Zeitschrift: Technische Mitteilungen / Schweizerische Post-, Telefon- und Telegrafenbetriebe = Bulletin technique / Entreprise des postes, téléphones et télégraphes suisses = Bollettino tecnico / Azienda delle poste, dei telefoni e dei telegrafi svizzeri

Herausgeber: Schweizerische Post-, Telefon- und Telegrafenbetriebe

Band: 68 (1990)

Heft: 4

Artikel: Natel C : Bau und Inbetriebnahme

Autor: Schmid, Erich / Metzger, Kurt

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-876199

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 15.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Natel C – Bau und Inbetriebnahme

Erich SCHMID und Kurt METZGER, Bern

Zusammenfassung. *Gemäss den Planungsvorgaben besteht das Natel-C-Netz in seinem Endausbau aus etwa 600 Basisstationen. Der Bericht vermittelt einen groben Einblick in die Vorgehensweise bei Projektierung und Bau der Natel-C-Stationen. Die Funktionsweise der Basisstationen, deren Inbetriebnahme und Systemtests werden beschrieben.*

Natel C – Construction et mise en service
Résumé. *Selon la planification, le réseau Natel C comprendra environ 600 stations de base au stade final de son extension. Ce rapport donne un bref aperçu des méthodes de projet et de construction des stations Natel C. L'auteur décrit le fonctionnement des stations de base, leur mise en service et les tests de système appliqués.*

Natel C — Costruzione e messa in esercizio di stazioni di base
Riassunto. *L'estensione finale della rete Natel C comprenderà, secondo i piani, circa 600 stazioni di base. Gli autori mostrano per sommi capi la procedura adottata nella progettazione e costruzione delle stazioni Natel C e descrivono il funzionamento delle stazioni, la loro messa in esercizio e i test del sistema.*

1 Einleitung

Der Projektablauf wird in einzelne Phasen gemäss *Figur 1* gegliedert.

Beim Baubewilligungsverfahren werden die Standorte für eine Natel-C-Station nach folgenden Prioritäten ausgesucht:

- PTT-Gebäude (Telefonzentralen, Postgebäude, Lager für Fernmeldematerial, Fernseh-Umsetzer usw.)
- öffentliche Gebäude (Schulhäuser, Gemeindehäuser, Werkhöfe)
- Neubauten.

Nach Auswahl des geeigneten Standortes stellt man ein Vorinformationsdokument her, das eine Darstellung des erforderlichen Ausbaus (Plan) und eine Fotomontage enthält. Dann werden Gespräche mit Grundeigentümern geführt. Dabei versucht man, deren Wünsche soweit als möglich zu berücksichtigen. Kommt es zu einer Zusage des Bauvorhabens, führt man in einem nächsten Schritt Gespräche mit den öffentlichen Ämtern. Dies sind die Gemeindebehörden bei Standorten innerhalb der Bauzonen und zusätzlich die Kantonsbehörden bei Bauvorhaben ausserhalb der Gemeindebauzonen *(Fig. 2)*.

