

Das mexikanische Post- und Verkehrsministerium erteilte Rohde & Schwarz den Auftrag, ein landweites Funküberwachungsnetz entsprechend den internationalen Vorschriften in Mexiko aufzubauen. Dank des vielfältigen Geräteprogramms auf dem Gebiet der Meß- und Nachrichtentechnik ist Rohde & Schwarz in der Lage, einen solchen umfangreichen Auftrag auszuführen.

Funküberwachungsnetz Mexiko

Zur Gewährleistung eines reibungslosen Ablaufs nationaler und internationaler Funkverbindungen haben sich die Mitgliedstaaten der UIT (Union Internationale des Télécommunications) auf Vollzugsordnungen (Radio Regulations) geeinigt, die alle betrieblichen und technischen Vorschriften zur Durchführung der Funkdienste enthalten. Diese Vollzugsordnungen werden ständig durch Empfehlungen der Studiengruppen des CCIR ergänzt und dem technischen Fortschritt angepaßt.

Die wichtigste Aufgabe einer Funküberwachung ist die **Bereichsbeobachtung**, worunter man die systematische Beobachtung von Frequenzbereichen zur Ermittlung der Frequenzbelegung und zur Erkennung von Störungen versteht.

Die **Überwachung** der nationalen Funkstellen fordert Artikel 12 der Vollzugsordnung (VO) Funk. Die Überwachung bezieht sich im wesentlichen auf Messung von Frequenzen, Bandbreite, Modulation sowie Feldstärke und ungewollte Ausstrahlung der Sender innerhalb der Funkhoheit des Landes. Bei auftretenden **Störungen** des Funkverkehrs muß die Funküberwachungsstation in der Lage sein, Ursache und Ursprung der Störung zu ermitteln sowie sie zu beheben.

Mit Artikel 13 der VO Funk verpflichten sich die Mitgliedstaaten der UIT, Beobachtungen und Messungen für den IFRB (International Frequency Registration Board) durchzuführen und ihm die Ergebnisse mitzuteilen. Die technischen Bedingungen für die an der internationalen Funküberwachung teilnehmenden Stationen werden laut Artikel 13 No. 684 vom CCIR festgelegt.

Konzeption des Funküberwachungsnetzes Mexiko

Anfang 1969 erhielt Rohde & Schwarz vom mexikanischen Post- und Verkehrsministerium den Auftrag, ein Funküberwachungsnetz entsprechend diesen internationalen Vorschriften in Mexiko aufzubauen. Der Auftrag umfaßt die Lieferung der Geräte und Materialien, die Überwachung und Leitung des Aufbaus und die Schulung des mexikanischen Personals in der Bedienung der Geräte.

Anzahl und Lage der Stationen eines Funküberwachungsnetzes hängen ab von der Größe des Landes, der Bevölkerungsdichte, dem Grad der Industrialisierung und der topografischen Struktur. Mexiko hat eine Gesamtfläche von etwa zwei Millionen Quadratkilometern. Auf dieser Fläche wohnen aber nur etwas mehr als 40 Millionen Menschen, und zwar zum großen Teil in den Städten.

Dadurch entstehen Ballungszentren, in denen Bevölkerungsdichte und auch der Grad der Industrialisierung am höchsten sind. Die topografische Struktur des Landes mit einem stellenweise über 3500 m hohen zentralen Hochland, das nach den Küsten hin steil abfällt, bringt besondere Probleme bei der Planung mit sich.

Die Analyse der nationalen Funkstellen des Landes ergab, daß der überwiegende Teil im Frequenzbereich 100 kHz bis 300 MHz arbeitet. Das mußte bei Ausrüstung, Anzahl und Lage der Stationen ebenso berücksichtigt werden, wie die Möglichkeit, das Netz ohne Schwierigkeiten für höhere Frequenzbereiche zu erweitern.

Schwerpunkt der mexikanischen Funküberwachung wird der Kurzwellenbereich sein, sich aber mit der Zeit in den VHF-Bereich verlagern. Da die mexikanische Funküberwachung sowohl die Aufgaben des Funkkontrollmeßdienstes als auch die des Funkstörmeßdienstes übernimmt, muß ein Teil der Meßgeräte für den mobilen Einsatz geeignet sein, das heißt, sie müssen tragbar und batteriebetrieben sein. Auf Grund all dieser Bedingungen wurde ein Funküberwachungsnetz aus vier Hauptstationen, zehn Nebenstationen und zwei mobilen Stationen konzipiert (Bild 1).

