkstellen, die genutzten Übertragungsverfahren, die eingesetzten Techniken sowie den allmählichen Ausbau der Funkverbindungen.

Der Richtfunk zwischen Westberlin und Westdeutschland - eine Brücke zur freien Welt von 1948 bis zur Wende

Günter Nitsche; August 2002

<u>Kapitel / -Abschnitt</u>	<u>Seite:</u>
Zu wenig Fernleitungen über Kabel	3
Das Problem der weiten Entfernung.....	5
Richtfunk im VHF-Bereich	9
Versuche der Alliierten.....	9
Die ersten Funkstellen der Westberliner Post.....	9
So fing es mal an !.....	11
Funkstelle Nikolassee	15
Die erste Fernsehverbindung	17
Der UKW Rifu wird zusammengefasst und erweitert.....	19
Überhorizontrichtfunk mit Dezimeterwellen.....	21
Neue Wege.....	21
Die erste Scatterverbindung.....	21
Zwischenspiel im Bunker Heckeshorn	23
Der Fernmeldeturm Schäferberg.....	23
Der Einseitenband-Richtfunk	26
Die breitbandigen Scatterleitungen.....	29
Personal und Betrieb	33
Westberlin braucht eine zweite Funkstelle für den Weitverkehr.....	37
Die FuÜSt Frohnau und der Scatter-Rifu nach Clenze.....	39
Die FuÜSt Schäferberg ab 1975.....	41

Überreichweiten Sichtverbindung im cm-Wellenbereich	44
Die dritte Ausbaustufe des Überreichweiten-Richtfunks.....	44
Antennenträger großer Höhe	45
Betrieb im 6-GHz- und 8-GHz-Bereich bei streifender Sicht.....	47
Überhorizont-Richtfunk der Westberliner Schutzmächte	50
Das Ende einer Richtfunkära.....	51
Die Zukunft begann mit der Wende	54
Das Ende der Funkbrücke.....	54
Erläuterungen	55
Literaturnachweis	59

Zu wenig Fernleitungen über Kabel

Das Fernamt in der Berliner Winterfeldstraße war bis zum Kriegsende das Zentrum für den Fernmeldeverkehr der damaligen Reichshauptstadt. Von hier führten Fernkabelleitungen - es waren etwa 2000 - in alle Himmelsrichtungen. Aber mit dem Telefonieren in die Ferne war es erst einmal vorbei, als die Sowjets am 28. April 1945 das Fernamt Berlin besetzten. Sie ließen mehr als 70 % der technischen Einrichtungen, dabei bevorzugt die nach damaligem technischen Stand moderneren Geräte, nach „Osten“ abtransportieren. Erst als amerikanische Besatzungstruppen am 07. Juli das in ihrem Sektor gelegene Fernamt von den Sowjets übernommen hatten, begann ein Neuaufbau, wenn auch, den seinerzeitigen Verhältnissen entsprechend, sehr verhalten. Zunächst wurde ein Fernverkehr für die westlichen Besatzungsmächte aus deren Berliner Sektoren zu Dienststellen in ihren westlichen Zonen ermöglicht. Diese Fernkabelleitungen wurden in späteren Jahren teilweise zur zivilen Nutzung freigegeben. Zahlreiche durch Kriegshandlungen unterbrochene Fernkabelnlinien bis weit in die Ostzone hinein wurden instandgesetzt. Der Behördenfernsprechdienst zu zivilen Verwaltungsstellen in der sowjetischen Besatzungszone kam wieder in Gang. Noch war ja Berlin nicht gespalten und stand unter einer einheitlichen Zivilverwaltung. Trotzdem dauerte es nur ein Vierteljahr, dann veranlassten östliche Stellen bereits die Umschaltung der Behördenleitungen und die Übernahme der Vermittlungstätigkeit zu einem Amt im Ostsektor, das sie seit dem Sommer 1945 dafür vorbereitet hatten. Ein erster Hinweis auf die spätere Spaltung der Stadt ?

Ende Januar 1946 durfte dann aufgrund eines Befehls der alliierten Kommandantur der zivile Fernsprechfernverkehr wieder aufgenommen werden, wenn auch nur mit Einschränkungen und Auflagen. Dazu standen dem Fernamt zu dieser Zeit lediglich 39 Fernkabelleitungen zur Verfügung, die überwiegend nur zu Ämtern in der Ostzone führten. Auch zwei Jahre später waren erst 40 Fernkabelleitungen zu Ämtern in den drei Westzonen in Betrieb. Darum begannen jetzt bei den Verantwortlichen und Fachleuten der Post in den Berliner Westsektoren und in Westdeutschland Überlegungen zur Vermehrung der Fe-Leitungen¹ über Funk. Aber darüber wird später zu berichten

sein. Der Gedanke zur Verlegung neuer Kabel zwischen Westberlin und Westdeutschland durch die sowjetische Zone: eine Utopie ! Schon im Juni 1948 begann ja die Berlin-Blockade.

Im April 1949 nahm im Ostsektor Berlins ein „Konkurrenz-Fernamt“ den Betrieb auf und schwenkte alle Kabelleitungen zu Orten in der Ostzone auf seine Vermittlungseinrichtungen um. Dem Fernamt in der Winterfeldstraße verblieben nur 14 in die Westzone führende Leitungen. - Dann wurde 1952 von Ostberliner Seite in einer Nacht- und Nebelaktion der Fernsprechverkehr zwischen dem Ost- und dem Westteil der Stadt unterbrochen, wovon zwangsläufig auch der Fernverkehr in die DDR betroffen war. - Einen weiteren Einschnitt gab es 1961 beim Mauerbau. Da unterbrach die Ostpost zeitweise alle in die BRD führenden Fe-Kabelleitungen.

Nach der Teilung des Gesamtberliner Ortsfernsprechnetzes wurde der Westberliner Teil neu strukturiert, laufend erweitert und modernisiert. Die Teilnehmerzahl wuchs stetig und damit auch die Nachfrage nach Fernsprechfernleitungen. Diese Entwicklung wurde noch verstärkt durch die Aufnahme des SWFD in der BRD. Nur schrittweise konnte auch Westberlin mit Rücksicht auf die jeweils verfügbaren Leitungswege daran beteiligt werden. Allein über die vorhandenen Kabelleitungen wäre das nicht möglich gewesen. - Obwohl ab Anfang der 70er Jahre durch die Wiederaufnahme des Fernsprechverkehrs mit der DDR und sektorübergreifend auch nach Ostberlin wieder telefoniert werden konnte, stieg die Anzahl der in die BRD führenden Fe-Kabelwege nie über 200 Leitungen.

Erst 1976 änderte sich durch ein Regierungsabkommen zwischen der BRD und der DDR die Situation auf dem Kabelsektor. 1977 und 1979 konnten von der Ostpost insgesamt drei Quartärgruppen für die TF-Übertragung² von 2700 Fe-Kanälen von Westberlin über Magdeburg in die BRD angemietet werden. Für die DDR mögen dabei wohl auch finanzielle Überlegungen - der Wunsch nach „konvertierbarer Währung“ - eine gewichtige Rolle gespielt haben. - 1986 begann die Verlegung eines 60-faserigen Glasfaserkabels durch die DDR, das nach der 1989 erreichten Vollbeschaltung die Möglichkeit bot, mehrere 10.000 Fe-Kanäle zu übertragen. Aber das war ja erst ca. 40

Jahre nach der Aufnahme des Richtfunkverkehrs zwischen Westberlin und den westlichen Besatzungszonen und zwei Monate vor dem Fall der Mauer.

Außer dem Bemühen, Fe-Leitungen für den Fernverkehr zur westlichen Welt in ausreichender Anzahl bereitzustellen, fehlten auch Tonleitungen für die Überspielung von Rundfunkprogrammen. Daneben bestand seit 1952 ein Leitungsbedarf zur Übertragung von Fernsehsignalen für den TV-Programmaustausch, zunächst für das Erste Deutsche Fernsehen. Alle Koaxialkabel aus den 30er Jahren in der DDR waren von den Sowjets teilweise demontiert worden. Für die höheren Anforderungen der 625-Zeilen-Fernsehnorm wären sie jedoch ohnehin nicht geeignet gewesen. So konnte der Bedarf auch für Ton- und TV-Leitungen nur über Funkverbindungen gedeckt werden.

Das Problem der weiten Entfernung

Die zu geringe Anzahl von Fernkabelleitungen sowie die sich immer mehr abzeichnenden politischen Spannungen zwischen Ost und West führten ab 1948 zum Aufbau von Richtfunkstrecken zwischen Westberlin und Westdeutschland. Durch sie war es möglich, den östlichen Machtbereich zu überspringen. Aber diese Richtfunkgrundleitungen (RifuGL) waren in der für den Richtfunk (Rifu) typischen und erprobten Bauweise - mit geringem Geräteaufwand, insbesondere kleiner Sendeleistung im Wattbereich, und optischer Sicht⁴ zwischen den Antennen - nicht realisierbar. Die Entfernungen zu geeigneten Standorten für Funkstellen in Westdeutschland waren dafür zu groß. Die Mindestentfernung betrug mehr als 130 km, die Erdüberhöhung⁵ ca. 350 m. Selbst bei Nutzung vorhandener Bodenerhebungen auf beiden Seiten und ohne Berücksichtigung der Fresnelzone⁴ waren Antennenträger in solcher Höhe wenige Jahre nach Kriegsende nicht machbar. Lediglich die Berge des Westharzes boten sich als hochgelegene Standorte an. jedoch betrug die Entfernung dorthin sogar über 190 km. - Die mit zunehmender Höhe abnehmende Dichte der erdnahen Luftschichten führt zwar zu einer Brechung der Funkstrahlen zur Erdoberfläche hin und dadurch zu einer Vergrößerung ihrer Reichweite. Das reichte jedoch bei den damals realisierbaren Antennenhöhen und über die vorstehend genannten Entfernungen nicht aus. Für den

sogenannten Überhorizont-Rifu zwischen Westberlin und Westdeutschland mussten besondere Ausbreitungsmechanismen genutzt werden.

Die Rauigkeit der Erdoberfläche führt bei Funkfrequenzen über 30 MHz einen geringen, mit zunehmender Entfernung kleiner werdenden Anteil der Strahlungsleistung eines Senders um die Erdkrümmung herum. Dies geschieht durch mehrfache Beugung an Hindernissen auf der Erdoberfläche, wie Bauten, Hügel, Baumgruppen und dergleichen. Dieser Effekt ist aus der Optik bekannt als Beugung an scharfen Kanten. Er wird hier für Funkwellen wirksam, obwohl die oben angegebenen Hindernisse aus optischer Sicht keine scharfen Kanten haben. Dennoch gilt diese Gesetzmäßigkeit, weil sich die längeren Funkwellen in dem gleichen Größenverhältnis zu den Hindernissen befinden. Diese Überhorizont-Ausbreitung funktioniert ganz gut im VHF-Bereich⁶ und lässt sich mit erhöhtem Geräteaufwand noch bis zu einigen 100 MHz im UHF-Bereich nutzen.

In den vorgenannten Frequenzbereichen sind die realisierbaren Bandbreiten und damit die Beschaltungskapazitäten⁷ begrenzt. Dies führte zu dem Wunsch, auch Funkanlagen mit höheren Radiofrequenzen⁸ und dadurch höherer Beschaltbarkeit für den Überhorizont-Rifu einzusetzen. Ermöglicht wurde das durch die Nutzung der troposphärischen Streustrahlung, dem sogenannten Scattereffekt im Dezimeterwellenbereich⁶.

Beim Scatterverfahren werden die Antennen der beiden korrespondierenden Funkstellen so ausgerichtet, dass sich ihre Strahlungskegel im mittleren Bereich des Funkfeldes⁴ gegenseitig durchdringen. Der gemeinsam umgrenzte Bereich in der Troposphäre, das sogenannte Scattervolumen, enthält keine Luft homogener Konsistenz, sondern eine Vielzahl von Zellen unterschiedlicher Temperatur und Feuchte. Durch den Feuchte- und Temperatureausgleich sind diese Zellen in ständiger Bewegung. In dieser turbulenten Luftmasse wird die Strahlungsenergie eines Funksenders - ähnlich wie ein Lichtstrahl in einer Staubwolke - gestreut, wodurch ein geringer Teil davon die Empfangsantenne weit jenseits des Horizontes erreichen kann. Da die Luftzellen nur eine mittlere Ausdehnung von einigen Metern haben und sich ständig bewegen, muss

die Funkempfangsanlage Schwankungen des Empfangspegels im Sekunden- und Minutenbereich mühelos ausregeln können.

Bei der Anwendung der beiden vorstehend umrissenen Ausbreitungsverfahren sind besondere gerätetechnische Aufwendungen unumgänglich. Das sind vor allem erheblich höhere Sendeleistungen und sehr stark bündelnde und dadurch großflächigere Richtantennen als bei normalen Rifu-Strecken mit optischer Sicht. Um Empfangschwund⁹ auszugleichen, der häufiger und tiefer auftritt, wird allgemein Diversity-Empfang⁹ angewandt.

30 Jahre nach der Inbetriebnahme der ersten Überhorizontverbindung standen dem Rifu in Westberlin und in der BRD so hohe Antennenträger zur Verfügung, dass bei einer Entfernung von mehr als 130 km die Erdüberhöhung überwunden werden konnte. Die Sichtlinie⁴ zwischen den Antennen auf den Mastspitzen tangierte in Streckenmitte die Erdoberfläche. Für die so ermöglichten Überreichweiten-Sichtverbindungen konnten im cm-Wellenbereich⁶ Rifu-Anlagen mit hoher Beschaltungskapazität eingesetzt werden. Senderendstufen mit hoher Leistung und besonders großflächige Richtantennen waren nicht erforderlich.

Der Berlin-Rifu begann mit der Übertragung eines TF-Signals für 8 Fe-Kanäle¹. Man war froh, dass es gelang, war aber nicht zufrieden damit. Der Kanalbedarf war höher und stieg im Laufe der Jahre enorm an. Der Trend ging darum zu immer neuen Rifu-Systemen¹⁰ mit höheren Radiofrequenzen, die größere Bandbreiten und damit größere Beschaltungskapazitäten ermöglichten. Rückwirkend lässt sich die Entwicklung des Rifu für die Funkbrücke zwischen Berlin und Westdeutschland in drei Ausbaustufen unterteilen, die sich zeitlich überlappen:

- Von 1948 bis 1973 wurden nur im UKW-Bereich⁶ arbeitende Rifu-Anlagen in den Berliner Funkstellen (FSt)¹¹ Wannsee und Grunewald - zwei vom „Tausendjährigen Reich“ hinterlassenen Immobilien - und später in der FSt Nikolassee unter Ausnutzung der mehrfachen Beugung betrieben.

- - Ab 1959 gewann eine neue FSt auf dem Berliner Schäferberg an Bedeutung und ab 1964 wurde der Fernmeldeturm Schäferberg das Zentrum der Rifu-Verbindungen zur BRD. Die den Beugungseffekt nutzenden Rifu-Systeme arbeiteten hier nur noch im oberen VHF- und im unteren UHF-Bereich. Dazu kamen Systeme, die im dm-Wellenbereich mit dem Scatterverfahren betrieben wurden.
- Schließlich wurden in Berlin-Frohnau und in der BRD ca. 350 m hohe Maste errichtet, über die ab 1980 mit streifender Sicht im cm-Wellenbereich Rifu betrieben werden konnte.

In Westdeutschland waren es die Stationen Torfhaus und Gartow, über die der Berlin-Verkehr überwiegend abgewickelt wurde. Der Torfhaus ist ein zum Brockenmassiv gehörender ca. 800 m hoher Bergrücken. Er liegt unmittelbar hinter der ehemaligen Zonengrenze und ist von Bad Harzburg leicht erreichbar. Die Entfernung zum Berliner Schäferberg beträgt etwa 190 km. Die FSt Höhbeck, später unbenannt in RifuST¹¹ Gartow, liegt auf einem breiten 75 m hohen Hügel - dem Höhbeck - und ist etwas über 134 km vom Schäferberg entfernt. Sie befindet sich in einer Ausbuchtung der ehemaligen Zonengrenze nahe dem Elbufer und dem Städtchen Schnakenburg. Der Ausbau und der Betrieb in diesen beiden Funkstellen verlief synchron mit dem in Berlin. Darum wird in den folgenden Ausführungen auf sie nicht näher eingegangen.

Die Zuführung bzw. Weiterleitung der über die Funkbrücke übertragenen BF-Signale⁸ von den Signalquellen bzw. zu den Signalenken (TF-Stellen, TV-Studios und dergleichen) erfolgte über normale Rifu-Strecken mit optischer Sicht und teilweise über Kabel. Auch darauf wird im Folgenden nicht näher eingegangen.

Richtfunk im VHF-Bereich

Versuche der Alliierten

Am Anfang war der Rifu zwischen Westberlin und den westlichen Besatzungszonen Versuch und Improvisation. Kein Wunder, dass man zunächst relativ niedrige Frequenzen im UKW-Bereich⁶ nutzte. So waren die ersten Rifu-Sender eigentlich nur in der Frequenz hochgezogene Kurzwellen-Sender.

Den ersten Versuch unternahm die amerikanische Militärbehörde mit einer Rifu-Strecke zwischen dem Berliner Funkturm und dem Bocksberg im Harz zur Übertragung nur weniger Fe-Kanäle. Wenig später bauten die britischen Militärs, unterstützt von Technikern der Post, eine ähnliche Verbindung vom Grunewaldturm ebenfalls zum Bocksberg auf. Jedoch, der Nachrichtenverkehr funktioniere mehr schlecht als recht ! Das lag wohl an zu geringen Sendeleistungen und ungeeigneten Antennen.