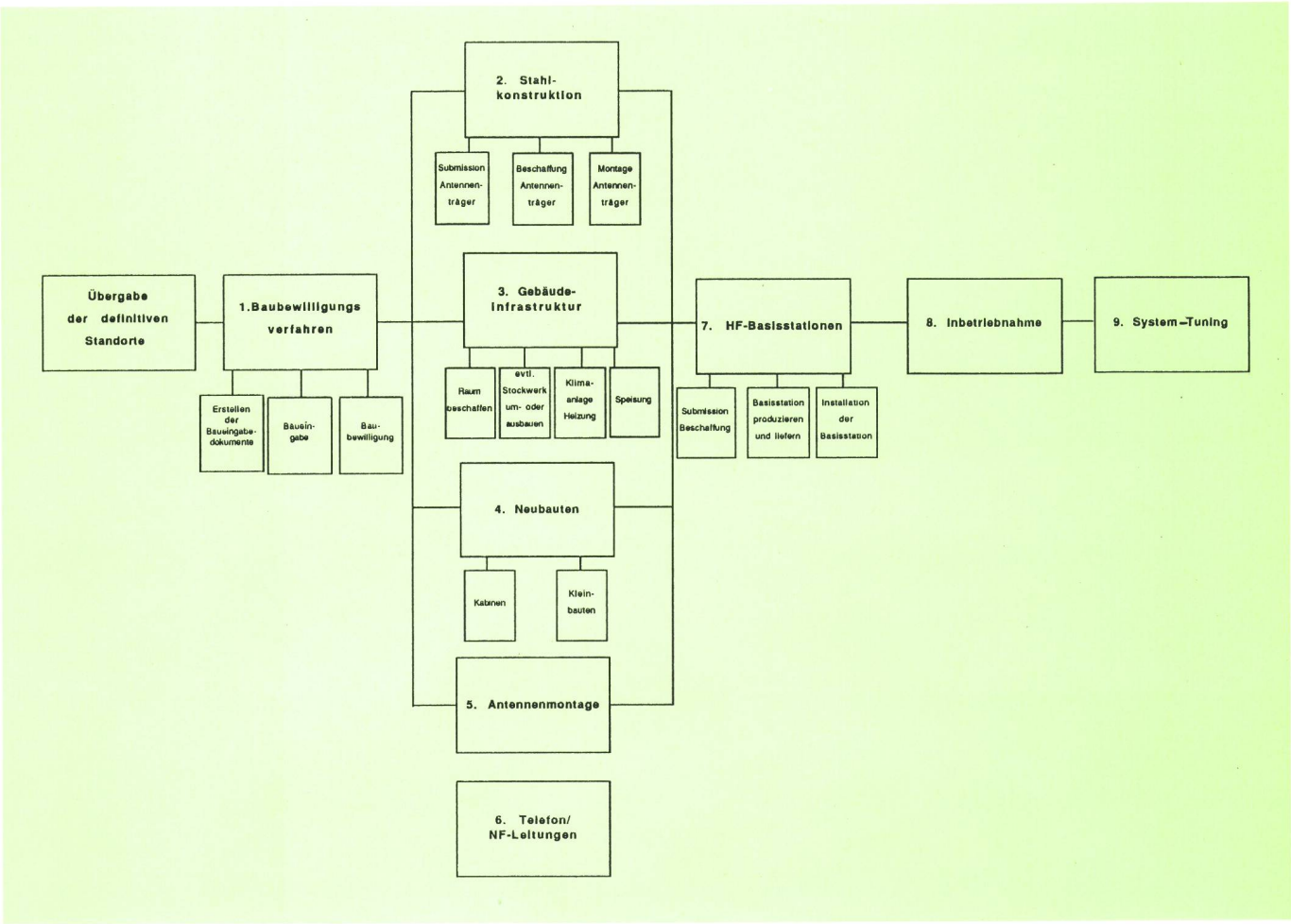

Fig. 1
Projektablauf bei Bau und Inbetriebnahme einer Basisstation

Fig. 2
Beispiel einer Basisstation Natel C
Gut integrierte Antennenanlage für 16 Kanäle mit Diversity

Anschliessend wird ein Baueingabedokument erstellt. Die nötigen Wartefristen im Bewilligungsverfahren sind in die Projektplanung einzubeziehen. Nach Erhalt der Baubewilligung können Bauaufträge erteilt werden.

2 Stahlkonstruktionen

Bestehende Stahlkonstruktionen werden bei Eignung verwendet. Beim Bau neuer Antennenträger (Masten) auf Gebäuden ist eine minimale Höhe von 5 m, bei freistehenden Antennenträgern eine solche von etwa 15 m nötig. Die maximale Bauhöhe hängt auch von den geplanten Bauvorhaben anderer Dienste der PTT ab. Infolge des grossen Bauvolumens des Natel-C-Projektes müssen gegenwärtig bei Herstellung und Montage Terminverzögerungen berücksichtigt werden. *Figur 3* zeigt einen gemeinsam mit anderen Diensten genutzten Stahlmast.