Die **Hauptstationen** übernehmen entsprechend ihrer Ausrüstung die Aufgaben des internationalen und auch die des nationalen Funküberwachungsnetzes. Sie können Aussendungen in allen Frequenzbereichen überwachen, die von Sendern im Umkreis von etwa 500 km stammen (im KW-Bereich räumlich unbegrenzt). Sie sind im Land so verteilt, daß sie praktisch das ganze Staatsgebiet erfassen. Diese Hauptstationen sowie die Nebenstationen Tapachula sind mit Kurzwellen-Sichtfunkpeilern mit relativ großer Antennenbasis ausgerüstet. Demzufolge ist die Standortbestimmung von Sendern beliebiger Einfallsrichtung in den meisten Fällen mit Hilfe dreier dieser Peiler mit ziemlich großer Genauigkeit möglich (siehe Bild 1).

Die Aufgaben der **Nebenstationen** bestehen in der Überwachung der Aussendungen im VHF- und UHF-Bereich und in der Überwachung des MW- und KW-Bereichs zur Ergänzung der Hauptstationen. Auf Grund der Ausrüstung können alle Messungen je nach Erfordernis im festen oder mobilen Einsatz durchgeführt werden. Die Nebenstationen sind den wichtigsten Städten zugeordnet und erfassen einen Umkreis von etwa 150 km.

Die **mobilen Stationen** übernehmen hauptsächlich Meßaufgaben im VHF- und UHF-Bereich. Störungsquellen können von ihnen an Ort und Stelle identifiziert werden. Zur Schwarzsenderfahndung eignen sie sich ebenfalls. Außerdem werden sie eingesetzt zu Feldstärkemessungen und -registrierungen und zur Fest-

legung der Versorgungsgebiete bestimmter Sender. Die mobilen Anlagen sind direkt dem Zentralbüro des Funküberwachungsnetzes unterstellt und können ihre Aufgaben in Zusammenarbeit mit einer beliebigen Haupt- oder Nebenstation erfüllen. Zu diesem Zweck sind sie mit einer 100-W-VHF-Transceiver-Anlage ausgestattet. Einer der beiden Sender ist im Fahrzeug fest montiert, wogegen der zweite tragbar ist und sich im Bedarfsfall in der jeweiligen Haupt- oder Nebenstation abstellen läßt, über die dann die Verbindung zum Zentralbüro hergestellt wird.

Die **Organisation des Funküberwachungsnetzes** gliedert sich folgendermaßen: Oberste Behörde ist die Abteilung für Zulassungen und internationale Angelegenheiten (Subdirección General de Permisos y Asuntos Internacionales), der die beiden für die Funküberwachung zuständigen Dienststellen, nämlich das Amt für Frequenzuteilung (Departamento de Asignación de Frecuencias) und das Amt für Technische Systemüberwachung (Departamento de Control Técnico de Sistemas) unterstellt sind: Letzterem unterstehen wiederum folgende vier Büros: 1. das Zentralbüro für die Funküberwachungsstationen (Oficina de Estaciones Radiomonitoras), 2. das Büro für funktchnische Überprüfungen (Oficina de Laboratorios y Campo de Pruebas), 3. das Technische Planungsbüro (Oficina de Ingeniería de Campo) und 4. das Verwaltungsbüro (Oficina Administrativa).

Sitz dieser Behörden ist eines der höchsten Gebäude von Mexiko-City, die „Torre Central de Telecomunicaciones“, die zum großen Komplex des Post- und Verkehrsministeriums (Secretaría de Comunicaciones y Transportes) gehört und in deren neuntem Stockwerk zugleich auch die Nebenstation

Mexico untergebracht ist. Die Antennen dieser Stationen stehen auf dem Dach des Hochhauses und gewährleisten so eine hervorragende Überwachung der Funkdienste der Hauptstadt (Bild 2).

Aufbau und Funktion der Funküberwachungsstationen

Die Lage der einzelnen Stationen eines Funküberwachungsnetzes ist von ausschlaggebender Bedeutung für das Funktionieren der Funküberwachung. Deshalb ging der Bestimmung der Gelände für diese Stationen eine eingehende Ortsbesichtigung voraus. Bei der Geländewahl und Planung einer Funküberwachungsstation müssen verschiedene Punkte berücksichtigt werden: Zu überwachender Frequenzbereich, Größe und Topografie des zu überwachenden Gebietes, störende Feldstärke von nahen Sendern, Unterkunft und Lebensbedingungen des Bedienungspersonals, Industrie-Nähe („man-made noise“), Kosten für Bauland und so weiter. Da nicht alle Bedingungen gleich gut zu erfüllen sind, muß ein günstiger Kompromiß zwischen den technischen Forderungen und den praktischen Möglichkeiten gefunden werden.