Die ersten Funkstellen der Westberliner Post

Als die Post Mitte 1948 begann, eine eigene Rifu-Strecke zu planen, wurde sogleich der Aufbau großflächiger Richtantennen und eine Sendeleistung von möglichst 1 kW angestrebt. Als Standort auf westlicher Seite wählte man den 800 m hohen Torfhaus. Wo aber sollten in Berlin hohe Standorte gefunden werden ? Die Planung ging davon aus, dass Sender und Empfänger in getrennten Funkstellen unterzubringen seien, um Empfangsstörungen durch die Senderausstrahlungen zu vermeiden. So entschloss man sich, einen Hochbunker aus der Kriegszeit als Funksendestelle Wannsee¹¹ und eine stabile Bauruine aus der Vorkriegszeit als Funkempfangsstelle Grunewald¹¹ herzurichten. Beide Bauwerke waren etwa 20 m hoch und so stabil, dass es möglich war, 40 m hohe Stahlgittertürme für die Antennenmontage auf ihre Dächer zu stellen.

Der Bunker (Abb. 1), der die FSSt aufnahm, befand und befindet sich noch immer auf dem Gelände der Lungenheilstätte Heckeshorn (jetzt: Lungenstation des Behring-Krankenhauses), ungefähr da, wo der Wannsee in die Havel mündet. In ihm befand

sich während des Krieges eine zentrale Befehlsstelle für die Luftabwehr. Diese hatte den Bunker bei Kriegsende offenbar geräumt, als er von den vorrückenden Sowjettruppen erreicht wurde. Um deutsche Soldaten, die sie darin vermuteten, zum Aufgeben zu bewegen, hatten die Sowjets - so berichteten Anwohner - Fässer mit brennbaren Flüssigkeiten in den beiden Eingängen entzündet. Der Brand soll tagelang geschwelt haben und so sah es später auch im Inneren aus. Als die Post das oberste der drei Bunkergeschosse als FSSSt herrichtete, wurden alle Zugänge zu den tiefer gelegenen Stockwerken vermauert und das Treppenhaus sowie die obere Etage getüncht. So war der Bunker - keiner der Damaligen gebrauchte die offizielle Bezeichnung Funksendestelle - für die Betriebskräfte zu einer annehmbaren Arbeitsstätte geworden. Aber wer von diesen schlich sich nicht mal, mit einer Akkuleuchte ausgerüstet, durch eine eigentlich immer verschlossene Tür über die geländerlose Hintertreppe in die dunklen, unteren Geschosse. Die Besichtigung des früheren, über zwei Stockwerke reichenden Luftlagesaales mit seinen verkohlten Sprecherkabinen und den Resten des großen Luftlagentableaus war schon ein kleines Abenteuer. - Trotz getünchter Räume war der Aufenthalt in den Betriebsräumen nicht gerade erfrischend. Darum war die Arbeitszeit für die Betriebskräfte im Bunker auf 35 Stunden pro Woche reduziert, zu einer Zeit, in der das normale Wochenleistungsmaß noch 48 Stunden betrug. Um den Menschen Erleichterung zu verschaffen, insbesondere aber auch für die Verlegung neuer Antennenkabel und um die bei Wartungsarbeiten nur über eine Außenleiter zum Bunkerdach erreichbaren Antennen besser zugänglich zu machen, wurde Mitte 1949 eine Öffnung in das mehrere Meter dicke Bunkerdach „geknabbert“. Die damit beauftragte Firma wäre ohne eine nachträgliche Finanzspritze der Post an dieser Aufgabe beinahe zugrunde gegangen. Aber schließlich war das Bunkerdach dann eines Tages doch über eine lange Treppe erreichbar. Ein kleines Häuschen mit einem Pausentisch wurde auf dem Dach über dem Treppenausstieg gebaut. Und hier konnte das Betriebspersonal dann zwischenzeitlich mal wieder richtig durchatmen (Abb. 2).

Die FESSt Grunewald lag zwischen der Heerstraße und dem Teufelssee in ca. 9 km Entfernung hinter den Sendeantennen. - Hier wurde 1937 ein Neubau für die Wehrtechnische Fakultät der Technischen Hochschule Berlin begonnen. Sie sollte Teil der

von Hitler gewünschten Hochschulstadt zu beiden Seiten der Heerstraße werden. Infolge des Krieges mussten die Bauarbeiten jedoch vorzeitig eingestellt werden. Der Rohbau blieb viele Jahre ungenutzt, bis 1948 im oberen Stockwerk eines Gebäudeteils Räume für die FESSt hergerichtet wurden. Auf den massiven Mauern konnten, wie auf dem Dach der Sendefunkstelle, zwei je 40 m hohe Antennentürme im Abstand von 15 m aufgestellt werden (Abb. 3 und 4).

So fing es mal an !

Der Aufbau der FSSSt und der FESSt fiel in die zweite Jahreshälfte 1948. Die am 24. Juni dieses Jahres von den Sowjets über Westberlin verhängte Blockade machte einerseits deutlich, wie wichtig die Verbindungen der Insulaner zum Westen waren, auch die Fernmeldeverbindungen. Andererseits machte sie es schwierig, die Baumaßnahmen voranzubringen. Doch dem Engagement der Beteiligten war es zu verdanken, dass ab dem Heiligen Abend 1948 die ersten acht Fe-Kanäle über die Funkbrücke nach Torfhaus zur Verfügung gestellt werden konnten.

Die Funkgeräte waren von der Firma G. Lorenz geliefert worden. Sie arbeiteten mit Frequenzmodulation im Frequenzbereich um 37 MHz und bestanden größtenteils aus der Fertigung für den militärischen Einsatz vor 1945: so auch das TF-Gerät MEK 8 für die Zusammenfassung von acht Fernsprechsignalen zur gemeinsamen Übertragung über den Funkweg. Für die Richtstrahlung wurden sogenannte Tannenbaumantennen mit 16 Halbwellenstrahlen zwischen den Antennentürmen aufgehängt (Abb. 5). Das waren aus Drähten und Stäben gefertigte ebene Dipolfelder mit ebensolchen Reflektorwänden. Die Übertragungsqualität dieser ersten RifuGI war erstaunlich gut, wenn auch nicht voll mit der von Kabelleitungen vergleichbar.

Nachdem mit der ersten Rifu-Strecke der Durchbruch gelungen war und vielfache Bedenken an der Eignung für den kommerziellen Fernsprechverkehr ausgeräumt waren, ging bereits vier Monate später die zweite Rifu-Strecke für acht Fe-Kanäle in Betrieb. Die dafür benötigten Antennen konnten an den 40 m hohen Türmen noch unter

der jeweils schon vorhandenen Antenne aufgehängt werden. Das wäre bei der dritten Rifu-Strecke nach Torfhaus, die im Juli 1949 den Betrieb aufnahm, nicht mehr möglich gewesen. Darum erhöhte man die Antennentürme durch aufgesetzte Rohrmaste um 16 m, so dass noch eine dritte Antenne über den beiden vorhandenen Platz fand. Etwas unterhalb von 70 MHz konnten mit verbesserter Gerätetechnik nun sogar 15 Fe-Kanäle übertragen werden. Dafür wurden ursprünglich für die Mehrfachausnutzung von Freileitungen entwickelte MG15 Trägerfrequenzgeräte eingesetzt. Nach der Erhöhung des Frequenzhubes von ± 30 kHz auf ± 75 kHz konnten bis zum Februar 1950 auch die anderen beiden Strecken auf MG15-Beschaltung umgestellt werden. Der Rifu stellte nun 45 Fe-Kanäle nach Westdeutschland bereit.

Die Huberhöhung und die spätere Einschaltung von Pre- und Deemphasisgliedern - das sind passive Schaltungen zur Verbesserung der Übertragungsbedingungen für die oberen TF-Kanäle - in die Sender und Empfänger führten zu einer Verbesserung der Übertragungsqualität¹². Jedoch war der Empfang noch durch Störstrahlungen erzeugende und nicht oder ungenügend entstörte Elektrogeräte im Stadtgebiet beeinträchtigt. Diese Störungen mussten bei der Auswahl der Betriebsfrequenzen berücksichtigt werden und konnten vom Funkentstörungsdienst erst allmählich eingedämmt werden.

Bei nicht seltenen Geräteausfällen musste von Hand Ersatz geschaltet werden; jede Störung war sofort zu beheben. Darum war in beiden Funkstellen rund um die Uhr Personal anwesend. Es waren dies zu jener Zeit fast ausschließlich Werkmeister, die in den in der Ostzone gelegenen Funkstellen Königs Wusterhausen und Zeesen nach deren Demontage bzw. Sprengung durch die Sowjets ihren Arbeitsplatz verloren hatten. Für Kontrollmessungen waren sie mit einigen Messgeräten ausgerüstet; bei der Fehlerbeseitigung waren sie auf einen kleinen Ersatzteilbestand und ihr Improvisationsgeschick angewiesen.

Neben der Erledigung der Betriebsaufgaben wurden zahlreiche Erprobungen zur Verbesserung der Betriebsbedingungen und zur Steigerung der Übertragungsgüte durchgeführt. So wurden Versuche mit unterschiedlichen Antennenkonstruktionen, mit

erhöhter Sendeleistung und mit verändertem Frequenzhub unternommen sowie der minimal mögliche Abstand parallel eingesetzter Frequenzen ermittelt. Häufig wurden Betriebsfrequenzen gewechselt sowie Sender und Empfänger gegen neue Geräte anderer Hersteller ausgetauscht. So boten die Betriebsräume schließlich einen bunten Überblick über die damalige UKW-Rifu-Technik. Da standen zum Beispiel im Bunker Fabrikate der Firmen Huber & Brendel, C. Lorenz, Rohde & Schwarz, Siemens und Telefunken in trauter Reihe nebeneinander.

Die Sender mit Nennleistungen von 1 kW und 1,5 kW arbeiteten ab dem Herbst 1949 ausschließlich mit Frequenzen im UKW-Band I (41 ... 68 MHz). Dieses Band war zwar für den TV-Rundfunk vorgesehen, wurde zu dieser Zeit dafür aber nicht benötigt. Die technische Entwicklung und Fertigung der Sender für den Rifu lief zeitlich fast parallel mit der von Sendern für den Beginn des UKW-FM-Tonrundfunks in Deutschland im UKW-Band II (87,5 ... 100 MHz). Während die Leistungsstufen der Rundfunksender allgemein in Topfkreistechnik¹³ realisiert wurden, waren die für die niedrigeren UKW-Frequenzen gebauten Rifu-Sender durchweg noch mit Stiftröhren bestückt und wurden mit Rollen-Variometern abgestimmt. Die Frequenzmodulation erzeugten Reaktanzröhren an unter 10 MHz schwingenden Oszillatoren. An die Überlagerungsempfänger waren erhöhte Anforderungen hinsichtlich der Begrenzerwirkung und der Linearität bei der Demodulation zu stellen. Diversity-Empfang wurde nicht angewendet.

Die Richtantennen waren ebene Dipolfelder mit Reflektorwand. Das waren am Anfang Tannenbaumantennen, eine aus der Kurzwellentechnik bekannte Bauform. Mit ihren dünnen Dipolstäben waren sie recht selektiv. Sie mussten auf die jeweilige Betriebsfrequenz eingestellt werden, was mit erheblichem Aufwand verbunden war. So wurden alsbald auch andere Antennenkonstruktionen erprobt, von denen sich Reusenantennen besonders bewährten. Diese ebenfalls aus Drähten gefertigten Antennengebilde waren durch den größeren Durchmesser der Dipole, die aus Drähten gefertigten Aalreusen ähnlich sahen, breitbündiger und mussten innerhalb eines bestimmten Bereiches nicht mehr auf die Betriebsfrequenz abgestimmt werden.

Im Frühsommer 1950 wurden von der Firma Telefunken für den UKW-Rifu entwickelte Zweifach-Filterweichen geliefert, über die es möglich war, zwei Sender oder zwei Empfänger rückwirkungsfrei auf eine gemeinsame Antenne zu schalten. Hierfür waren die breitbündigeren Reusenantennen gut geeignet. So kam der UKW-Rifu um eine beachtliche Entwicklungsstufe voran, denn nun schien es möglich, mit den vorhandenen Antennen die Anzahl der RifuGI zu verdoppeln. Zunächst wurden jedoch die sich jetzt bietenden Vorteile eingehend erprobt. Insbesondere galt es festzustellen, ob sich die neue Technik auch für die Übertragung von Tonsignalen zum Austausch von Hörprogrammen für die Rundfunkanstalten eignen würde. Außerdem wurde versuchsweise eine Ersatzstrecke eingerichtet, auf die beim Ausfall einer Betriebsstrecke umgeschaltet werden konnte.

Die ersten beiden Zweisenderweichen waren aus meterlangen Topfkreisen - die ein Laie leicht für Ofenrohre gehalten hätte - zusammengeschaltete elektrische Filter. Eine davon war im Bunker in einem eigenen Raum untergebracht und in einigem Abstand parallel zum Fußboden montiert. Ein schwer zu durchschauendes Röhrengewirr; damals auch für den Techniker ein imposanter Anblick ! - Sie wurden 1951/52 durch kompakte, in Schrankgestellen eingebaute Weichen ersetzt.

Der Bedarf an Fernstromkreisen für Fernsprechen und Tonübertragungen war größer als die Kapazität der vorhandenen Funkeinrichtungen. Darum sollte die erprobte und bewährte Technik auch in der Richtung nach Hamburg eingesetzt werden. Hierfür entstand in Westdeutschland die FSt Höhbeck. In Berlin wurde neben dem Bunker und neben der FEst Grunewald begonnen, abgespannte Stahlgittermaste für die neue Verkehrsbeziehung zu errichten. Sie waren noch im Bau, da kam das „Aus“ für die FEst. Der Magistrat der Stadt Berlin kündigte die Genehmigung für die Nutzung der Fakultätsruine im Grunewald. Viele Westberliner Spaziergänger werden sich noch an die amerikanische Funkstelle auf dem Teufelsberg erinnern. Aber kaum einer von ihnen wird wissen, dass unter diesem aus 26 Millionen Kubikmetern Trümmerschutt entstandenen Berg eine der ersten Funkstellen der Insulaner -: buchstäblich begraben wurde. Mehrere Begründungen führten zum Beschluss des Magistrats vom 12. Juni 1950, auf dem Ge-

lände rund um den unvollendeten, nationalsozialistischen „Prachtbau“ die Trümmer zerbombter Häuser abzulagern.

Funkstelle Nikolassee

Nach noch nicht einmal zwei Jahren Betrieb in der FESt Grunewald musste nun ein neuer Standort für den Rifu-Empfang gesucht werden. Gefunden wurde er im Ortsteil Nikolassee ca. 500 m östlich des Strandbades Wannsee, ebenfalls im durch die Abholzung während der gerade überstandenen Notzeit arg gebeutelten Grunewald. Hier wurde in weniger als einem Dreivierteljahr ein ebenerdiger Flachbau als Betriebsgebäude geplant und fertiggestellt (Abb. 7). Er war schon für eine spätere Erweiterung des Überhorizont-Rifu so gegliedert, dass drei der vier Funkbetriebsräume durch Gänge, Büro- und Nebenräume getrennt waren. Dadurch hoffte man, Störbeeinflussungen des Rifu-Empfangs nach dem weiteren Ausbau möglichst auszuschließen. - Neben dem Betriebsgebäude wurden drei 150 m hohe, abgespannte Stahlgittermaste als Antennenträger errichtet (Abb. 8). Platzierung und Abstand voneinander waren wieder so gewählt, dass ebene Drahtantennen zwischen ihnen aufgehängt werden konnten. Zwei Maste waren in 120 m Höhe durch eine Brücke miteinander verbunden, was ihnen das Aussehen eines H verlieh. Die Brücke sollte die Maste gegen die Zugkräfte der zwischen ihnen aufgehängten Antennenfelder abstützen und ein freies, nicht durch Pardunen gestörtes Strahlungsfeld vor den Antennen schaffen. Die ungewöhnliche Konstruktion war damals ein Synonym für die Verbindung Westberlins mit der westlichen Welt und wurde von der Deutschen Post Berlin zur Industrieausstellung 1956 mit der Herausgabe einer Sonderbriefmarke (MiNr. 157) gewürdigt.

Zur Installation von Reusenantennen kam es jedoch nicht mehr. Die Industrie hatte stabile Antennenmodule, sogenannte Einheitsfelder, entwickelt (Abb. 9). Sie bestanden aus je vier Ganzwellendipolen in einer Strahler- und einer Reflektorebene, weshalb sie vielfach auch als Achterfelder bezeichnet wurden. Die Dipole aus verzinktem Eisenblech waren verhältnismäßig dick, um die Antennen breitbandig zu machen, und hatten zur Verringerung des Windwiderstandes elliptischen Querschnitt. Sie waren an

einem ca. 5 x 8 m großen Trägergestell befestigt, wodurch eine verhältnismäßig einfache Mastmontage ermöglicht wurde. Die Speisung der Strahlerdipole erfolgte sternförmig über symmetrische Leitungen. Sie wurden an einem Symmetriertopf zusammengeführt und konnten über diesen an koaxiale Antennenzuleitungen angeschlossen werden. Zur Erhöhung der Richtwirkung wurden mehrere in der gleichen Ebene angeordneten Einheitsfelder zusammengeschaltet.

An dieser Stelle mag dem Verfasser gestattet sein, aus der zeitlichen Abfolge seiner Schilderung auszubrechen. Er möchte darauf hinweisen, dass zu späteren Zeitpunkten für mit höheren Frequenzen arbeitenden Rifu-Einrichtungen ebenfalls aus Einheitsfeldern zusammengeschaltete Antennen zum Einsatz kamen. Je höher jedoch die Betriebsfrequenzen wurden, um so kürzer wurden auch die Dipole und um so kleiner die Einheitsfelder.