3 Gebäudeinfrastruktur

Folgende Gebäudetypen werden verwendet:

a) PTT-Gebäude
- Telefonzentralen
- Lagergebäude für Fernmeldematerial
- Postgebäude
- Verstärkerstellen

b) Öffentliche Gebäude
- Werkhöfe
- Schulhäuser
- Gemeindehäuser
- Zoll- oder Polizeigebäude
- usw.

c) Private Gebäude
- Dachausbauten
- Kellerausbauten

Mit Blick auf künftige Bedürfnisse ist man bestrebt, genügend grosse Räume bereitzustellen (Raumbedarf für eine Natel-C-Station etwa 20 bis 30 m^2).

Diese Räume müssen mit der nötigen Infrastruktur, wie Telefonleitungen, Starkstrom, Notstrom, Klimageräten, HF-Schränken, evtl. Multiplexausrüstungen, evtl. HF-Link-Verbindungen ausgerüstet werden. Können Basisstationen in PTT-Gebäuden eingerichtet werden, sind diese Ausrüstungen teilweise vorhanden.

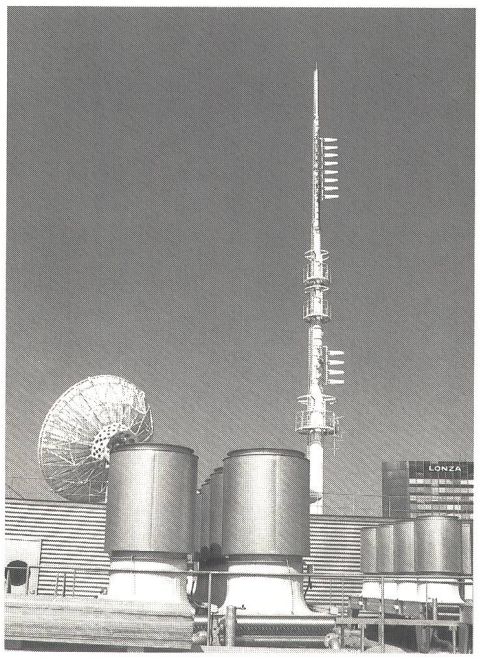

Fig. 3
Basel Grosspeter
Stahlkonstruktion (Antennenturm) für verschiedene Dienste der PTT

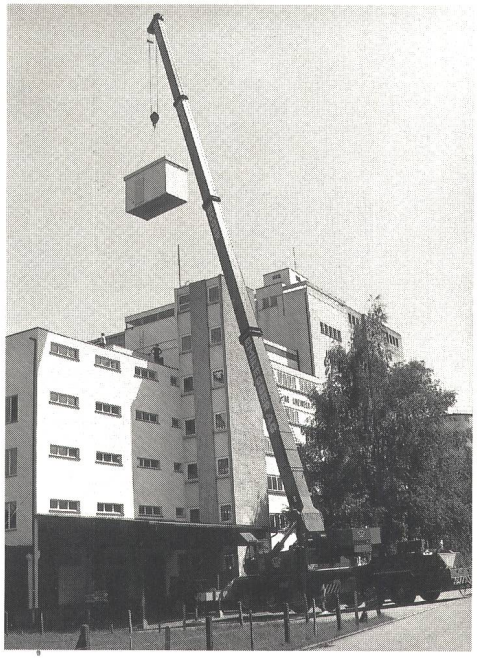

Fig. 4
Montage einer Kabine mit pneumatischem Hebekran. Zeitaufwand 1 Std.

Fig. 5
Gut integrierte Kabine direkt neben der Autobahn

4 Neubauten

Normierte Kabinen sind Kleinbauten nach Möglichkeit vorzuziehen, da die kompakte Bauweise einen rascheren Aufbau der Anlage ermöglicht. Für den Endausbau des Natel-C-Netzes wird mit etwa 80 Normbauten gerechnet. *Figuren 4* und *5* zeigen zwei Lösungsmöglichkeiten.