Für die Hauptstationen wurden einstöckige Gebäude von etwa 18 m × 10 m Grundfläche mit Flachdach zur leichteren Montage der Antennenanlagen projektiert (Bild 3). Die Nebenstationen konnten nicht einheitlich geplant werden, da teilweise schon Gebäude zur Verfügung standen.

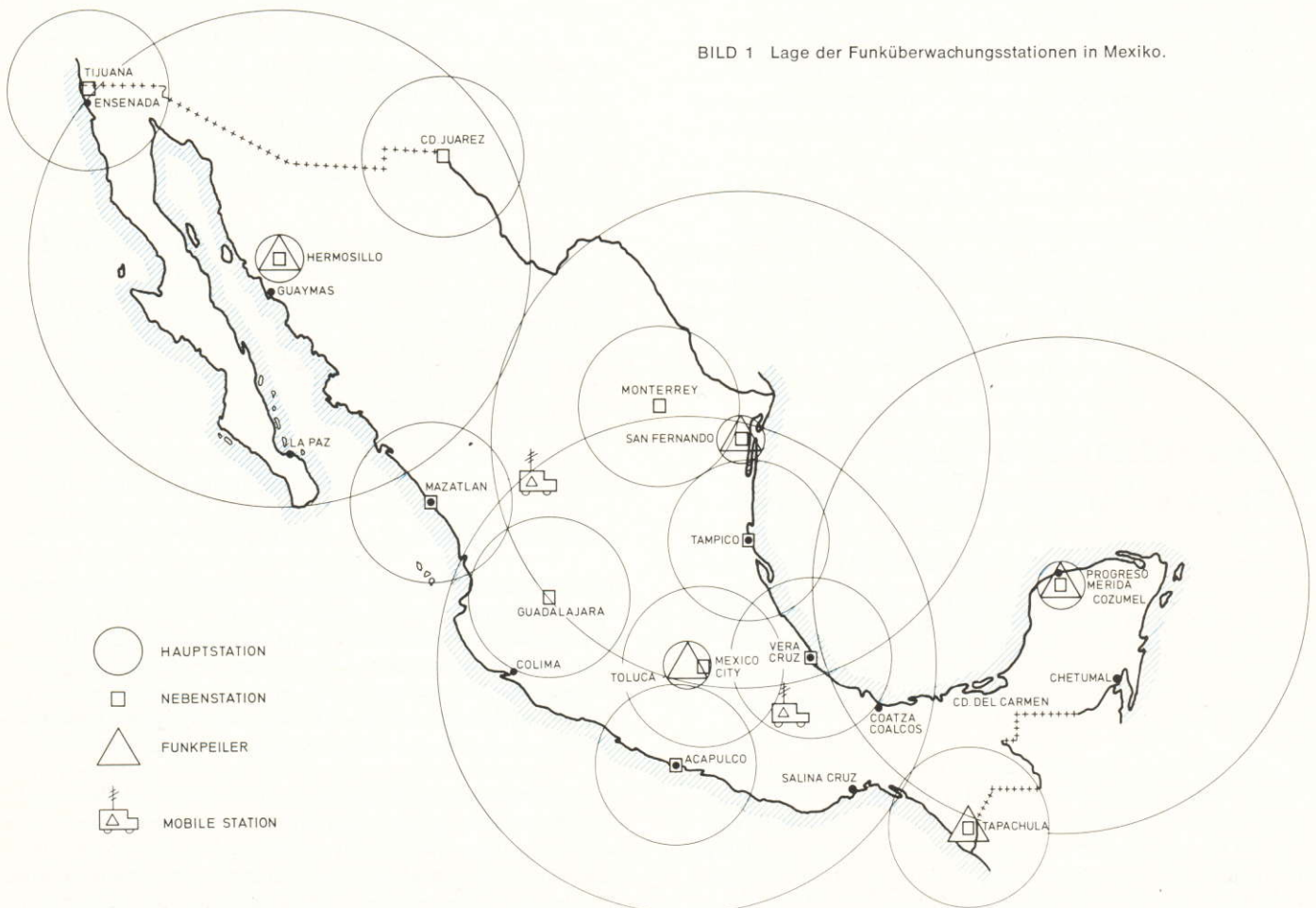


BILD 1 Lage der Funküberwachungsstationen in Mexiko.



BILD 2
Breitband-Empfangs-
Antennenanlage AU 74/73/80
auf dem Dach der Neben-
station Mexico City.
Foto: R. Wolf

Hauptstationen

Jede der vier Hauptstationen besteht aus fünf Antennenanlagen, einer Antennenverteileranlage, einer Normalfrequenzanlage, drei Funküberwachungsanlagen und einem Meßplatz zur automatischen Überwachung (Bild 4).