Um 250 MHz spielte der Windwiderstand keine so dominierende Rolle mehr. Das ermöglicht Dipole aus Rohren mit rundem Querschnitt und den Ersatz der Reflektordipole durch eine für die Strahlungseigenschaften günstigeren Reflexionswand aus gitterförmig angeordneten Stäben. - Ab 400 MHz werden die Dipole so kurz, dass die Antennen durch Reif bzw. Eisansatz unzulässig verstimmt werden können. Um solche Witterungseinflüsse von diesen Einheitsfeldern fernzuhalten, werden die Strahlerdipole in einem auf einer Seite offenen Blechkasten untergebracht (Abb. 10). Dieser ist so dimensioniert, dass die Rückwand als Reflexionsfläche wirkt. In Strahlrichtung ist er durch eine Kunststoffplatte verschlossen, welche die Funkwellen fast verlustfrei passieren lässt. - Derartige Antennenmodule findet man auch heute noch für vielerlei andere Funkanwendungen.

Nun zurück zum damaligen Geschehen ! Alle Empfangsantennen in Nikolassee und die Sendeantennen nach Höhbeck wurden nicht mehr als Drahtantennen realisiert, sondern sogleich aus Einheitsfeldern erstellt. Im Mai 1951 konnte nun zunächst der Rifu-Empfang im UKW-Band I von der FESSt Grunewald nach Nikolassee verlegt werden (Abb. 11). Vier Monate danach nahm dann eine mit 15 Kanälen (MG15) beschaltete RifuGI zur FSt Höhbeck den Betrieb auf. - 1952 wurden auch in der Senderichtung nach

Torfhaus die Drahtantennen über dem Bunker gegen Einheitsfelder ausgetauscht (Abb. 13). Über neue Antennenweichen konnte anschließend eine kommende und eine gehende RifuG) des Systems FM Tn/50 dem NWDR für Rundfunkprogrammübertragungen zur Verfügung gestellt werden. Vier weitere RifuGI für Tonübertragungen³ - zwei in jede Richtung – über Höhbeck wurden zunächst erprobt und 1953/54 zur Beschaltung freigegeben (Abb. 12).

Die erste Fernsehverbindung

Im Laufe des Jahres 1952 nahm der NWDR in seinem Sendegebiet die Ausstrahlung eines Schwarz-Weiß-Fernsehprogramms auf. Dafür hatte die Post eine Rifu-Verbindung bereitgestellt über die die TV-Studios in Hamburg und Köln miteinander verbunden sowie die ersten TV-Rundstrahlsender im norddeutschen Raum versorgt wurden. An diese sogenannte Fernsammelschiene sollte auch Westberlin angeschlossen werden. Hier strahlte ebenfalls ein Rundstrahlsender ein TV-Programm ab, das im Postgebäude in der Tempelhofer Ringbahnstraße produziert wurde. Die Technik in diesem postalischen Versuchsstudio betreuten Ingenieure der Post; für die Programmgestaltung waren Mitarbeiter des NWDR verantwortlich.

Durch Ausnutzung der mehrfachen Beugung im Funkfeld Nikolassee - Höhbeck wurde eine TV-Verbindung im oberen VHF-Bereich zwischen Westberlin und der BRD geschaffen. Das restseitenbandmodulierte Rifu-System trug die Bezeichnung AM TV/250. Neben den Empfängern wurde zuerst in Nikolassee, etwas später auch in Höhbeck, je einer der ersten, für den Rundstrahlbetrieb nach dem Krieg neu entwickelten 10-kW-Bildsender aufgebaut, jedoch ohne den normalerweise zugehörigen Tonsender (Abb. 14). Dadurch konnten die Siebkreise für den Tonträger entfallen und die höheren Bildfrequenzen besser übertragen werden. Die Sender wurden abweichend von der Fernsehnorm mit etwas erhöhtem Restträger gefahren, um mögliche Verzerrungen im Weißbereich zu reduzieren. Zur weiteren Verbesserung der Übertragungsqualität war das abgestrahlte Restseitenband verbreitert und die Nyquistflanke in den Rifu-Empfängern flacher als in TV-Heimgeräten. Ein für den Rifu-Betrieb zunächst belegter Kanal 6 im UKW-Band III musste nach zwei Jahren wieder geräumt

UKW-Band III musste nach zwei Jahren wieder geräumt werden. Das führte zu einer dauerhaften Frequenzeinstellung auf 236 MHz. Die Antenne in Nikolassee bestand aus 24 Einheitsfeldern.

Die erste Fernsehübertragung aus Berlin zum Bundesgebiet fand am ersten Weihnachtstagsfesttag 1952 statt. Fast auf den Tag genau vier Jahre nach der Inbetriebnahme der ersten Überhorizont-Verbindung. Da lediglich eine RF⁸ zur Verfügung stand, konnte die Fernsehstrecke immer nur in einer der beiden Richtungen betrieben werden. Wenn Programmbeiträge aus dem Bundesgebiet mit solchen aus Berlin wechselten, dann war für den Wechsel der Senderichtung eine Umschaltpause von fünf Minuten - später auf drei Minuten reduziert - vorgesehen. Mancher Fernsehzuschauer kann sich vielleicht noch erinnern ! In der Programmfolge erschien ein Dia und die Ansage: „Wir schalten um“. Vor dem Programmbeginn aus Berlin musste der mit Röhren bestückte Sender rechtzeitig vorgeheizt werden. Dadurch waren zum Richtungswechsel zwar alle Vorstufen und die Geräte für die Video-Aufbereitung auf Betriebstemperatur, nicht aber die Leistungsstufen des Senders. Nachdem bei Beginn der Umschaltpause die Antenne vom Empfänger zum Sender umgeschaltet und der Sender hochgefahren war, begann eine Einlaufphase, während der sich die Betriebswerte erst allmählich einstellten. Wenn diese erreicht, kontrolliert und gegebenenfalls nachgeregelt waren, wurde das Studio telefonisch verständigt. Das Fernsehprogramm konnte nun aus Berlin fortgesetzt werden. Bei Umschaltungen in der Gegenrichtung lief die gleiche Prozedur in der FSt Höhbeck ab, während in Nikolassee nur der Sender ab- und die Antenne auf den Empfänger umzuschalten war. - Der Qualitätsverlust für das Videosignal durch die Restseitenband-Amplitudenmodulation war messtechnisch zwar unübersehbar. Für das damalige Schwarz-Weiß-Fernsehen war er aber noch hinnehmbar und wurde von den Fernsehteilnehmern an ihren Heimempfängern nicht wahrgenommen.

1967 wurde das Fernsehen farbig. Hierfür waren die inzwischen 15 Jahre alten AM-TV/250-Geräte nicht geeignet. Darum wurde die FuÜSt Nikolassee zum Anfang dieses Jahres mit einem zweiten, farbtauglichen Sender und zwei neuen, farbtauglichen. Empfängern ausgerüstet. Der alte Sender wurde nun Ersatzgerät.

Der UKW Rifu wird zusammengefasst und erweitert

Als die Fernsehbilder noch schwarz-weiß waren, wurden in dem eigentlich dafür vorgesehenen UKW-Band I zunehmend TV-Rundstrahlsender in Betrieb genommen, so auch ab Juli 1955 ein Sender im Kanal 3 in Ostberlin. Er verursachte in Nikolassee erhebliche Störungen in den mit TF beschalteten RifuGI; doch konnten die Auswirkungen auf die Übertragungsqualität nach einiger Zeit durch technische Gegenmaßnahmen auf ein erträgliches Maß reduziert werden.

Ähnliche Probleme befürchtete man anfänglich auch, wenn die im gleichen Frequenzband arbeitenden Sendeanlagen in der Nähe der Empfänger oder gar in der gleichen FSt betrieben würden. Doch hatten zwischenzeitlich durchgeführte Versuche gezeigt, dass es durch gezielte Auswahl der Betriebsfrequenzen, weiter entwickelte Empfangsgeräte (Abb. 15) und technischen Ergänzungen an den Sendern nun möglich war, auch die Sender zur FSt Nikolassee zu verlegen. Und so geschah es ! Die Verlegung fand im Laufe des Jahres 1957 statt. Um unerwünschte Abstrahlungen der Sender zu unterdrücken, wurde jedem Sender ein aus Topfkreisen bestehendes Bandfilter nachgeschaltet. (Abb. 16).

Wegen des hohen Wartungsaufwandes an den alten, noch aus der Kriegszeit stammenden MG-15-Geräten wurden ebenfalls 1957 zwei dieser Trägerfrequenzanlagen für die RifuGI nach Torfhaus durch moderne V24 Geräte ersetzt. Dadurch erhöhte sich die Beschaltungskapazität der Überhorizont-Strecken im UKW-Band I auf 78 Fe-Kanäle. Dabei blieb es nun bis zur Außerbetriebnahme dieser Technik.

Der Leitungsbedarf war zwischenzeitlich erheblich gestiegen und konnte mit den vorhandenen RifuGI nicht abgedeckt werden. Außerdem reichte die Übertragungsgüte dieser Leitung für den SWFD nicht aus. Die Firma Rohde & Schwarz hatte jedoch neue Geräte für den Überhorizont-Rifu entwickelt, die im Frequenzbereich zwischen 235 MHz und 300 MHz mit größerer Bandbreite eine größere Anzahl Fe-Kanäle frequenzmoduliert übertragen konnten. Zwei RifuGI gingen mit Geräten dieses neuen Systems FM

60/300 ab Ende 1956 bzw. ab Ende 1957 zwischen den FSt Nikolassee und Höhbeck in Betrieb. Mit ihnen wurden die vom Rifu bereitgestellten Fe-Leitungen fast verdreifacht. Die Sender gaben 2 kW RF-Leistungen ab und konnten mit den zugehörigen Empfängern für die Gegenrichtung über eine Filterweiche an einer gemeinsamen Antenne betrieben werden.

Die FM60-Geräte wurden vom Hersteller weiterentwickelt. Es entstand das System FM 120/300, für das bewährte Module aus dem Vorläufersystem, insbesondere die Senderleistungsstufen und die Sende-Empfangs-Weichen übernommen wurden. Außer der Vermehrung der übertragbaren Fe-Kanäle bot das neue System auch die Möglichkeit der ZF-Durchschaltung⁸ in Relaisstellen, wovon in Berlin jedoch kein Gebrauch gemacht wurde. Sender und Empfänger besaßen keine eigenen Modulations- bzw. Demodulationsstufen. Hierfür wurden Modem¹⁴ des Systems FM 120/2200 verwendet.

Die FSt Nikolassee erhielt durch einen Anbau an das Stationsgebäude einen zusätzlichen Betriebsraum. Er war nur durch eine Glaswand vom Betriebsraum für den UKW-Band-I-Empfang getrennt. Dort wurden drei Gerätesätze des neuen Systems mit je einem Modem aufgebaut (Abb. 17 und 18). - Zur Einschaltung der FM-120/300-Anlagen im Frühsommer 1959 mussten die beiden FM-60/300-Anlagen ihren Betrieb einstellen, denn zwei der neuen Anlagen nahmen nun auf ihren Frequenzen und an ihren Antennen den Betrieb auf. Die dritte Anlage stand für Handersatzschaltungen für die beiden Betriebslinien in Bereitschaft. - Erst neun Jahre später wurde mit einer dritten Antenne die Ersatzschaltung automatisiert.

Der Endausbau der RifuSt Nikolassee war erreicht. Außer der wechselzeitig betriebenen TV-Linie konnten 318 Kanäle für Fernsprechen und Telegrafie sowie 3 Tonleitungen in jeder Richtung dem Nachrichtenaustausch zwischen Westberlin und dem „Rest der westlichen Welt“ zur Verfügung gestellt werden.

Die technische Entwicklung und die Nutzung des Scattereffektes führte zur Inbetriebnahme leistungsfähigerer Geräte in einer neuen Funkstelle. Dadurch durchlor Nikolassee an Bedeutung. Schließlich war Personal nur noch während der Betriebszeiten

des TV-Senders und werktätlich während der Tagesdienstzeiten anwesend. Mitte der 60er Jahre wurden die UKW-Band-I-Geräte und 1969 die FM-120/300-Anlagen abgeschaltet. Die Fernsehstrecke AM TV/250 lief noch bis 1973. Dann begann der Abbau der verbliebenen fernmeldetechnischen Einrichtungen sowie der Stromversorgungs- und Netzersatzanlagen, der Antennen und der Maste. - Am 26. Mai 1975 wurde die FuÜSt Nikolassee nach 24 Jahren Betriebszeit aufgegeben. Gelände und Gebäude gingen in das Eigentum des Landesforstamtes über. Die 1. Ausbaustufe des Überhorizont-Rifu zur BRD war beendet.

Überhorizontrichtfunk mit Dezimeterwellen

Neue Wege

Trotz mancher Fortschritte beim Einsatz der UKW-Rifu-Technik hatte sich zusehends abgezeichnet, dass der Vermehrung der Fernmeldeleitungen in diesem Frequenzbereich viel zu enge Grenzen gesetzt waren. So kam es in der 2. Ausbaustufe zur Errichtung neuer Funkstellen für den Überhorizont-Rifu; mit neuen technischen Systemen wurden höhere Frequenzbereiche erschlossen.

1958 erwarb die Post ein Gelände auf dem 103 m hohen Schäferberg. Diese höchste natürliche Erhebung in Westberlin befindet sich im Düppeler Staatsforst, etwa auf halbem Weg zwischen dem Wannsee und der Glienicker Brücke. Er ist von der Königstraße über den befestigten Schneewittchenweg erreichbar. Die hier damals entstehende Funkstelle sollte im Laufe der Jahre zum Westberliner Rifu-Zentrum und zum örtlichen Sternpunkt künftiger TV-Leitungen werden.

Die erste Scatterverbindung

Noch bevor in Nikolassee die FM-120-Anlagen in Betrieb gingen, wurde auf dem Schäferberg ein kleiner Flachbau, ein Maschinenhaus und ein 45 m hoher Stahlgitterturm errichtet (Abb. 19). Erstmals sollte hier unter Ausnutzung der troposphärischen

Streustrahlung (Scatter) gewagt werden, zwischen Berlin und dem Torfhaus Rifu-Strecken im 2-GHz-Bereich zu betreiben. Dazu wurden Geräte des in normalen Sichtweiten-Funkfeldern⁴ bewährten Systems FM 120/2200 modifiziert. Der nur ca. 5 W abgebende Sender diente als Steuerstufe für ein Dreikammerklystron mit 1 kW Ausgangsleistung. Es war luftgekühlt und wurde über drei Spulen elektromagnetisch fokussiert. Der gesamte Sender, bestehend aus Modulator, Steuerstufe und Klystronverstärker, war mit entsprechend dreigeteiltem, automatischem Geräteersatz versehen. Die Antennenanlage bestand aus zwei Parabolspiegeln mit 10 m Durchmesser und Trichterstrahlern im Brennpunkt. Sie waren im Abstand von 15 m übereinander am Antennenturm montiert (Abb. 20 und 21). Dieser Abstand entsprach etwa 100 Wellenlängen der Betriebsfrequenz und war die Voraussetzung für den Empfang mit Raumdiversity⁹. Der Regelumfang in den Empfängern war vergrößert worden, um die erwarteten größeren Schwankungen der Eingangsspannungen ausgleichen zu können. Für die Zusammenführung der beiden Diversity-Signale war ein BF-Kombinator vorhanden. In einem solchen Kombinator wurde die Verstärkung der Signale aus beiden Empfangszweigen so gesteuert, dass sie umgekehrt proportional zu ihrem jeweiligen Störgeräuschpegel¹² zu einem pegelkonstanten Summensignal zusammengesetzt wurden (Abb. 22).

Die Geräte waren von den Firmen Siemens und Telefunken nach einem gemeinsamen Konzept entwickelt worden. Beide Firmen bauten mit ihren Geräten je eine RifuGI auf und übergaben sie im März 1959 dem Betrieb. Weitere 240 Fe-Kanäle standen für den Berlinverkehr zur Verfügung.

Leider machte der automatische Geräteersatz dem rund um die Uhr in der neuen RifuSt anwesenden Betriebspersonal nicht nur Freude. Die Relaissteuerung der Automatik, die Koaxialschalter an den Klystronstufen und deren Einlaufverhalten machte bei Gerätestörungen doch häufiges Eingreifen des Personals erforderlich. So trauerte niemand dem Geräteersatz nach, als gut zwei Jahre später durch den Einsatz von zwei weiteren Frequenzpaaren, Austausch der Antennenweichen sowie den Einbau zusätzlicher Empfänger, Demodulatoren und Kombinatoren aus zwei nun vier RifuGI wurden. Das Ergebnis dieses Umbaus war die Verdoppelung der über diese sogenannten Schmalband-Scatterlinien schaltbaren Fe-Kanäle. Nachteilig waren allerdings die nun

längeren Leitungsunterbrechungen bei Gerätestörungen. - Mehr als vier Jahre sollte es noch dauern, bis die Inbetriebnahme anderer Systeme erlaubte, eine der vier Betriebsleitungen frei zu schalten, als Schutzkanal¹⁵ (SK) einzusetzen und eine Ersatzschaltgruppe 3 + 1 zu bilden. - 1975 wurden die Geräte teilerneuert (Abb. 23).