Kleinbauten werden dort erstellt, wo eine Anpassung bzw. eine Integration in bestehende Gebäude verlangt wird. Als Beispiele seien hier der Umbau auf der Seilbahnstation Weggis oder der Ausbau eines unterirdischen Raumes in einem Schulhaus erwähnt.

5 Antennenmontage

Die verwendeten Antennensysteme sind Rundstrahlsysteme (kreisförmige Ausbreitung) und Richtstrahlsysteme (gerichtete Ausbreitung). Es müssen mindestens eine Sende- und eine Empfangsantenne montiert werden (siehe auch 8). Zusätzlich werden Basisstationen in Agglomerationen mit mehr als 10 000 Einwohnern mit Empfangs-Diversity ausgerüstet, wofür eine weitere Empfangsantenne benötigt wird. Es stehen zwei Diversity-Systeme zur Verfügung:

- Die horizontale Raumdiversity, wobei die Antennen in horizontaler Ebene im Abstand von etwa 6 m montiert sind, was zwei oder mehr Masten erfordert.
- Die vertikale Raumdiversity, mit Antennen im vertikalen Abstand von etwa 9 m montiert, was den Bau eines höheren Mastes erfordert.

Der Aufwand für die Montagearbeiten ist standortabhängig *(Fig. 6)* und kann verhältnismässig gering (Kleinstation mit zwei Antennen), aber auch sehr hoch sein (Station Basel Grosspeter mit 24 Antennen). Damit das umfangreiche Bauprogramm termingerecht abgewickelt werden kann, sind an den Ausführungsarbeiten verschiedene Firmen beteiligt.

6 Leitungen

Da für jeden HF-Kanal eine Vierdrahtleitung benötigt wird, sind für jede Basisstation im Durchschnitt etwa 30 Vierdrahtleitungen bereitzustellen. Der Aufwand bei gegenwärtig etwa 500 Standorten ist sehr gross, was zu Terminschwierigkeiten führen kann. Abgelegene Standorte, die unverhältnismässig hohe Leitungskosten erfordern, werden mit Richtfunkverbindungen ausgerüstet.

7 HF-Basisstationen

Drei gleichwertige Produkte der Firmen *Ascom Radiocom, Ericsson* und *Philips* werden in der Schweiz verwendet. Die Geräte werden nach Vorgaben der GD PTT (NMT-900-Spezifikationen) hergestellt. Ein Beispiel zeigt *Figur 7.*

8 Die Basisstation

81 Die Anlage

Die Basisstation (BS), mit der MTX-Zentrale (Mobile Telephone Exchange) verbunden, bildet die Schnittstelle zwischen drahtgebundener und drahtloser Sprach- und Signalisierungsübertragung zur Mobilstation *(Fig. 8).*

Figur 9 zeigt ein vereinfachtes Blockschema der Anlage. Diese besteht aus folgenden Funktionseinheiten:

- Sender inklusive Endstufe (Transmitter)
- Empfänger (Receiver)
- Steuereinheit (Control Unit)
- Senderzusammenschaltung (Transmitter Combiner)