Die **Antennenanlagen** empfangen Aussendungen im Bereich von etwa 100 kHz bis 400 MHz. Sie sind für Rund- und Richtempfang ausgelegt.

Zum Empfang im Bereich 100 kHz bis 1,5 beziehungsweise 30 MHz dient die Stabantenne HA 178/502. Den Frequenzbereich 1,5 bis 30 MHz erfaßt die Antennenanlage HA 230/403. Sie besteht aus zwei gekreuzten horizontalen Dipolen und einem vertikalen Stab. Sie kann am Meßplatz auf Polarisations-Diversity-Empfang geschaltet werden. Die aus zwei gekreuzten horizontalen und einem vertikalen Dipol bestehende Anlage AU 74/73/30 dient zum Empfang von Signalen im Frequenzbereich 30 bis 120 MHz. Die Dipole lassen sich einzeln durchschalten. Die Anlage AU 74/73/80 hat die gleiche Bauform und erfaßt den Bereich 80 bis 330 MHz. Auf einem Drehmast ist die logarithmisch-periodische Antenne HA 226/512 im 45°-Winkel montiert, wodurch der Empfang horizontal und auch vertikal polarisierter Signale im Frequenzbereich 30 bis 400 MHz möglich ist. Der Antrieb des Drehmastes wird von einem in der Funküberwachungsanlage eingebauten Steuergerät fernbedient.

Die von den Antennen empfangenen Signale gelangen über dämpfungsarme HF-Verbindungen zur Antennenverteileranlage. Hier werden über ein Steckerfeld die Signale auf die Meßplätze verteilt. Durch besondere Einbau-Dezifix-A-Verbindungen, die speziell für diese Anlage konstruiert wurden, bleibt der Antennenverteiler bis in den GHz-Bereich hinein erweiterungsfähig. Für den Lang-, Mittel- und Kurzwellenbereich wurden Trennverstärker eingebaut, die den Betrieb mehrerer Meßplätze an einer Antenne gleichzeitig ermöglichen.

Den einzelnen Meßplätzen wird außer den empfangenen Signalen noch eine hochkonstante Normalfrequenz von 1 MHz zugeführt, die den Synthesizern der Meßanlagen als Referenzfrequenz dient. Das Vergleichssignal erzeugt das Frequenznormal XSD, das vom Frequenzregler XKE gesteuert wird (Bild 5). Gleichzeitig empfängt dieses Gerät als Sollgröße über eine Ferritantenne die Standardfrequenz 60 kHz von Fort Collins, USA.