Zwischenspiel im Bunker Heckeshorn

Nach dem Verlegen der im UKW-Band I arbeitenden Sender nach Nikolassee blieb die Funkstelle Wannsee für mehrere Jahre ungenutzt, wurde aber nicht aufgegeben. Auch die Antennenträger waren noch vorhanden, als das Zweite Deutsche Fernsehen (ZDF) nach mehrjährigem Versuchsbetrieb mit der regelmäßigen Ausstrahlung eines eigenen TV-Programms begann. Die DBP stellte hierfür 1960 einen Rundstrahlsender im Bunker für die Versorgung des Berliner Stadtgebietes zur Verfügung. Etwa gleichzeitig wurde eine neue, zweigleisige TV-Verbindung zwischen Wannsee und Höhbeck mit Funkgeräten des Systems AM TV/500 errichtet. In ankommender Richtung erreichte das N2-Programm ab Höhbeck über den UHF-Kanal 51 den Rundstrahlsender; abgehend wurden über den UHF-Kanal 25 Programmbeiträge aus dem Berliner Nebenstudio zum Hauptstudio des ZDF in Wiesbaden übertragen. Die Gerätetechnik entsprach der für das AM TV/250-System geschilderten, jedoch mit einer 20-kW-Tetroden-Endstufe im Sender. - Nach vier Jahren wurde der Betrieb im Bunker wieder eingestellt. Die Sende- und Empfangsanlage des Systems AM TV/500 wurde in eine andere Betriebsstelle umgesetzt. Im Bunker verblieben nur noch Rifu-Anlagen, die hier für einen Notfall vorgehalten wurden. Diese, sowie die haus- und maschinentechnischen Einrichtungen und die Antennenträger baute man erst 1968 ab. Nun konnte die Funkstelle Wannsee endgültig aufgegeben werden, fast 20 Jahre nach ihrer Einrichtung.

Der Fernmeldeturm Schäferberg

Ende 1961 begannen auf dem Schäferberg die Arbeiten zum Bau eines großen Fernmeldeturms (FMT). Er sollte nicht nur dem Rifu dienen, sondern auch die Rund-

strahlender für das 2. und das 3. Fernsehprogramm aufnehmen. - Dem ersten Spatenstich für die Baugrube waren vielerlei Überlegungen zur Wahl des geeignetsten Standortes vorausgegangen. Die Nähe der Berliner Flughäfen Tegel, Tempelhof und Gatow führte überall zu einer Beschränkung der Bauhöhe. So war mit Rücksicht auf die Flugsicherheit auch für den neuen Turm die Höhe auf 1000 Fuß über NN begrenzt. Auf dem 103 m hohen Schäferberg ergab sich daraus eine Bauhöhe 212 m über Grund. So blieb der FMT Schäferberg im Vergleich zu anderen großen FMT mit Höhen über 300 m eigentlich ein Winzling. Was ihn von vergleichbaren Türmen unterschied, war die große Anzahl hochliegender Betriebsgeschosse. Die Lage der durch diese Geschosse gebildeten Kanzel in der Turmmitte war den Architekten von den Posttechnikern vorgegeben. Hierdurch sollten die Zuleitungen zu Antennen am oberen und unteren Turmschaft kurz, und die Dämpfungsverluste in ihnen gering gehalten werden. Diesem Zweck diente auch die Anordnung der sechs übereinanderliegenden Betriebsräume mit vier gerätenahen Plattformen, die ausreichenden Platz für die Montage auch großer Antennen bieten sollten. An der Turmspitze über dem oberen Betonschaft war ein Kunststoffzylinder zur Aufnahme der Rundstrahlantennen vorgesehen. - Ein Turmrestaurant, wie von manchen Zeitgenossen erwartet, war schon vor Beginn der Planungsphase nicht vorgesehen. Es hätte den Bau erheblich verteuert; auch der Landschaftsschutz gebot den Verzicht auf einen größeren Gästeparkplatz und eine ausgebaute Zufahrt. So reizvoll auch der Ausblick aus der Höhe und bei gutem Wetter für die Gäste hätte sein können; welcher Wirt wäre schon bereit gewesen, die für ein solches Restaurant sicherlich nicht unerheblichen Kosten zu übernehmen, wenn er damit rechnen musste, bei weniger gutem Wetter kaum Gäste an den Stadtrand locken zu können.

Unter Zugrundelegung der oben angegebenen und weiterer Vorgaben wurde der FMT von einem Stuttgarter Architekten geplant (Abb. 24). Ausgangspunkt für seine Konstruktion war die Standfestigkeit des Turmes. Sie wird überwiegend von seinem Gewicht und seiner Standfläche - der vom äußeren Ringfundament umschlossenen Fläche - bestimmt. Wegen der für den Überhorizont-Rifu erforderlichen, großflächigen Antennen waren besonders hohe Windbelastungen zu berücksichtigen. So ergab sich für den FMT mit den vorgesehenen Antennen eine Windangriffsfläche, die mit der Segelfläche von 10 großen Hochseejachten verglichen wurde. Um auch bei höchsten Windbelastungen die

Standfestigkeit sicher zu gewährleisten, musste der Turm durch große Wandstärken und starke Armierung besonders schwer gemacht werden. Darum beträgt die Wandstärke in Bodenhöhe 75 cm; sie verjüngt sich dann auf 55 cm. - Trotzdem ist auch ein Betonturm kein absolut starres Gebilde. Bei höchster Sturmstärke führt er in Höhe der Betriebsgeschosse Taumelbewegungen bis zu ± 50 cm aus. Die Auslenkung des Kunststoffzylinders an der Turmspitze kann dann $\pm 1,70$ m erreichen.

In ca. 1 1/2 Jahren wurde der Turm von der Firma Hochtief hochgezogen (Abb. 25 und 26). Einige hundert dabei in den Beton eingegossene Ankerplatten waren für spätere Antennenmontagen vorgesehen. Ende Oktober 1962 war der Rohbau vollendet. Bis dahin waren im Turminnen auch vier mit den Zwischenböden verbundene Betonsäulen für die Aufzugsmontage und eine sich um den Aufzugsschaft windende Treppe fertiggestellt. Bis zum 10. Geschoss war diese Wendeltreppe nach außen durch eine rohrförmige Wand begrenzt. Dadurch entstanden zwischen dieser und dem Turmschaft Räume, deren Bodenflächen mit „Ananasscheiben aus der Büchse“ vergleichbar waren. - Nun wurde der haus- und maschinentechnische Ausbau in Angriff genommen, zunächst die endgültige Installation der Flugwarnbefeuerung und der Einbau des Aufzuges. Nach der Fertigstellung der fernmeldetechnischen Grundausrüstung konnte schließlich mit der Montage der ersten Antennen, Energieleitungen und Funkgeräte begonnen werden.

In dem erweiterten Maschinenhaus neben dem FMT fanden die Hochspannungstrafos für den Anschluss an das EVU-Netz und eine Netzersatzanlage für die Großverbraucher (Rundstrahl und AM TV/500-Sender) sowie für die Haustechnik Platz. Für die unterbrechungsfreie Stromversorgung der übrigen Funktechnik wurden im Laufe der Zeit mehrere Schwungradumformer für Dieselbetrieb aufgebaut (Abb. 27). Das sind Elektrogeneratoren, die mit einem Schwungrad und einem aus dem EVU-Netz angetriebenen Motor über eine gemeinsame Welle starr miteinander verbunden sind. Bei Unterbrechungen im Netz startet ein schnell anlaufender Dieselmotor, während das Schwungrad den Generator auf Touren hält. Nach Erreichen der Solldrehzahl übernimmt der Diesel über eine elektromagnetische Kupplung den Antrieb der Motor-Generator-Einheit für die Dauer

der EVU-Störung. - Solche Schwungradumformer waren zuvor schon für die schmalbandigen Scattergeräte und in der RifuSt Nikolassee in Betrieb genommen worden.

Als am 17. Juli 1964 ein Staatssekretär aus dem BPM den Fernmeldeturm offiziell dem Betrieb übergab, arbeiteten bereits die beiden TV-Rundfunkssender für die Ausstrahlung des 2. und des 3. Fernsehprogramms.

Hierfür war auch schon die AM-TV/500-Empfangsanlage von der RifuSt Wannsee (Bunker Heckeshorn) zum FMT für die Zuführung des TV-2-Programms verlegt worden. Außerdem hatten bereits die ersten fünf RifuGI eines neuen Überhorizont-Rifu-Systems EM 120/400 den Betrieb zur RifuSt Höhbeck aufgenommen (Abb. 28). Ihre Übertragungsqualität war erstaunlich gut. Dieses System konnte noch im gleichen Jahr auf 10 Gerätesätze, unterteilt in zwei Ersatzschaltgruppen 4 + 1 ausgebaut werden. - Auch die AM-TV/500-Sendeanlage wurde zum FMT umgesetzt.

Der Einseitenband-Richtfunk

Die Anwendung von Einseitenband-Amplitudenmodulation (EM) brachte neuen Wind ins Geschäft ! - Wie arbeitete nun das Rifu-System EM 120/400 und wodurch unterschied es sich von frequenzmodulierten Systemen ? Einseitenband-Amplitudenmodulation mit unterdrücktem Träger war ja nicht neu. Sie war in der Trägerfrequenztechnik üblich, sollte nun jedoch erstmals in Deutschland in den Frequenzbereichen 400...410 MHz und 420...430 MHz für den Überhorizontrichtfunk-Verbindungen eingesetzt werden. Dabei ging es darum, einerseits im unteren UHF-Bereich noch die mehrfache Beugung in Erdnähe auszunutzen und andererseits möglichst viele Fe-Kanäle zu übertragen. Mit EM wird das BF-Signal in die RF-Lage umgesetzt, ohne dass sich dabei die in Anspruch genommene Bandbreite ändert. Bei keinem anderen analogen Modulationsverfahren ist das radiofrequente Spektrum so schmal. Durch die Anwendung von EM konnten in den beiden 10 MHz breiten Bändern für die Hin- und Rückrichtung 10 Frequenzpaare zur Übertragung von je 120 Fe-Kanälen untergebracht werden. Mit der bisher verwendeten und auch bei höheren Radiofrequenzen weiterhin bevorzugten Fre-

quenzmodulation wäre die Kapazität dieser Bänder bereits mit wenig mehr als 300 Fe-Kanälen ausgeschöpft gewesen.

In EM-Sendern wurde nach der Amplitudenmodulation das eine Seitenband und der Träger abgefiltert, so dass über die Funkstrecke lediglich das andere, in die RF-Lage umgesetzte Seitenband übertragen wurde. Darum musste zur Demodulation im Empfänger dem Seitenband der Träger wieder zugesetzt werden. - Amplitudenverzerrungen auf dem Übertragungsweg wirkten sich unmittelbar als Störgeräusche in den Fe-Kanälen aus. Darum galt es, Kennlinienkrümmungen in den Verstärkerstufen - insbesondere in den Leistungsverstärkern der Sender - und die Quadraturverzerrung¹⁸ bei der Demodulation zu minimieren.

An dieser Stelle sollen einige orientierende Angaben zur Arbeitsweise des Systems EM 120/400 folgen, die der an der Technik nicht sonderlich interessierte Leser getrost übergehen mag:

- Alle Baugruppen waren für die Übertragung eines BF-Signals ausgelegt, das um 12 dB über dem in der Hauptverkehrsstunde zu erwartenden Summenpegel lag. So betrug auch bei hohem Gesprächsaufkommen die Spannungsaussteuerung der Geräte nur 25 % ihrer tatsächlichen Aussteuerungsfähigkeit und die für 1 kW ausgelegten Senderendstufen hatten dann nur ca. 60 W Ausgangsleistung aufzubringen. Signalverzerrungen konnten durch diese „Überdimensionierung“ und durch Gegenkopplungen weitestgehend vermieden werden. Hier ist insbesondere eine Gegenkopplungsschleife vom Senderausgang zum letzten ZF-Verstärker vor der ZF/RF-Umsetzung zu erwähnen. Sie musste wegen ihrer Leitungslänge phasenkompensiert und besonders sorgfältig eingestellt werden.
- Im Empfänger wurde der zur Demodulation benötigte, aber im Sender unterdrückte Träger dem übertragenen Seitenband mit sehr großer Amplitudet¹⁶ wieder zugesetzt. Dadurch blieb die Quadraturverzerrung vernachlässigbar gering. Um Frequenzverwerfungen in den Fe-Kanälen zu vermeiden, musste der Trägerzusatz im Empfänger mit der gleichen Frequenz erfolgen, wie sie zur Modulation im Sender benutzt wurde. Um dies trotz mehrfacher Frequenzumsetzung in den Funkgeräten zu gewährleisten,

wurde der Trägerzusatzoszillator mit einer Pilotfrequenz aus dem Sender synchronisiert.

Zum Ausgleich der über das Überhorizont Funkfeld zu erwartenden, häufigeren Schwundeinbrüche wurde auch hier Zweifach-Raumdiversityempfang mit Kombination in der BF-Ebene angewendet. Die Empfangssignale erreichten über je eine Filterkette in Topfkreistechnik die 10 Haupt- und die 10 Nebenempfänger. Entsprechend arbeiteten auch die 10 Sender über eine gleichartige Kettenweiche auf eine gemeinsame Sendeantenne. Alle drei Antennen waren aus Einheitsfeldern zusammengeschaltet (Abb. 10).

Wegen des weiter steigenden Bedarfs an Fe-Fernstromkreisen, der geringen Frequenzbandbreite der EM und der Bewährung der EM-120/400-Anlagen im Betrieb wurde ab Ende 1969 ein weiteres EM-System im oberen VHF-Bereich eingesetzt. Es trug die Bezeichnung EM 120/250 und wurde nach der Abschaltung der FM-120/300-Anlagen in den FuÜSt11 Nikolassee und Gartow (bis 1968: RifuSt Höhbeck) ebenfalls über das Funkfeld Schäferberg - Gartow betrieben. - Um die Antennen für das neue System auch noch am oberen Schaft des FMT montieren zu können, musste zuvor die EM 120/400-Antennenanlage umgebaut und dabei etwas verkleinert werden. Die Gerätetechnik entsprach der des Vorläufersystems; lediglich die Senderendstufen waren weniger leistungsstark und mit nur 100 W für den maximalen Pegel bemessen. - Der Vollausbau mit 12 Anlagen für 12 Frequenzpaare war im Juli 1970 abgeschlossen.

Die Sende- und Empfangsgeräte beider EM-Systeme sowie die Antennenweichen, Ersatzschaltgeräte usw. befanden sich in Schrankgestellen der Bauweise 52 (Abb. 29). Diese wiederum waren in Gruppenrahmen aufgestellt, die in dem ringförmigen Betriebsraum, dem 30. Geschoss des FMT, zwei polygonale Kreise bildeten. Die EM-120/400-Geräte standen mit ihrer Rückseite zur Turmaußenwand, die EM-120/250-Geräte mit dem Rücken zum Treppenhaus. - Zuerst waren die EM-RifuGI in kleinen Gruppen mit je einem SK über BF-Leitungsersatzschaltgeräte zusammengefasst. Anfang 1978 wurde dann eine gemeinsame Ersatzschaltgruppe mit 20 Betriebslinien (9 x EM 120/400 und 11 x EM 120/250) und nur einem SK (1 x EM 120/400) gebildet. Nun konnten durch den EM-Rifu 2400 Fe-Kanäle zum Bundesgebiet übertragen werden. - Eine weitere EM-

120/250-RifuGI stand in beiden Richtungen für manuelle Ersatzschaltungen zur Verfügung, um für die Dauer von Instandsetzungen und während der Durchführung von Überholungsarbeiten nicht den automatisch schaltenden SK blockieren zu müssen.

Eines Tages war in der Presse zu lesen, dass Berliner Funkamateure über EM-Rifu geführte Gespräche mitgehört hätten. Oh weh, das Fernmeldegeheimnis war in Gefahr ! Wie war das möglich ? Nun, sogar die beste Richtantenne strahlt einen geringen, wenn auch noch so kleinen Teil der Strahlungsenergie eines Senders seitwärts und nach hinten ab, und hinter den EM-Antennen lag das Stadtgebiet von Berlin. So konnten hier Funkamateure, die mit empfindlichen, schmalbandigen Empfängern den Äther nach Funkkontakten absuchten, in der Betriebsart EM mithören, was Berliner Fe-Teilnehmer sprachen. Das war zwar nicht rechtens, aber technisch immerhin möglich. Ein dem Amateurbetrieb zugewiesenes Frequenzband zwischen 430 und 440 MHz war den von EM 120/400-Rifu benutzten Frequenzen unmittelbar benachbart. Hatte vorher niemand daran gedacht ? Als bald wurde nun mit einer kleinen Zusatzschaltung die ZF in den EM-Sendern derart verwobbelt, dass ein Mithören nicht mehr möglich war. Nun war die Welt des EM-Rifu wieder in Ordnung !

Die breitbandigen Scatterleitungen

Durch den ständig steigenden Stromkreisbedarf für Fernsprechen und Datenübertragung zwischen Westberlin und der BRD waren die für den Rifu zuständigen Dienststellen der Post gefordert, nach weiteren Möglichkeiten für neue Übertragungswege zu suchen. So begann schon vor der Inbetriebnahme EM-120/250-Leitungen der Aufbau von breitbandigen Rifu-Einrichtungen (mehr als 300 trägerfrequente Fe-Kanäle), die nach dem Streustrahlverfahren (Scattering) über das hierfür bereits erprobte Funkfeld zwischen dem Schäferberg und dem Torfhaus arbeiten sollten. Hierfür wurde das für den Überhorizontbetrieb modifizierte System FM 960-TV/1900 eingesetzt.

Auf der Sendeseite konnten Modulator- und Sendeteile der Produktion für den Sichtweiten-Rifu entnommen werden und zur Ansteuerung der nachgeschalteten 1-kW-

Endstufen verwendet werden. Diese waren mit elektromagnetisch fokussierten Wanderfeldröhren bestückt. Kollektor, Röhrenkörper und Fokalisator waren zum Abführen der Verlustwärme wassergekühlt. - Für die Empfangsseite wurden Empfänger und Demodulatoren¹⁴ ebenfalls der normalen Produktion entnommen. Den Empfängern waren jedoch zusätzlich parametrische Verstärker vorgeschaltet. Sie verdoppelten die den Empfängern von den Antennen zugeführten Eingangsspannungen (Abb. 30).