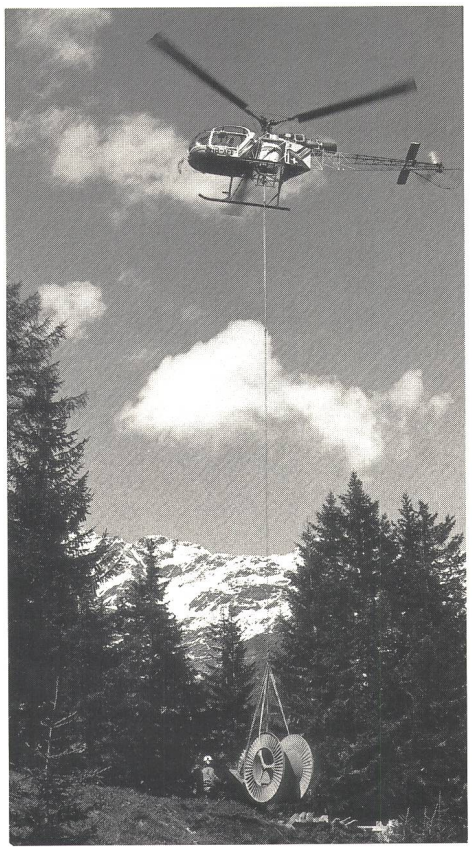

Fig. 6
Transport von Kabeltrommel und Montagematerial in unwegsamem Gelände

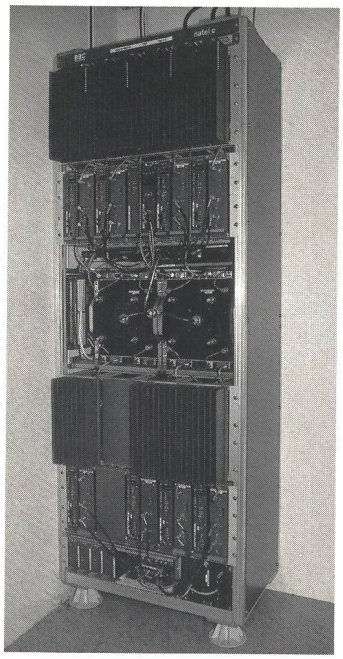

Fig. 7
HF-Ausrüstung einer Basisstation Modell N 100

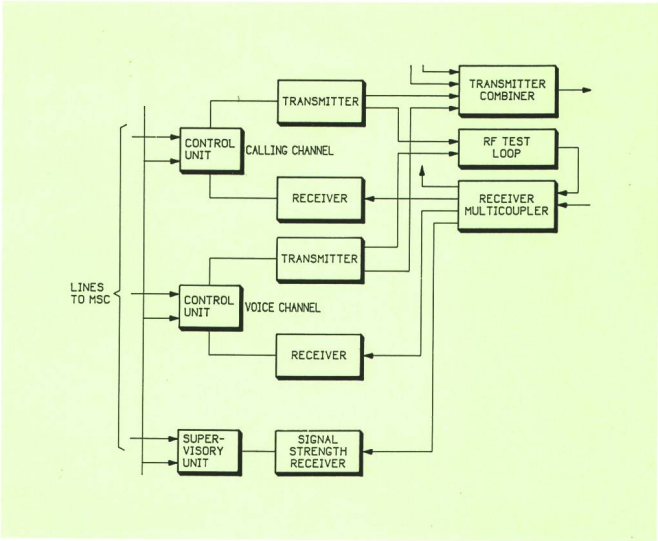

Fig. 9
Blockschema der Basisstation
MSC *M*obile *S*witching *C*enter = MTX
Weitere Erläuterungen im Text

- Empfängermultikoppler (Receiver Multicoupler)
- HF-Testschlaufe (RF Test Loop)
- Feldstärkemessempfänger mit Überwachungseinheit (Signal Strenght Receiver, Supervisory Unit).

Jeder *Kanal* besteht aus einem Sender, einem Empfänger und einer Steuereinheit. Empfänger- und Senderteil sind mit einem Sprachkompandersystem ausgerüstet, das der Sprachübertragung eine dem drahtgebundenen Netz vergleichbare Übertragungsqualität gewährleistet.

Die *Steuereinheit* bildet die Schnittstelle zwischen der MTX-Zentrale und der Basisstation. Sie erzeugt die nötigen Signale für den Betrieb des Sender- und Empfängerteiles und dient gleichzeitig zur Fehlerüberwachung der Basisstationsausrüstungen. Wird ein Fehler festgestellt, so wird dieser über die entsprechende Steuereinheit in Form eines Fehlertelegramms der MTX-Zentrale mitgeteilt. Die Steuereinheit erzeugt ebenfalls der Überwachungston (~4 kHz) für die Auswertung der Sprachqualität der Funkverbindung von der Basisstation zur Mobilstation und umgekehrt *(Fig. 10)*. Die Steuereinheit bewertet sowohl die Qualität des zurückgeschlauften Überwachungstones (Signal-to-Noise) wie auch die empfangene Feldstärke der Mobilstation und entscheidet, ob die MTX-Zentrale mit einem entsprechenden Alarmtelegramm «Qualität ungenügend» zu informieren sei oder nicht.