BILD 3
Hauptstation Merida
des Funküberwachungs-
netzes Mexiko.
Foto: R. Wolf

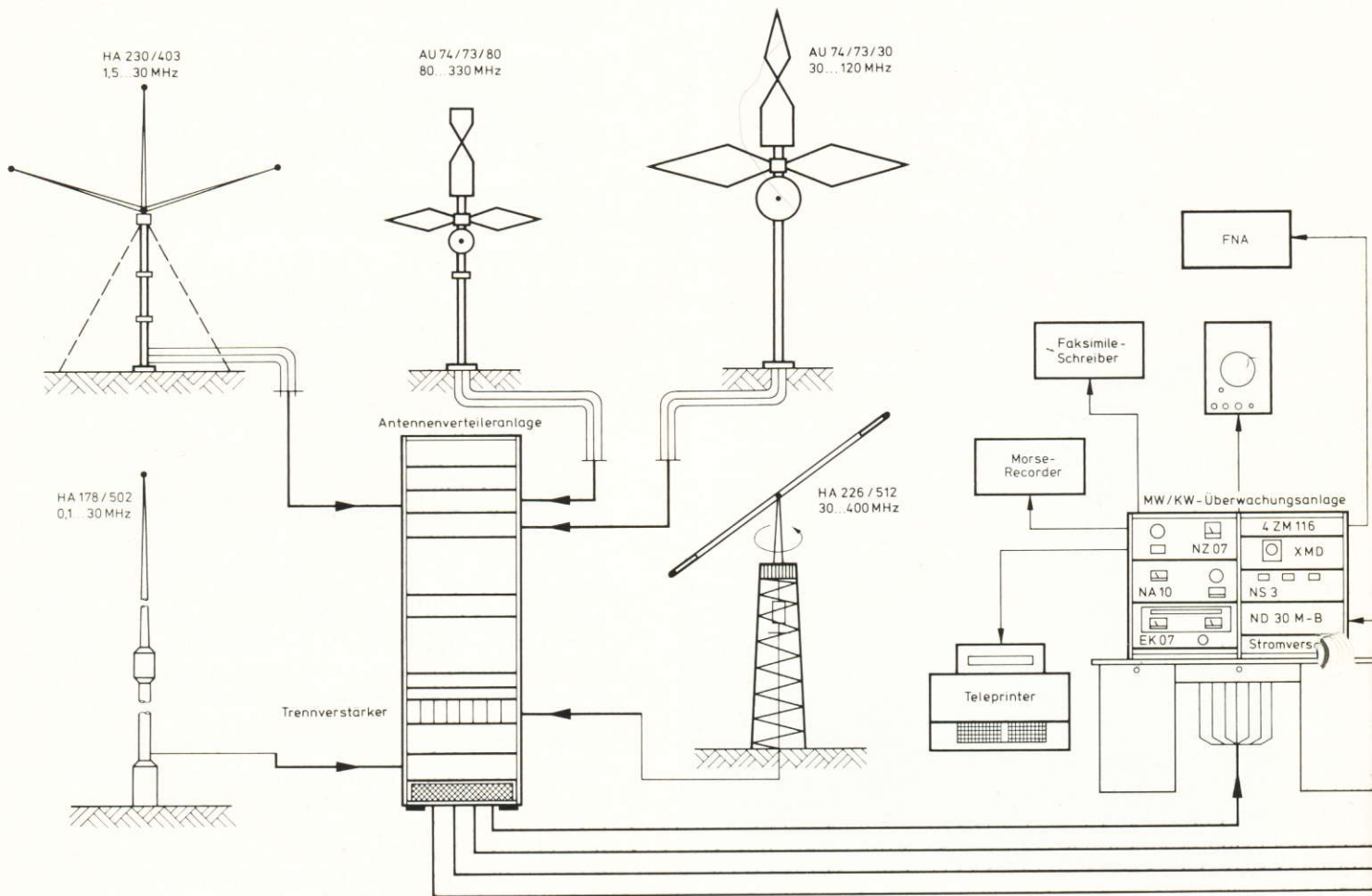


BILD 4 Aufbau der Hauptstationen der Funküberwachungsanlage Mexiko.

Die **Normalfrequenzanlage** enthält außerdem einen Ladeautomaten CAI, eine Batterieeinheit CAN und einen Trennverstärker NV 14.

Die Meßplätze der Funküberwachungsstation sind nach Frequenzbereichen und Aufgabengebieten getrennt. Der **Meßplatz MW/KW-Überwachungsanlage** arbeitet im Frequenzbereich **0,5 bis 30 MHz**. In einem Doppeltischgestell sind folgende Geräte angeordnet: Kurzwellenempfänger EK 07, Einseitenband-Demodulator NZ 10, Telegrafie-Demodulator NZ 07 und Frequenzdekade ND 30 M-B (Schomandl).

Als Zusatzgeräte sind ein Tonfrequenz-Spektrograf FNA zur Frequenzanalyse und zur Messung der belegten Bandbreite sowie ein Vierspur-Stereo-Tonbandgerät zur Aufnahme aller Aussendungen vorhanden. Mit dem Telegrafie-Demodulator NZ 07 lassen sich direkt zwei Fernschreibmaschinen betreiben oder über eine Multiplex-Empfangseinrichtung mehrere Wechselstromtelegrafie-Kanäle mit oder ohne automatische Fehlerberichtigung im Frequenz-Multiplex-Verfahren empfangen. Außerdem können Morse-Recorder, Hell-Teleprinter und Faksimile-Schreiber angeschlossen werden. Die Diversity-Ablöseautomatik der Anlage ist mit der Antenne HA 230/403 zu einem Polarisations-Diversity-System geschaltet, das automatisch, je nach höherer Feldstärke, die vertikale oder horizontale Antenne mit dem Empfängereingang verbindet.

Die eigentliche Meßanlage besteht aus der Frequenzdekade ND 30 M-B, dem Signalverteiler NS 3 und dem Frequenz-Meß-Oszillografen XMD. Diese Gerätekombination gestattet Frequenzmessungen nach verschiedenen Verfahren mit außerordentlich hoher Genauigkeit.