Auch bei diesem Rifu-System wurde zweifach Raumdiversityempfang angewendet, jedoch mit Kombination in der ZF-Ebene. Im Vergleich zu den schmalbandigen Systemen für nur 120 Fe-Kanäle waren bei den höheren Basisfrequenzen der Breitbandübertragung (BF bis über 5 MHz) die sich aus unterschiedlichen und ständig ändernden Weglängen über das Scatervolumen ergebenden Laufzeitunterschiede nicht mehr vernachlässigbar. Sie hätten im Basisband mit zunehmender Frequenzlage ansteigende und unzulässig hohe Pegelschwankungen und Nebensprechgeräusche¹² verursacht.

Je größer das Scatervolumen und je spitzer der Winkel ist, unter dem sich die Strahlungskegel der Antennen treffen, um so größer wird die Differenz zwischen den möglichen Weglängen über den gemeinsamen Raumkörper. Durch besonders stark bündelnde Antennen wird durch die Größe des Scatervolumens und damit die maximale Weglängendifferenz innerhalb desselben begrenzt. Trotzdem betrug sie im hier beschriebenen Fall noch einige 10 RF-Wellenlängen. - Die über das Scatervolumen die Empfangsantennen erreichenden Energiestrahlen wurden als in der Phase schwankende Summensignale den Empfängern zugeführt. Ihre mittlere Weglängendifferenz ließ sich zwar durch Verlängerungsleitungen ausgleichen, ihre schwankenden Längenunterschiede jedoch nicht. Darum wurden beide Summensignale durch einen für beide Empfänger gemeinsamen Oszillator auf die gleiche ZF umgesetzt und durch einen von der sich laufend ändernden Phasendifferenz gesteuerten, elektronischen Phasenschieber auf gleiche Phasenlage nachgeregelt, was dem Ausgleich der schwankenden Weglängendifferenz gleichkam. In der nachgeschalteten Kombinationsstufe konnten nun beide ZF-Signale im umgekehrten Verhältnis der im Basisband auftretenden Störgeräusche zusammengeführt werden. Phasengleich kombiniert waren nun zwar die ZF-Summensignale der beiden Diversitywege; diese setzten sich aber aus einer Vielzahl

nicht korrelierter Energieanteile zusammen. So konnten zwar Pegelschwankungen und Nebensprechgeräusche in den trägerfrequenten Fe-Kanälen in zulässigen Grenzen gehalten werden, nicht aber der Pegel des mit seiner Frequenz weit über dem BF-Nutzsignal liegenden Funkpiloten¹⁷ des normalen Rifu-Systems FM 960-N/1900. Darum musste auch die Störungssignalisierung und die Steuerung der Ersatzschaltgeräte durch eine besondere Pilottechnik an die Eigenschaften des Überhorizont-Funkfeldes angepasst werden.

Für den polarisations- und frequenzentkoppelten Sende- und Empfangsbetrieb von 3 RifuGI waren zwei Cassegrainantennen mit Parabolspiegeln von 18 m Durchmesser vorgesehen. Die Spiegel wurden in 18 Teile zerlegt angeliefert und am Boden zusammengesetzt. Durch Passschrauben konnte dabei eine Formgenauigkeit der Spiegelschalen von ± 5 mm eingehalten werden. Die Formtoleranz des Sekundärreflektors betrug sogar nur ± 2 mm. Im Spätsommer 1966 wurden die Antennen gezogen und in 35 m und 55 m über dem Boden am unteren Schaft des FMT montiert. Jede Antenne hatte ein Gewicht von ca. 10 t; die dazugehörige Haltevorrichtung wog je Antenne ca. 5 t (Abb. 31).

Die Funkanlagen, Modem, Ersatzschaltgeräte und Zusatzaggregate waren in vier übereinanderliegenden Stockwerken im unteren Teil des Turmschaftes untergebracht. Die „Ananasscheibe“ im 8. Geschoss wurde zum Funkbetriebsraum. Hier lehnten sich die Wanderfeldendstufen und die Raumbelüftung an die Wand zum Treppenhaus, während alle anderen Geräte in kurzen Gruppenrahmen mit dem Rücken zur Turmwand aufgestellt waren. Für Wartungsarbeiten blieb dazwischen ein Gang von nur 0,8 ... 1 m Breite. Darunter, im 7. Stockwerk, waren die Pumpen und Wärmetauscher für den Wasserkreislauf sowie die Hochspannungsnetzgeräte für die Endstufen aufgebaut (Abb. 32). Die Aggregate für den Luftdurchsatz der Wärmetauscher waren im 6. Geschoss untergebracht, die Maschinenteknik für die Raumbelüftung und die luftgekühlten Vorstufen im 9. Geschoss. Überall war es sehr eng und laut. Besonders „gemütlich“ wurde es in der Enge dann, wenn ein Wasserschaden auftrat. Nicht selten wurde die Wasserführung auch innerhalb der Wanderfeldröhren-Fokalisatoren undicht. Das war jedesmal eine besonders schwerwiegende Betriebsstörung, denn eine Reparatur vor Ort war nicht mög-

lich. Diese recht gewichtigen Bauteile konnten nur vom Hersteller instandgesetzt werden.

Die ersten drei RifuGI gingen im Juli 1967 in einer Ersatzschaltgruppe 2+1 in Betrieb. Eine Leitung wurde zur Erprobung unter Betriebsbedingungen zunächst nur mit 300, dann mit 600 und schließlich mit 840 trägerfrequent gebündelten Fe-Kanälen beschaltet. Die zweite Betriebsleitung war für TV-Signale ausgerüstet und übernahm die Übertragungen für das ARD-Programm in beiden Richtungen. Dadurch entfielen nicht nur die Umschaltphasen beim Richtungswechsel der AM-TV/250-Anlagen; es stand auch einen Monat später zum Start des Farbfernsehens in Deutschland anlässlich der „25. Großen Deutschen Funkausstellung in Berlin“ für das 1. Fernsehprogramm eine farbtaugliche Rifu-Leitung mit erheblich verbesserter Betriebsgüte zur Verfügung. - Sowohl die für die Übertragung des ZDF-Fernsehens benutzten AM-TV/500-Geräte, als auch die nun für das 3. TV-Programm zur Verfügung gehaltenen AM-TV/250-Anlagen waren im gleichen Jahr für die Übertragung von Farbfernsehsignalen umgerüstet worden.

Während einer 10-wöchigen Abschaltung von zwei Breitband-Scatter-Leitungen im Herbst 1970 wurden die Antennenweichen und Ersatzschaltgeräte im FMT Schäferberg und in Torfhaus erweitert. Im Juli 1971 konnte dann die von drei auf sechs Gerätesätze vergrößerte Ersatzschaltgruppe 5 + 1 des Systems FM 960-TV/1900 in Betrieb genommen werden. Nun standen drei RifuGI für die Übertragung von TF-Signalen und zwei RifuGI in beiden Richtungen für die TV-Signale des 1. und des 2. Fernsehprogramms zur Verfügung. - Die AM-TV/500-Strecke konnte in abgehender Richtung jetzt auch anderen TV-Bedarfsträgern zur Verfügung gestellt werden; ankommend übertrug sie mehrere Jahre lang das BFBS-Programm für den britischen TV-Rundstrahlsender in Berlin-Westend.

Im praktischen Betrieb hatte sich gezeigt, dass die Überhorizont-Verbindung nicht allein durch die Streustrahlausbreitung zustande kam, sondern dass trotz der relativ hohen Frequenzen wohl auch der Beugungseffekt zum guten Betriebsergebnis beitrug. So konnten nach einer schaltungstechnischen Verbesserung der Kombinatoren ab Mitte 1974 die mit TF-Signalen beschalteten RifuGI sogar 960 Fe-Kanäle übertragen.

Anlässlich der „Internationalen Funkausstellung Berlin 1971“ gab die Deutsche Bundespost Berlin eine Sonderbriefmarke (MiNr. 391) heraus, auf welcher der Fernmeldeturm Schäferberg mit den beiden großen Parabolantennen abgebildet war.

Personal und Betrieb

Die vorstehend beschriebenen Überhorizont-Funkanlagen, aber auch alle anderen im FMT betriebenen Funkeinrichtungen, bedurften ständiger Kontrolle und regelmäßiger Überholung sowie gelegentlicher Instandsetzung. Darum soll nun über die damals im FMT Schäferberg tätigen Techniker, ihre Arbeit und ihr Arbeitsumfeld berichtet werden.

Die anfallenden Mess-, Wartungs- und Entstörungsaufgaben wurden von drei Kräftegruppen wahrgenommen, denen die unterschiedlichen Gerätegruppen anvertraut waren. Ein Team war für den EM-Rifu, die Schmalbandscatterleitungen und den schmalbandigen Ortsrichtfunk zuständig, ein zweites für den Breitbandscatterrichtfunk, den breitbandigen Rifu für den Ortsverkehr und die im Turm befindlichen Fernwirkanlagen. Die dritte Kräftegruppe betreute die AM-TV-Anlagen und alle Rundstrahlsender. In jedem Team arbeiteten drei bis vier Unterhaltungsbeamte (BFt) mit einem Messbeamten (CFt) zusammen. - Die Unterhaltungsbeamten waren Techniker der Ü/Fu-Laufbahn B, deren Augen und Ohren ständig auf „ihre“ Geräte gerichtet waren. Ihre Funktionsbezeichnung darf nicht zu der Annahme verführen, dass sie ihren Arbeitstag bei munterem Geplauder verbringen konnten.

Am Leitplatz Funk (LPI Fu) im 28. Geschoss des FMT war eine vierte Kräftegruppe tätig. Sie bestand aus einem Messbeamten und einem Bft-Mitarbeiter, die beide während der werkstäglichen Bürodienstzeit anwesend waren sowie vier bis fünf Mitarbeiterinnen im Tageswechseleinsatz. Mitunter wurden diese Damen wegen ihres hochgelegenen Arbeitsplatzes als die „Höchsten Beamtinnen der Post“ tituliert; was sie schließlich nicht mehr hören mochten. - Vom LPI Fu wurden der Betriebszustand und die Betriebsgüte der in Westberlin betriebenen Funkeinrichtungen und der Überhorizontverbindungen zur

BRD überwacht und der Betriebsablauf gesteuert. Nach außen wirkende Maßnahmen wurden mit dem Personal der Funkstellen in der BRD, mit anderen LPI Fu, anderen Postdienststellen, den RF-Anstalten usw. koordiniert sowie fallweise Personal im eigenen Zuständigkeitsbereich eingesetzt (Abb. 33).

Um die Überwachungs- und Steuerungsaufgaben zu ermöglichen, wurden die von den Geräten sowohl im FMT als auch in allen anderen FuÜSt im Stadtgebiet automatisch abgegebenen Zustands- und Störungssignale über Impulsfernwirkanlagen zum LPI Fu übertragen und durch entsprechend bezeichnete Signallämpchen angezeigt. Hierzu waren in umgebauten Fernschränken F 36 viele Lampenstreifen, aber auch Tastenstreifen montiert. Mit den Tasten konnten Fernwirkkommandos gegeben und Schaltvorgänge an den Geräten ausgelöst werden. Zur visuellen Überwachung der TV-Anlagen standen zusätzlich Monitore und Kontrollempfänger zur Verfügung. - Zur Sicherstellung optimaler Übertragungsqualität der mit Trägerfrequenzsignalen beschalteten Überhorizontverbindungen waren an deren Leitungsenden sogenannte Geräuschkdauerüberwachungsgeräte angeschaltet. Diese erfassten alternierend in Zeitintervallen von 1 Minute das Störgeräusch in einem Messkanal außerhalb des TF-Nutzsignals und verglichen das Ergebnis mit einem vorgegebenen Schwellwert. Die Schwellwertüberschreitungen wurden automatisch gezählt, angezeigt und regelmäßig abgelesen. Bei erhöhtem Zählerstand einer Leitung im Vergleich zu den anderen Leitungen des gleichen Rifu-Systems konnten Gerätemängel vermutet und Maßnahmen zu ihrer Beseitigung veranlasst werden.

Für die ständige Überwachung des Betriebes war der LPI Fu rund um die Uhr mit Personal besetzt. Von morgens bis in die späten Abendstunden war mindestens eine Mitarbeiterin am Leitplatz sowie ein Mess- und ein Unterhaltungsbeamter im FMT anwesend. Um diese Personalbesetzung sicherzustellen, mussten die Kräfte der drei Geräteteams teilweise im Wechseldienst eingesetzt werden. Während sie nachmittags und abends bzw. an den Wochenenden ihren Aufgaben an den Funkgeräten nachgingen, konnten sie bei Störungen und anderen aktuellen Ereignissen zum LPI Fu eilen und in das Betriebsgeschehen eingreifen. Nachts war der LPI Fu nur mit einer BFt-Kraft besetzt.

Die Etagen 2 bis 4 des Turmes wurden durch sechs Bullaugen mit einem dreiviertel-metergroßen Durchmesser mit etwas Tageslicht versorgt. Darum befanden sich hier Büroräume für die Dienststellenleitung und ein etwa 20 m² großer Pausenraum. Durch radiale Trennwände hatten alte Räume die Form großer Tortenstücke, von denen die Spitzen bereits abgebissen waren. Jemand behauptete einmal, niemandem stände ein so großes Büro zur Verfügung wie dem Stellenvorsteher des Funkübertragungsbetriebes. Wenn er an einem Ende seines Raumes hinter dem Schreibtisch säße, könne er nicht erkennen, wer am anderen Ende zur Tür hereinkäme. - Jedoch es war nur ein humorvoller Hinweis auf den ungewöhnlichen Zuschnitt seines Büros, eines besonders breiten Tortenstücks.

Für den vertikalen Transport im Turm war der einzige Aufzug für Personen und Lasten eine nur schwer entbehrliche Lebensader. Die Fahrt non-stop vom 1. bis zum 33. Stockwerk dauerte fast zwei Minuten. Wenn der Aufzug aber gerade in der falschen Richtung unterwegs war oder wenn er mehrmals anhielt, entladen oder beladen wurde: das konnte dauern ! Und das wurde so manchem zur Qual, denn Toiletten und Waschgelegenheiten waren zunächst nur im Erdgeschoss vorhanden. Da hatte wohl ein zu optimistischer Planer geglaubt, der FMT ließe sich mit nur gelegentlich für kurze Zeit anwesendem Personal betreiben. Die Wendeltreppe war für solche Nöte keine empfehlenswerte Alternative. Zwischen dem Erdgeschoss und dem höchsten Betriebsraum in der 33. Etage waren es immerhin hin 697 Stufen. - Erst acht Jahre nach der Inbetriebnahme erhielt der Turm eine Toilette im 23. und eine Waschgelegenheit im 24. Geschoss.

Ganz anders schätzten zwei Journalisten, die eines Tages eine der „höchsten Beamtinnen“ interviewen wollten, die Treppenverbindung nach oben ein. Der Fahrstuhl war wegen eines Defektes außer Betrieb. Aber die beiden waren jung und nahmen gleich zwei Stufen auf einmal. Ihr Begleiter, ein weniger junger „Turmfunker“ konnte da nicht mithalten und stieg gemächlich hinterher. Irgendwo unterhalb der Betriebskanzeln standen die beiden, gerötet und schweratmend. Statt eines Interviews bekamen sie von ihrer Interviewpartnerin erst einmal eine Tasse Kaffee. - Für den Rückweg warteten sie die Wiederinbetriebnahme des Aufzugs ab.

An heißen, trockenen Sommertagen kam regelmäßig noch anderer Besuch. Ein Forstangestellter beobachtete dann vom Besucherbalkon aus den Grunewald. Bei aufsteigendem Rauch konnte er mit der Richtungsangabe eines Kollegen auf den Grunewaldturm den vom Waldbrand betroffenen Jagen orten und die Feuerwehr alarmieren.

Für gelegentliche Besucher war das untere Tiefgeschoss des FMT wegen seiner beachtenswerten Akustik besonders interessant. Wer sich je das Echo auf dem Königssee bei Berchtesgaden hat vorblasen lassen, mag eine Vorstellung davon haben, welche sonderbaren Schallereignisse in dem großen, kreisrunden, fensterlosen und fast leeren Kellerraum möglich waren.

Etwas problematisch war die Erreichbarkeit des FMT bei Regen und Dunkelheit für diejenigen Beschäftigten, die nicht mit ihrem privaten Pkw oder in einer Fahrgemeinschaft zur Arbeit kamen. Der Weg von der nächstgelegenen Bushaltestelle zum Turm war über 1,5 km lang und führte zur Hälfte durch den Wald. Darum wurde zu den Schichtwechseln ein Post-Kfz für den Personentransport von und zur Bushaltestelle eingesetzt. Die Damen vom LPI Fu, deren Spätschicht erst spätabends endete, wurden dann sogar bis zu ihrer Wohnung gefahren. Die geringe Anzahl zu befördernder Personen, abends und an den Wochenenden, war nicht wirtschaftlich. Darum wurde hierfür ab den 70er Jahren die Benutzung von Taxen ermöglicht.

Manchmal kam man morgens durch Nebel und Nieselregen aus tiefliegenden Wolken zum Dienstantritt. Welche Überraschung, wenn man dann „oben“ ankam und die Betriebskanzel im gleißenden Sonnenlicht lag ! War man im Aufzug vielleicht noch etwas mufflig, so bewirkte die Aussicht durchs Fenster oder von einer Plattform auf die wattergleiche und sonnenbeschienene Wolkendecke, die die Stadt mit aller Unbill zudeckte, einen Gute-Laune-Schub. Das konnte für den ganzen Tag hilfreich sein.