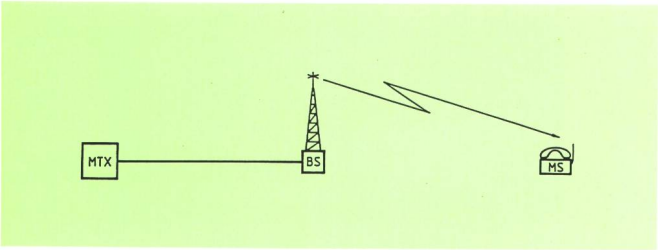

Fig. 8
Basisstation als Schnittstelle zwischen drahtgebundener und drahtloser Übertragung
MTX Mobiltelefonzentrale (*M*obile *T*elefon *E*xchange)
BS Basisstation
MS Mobilstation

Über die *Senderzusammenschaltung* lassen sich bis zu 16 Senderkanäle auf eine gemeinsame Antenne anschliessen. Dies ist von grosser Bedeutung, da der zur Verfügung stehende Antennenplatz an einem Mast beschränkt ist.

Der *Empfängermultikoppler* ermöglicht über eine gemeinsame Antenne den Anschluss von 32 Empfangskanälen (Ruf- und Verkehrskanäle) an die entsprechenden Empfängereinheiten sowie den Anschluss des gemeinsamen Feldstärkemessempfängers.

Zu Testzwecken können über den Signalisierungsweg zwei voneinander unabängige Testschlaufen von der MTX-Zentrale zur Basisstation aktiviert werden. Eine davon wird in der Steuereinheit vollzogen und verbindet das ankommende mit dem abgehenden Leitungspaar. Die andere verbindet über Sendereinheit, HF-Testschlaufe, Empfängermultikoppler und Empfänger die ankommende mit der abgehenden Leitung. Die HF-Ausrüstungen werden also im zweiten Fall in die Testschlaufe einbezogen. Fehlerhafte HF-Ausrüstungen oder gestörte Übertragungsstrecken zwischen MTX-Zentrale und Basisstation sind damit unterscheidbar.

Der *Feldstärkemessempfänger* misst die an der Empfangsantenne anliegende Feldstärke eines jeden von der MTX-Zentrale vorgegebenen Funkkanals. Die Messergebnisse werden in der MTX-Zentrale benötigt, um zu entscheiden, ob eine Gesprächsübergabe (Handover) eingeleitet werden soll. Die Übertragungsqualität der Funkverbindung wird NF-seitig mit einem Feldstärkedetektor überprüft.

82 Inbetriebnahme

Bevor eine Basisstation an die MTX-Zentrale angeschlossen werden kann, müssen bestimmte Messungen

an den Kanalausrüstungen durchgeführt werden. Die Übertragungswege sind zuvor gemäss Pegelplan bereitzustellen.

821 Test der HF-Kanäle

Jeder Kanal einer Basisstation ist auf seine Funktionstüchtigkeit zu überprüfen und so einzustellen, dass die geforderten Schnittstellenbedingungen von der drahtgebundenen zur drahtlosen Übertragung eingehalten werden. Auf der HF-Seite wird geprüft, ob die Pflichtwerte bezüglich abgestrahlter Leistung, spektraler Reinheit der Trägerfrequenzen und Empfindlichkeit eingehalten werden.

Die Einpegelung und die Funktion jedes Kanales sind über seine Übertragungsstrecke mit der entsprechenden Anschlusseinheit in der MTX-Zentrale zu prüfen.

Nebst der Kontrolle und Einstellung der der Sprachübertragung dienenden Baugruppen sind natürlich die Anlageteile, etwa für diagnostische Aufgaben zur Verfügung stehend, ebenfalls auf korrektes Arbeiten zu überprüfen. Von grosser Bedeutung ist das richtige Funktionieren des Feldstärkemessempfängers. Ist dessen Funktion gestört, ist dies gleichbedeutend wie ein Fehlverhalten der gesamten Basisstation.