Die **VHF-Überwachungsanlage** überwacht, mißt und identifiziert Aussendungen im Frequenzbereich (0,5 MHz) **30 MHz bis 330 MHz**. Sie besteht aus folgenden Geräten: VHF-Großempfänger ESG, Frequenzzeiger FKM, Kurzwellenempfänger EK 07,

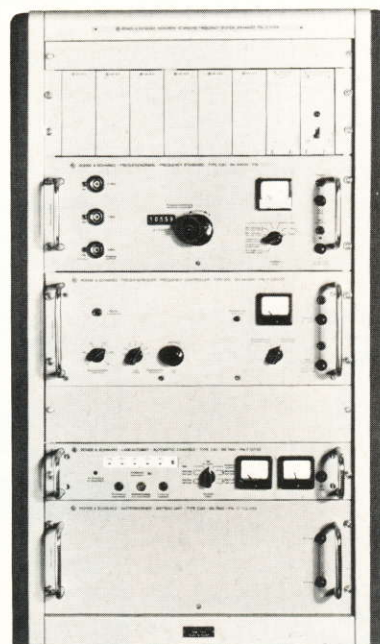
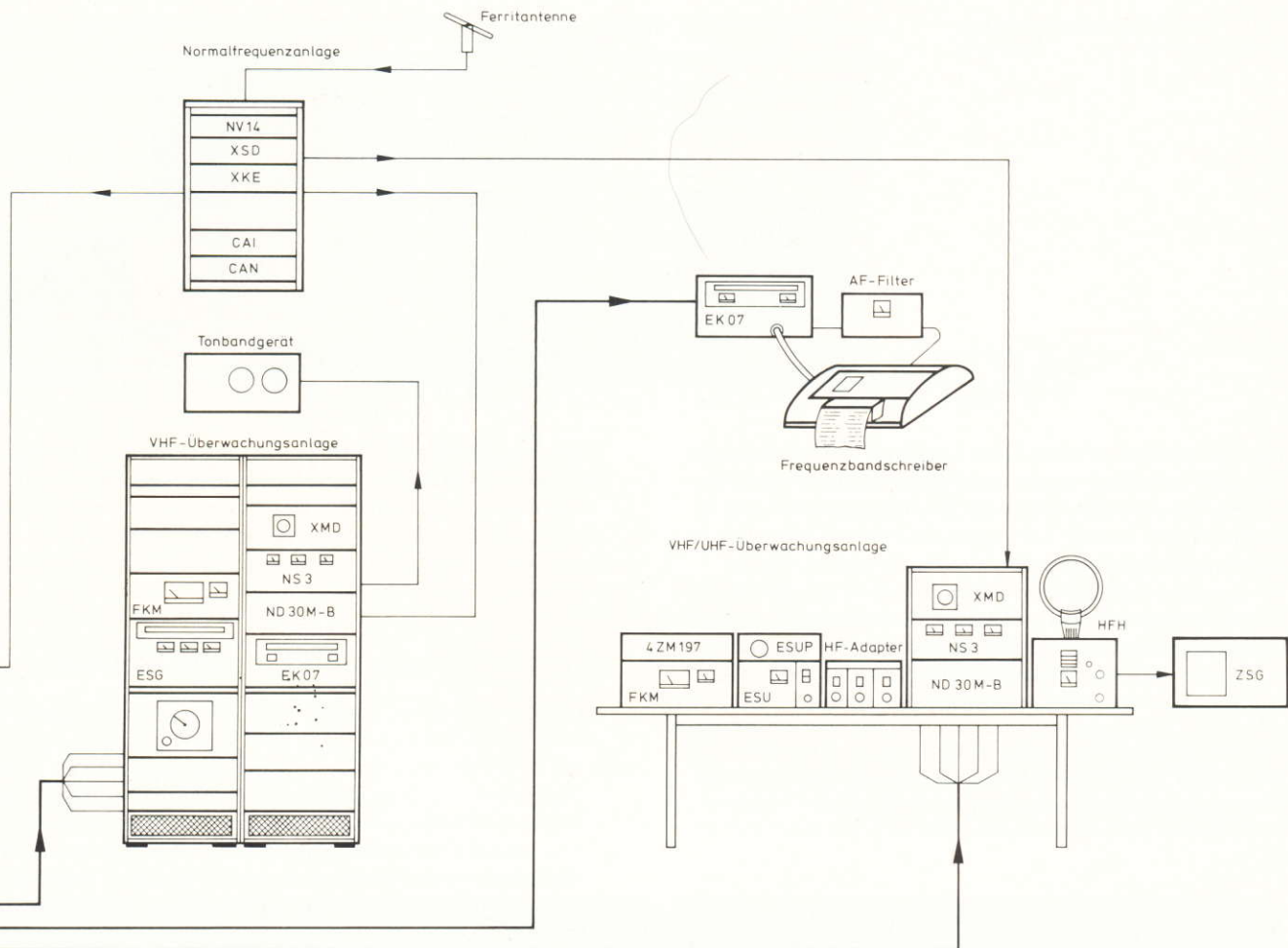


BILD 5 Normalfrequenzanlage in einer Hauptstation.