Westberlin braucht eine zweite Funkstelle für den Weitverkehr

1964 meinten die Statiker, dass der FMT Schäferberg weitere großflächige Antennen für das damals neue Rifu-System EM 120/250 nicht mehr tragen könne. Sicherheitserwägungen ließen es außerdem als wünschenswert erscheinen, in Westberlin ein zweites Standbein für die Fernmeldeverbindungen zur BRD zu schaffen. Ein zweiter FMT an einem anderen. Standort sollte her ! Der Senat von Berlin und die für den Luftverkehr von und nach Berlin zuständigen alliierten Schutzmächte waren bestrebt, die Zahl hoher Funktürme im Stadtgebiet gering zu halten. Darum war es das Ziel postinterner Überlegungen, dass der zu planende neue Turm nach dem Aufbau der EM-120/250-Anlagen wegen des ständig steigenden Leitungsbedarfs noch über längere Zeit weitere Rifu-Technik würde aufnehmen können. Weil jedoch die für den Überhorizont-Rifu verfügbaren Frequenzbereiche belegt waren,, wurde ein über ca. 350 m hoher FMT Gegenstand der einsetzenden Vorplanung. Nur aus dieser Höhe schien bei quasi-optischer Sicht zu einem Antennenträger gleicher Höhe in der BRD die Nutzung für den Berlinverkehr neu zu erschließenden Frequenzen im cm-Wellenbereich denkbar.

Der Berliner Senat und die Alliierten drängten den SFB (Sender Freies Berlin) seinerzeit zur Aufgabe seines nur befristet genehmigten Sendemastes am Scholzplatz und forderten die Mitbenutzung eines neuen FMT der DBP. Zunächst zeigte der SFB reges Interesse daran. Hoffte er doch, aus größerer Höhe die Reichweite seiner Rundstrahler weiter in die DDR hinein ausdehnen zu können. Es zeigte sich jedoch bald, dass dieser Wunsch wohl nicht so einfach zu realisieren sein würde, woraufhin sich der SFB in dieser Angelegenheit eher abwartend verhielt.

Im Interesse der Öffentlichkeit und als touristische Attraktion befürwortete der Berliner Senat eine Aussichtsplattform und ein Turmrestaurant. Aber mögliche private Investoren zeigten aus den bereits für den FMT Schäferberg geschilderten Gründen kein Interesse für einen Turm in Stadtrandlage. Ein Turm in der Stadtmitte schied aber wegen der dort

zu erwartenden intensiveren Funkstörungen für die empfindlichen Empfangssignale des Rifu aus.

Für die Lage einer neuen FuÜSt kamen neben anderen insbesondere vier Standorten in die engere Wahl:

- der Murellenberg westlich des Olympiastadions,
- die Rehberge im Spandauer Forst,
- der Ehrenfortenberg im Tegeler Forst und
- ein Waldgelände an der Oranienburger Chaussee in Frohnau.

Die Standsortentscheidung war von der Zustimmung des Berliner Senats und dem alliierten Luftsicherheitsausschuss abhängig. Sie wurde Ende Dezember 1966 für die Errichtung eines Antennenträgers mit einer Höhe von 395 m über NN am Standort Frohnau erteilt. Nach dem Scheitern der Verhandlungen mit einem privaten Grundstückseigentümer konnte ein 79.000 m² großes Gelände zwischen dem Hubertusweg und dem Jägerstieg im nördlichsten Zipfel Westberlins aus Bundeseigentum erworben werden.

In den Diskussionen um die Ausgestaltung der neuen FuÜSt dominierte weiterhin der Bau eines Betonturmes. Er sollte außer den EM-120/250-Anlagen noch Orts-Rifu-Anlagen, UKW-Tonrundfunksender der DBP und gegebenenfalls die Sender des SFB sowie zu einem späteren Zeitpunkt Rifu-Anlagen für den Überreichweiten-Sichtrichtfunk im 4-GHz- und 6-GHz-Bereich aufnehmen. Um in der Zeit bis zur Fertigstellung dieses FMT Leitungseingänge zu vermeiden, sollten je 5 EM-120/250-Anlagen behelfsmäßig und unter Inkaufnahme geringerer Übertragungsgüte im FMT Schäferberg und in der FuÜSt Nikolassee betrieben und später nach Frohnau umgesetzt werden.

Doch ab dem Herbst 1967 entwickelten sich die Dinge günstiger als erwartet. Statiker und Funktechniker hatten den Weg geebnet, um alle EM-120/250-Anlagen mit ihren Antennen doch noch im beziehungsweise am FMT Schäferberg aufzubauen. Außerdem hatten sich die ersten drei Breitband-Scatterverbindungen FM 960-TV/1900 nach Torfhaus in der Erprobungsphase bewährt. Die mit Trägerfrequenz beschaltete RifuGI über-

trug im Herbst schon 600 Fe-Kanäle, und es schien möglich, die Kanalzahl weiter zu erhöhen sowie den Ausbau dieses Systems auf 6 RifuGI zu erweitern.

Obwohl die für den Scatter-Rifu geeigneten Frequenzen um 2 GHz auf der Trasse Schäferberg - Torfhaus belegt waren, führten die guten Betriebsergebnisse zu dem Wunsch, das Rifu-System FM 960-TV/1900 mit versetzten Frequenzen auf einer anderen Trasse nochmals einzusetzen. Der innerhalb Westberlins große Abstand zwischen dem Schäferberg und Frohnau (28,5 km) und die Strahlungseigenschaften der großen Cassegrainantennen erleichterten im Herbst 1968 den Entschluss, in der FuÜSt Frohnau zunächst nur die Einrichtungen für weitere breitbandige Scatterlinien aufzubauen. Die Absicht, hier später auch einen Antennenträger großer Höhe zu errichten, wurde damit nicht aufgegeben. Aber nun konnten die Untersuchungen über die Eignung des 6-GHz-Frequenzbereiches für ein überlanges Funkfeld mit streifender Sicht abgewartet und die Planung für den großen Antennenträger ohne Zeitdruck aufgenommen werden.

Die FuÜSt Frohnau und der Scatter-Rifu nach Clenze

Im Sommer 1970 begannen die Vorarbeiten für den Bau der neuen Funkstellen in Frohnau und in Clenze, der im Bundesgebiet vorgesehenen Gegenfunkstelle. Clenze ist ein Ort im Drawehn, einer Hochfläche zwischen Uelzen und Lüchow in Niedersachsen. Das Terrain der FuÜSt liegt auf 123 m über NN und damit wesentlich niedriger als Torfhaus. Auch Frohnau mit 49 m über NN liegt über 50 m tiefer als der Schäferberg. Obwohl die Entfernung zwischen den beiden neuen Funkstellen mit 164 km um ca. 35 km kürzer war als zwischen Schäferberg und Torfhaus, trafen sich infolge der geringeren Höhen auf beiden Seiten die Strahlungskegel der Antennen unter einem spitzeren Winkel. Aber die Berechnungen der Experten ließen eine etwa gleiche Betriebsgüte erwarten wie über die vorhandene Trasse.

In Frohnau begann der Bau des Stationsgebäudes im Frühjahr 1971 und ein halbes Jahr später der Aufbau eines 92 m hohen Stahlgitterturmes mit aufgesetztem Rohrmast. Mit diesem erreichte die Konstruktion eine Höhe von 117,5 m über Grund. In 40 m, 61 m

und 82 m Höhe erhielt der Turm Gitterrost-Plattformen für die Aufstellung von Antennen für den Orts-Rifu und gegebenenfalls andere Funkdienste. Die beiden Cassegrainantennen - auch hier mit am Boden aus Segmenten zusammengesetzten Parabolspiegeln von je 18 m Durchmesser - wurden im Winter 1971/72 auf 50 m und 71 m gezogen und montiert (Abb. 34). Für das Stationsgebäude entstanden drei durch Flure miteinander verbundene Baukörper. Das Maschinenhaus mit Netzersatzanlage und Schwungradumformer für Dieselbetrieb und ein Gebäudeteil mit Büro-, Sanitär- und Lagerräumen wurde einstöckig errichtet, der Baukörper für den Funkbetrieb dagegen zweistöckig. Das obere Stockwerk sollte die Funkgeräte aufnehmen, das Untergeschoss die Raum- und Gerätebelüftung sowie die Kühlwassereinrichtungen für die Endstufen.

Im Herbst 1973 konnte der Aufbau der Funkeinrichtungen beginnen. Es waren die gleichen röhrenbestückten Geräte des modifizierten Rifu-Systems FM 960-TV/1900 wie in der FuÜSt Schäferberg: die Sender mit wassergekühlten 1-kW-Wanderfeldröhren, die Empfänger mit parametrischen Vorverstärkern und ZF-Kombination für den Zweifach-Raumdiversity-Empfang. Die zwischen Frohnau und Clenze eingesetzten Frequenzpaare waren um 14,5 MHz gegen die zwischen Schäferberg und Torfhaus benutzten versetzt, um gegenseitige Störungen zu vermeiden. Fünf Betriebslinien waren mit einem Schutzkanal zu einer Ersatzschaltgruppe 5 + 1 zusammengefasst.

Leider gab es 1974 eine böse Überraschung ! Als die neuen Rifu-Leitungen in Betrieb genommen werden sollten, musste man feststellen, dass das Phänomen der Scatte-rausbreitung wohl doch noch nicht so erforscht und berechenbar war, wie man geglaubt hatte. Überwiegend während der Tagesstunden war das übertragene TF-Signal viel zu häufig durch Störimpulse und erhebliche Pegelschwankungen gestört, die Übertragungsgüte so mangelhaft, dass die Leitungen nicht zur Beschaltung freigegeben werden konnten. Ein Jahr lang wurde gemessen, registriert und nach möglichen Fehlerquellen gesucht. Doch ein Ansatz zur Verbesserung der Situation wurde nicht gefunden. Die Ursache für das Debakel war wohl der spitzere Winkel zwischen den Strahlungskegeln der Antennen. Das aber konnte weder bewiesen, noch geändert werden.

Um aus der 18 000 000 DM teuren Investition, wenn auch nicht den erwarteten, so doch wenigstens einen geringen Nutzen zu ziehen, mussten Technik und Betriebsweise „hingebogen“ werden. Die Eingänge von je zwei Sendern wurden parallelgeschaltet, so dass mit Raum- und Frequenzdiversity⁹ vierfach empfangen und Schwund besser ausgeglichen werden konnte. Außerdem wurde die Bandbreite der Empfänger von 30 MHz auf 15 MHz eingeengt, der Hub um 6 dB erhöht und die Beschaltungskapazität von 600 auf 360 Fe-Kanäle herabgesetzt.

Die erste dieser FM-360/1900-RifuGL konnte zum Jahreswechsel 1974/75 zur Beschaltung freigegeben werden, die zweite, gleichartige RifuGL erst ein gutes Jahr später. Dann waren auch Störbeeinflussungen zweier Empfangsfrequenzen durch fremde Funkdienste beseitigt. Die 6 Gerätesätze und Frequenzpaare waren nun in einer Ersatzschaltgruppe 2 + 1 zusammengefasst und übertrugen statt der vorgesehenen 3000 nur 720 Fe-Kanäle. Die geringe Kapazität der neuen Rifu-Einrichtungen war zwar höchst unbefriedigend, musste aber während der folgenden Jahre hingenommen werden. Verbesserungsmöglichkeiten waren erst nach dem Errichten eines Antennenträgers großer Höhe zu erwarten.

Die FuÜSt Schäferberg ab 1975

Die in der FuÜSt Nikolassee abgebaute AM-TV/250-Antenne ließ sich trotz früherer statischer Bedenken auch noch am FMT anbringen. Mit der ebenfalls aus Nikolassee umgesetzten Empfangsanlage konnte ab Mitte 1975 eine ständige TV-Leitung nach Berlin für das 3. Programm bereitgestellt werden. Auf die Senderichtung nach Gartow wurde jedoch verzichtet (Abb. 35 und 36).

Empfangsversuche mit 6-GHz-Geräten vom Torfhaus zum Schäferberg in den Jahren 1969 und 1976/77 hatten zu keinem brauchbaren Ergebnis geführt. Diese hohen Frequenzen hatten sich für die Scatterübertragung als ungeeignet erwiesen. Der Ausbau des Überhorizont-Rifu zwischen dem FMT Schäferberg und der BRD war damit beendet. Die Geräte waren noch überwiegend mit Elektronenröhren bestückt. Das sollte sich

erst in den Folgejahren ändern. - Es konnten nun 5640 trägerfrequent gebündelte Fe-Leitungen sowie drei abgehende und vier ankommende Fernsehleitungen übertragen werden.

Als erstes stand die Teilerneuerung der Schmalband-Scatteranlagen FM 120/12200 nach 16 Betriebsjahren auf dem Modernisierungsprogramm. Modulatoren, Demodulatoren, 5-W-Sender, Empfänger und Kombinatoren wurden 1975 gegen halbleiterbestückte Geräte aus dem Sichtweitensystem FM 300/2200 ausgewechselt. Es blieb aber bei der Beschaltung der drei Betriebslinien mit je 120 TF-Kanälen. Zwei Jahre danach wurden dann auch zwei Klystron-Endstufen ausgewechselt (Abb. 23).

Um den Beton des FMT vor Umwelteinflüssen zu schützen, wurde er in den Sommermonaten 1976 und 1977 mit einem Schutzanstrich versehen. Über 3 t Betonfarbe mussten hierfür verstrichen werden. Eine derartige Konservierungsmaßnahme hatte es zuvor an keinem so hohen Turm der DBP gegeben.

Zwischen dem FMT und dem Maschinenhaus sollten 20 Jahre nach dem Turmbau zwei weitere Flachbauten entstehen: Ein TV-Sendergebäude für die neue Generation der Fernseh-Rundstrahlsender und ein sich daran anlehnendes zweistöckiges Betriebs- und Verwaltungsgebäude. Die Bauarbeiten hierfür begannen im Frühjahr 1979. - Das TV-Sendergebäude war nach einem Jahr fertiggestellt, so dass die neuen Sender ab Juli 1981 den Rundstrahlbetrieb zur Versorgung Berlins übernehmen konnten. Wenige Monate danach waren die alten Sender nach 17 Betriebsjahren abgebaut und das 31. FMT Geschoss leer geräumt.

Das durch einen Gang mit dem Turmeingang verbundene Betriebs- und Verwaltungsgebäude war im November 1982 bezugsfertig (Abb. 37). Alsbald wurden die Büros der Stellenleitung und des zuvor in Berlin-Lichterfelde untergebrachten Rifu-Außendienstes sowie das Ersatzteillager in das neue Gebäude verlegt. Nun stand auch ein großer tagelichtdurchfluteter Gemeinschaftsraum als Pausenraum sowie für Dienstbesprechungen, Tagungen und dergleichen zur Verfügung. - Der Betriebsprüfplatz für Funkgeräte - das Reparaturzentrum für defekte Baueinheiten - war jahrelang behelfsmäßig unterge-

bracht. Auch er erhielt nun einen geeigneten Raum, in dem die Prüfanlagen übersichtlich aufgebaut und großzügige Arbeitsplätze eingerichtet werden konnten sowie eine Werkstatt für mechanische Arbeiten und einen Lagerraum für Ersatzgeräte (Abb. 38).

Mitte Juli 1984 war schließlich auch die Verlegung des Leitplatzes bei gleichzeitiger Modernisierung der technischen Einrichtungen in einen hierfür vorgesehenen Saal des Betriebsgebäudes abgeschlossen. Hier gab es nun auch eine kleine Teeküche und unmittelbar benachbarte Sanitärräume. Nach der Enge im 28. Stock verbesserten sich dadurch die Arbeitsbedingungen für das Personal erheblich. - Auf einem Mosaik-Betriebsschaubild (MBS) - das war eine etwa 10 m breite und 2 m hohe, mit Tausenden von kleinen quadratischen Kunststoffsteinchen bestückte Technikwand - war das Rifu-Netz quasi geographisch dargestellt. Die Zusammenschaltung von Modulatoren, Sendern, Empfängern, Demodulatoren, Ersatzschalteneinrichtungen, Schaltanlagen und Weiterführungen zu entsprechenden Geräten in anderen FuÜSt war übersichtlich erkennbar. Lampen- und Tastenstreifen der alten F36-Schränke waren ersetzt durch sinnfällig beschriftete Lampen- bzw. Tastenbausteine und zwar an den Stellen im MBS, an denen die signalisierenden und die zu schaltenden Geräte dargestellt waren (Abb. 39). - Das 28. Stockwerk im FMT blieb nun drei Jahre lang weitgehend ungenutzt. Auf rechnergestützten Betrieb wurde der Leitplatz Funk Berlin erst 1990 umgestellt, als das Mosaikbetriebsschaubild die Fülle neuer Signale aus Funkstellen der ehemaligen DDR nicht mehr aufnehmen konnte.

Im Sommer 1983 wechselte man nach 12 Betriebsjahren den AM-TV/500-Sender mit seiner überholten Technik gegen einen modernen Sender mit 10 kW Ausgangsleistung aus. Bereits vier Jahre später wurde er umgerüstet, mit einem Tonsender versehen und mit einer anderen Antenne als Rundstrahlsender an einen der neuen TV-Programmanbieter vermietet.

Die letzte Erneuerung von Überhorizont-Rifu-Geräten betraf die breitbandigen Scatteranlagen FM 960-TV/1900. Nach der Überholung der großen Cassegrainantennen und nach der Erneuerung der Erreger in den Jahren 1984 bis 1986 wurden nachentwickelte Geräte in Halbleitertechnik, jedoch weiterhin mit wassergekühlten Wanderfeldröh-

ren-Endverstärkern im zwischenzeitlich leergeräumten 28. Geschoss des FMT aufgebaut und neue Energieleitungen zu den Antennen am unteren Turmschaft verlegt. - Die Wasserrückkühlanlage wurde auf der obersten Antennenplattform platziert. Im November 1987 konnten die alten Geräte im 8. Stockwerk nach fast 20 Betriebsjahren abgeschaltet werden; die neuen Anlagen übernahmen ihren Betrieb von und nach Torfhaus.