Foto 19760



Frequenzdekade ND 30 M-B, Signalverteiler NS 3, Frequenz-Meßoszillograf XMD sowie dem Steuergerät für die Antennen-drehung.

Mit dem Steuergerät kann die Antenne HA 226/512 in jede Richtung gedreht werden, der eingestellte Azimut-Winkel ist direkt ablesbar. Die Richtung einer Aussendung läßt sich so auf Grund der Antennenrichtwirkung schnell bestimmen. Mit dem Großempfänger ESG werden die im Bereich 30 bis 330 MHz überwiegend frequenzmodulierte Sendungen empfangen und deren Hub sowie Modulationsgrad direkt gemessen. Zusammen mit dem Frequenzzeiger FKM lassen sich die Mittenfrequenzen der frequenzmodulierten Signale sehr genau bestimmen und Frequenzabweichungen auch über längere Zeit mit Hilfe des Gleichspannungsschreibers ZSG registrieren.

Der Kurzwellenempfänger EK 07 dient entweder zur zusätzlichen Überwachung des Kurzwellenbereichs oder dazu, Aussendungen im VHF-Bereich selektiv zu empfangen und zu messen. Für diesen Zweck wird das ZF-Signal des VHF-Empfängers in den HF-Eingang des EK 07 gegeben. Die Meßanlage ist identisch mit der der MW/KW-Überwachungsanlage (Bild 6).

Die **VHF/UHF-Überwachungsanlage** kann sowohl in festen als auch in mobilen Stationen eingesetzt werden. Sie enthält die gleichen Meßgeräte wie die MW/KW- und VHF-Anlagen, außerdem die Feldstärkemesser HFH und HFU (einschließlich HF-Teil-Adapter), Panoramazusatz ESUP, den Frequenzzeiger FKM und einen AM-Demodulator 4 ZM/197. Mit dieser Geräteausstattung kann sie im Frequenzbereich 0,1 bis 900 MHz Funküberwachungsaufgaben sowie Feldstärkemessungen und Registrierun-

gen durchführen. Mit Hilfe des Panoramagerätes ESUP lassen sich Eingangssignale in der Zwischenfrequenzlage analysieren. Zur Messung frequenzmodulierter Aussendungen dient der Frequenzzeiger FKM zusammen mit dem AM-Demodulator 4 ZM/197.

Der automatischen **Überwachung und Registrierung der Frequenzbandbelegung** dient ein weiterer Meßplatz mit folgenden Geräten: Kurzwellenempfänger EK 07, Frequenzbandschreiber,

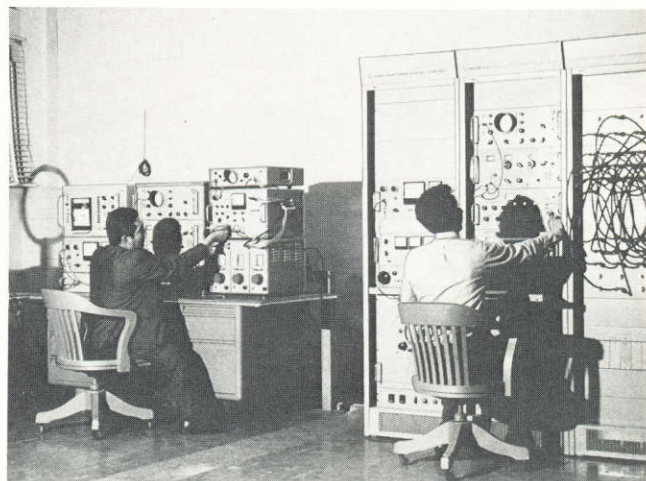
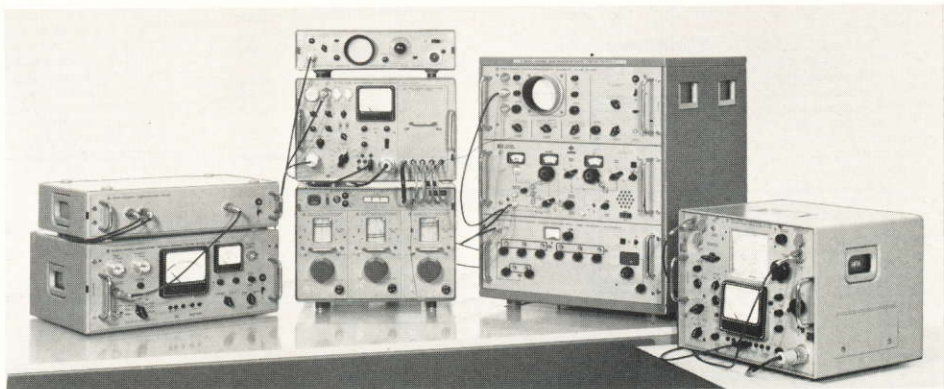


BILD 6 Hauptstation der mexikanischen Funküberwachung. Linker Meßplatz: VHF/UHF-Überwachungsanlage. Rechter Meßplatz: VHF-Überwachungsanlage. Foto: R. Wolf



Spannungswähler und AF-Filter. Ein Motor im Frequenzband-schreiber treibt über verstellbares Getriebe, Rutschkupplung und Kardanwelle den Antrieb der Empfängerabstimmung an. Synchron dazu werden der Papiervorschub des Schreibers bewegt und der Schreibstift über das Papier geführt. Die am NF-Ausgang des Empfängers erscheinenden Signale steuern über das schmalbandige AF-Filter den Schreibstift. Die Aufzeichnungen geben Aufschluß über die Belegung des beobachteten Frequenzbandes und dienen zur Identifizierung der Aussendungen.

Die Hauptstationen und die Nebenstation in Tapachula sind mit **Kurzwellen-Sichtfunkpeilern** ausgerüstet. Zur Ausstattung der von Rohde & Schwarz geplanten, entwickelten und gelieferten Funküberwachungsanlagen gehört ein KW-Sichtfunkpeiler



BILD 8 Mobile Funküberwachungsanlage in Amecameca bei Mexico City; im Hintergrund der Popocatepetl. Foto: R. Wolf

der Firma C. Plath. Er ist für die Hauptstation Cerrillo (etwa 80 km von Mexiko-City entfernt) bestimmt und arbeitet im Frequenzbereich 1 bis 30 MHz. Das Achtfach-U-Adcock-Antennensystem kann vom Sichtgerät getrennt aufgestellt werden, wodurch sich die bei Peilern besonders problematischen Umgebungseinflüsse ausschließen lassen.

Nebenstationen und mobile Anlagen

Die **Nebenstationen** bestehen aus vier Antennenanlagen, einer Antennenverteileranlage und zwei Überwachungsanlagen, die mit denen der Hauptstation weitgehend identisch sind (Bild 7). Das gestattet gegebenenfalls den Austausch der Geräte und erleichtert den Service. Zu jeder Haupt- und Nebenstation gehört jeweils eine vollständige Werkstatt. Die Ausrüstung besteht aus allen notwendigen Werkzeugen, Ersatzteilen und Meßgeräten, so daß die dauernde Einsatzbereitschaft der Stationen gewährleistet ist.

Die **mobilen Anlagen** enthalten eine komplette VHF/UHF-Überwachungsanlage, die in einem Mercedes 608 D untergebracht ist (Bild 8). Zur zusätzlichen Ausrüstung gehört ein Gleichspannungsschreiber Enograph-G ZSG, dessen Papiervorschub proportional der Fahrtgeschwindigkeit des Fahrzeugs ist. Der bis etwa 10 m Höhe hydraulisch ausfahrbare, drehbare Mast kann mit verschiedenen Antennentypen bestückt werden. Die Stromversorgung der Geräte geschieht je nach Aufgabenstellung über eine Batterie, über ein eigenes Aggregat oder über ein Fremdnetz.

Projektdurchführung

Das Projekt wurde im R&S-Stammwerk München mit Hilfe der Netzplantechnik abgewickelt. Zu den vertraglich vereinbarten Zeitpunkten wurden die Geräte und Anlagen in zwei Teilsendungen ausgeliefert. Sie gelangten auf dem Schienenweg von München nach Hamburg und von dort aus seemäßig verpackt an Bord von Linienschiffen zum Zielhafen Veracruz. Der Landtransport in Mexiko geschah dann in LKWs zu den verschiedenen Stationsorten. Anfang November 1970 befanden sich die Geräte termingerecht an ihren jeweiligen Aufstellungsorten.

Das Bedienungspersonal für die Stationen wurde in einer dem Postministerium gehörenden Fernmeldeschule ausgebildet und im November und Dezember 1970 von einem Rohde & Schwarz-Ingenieur in der schon arbeitenden Station Mexico in seine zukünftigen Aufgaben eingewiesen. In einem zweiten Schulungskurs, kurz danach, wurden die zukünftigen Stationsleiter, in der Mehrzahl junge Hochschulingenieure, mit der Theorie der Funküberwachung vertraut gemacht.

H. Kemper