Die Plattformen des FMT waren der Witterung besonders intensiv ausgesetzt und hatten mit den Antennen schwere Lasten zu tragen. Nach einigen spektakulären Schäden an Betonbauwerken der Nachkriegszeit schien nach 20 Jahren eine Überprüfung ihrer Festigkeit geboten. Hierfür wurden in wochenlanger Arbeit mit höllischem Lärm zahlreiche zylindrische Proben aus dem Beton der Plattformen herausgefräst und der Bundesanstalt für Materialprüfung zur Analyse übergeben. Das Ergebnis war erschreckend ! Infolge chemischer Reaktionen zwischen Betonzuschlagsstoffen hatte der Beton nicht mehr die zu fordernde Festigkeit. Die Alkali-Silikat-Reaktion war durch eingedrungene Feuchtigkeit ausgelöst worden. Beim Bau des FMT war dieses sogenannte Alkalitreiben noch nicht bekannt.

Was nun ? - In den Jahren 1985/86 erhielten alle Plattformen eine stützende Stahlunterkonstruktion. Das liest sich allerdings leichter, als es in der Praxis war ! Zahlreiche Antennen waren umzusetzen, um die Stahlarbeiten zu ermöglichen. Hierzu mussten RifuGL außer Betrieb genommen oder über mobile Rifu-Anlagen ersatzgeschaltet werden. Trotzdem verlief diese Sanierungsmaßnahme ohne Auswirkungen auf den öffentlichen Fernmeldeverkehr.

Überreichweiten Sichtverbindung im cm-Wellenbereich

Die dritte Ausbaustufe des Überreichweiten-Richtfunks

Nachdem 1974/75 die Scatterverbindung zwischen den FuÜSt Frohnau und Clenze nicht die erwartete Leistungsvermehrung erbracht hatte, wurde der Bau eines hohen Antennenträgers in Frohnau wieder dringlicher. Versuche mit 6-GHz-Rifu-Geräten über ei-

ne Teststrecke in der BRD hatten gezeigt, dass die DDR bei streifender Sicht mit cm-Wellen ohne leistungsstarke Senderendstufen überbrückbar sein würde. Als Standort im Bundesgebiet für eine derartige, neue Berlin-Verbindung war die FuÜSt Gartow geeignet. Für sie war bereits ab 1972 als wirtschaftlichste Alternative ein abgespannter Mast großer Höhe vorgesehen. Im Sommer 1975 entschied man sich nun auch in Berlin gegen einen Betonturm und für einen Stahlgittermast gleicher Bauart wie in Gartow (Abb. 40). Primäres Ziel war die Leitungsvermehrung zwischen Westberlin und der Bundesrepublik. Ein Mast war schneller realisierbar als ein FMT und außerdem billiger. Die Berücksichtigung anderer Funkdienste war teilweise entfallen oder es boten sich hierfür andere Lösungen an. So begann nun die dritte Ausbaustufe für den Berlin-Verkehr.

Antennenträger großer Höhe

Aus der Entscheidung für einen abgespannten Mast erwachsen neue Sachverhalte und zu lösende Probleme:

- Die Auswahl des Standortes für den Mast und die Lage der Antennen auf dem Funkstellengelände im Nahfeld der großen Scatterantennen war schwierig. Auswirkungen auf deren Strahlungsverhalten hätten die Übertragungsbedingungen für die Scatterverbindungen nach Clenze weiter verschlechtern können.
- Die Funkgeräte mussten, um die Dämpfung in den Antennenzuleitungen gering zu halten, antennennah in einem Raum an der Mastspitze untergebracht werden. Das wiederum zwang zum Einbau eines Aufzugs in den Mast, um Personal und Arbeitsmittel für dort oben auszuführende Arbeiten zu befördern.
- Zur Begrenzung von Strahlrichtungsänderungen der Antennen am Mastkopf musste eine große Maststeife vorgegeben und auch bei stärksten Sturmböen eingehalten werden. Außerdem waren die Auswirkungen von Taumelbewegungen des Mastes bei hohen Windgeschwindigkeiten auf das gesundheitliche Befinden des längere Zeit in der Kanzel arbeitenden Personals zu bedenken.
- Fragen des optimalen Blitzschutzes waren zu klären, insbesondere für die ZF-Kabel zwischen dem Betriebsgebäude und der Kanzel.

- Auch Sicherheitsprobleme wurden erörtert. Dabei ging es unter anderem um gefährlichen Eisabfall im Winter und um den Personenschutz bei der Aufzugsbenutzung.

Im Frühjahr 1977 begannen die Vorarbeiten für die Errichtung des Mastes. Das Mittelefundament wurde gelegt und je drei Fundamente für die Abspannungen in 90 m und 200 m Abstand davon. Der Mast selbst konnte im ersten Halbjahr 1978 innerhalb von drei Monaten errichtet werden. Einunddreißig je 12 m hohe Mastschüsse mit einem Querschnitt von 4,3 x 4,3 m wurden in Berlin-Tempelhof vorgefertigt und in nächtlichen Fahrten durch fast leere Straßen zur Baustelle gebracht (Abb. 41). Tagsüber setzte man sie nach und nach aufeinander und verlaschte sie. Je drei Abspannungen wurden aus 63 m und 135 m Höhe zu den inneren und aus 219 m und 315 m Höhe zu den äußeren Fundamenten geführt. Zwischen 368 m und 394 m über NN erhielt der Mast vier Antennenplattformen und eine Betriebskanzle mit 54 m² Grundfläche für die Geräteaufstellung und die Klimatisierung (Abb. 42). Bei Sturm mit Orkanstärke waren Auslenkungen der Antennenplattformen bis zu $\pm 1^\circ$ und Schwankungen der Mastspitze bis zu 1,7 m zu erwarten.

Der in den Mast eingebaute Seilaufzug mit unten liegendem Triebwerk und einer Umlenkrolle im Mastkopf fand wegen seiner großen Förderhöhe und verschiedener, technischer Besonderheiten seinerzeit mehrfach das Interesse von Fachleuten. Da Maschinenhaus und Schachtgrube innerhalb des Mastes untergebracht werden mussten, ist der Einstieg in die Aufzugskabine zu ebener Erde nicht möglich. Er befindet sich in 12 m Höhe und ist über ein Treppenhaus neben dem Mast erreichbar (Abb. 43). Der Fahrstuhlschacht ist zum Schutz gegen Witterungseinflüsse rundum verkleidet. Die Fahrt zwischen dem Mastzugang und der Betriebskanzle dauert ca. acht Minuten. Zwischen den beiden Endstellen befinden sich weitere acht Haltepunkte, vorzugsweise an Wartungsbühnen für die Flughindernissbefeuereung. Der Verbindungsweg und die Kabelführung vom Betriebsgebäude zum Mastfuß sind zum Schutz gegen Eisabfall überdacht.

Weil bei ungünstiger Wetterlage ein längerer Aufenthalt in der Mastanlage nicht zumutbar war und die Betriebsfähigkeit des Aufzugs dann nicht gewährleistet werden

konnte, war der Zugang nur unter Auflagen für einen ausgewählten Personenkreis zulässig. Der Aufzug sollte nur von mindestens zwei Personen gemeinsam und nur bei Anwesenheit eines Aufzugswärters am Mastfuß benutzt werden. Für den Fall eines Notabstiegs über die Notleiter war stets Schutzkleidung mitzuführen. Bei Gewittern, starkem Regen, erheblichem Schneefall, bei Dunkelheit sowie bei Windgeschwindigkeiten von 18 m/s und darüber (mehr als Windstärke 8) und dann, wenn solche Wetterbedingungen in absehbarer Zeit zu erwarten waren, durfte der Mast nicht befahren werden. Die Arbeiten in der Betriebskanzel mussten beim Eintreten der oben angegebenen Wetterbedingungen abgebrochen und der Mast umgehend verlassen werden. - Am Mastkopf befanden sich Messeinrichtungen, welche die Windgeschwindigkeit, Temperatur, Feuchte und dergleichen sowohl in der Kanzel als auch im Betriebsgebäude anzeigten. - Nach Kenntnis des Verfassers ist es dreimal zu Gefahrensituationen durch Versagen der Aufzugsanlage gekommen, glücklicherweise ohne dass dabei Personen zu Schaden kamen.

Für zwei Mitbenutzer wurde der Mast vier Jahre nach seinem Aufbau durch Aufsetzen eines 14 m langen Rohrmastes auf 358,58 m über Erde erhöht und die Betriebskanzel um zwei zusätzliche Betriebsräume vergrößert. - Als auf dem der FuÜSt benachbarten Krankenhausgrundstück das Gebäude für eine neue Krankenstation unmittelbar neben einer Pardune gebaut wurde, musste Eisabfall von dieser mit Sicherheit vermieden werden. Darum erhielt das untere Drittel dieses Abspannseiles 1984/85 eine elektrische Beheizung, die sich bei entsprechender Wetterlage einschaltet, um Eisbildung zu verhindern.

Betrieb im 6-GHz- und 8-GHz-Bereich bei streifender Sicht

Am 08.09.1980 übergab der damalige Bundespostminister Gscheidle im Beisein namhafter Berliner Persönlichkeiten den Mast und die neue Rifu-Verbindung zur BRD offiziell dem Betrieb (Abb. 44 und 45). Zu diesem Zeitpunkt arbeiteten nach einer Erprobungsphase bis Mitte des gleichen Jahres schon vier Gerätesätze des Systems FM 1800/5900 über die 133 km lange Trasse zwischen den FuÜSt Frohnau und Gartow.

Die Erdüberhöhung entsprach der Aufstellungshöhe der Antennen auf beiden Seiten, so dass die Sichtlinie etwa in Streckenmitte die bebaute beziehungsweise die bewachsene Erdoberfläche tangierte. Die Messergebnisse über die neuen RifuGl zeigten keine bemerkenswerten Abweichungen von den erwarteten Messwerten. Die Geräte wurden in einer Ersatzschaltgruppe 3 + 1 betrieben. So erhöhte sich nun die Anzahl der verfügbaren Stromwege zum Bundesgebiet schlagartig um 5400 Fe-Leitungen. - Im Vergleich zum Richtfunk über Normalfunkfelder⁴ von ca. 50 km Länge waren beim Überhorizont-Rifu die Ausbreitungsverhältnisse in den überlangen Funkfeldern und die technischen Lösungen für ihre Nutzung etwas Besonderes. Ganz anders war das bei den neuen Überreichweiten-Sichtverbindungen. Hier war das Besondere eher das Mastbauwerk.

Die Geräte waren in der Schmalgestell-Bauweise und in Halbleitertechnologie ausgeführt. Lediglich die 10-W-Endstufen im Sender enthielten eine Kompakt-Wanderfeldröhre mit integriertem Permanentmagnetfeld. Die Geräte zeichneten sich durch geringen Platzbedarf und geringe Stromaufnahme aus. Je zwei Sender und vier Empfänger waren über getrennte Weichenketten zusammengefasst und polarisationsentkoppelt auf eine Muschelantenne geschaltet. Die beiden anderen Sender und vier weitere Empfänger arbeiteten in gleicher Weise über eine zweite Antenne, die auf einer anderen Plattform stand. Der vertikale Abstand beider Antennen von knapp 7 m (ca. 135 Wellenlängen) reichte bei der hohen RF zur Anwendung von Raumdiversity-Empfang. Für die Zusammenführung beider Empfangszweige dienten Umschalter, die den jeweils qualitativ besseren Empfangsweg durchschalteten. Kombinatoren waren nicht erforderlich (Abb. 46 und 47).

Um die Aufenthaltsdauer der Betriebskräfte in der Mastkanzel zu minimieren, waren dort lediglich die Rifu-Sender und -Empfänger mit den Antennenweichen und den Diversity-Schaltern installiert. Die Modem und Ersatzschaltgeräte sowie die Anlage für den weiterführenden Ortsrichtfunk usw. befanden sich im Stationsgebäude neben dem Mast. Die oben befindlichen Geräte waren mit denen unten in der ZF-Lage über ca. 500 m lange Flexwellkabel¹⁸ verbunden, eine einmalige technische Lösung im Rifu-Netz der DBP. Zur Verminderung der bei Blitzeinschlägen auf die Kabel bei induzierten Blitzströme waren diese über ihre gesamte Länge in einem allseitig geschlossenen Kabelkanal

aus Eisenblech verlegt. Außerdem bewirkten Blitzschutzfilter an beiden Kabelenden bei trotzdem auftretenden Überspannungen einen Kurzschluss zwischen Innen- und Außenleiter der Koaxialkabel.

Schon beim Aufbau der 5,9-GHz-Geräte waren Vorbereitungen getroffen worden, um die Möglichkeit für eine Erweiterung der Überreichweiten-Sichtverbindung im Frequenzbereich um 8 GHz zu testen. Nach dem erfolgreichen Abschluss der Untersuchungen konnten bereits 1981 sechs in einer Ersatzschaltgruppe 5 + 1 zusammengefasste RifuGI des Systems FM 960-TV/8150 aufgebaut werden. Technisches Konzept und Arbeitsweise war die gleiche wie für die 5,9-GHz-Geräte. Beide Systeme waren aus der Gerätetechnik für den Normal-Rifu durch Weiterentwicklung für den Berlin-Verkehr entstanden.

Die erste der neu geschaffenen RifuGI im 8-GHz-Bereich übernahm schon im Aufbaujahr die Übertragung von TV-Signalen. Die anderen vier Leitungen wurden dann nach und nach mit TF-Signalen beschaltet. - Durch einige Schaltungsänderungen und durch Herabsetzen des Frequenzhubes konnte 1984 die Beschaltungskapazität um 300 TF-Kanäle je Grundleitung erhöht werden. Das System trug nun die Bezeichnung FM 1260/8150. Als danach auch noch die 5,9-GHz- mit den 8,15- GHz-Geräten zu einer gemeinsamen Ersatzschaltgruppe 9 + 1 zusammengefasst wurden, konnten über den freigeschalteten Schutzkanal weitere 1260 Fe-Kanäle übertragen werden. Nun war die Kapazität der Sichtverbindungen nach Gartow auf 11 700 TF-Kanäle und eine zweiseitige TV-Leitung angewachsen. So brachte der Antennenträger großer Höhe doch noch den Erfolg für die FuÜSt Frohnau, welcher dem kleinen Bruder - dem 117-m-Turm mit der Scattertechnik - versagt geblieben war (Abb. 48 und 49).

Schon ab Anfang der 80er Jahre gab es Überlegungen für eine zweite Trasse zwischen Westberlin und der BRD, den Überreichweiten-Rifu mit streifender Sicht in der bewährten Technik, aber mit versetzten Frequenzen zu wiederholen. Hierfür waren abgespannte Maste neben dem FMT Schäferberg und in der Nähe von Königslutter am Elm vorgesehen. Mehrere Gründe führten jedoch zu Verzögerungen und schließlich zur Aufgabe des Projektes.

Plattformen und Betriebskanzeln boten noch Platz für weitere Antennen und Geräte. Darum wurden nach einer zweijährigen Testphase im Mai 1987 die 12 Empfänger und die zugehörigen Kombinatoren der Scatteranlagen vom Betriebsgebäude zur Kanzel am Mastkopf verlegt. Infolge der größeren Entfernung nach und der geringeren Antennenhöhe in Clenze war die Sichtlinie dorthin auch aus der großen Höhe in Frohnau durch die Erdüberhöhung verdeckt. So blieb es zwar bei der Scatterübertragung, jedoch unter günstigeren Bedingungen (flacherer Winkel) - zwischen den Strahlungskegeln der Antennen in der Richtung nach Frohnau. Die Empfangsspannungen auf dem Frohnauer Mast waren trotz kleinerer Antennen dort oben immerhin so groß, dass man mit Zweifach-Raumdiversity-Empfang auskam. Die Verlegung auch der Scattersender kam jedoch wegen ihrer 1-kW-Leistungsstufen und ihrer voluminösen Wasserkühlung nicht in Betracht. Somit änderte sich zwar nichts in der Übertragungsrichtung nach Clenze; in der Gegenrichtung, also in Berlin ankommend, standen nun aber sechs Empfangswege zur Verfügung. Nur drei davon wurden für die Übertragung der beiden TF-Signale für je 360 Fe-Kanäle und einen SK benötigt. Die anderen drei Leitungen konnten für TV-Übertragungen nach Berlin eingesetzt werden. - 1988 wurden die noch mit Elektronenröhren bestückten Empfänger gegen Halbleitergeräte aus moderner Fertigung ausgetauscht. Das war die letzte Maßnahme zum Ausbau des Überhorizont- und Überreichweiten-Rifu für den Berlinverkehr.

Überhorizont-Richtfunk der Westberliner Schutzmächte

Die vorstehenden Ausführungen wären unvollständig, wenn nicht auch die Rifu-Verbindungen der drei Westalliierten nach Westdeutschland erwähnt würden. Wie bereits angemerkt, führten 1948 amerikanische und britische Militärdienststellen die ersten Versuche durch, Fernmeldeverbindungen zu Dienststellen in ihren Besatzungszonen mit niedrigen UKW-Frequenzen zu betreiben, jedoch nur mit mäßigem Erfolg. Nachdem aber die Bemühungen der Post mit erhöhtem technischen Aufwand zwischen Berlin und Torfhaus den Überhorizont-Rifu zum Durchbruch verholfen hatten, nutzten auch die Alliierten die dabei gemachten Erfahrungen und errichteten eigene Funkstellen mit im

UKW-Band I arbeitenden Funkanlagen. So betrieb die amerikanische Schutzmacht Rifu von ihrem Berliner Hauptquartier in Dahlem zu einer Funkstelle auf dem Bocksberg, während das französische Militär von einer Funkstelle in Waidmannslust im Berliner Bezirk Reinickendorf zum Schalke arbeitete. Bocksberg und Schalke sind um 750 m hohe, benachbarte Harzberge in der Nähe von Goslar. Britische Militärdienststellen ließen eine gleichartige Überhorizont-Rifu-Verbindung von der Funkstelle Westend auf dem Berliner Olympiagelände zu einer Funkstelle auf dem 313 m hohen Drachenberg im Elm von der Post errichten und betreiben. Später ersetzten auch die drei Alliierten ihren UKW-Rifu durch schmalbandige Scatterverbindungen. Diese waren in Betrieb, bis die Schutzmächte nach der Wende Berlin verließen.

Das Ende einer Richtfunkära

Über mehrere Jahrzehnte war der Rifu Träger des Fernmeldeverkehrs zwischen Westberlin und der westlichen Welt während fast der ganzen Zeit konkurrenzlos. Das änderte sich in der zweiten Hälfte der 80er Jahre durch den technischen Fortschritt einerseits und durch die Änderung in den Beziehungen zwischen den beiden deutschen Staaten andererseits.

Ab 1984 erreichten TV-Signale Berlin nicht mehr ausschließlich über Rifu-Leitungen. Fernsehproduktionen der neuen Programmanbieter wurden professionell via Satellit empfangen und in das Berliner Kabelnetz eingespeist. Im Februar 1987 nahm die DBP eine DSF-Satellitenfunkstelle in Berlin-Wannsee, nahe dem FMT Schäferberg, für schmalbandigen und breitbandigen Datenverkehr zur Satellitenfunkstelle Usingen in Betrieb. Aus damaligem Verständnis war diese Satellitenverbindung ein weiteres von der DDR unabhängiges Standbein für den Berlinverkehr.

1986 wurde erstmals eine Rifu-Verbindung nicht über das Gebiet der DDR hinweg, sondern quer durch die DDR hindurch unter Mitbenutzung von FuÜSt der Deutschen Post eingerichtet. Die Funkstrecke verlief auf der Trasse Gartow - Dequede - Rhinow - Perwenitz - Schäferberg über Normalfunkfelder mit freier Fresnelzone. Die Betriebsstre-

cke und ein SK wurden mit Geräten des Systems DRS 140/3900 {digitales Rifu-System für 140 Mbit/sek) aus westdeutscher Produktion aufgebaut und konnte ab Mitte März 1987 digital 1920 Fe-Kanäle übertragen. Erforderliche Arbeiten an den Geräten in den drei DDR-FuÜSt übernahmen die dort tätigen Kräfte der Deutschen Post.

Ab Mitte 1987 wurde über ein ebenfalls quer durch die DDR zwischen Uelzen und Berlin verlegtes Glasfaserkabel der Betrieb teilweise aufgenommen. Der Vollausbau war jedoch erst zwei Monate vor dem Mauerfall abgeschlossen. Jede der 60 Gradientenfaseren war für die Übertragung digitaler Signale mit 140 Mbit/sek geeignet. Damit hätte man 57 600 Fe-Kanäle übertragen können. Tatsächlich beschaltet wurde das Glasfaserkabel mit Stromkreisen für Datendienste, Fernsprechen und für Videokonferenzeinrichtungen.

Nachdem durch den Fall der Mauer und die Wiedervereinigung die unglückliche Teilung unseres Vaterlandes beendet wurde, konnte vieles entfallen, was sich zuvor aus der „besonderen Lage Westberlins“ ergeben hatte. Entfallen war auch der Zwang zu besonderen technischen Lösungen für den Fernmeldeverkehr vom und zum Westteil Berlins. Der chronische Mangel an Fernmeldewegen während der ersten Jahrzehnte nach dem Kriegsende war nun ohnehin behoben.

So konnten alsbald die wartungsintensiven und zum Teil über 20 Jahre alten Überhorizont-Rifu-Systeme schrittweise aus dem Fernmeldeverkehr herausgelöst werden. Bereits 1991 wurden die in Berlin ankommenden AM-TV-Linien sowie die schmalbandigen Systeme FM 120/2200, EM 120/250 und EM 120/400 abgeschaltet und abgebaut. 1993 folgte die Außerbetriebnahme der Scatterlinien zwischen Frohnau und Clenze. Auch die DRS 140/3900-RifuGI wurde 1994 nach acht Betriebsjahren abgeschaltet, um den Frequenzbereich für ein moderneres Rifu-System zu räumen. Die 1987 erneuerten Scatteranlagen FM-960-TV/1900 auf dem Schäferberg und dem Torfhaus arbeiteten noch bis Anfang 1995. Nur der Betrieb der mit kleiner Sendeleistung und geringem Wartungsaufwand auskommenden zwischen Frohnau und Gartow eingesetzten Systeme bei 5,9 GHz und 8,15 GHz wurde erst im Frühjahr 1999 beziehungsweise Anfang 2000 eingestellt.

Bis zum Ende der 70er Jahre arbeiteten Rifu-Systeme ausschließlich mit analoger Modulation, vorzugsweise Frequenzmodulation (Überhorizont Rifu auch AM und EM). Mit der Einführung des integrierten Text- und Datennetzes und später der digitalen Vermittlungstechnik gewannen digitale Modulationsverfahren ab etwa 1982 zunehmend an Bedeutung. Derzeit werden im Rifu-Netz der Deutschen Telekom nur noch digital modulierte Systeme verwendet. - So war die Abschaltung der im Berlinverkehr betriebenen Analogsysteme nicht nur das Ende einer aus den politischen Gegebenheiten entstandenen Sonderform des Rifu, sondern auch ein Schlussstrich unter ein Kapitel technischer Entwicklung.

Was geschieht nun mit den beiden markanten Berliner Rifu-Bauwerken, dem FMT Schäferberg und dem hohen Mast in Frohnau ? - Durch die Einstellung des Rifu-Betriebes aus ca. 380 m Höhe über NN hat der Mast seine ursprüngliche Zweckbestimmung verloren. Ob andere Dienste wohl seine weitere Existenz sichern werden ? Vielleicht ist der Zeitpunkt auch für seinen Abbau nicht mehr fern. - Der FMT Schäferberg blieb nach der Einstellung des Überhorizont-Rifu nicht ungenutzt. Er wurde Standort für Mobilfunkdienste und eine ganze Anzahl von Rundfunksendern. Außer den TV-Sendern für das ZDF und für das SFB-Programm B 1 waren das zum Jahreswechsel 1999/2000: 5 TV-Sender und 7 Sender für Tonprogramme. Auch moderne, wenig Raum beanspruchende Rifu-Anlagen für neue Verkehrsbeziehungen über Normalfunkfelder sind im Turm untergebracht. Ihr Volumen ist so gering, dass ein Besucher sie neben den anderen Funkeinrichtungen leicht übersehen könnte. So wird der FMT wohl auch noch in Zukunft für den Berliner Funkbetrieb von Nutzen sein. 1999 und 2000 wurde er nochmals grundlegend saniert.

Auf dem Schäferberg stand dereinst die Station 3 der optisch-mechanischen Telegrafienlinie Berlin-Koblenz. Von dieser vor mehr als 100 Jahren eingestellten Fernmeldelinie war nichts mehr vorhanden, als auf dem flachen Hügel 1959 die Aufbauarbeiten für die erste, schmalbandige Scatterverbindung nach Torfhaus begannen. So stellt sich jetzt die Frage, was nach abermals 100 Jahren auf dem Schäferberg noch an den Überhorizont-Richtfunk erinnern wird. Vielleicht nur ein Häufchen Geröll auf märkischem Sand ?

Die Zukunft begann mit der Wende

Das Ende der Funkbrücke

Durch die Wiedervereinigung beider deutscher Staaten wuchsen West-Berlin und Ost-Berlin wieder zu einer gemeinsamen Stadt zusammen. Besondere fernmeldetechnische Lösungen für den Anschluss der Stadt an das Nachrichtennetz der Deutschen Bundespost konnten damit entfallen. Schon bald nach der Wiedervereinigung wurden deshalb die schmalbandigen Übersichtweitenrichtfunkanlagen (EM 120/250-, EM 120/400- und FM 120/2200-Scatteranlagen abgeschaltet.

Zwischen 1993 und 1995 folgte die Abschaltung der Breitbandscatteranlagen nach Clenze und Torfhaus sowie der digitalen Richtfunkstrecke durch die ehemalige DDR. Nur der Betrieb über die beiden Sichtweitenverbindungen im 6-GHz- und 8-GHz Bereich wurde noch bis 1999/2000 aufrechterhalten. Inzwischen wurden alle Geräte und Antennen demontiert und entsorgt.

Die Funkübertragungsstelle Frohnau ist entbehrlich geworden. Turm und Mast stehen zwar noch, jedoch nutzen den 358-m-Mast zur Zeit nur noch die Bundeswehr sowie der Wetterdienst, das aber sicherlich auch nur noch auslaufend. Die Telekom-Tochter DeTeImmobilien bemüht sich intensiv, für das Frohnauer Gelände einen Käufer zu finden. Und der wird wohl kaum an den beiden Höhenbauwerken interessiert sein.

Erläuterungen

1. Fe-Leitungen / Fe-Kanäle sind Stromwege zur Übertragung von Sprachsignalen in beide Richtungen. Sie werden auch zur Telegrafie- und Datensignalübertragung genutzt.
2. In einer Trägerfrequenzeinrichtung (Trägerfrequenz = TF) werden mehrere bis viele Fe-Kanäle durch Frequenzumsetzung gebündelt und als sogenannter TF-Kanal gemeinsam über eine dafür geeignete Leitung, z. B. eine Richtfunkstrecke, übertragen.
3. Richtfunkgrundleitungen (RifuGI) sind Leitungswege, die durch gerichtete Funkverbindungen hergestellt werden. Über sie können, abhängig von ihrer Übertragungsbandbreite eine entsprechende Anzahl TF-Kanäle oder Ton- beziehungsweise TV-Programme übertragen werden. RifuGI für Ton- oder TV-Signale sind einseitig und für TF-Signale - analog zu Vierdrahtleitungen - beidseitig gerichtet.
4. Üblicherweise arbeitet der Rifu mit freier optischer Sicht zwischen Sende- und Empfangsantenne. Die gedachte Gerade zwischen den Antennen nennt man Sichtlinie. Ein Ellipsoid um die Sichtlinie mit den Antennen als Brennpunkte, die sogenannten Fresnelzone: Ein Luftkörper in der Form einer stark in die Länge gezogenen Zigarre. Sie soll für optimale Übertragungsbedingungen frei von Hindernissen auf der Erdoberfläche (Häuser, Türme, Bäume usw.) sein. Mit leicht zu realisierenden Antennenhöhen (z. B. auf Gebäuden, Türmen geringer Höhe usw.) erreichen diese Sichtweiten-Funkfelder zwischen zwei Funkstellen Längen von 50 bis 60 km (Normalfunkfelder).
5. Die Annäherung der Sichtlinie an die Erdoberfläche bzw. über diese hinaus, infolge der Erdkrümmung wird als Erdüberhöhung bezeichnet.

6. Vom Überhorizont Richtfunk genutzte Frequenzbereiche:

Bereich	Bezeichnung	
	international	national gebräuchlich
30 bis 300 MHz	VHF-Bereich	UKW-Bereich
300 bis 3000 MHz	UHF-Bereich	dm-Bereich
3 bis 30 GHz	SHF-Bereich	cm-Bereich

Innerhalb des VHF- und des UHF-Bereiches sind mehrere Frequenzbänder für den Rundfunk vorgesehen: die UKW-Bänder I, II und III sowie die Bänder IV und V im unteren dm-Wellenbereich. In den Fernsehbandern ist es üblich, anstelle der Frequenz die Kanalnummer anzugeben.

7. Als Beschaltungskapazität gilt der mögliche Frequenzumfang des zu übertragenden Signals, z. B. die Anzahl der TF-Kanäle.

8. Die drei Frequenzebenen des Rifu sind:

- Basisfrequenz (BF) für das zu übertragende Signal, z. B. TF oder TV
- Zwischenfrequenz (ZF) für die Frequenzlage in den Aufbereitungsstufen der Funkgeräte und
- Radiofrequenz (RF) für die Frequenzlage zwischen den Antennen

9. Schwund entsteht durch zeitweiligen, atmosphärischen Einfluss auf den Funkweg, durch den die Empfangsspannung und damit auch die Übertragungsgüte gemindert wird. Da er orts- und frequenzabhängig auftritt, kann er durch Diversity-Empfang (Empfang über mehrere Empfänger) weitgehend ausgeglichen werden.

Raumdiversity ist der Empfang des gleichen Senders über räumlich getrennte Antennen; Frequenzdiversity ist der Empfang parallel modulierter Sender mit

quenzdiversity ist der Empfang parallel modulierter Sender mit unterschiedlicher RF über eine gemeinsame Antenne.

10. Der Begriff Richtfunkssystem umfasst, unabhängig vom Gerätehersteller, alle Geräte mit gleichen technischen Merkmalen: Modulationsart, Beschaltungskapazität und mittlere RF. Beispiel: FM 960/TV1900: die Geräte können frequenzmoduliert 960 TF-Kanäle oder einen TV-Kanal mit einer RF im Bereich um 1900 MHz übertragen. - Für den Überhorizont-Rifu eingesetzte Systeme erhielten teilweise Zusätze wie „1 kW“, „RD“ für Raumdiversity oder „ÜRW“ für Überreichweiteinsatz. Im Text wurden diese Zusätze nicht angegeben.
11. Rifu-Stationen bezeichnete man zunächst als Funksendestellen (FSSt), Funkempfangsstellen (FEST) oder Funkstellen (FSt). Ab 1959 nannte man sie Richtfunkstellen (RifuSt) und ab 1968 Funkübertragungsstellen (FuÜSt). Die im Text nicht benutzten, offiziellen Bezeichnungen mit Ortsangabe und Betriebsstellenschlüsselzahl für die Stationen Nikolassee, Schäferberg, Wannsee und Frohnau lauteten „FuÜSt Berlin (West) 2, 3, 7 und 25“.
12. Das durch die Funkstrecke erzeugte Störgeräusch in den trägerfrequent übertragenen Fe-Kanälen ist ein maßgeblicher Kennwert für die Übertragungsqualität von RifuGl. Dabei wird unterschieden zwischen dem Grundgeräusch (thermisches Rauschen) und dem Nebensprechgeräusch (Klirrprodukte aus anderen TF-Kanälen).
13. Ein Topfkreis ist eine sehr kurze Koaxialleitung, die an beiden Enden verschlossen ist und wie ein elektrischer Schwingkreis wirkt. Bei besonders geringer Baulänge sieht er aus wie ein Topf ohne Deckel. Sein Hauptanwendungsbereich liegt etwa zwischen 100 MHz und 1000 MHz.
14. Modem ist die Abkürzung für ein aus Modulator und Demodulator gebildetes Gerätepaar. Mit modulierter ZF steuert der Modulator den Rifu-Sender beziehungsweise

der Rifu-Empfänger den Demodulator an. Dieses Konzept ermöglicht es dem Rifu, die Signale in den Relaisstellen längerer Strecken in der ZF-Ebene - also ohne Demodulation und erneuter Modulation - weiterzureichen.

15. Störungen an RifuGI, z.B. durch Geräteausfall, sollen sich nicht auf die zu übertragenden BF-Signale (TF, TV) auswirken. Darum wird parallel zu beschalteten Rifu-Betriebsleitungen eine unbeschaltete Rifu-Ersatzleitung, ein sogenannter Schutzkanal (SK), vorgehalten. Ersatzschaltgeräte an den Leitungsenden schalten bei der Störung einer Betriebsleitung automatisch auf den SK um. Der Ausbaurzustand der Ersatzschaltung (z. B. 3 + 1) wird gekennzeichnet durch die Anzahl der Betriebsleitungen (z. B. 3) plus der Anzahl der SK (z. B. 1),

16. Durch den Verzicht auf ein Seitenband entsteht bei EM eine parasitäre Phasenmodulation. Sie verursacht bei der Demodulation die sogenannte Quadraturverzerrung der BF-Signale. Diese wird um so geringer, je größer die Trägeramplitude im Verhältnis zur Amplitude des Seitenbandes wird.

17. Der Funkpilot ist ein unmoduliertes, pegelkonstantes BF-Signal, das am Modulator-eingang eingespeist und nach Durchlaufen der RifuGI vor dem Demodulatorausgang wieder ausgefiltert wird. Seine Frequenz liegt systemspezifisch außerhalb des zu übertragenden BF-Nutzsignals. Er wird zur Störungssignalisierung und zur Steuerung von Ersatzschaltgeräten verwendet.

18. Flexwellkabel sind Koaxialkabel mit massivem Außenleiter, der gewellt ist, um dem Kabel Flexibilität zu verleihen.

Literaturnachweis

Deutsch, Dr.Ing. Karl-Heinz: UKW, die „drahtlosen“ Kabelverbindungen FUNK-
TECHNIK Nr. 3 / 1950, S. 69

Deutsch, Dr.-Ing. Karl-Heinz: 3 Jahre Funkbrücke Berlin - Westdeutschland, DIE E-
LEKTROPOST, Nr. 19 / 1960, S. 347

Deutsch, Dr.-Ing. Karl-Heinz: Fernmeldedienst / Die Post in Berlin von 1237 - 1987;
S. 234 - 333

Der Berliner Fernmeldeturm. HOCHTIEF NACHRICHTEN, 39. Jahrgang, Juli 1966,
S. 2 - 21

Leypold, Leysieffer und Grunow: Entwicklungsprobleme bei Richtfunksystemen mit Zin-
senband-Modulation, NACHRICHTENTECHNISCHE ZEITSCHRIFT, Bd. 17, Heft
7 / 1964, S. 332 - 338

Autorenteam: Die Gerätetechnik für ein breitbandiges Überhorizont-Richtfunksystem.
Technische Mitteilungen AEG - Telefunken Nr. 60 / 1970, S. 35 - 52

Grabowski, Gerd: Richtfunk-Sichtverbindung über 133 km Entfernung. FUNKSCHAU,
Heft 9 / 1977, S. 72 - 74

Akten der Planungsstelle des ehemaligen FA 1 Berlin und des Referats 212 der ehema-
ligen LPD Berlin, soweit noch vorhanden

* * * * *

An dieser Stelle möchte der Verfasser allen früheren Kollegen Dank sagen, die ihn mit
Ratschlägen, Hinweisen, Fotos und dergleichen unterstützt haben.