83 Basisstation-Steuerdaten

Auf der MTX-Zentrale sind die zur späteren Steuerung notwendigen Daten für jede Basisstation zu definieren und sicherzustellen. Der Umfang dieser Daten kann in folgenden vier Gruppen zusammenfassend erläutert werden:

- Basisstationsdaten
  Sie beschreiben die Funkzellencharakteristik, Überdeckungs-, Standard- oder Kleinzelle und legen fest, in welchem Kanalraster bzw. Frequenzband der Rufkanal und die Verkehrskanäle für den Zugriff der Mobilstation angeordnet sind.
- Kanal-Ausrüstungsdaten
  Diese Daten enthalten die Frequenzzuteilung eines HF-Kanals und die zugehörige Überwachungstonfrequenz. Das Leitungsbündel, das den Feldstärkemessempfänger versorgt, wird als Datenkanal besonders gekennzeichnet.
- Nachbarstationsdaten
  Diese Informationen geben dem System Auskunft über die Nachbarschaftsbeziehungen der Basisstationen oder Funkzellen untereinander. Die Umschaltekriterien, die einzuhalten sind, damit eine Gesprächsüberführung (Handover) zustandekommen kann, sind darin ebenfalls enthalten.
- Überwachungsdaten der Übertragungsqualität
  Diese Angaben lassen sich in Handoverkriterien und Verbindungsaufbaukriterien unterteilen. Die ersten werden der Steuereinheit eines Kanals übermittelt und dienen als Schwellwert für deren Feldstärkeauswertung. Die zweiten begünstigen eine optimale Auswahl der Funkzelle beim Gesprächsaufbau.

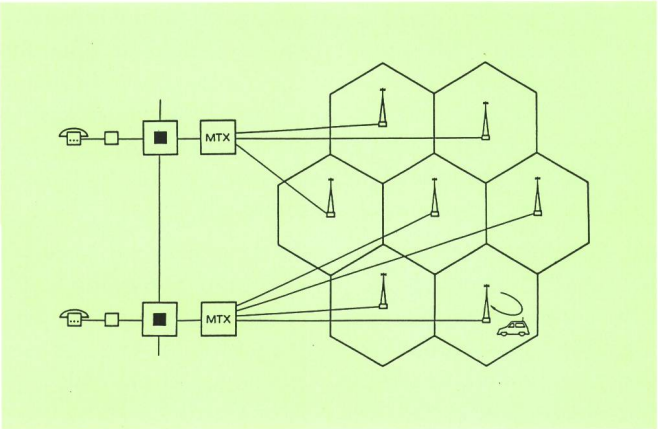

Fig. 10
Überwachungsschlaufe der Funkverbindung
MTX Mobiltelefonzentrale

84 Zeitbedarf

Für die Inbetriebsetzung eines Kanals mit den erforderlichen Abnahmemessungen sind ungefähr zwei Mannstunden einzusetzen. Dieser Bedarf lässt sich jedoch durch den Einsatz von halbautomatisierten Funkmessplätzen für Standorte mit mehr als 32 Kanälen um etwa 30 % kürzen.

9 Systemabstimmung

91 Grundsätzliches

Unter Systemabstimmung sind jene Aktivitäten zu verstehen, die eine Optimierung der Systemmöglichkeiten in ihrer Umgebung bewirken.

Ein «reales Funknetz» wird bezüglich Systemverhalten nur in den seltensten Fällen genau mit dem geplanten theoretischen Netz übereinstimmen. Das theoretische Funkmodell, das als Berechnungsgrundlage dient, ist nicht in der Lage, Reflexionsversorgungen zu erkennen und weist zudem eine begrenzte Auflösung der Topographie- und der Morphodaten des Geländes auf. Im weiteren kann das Verkehrsverhalten der Mobilteilnehmer erst genauer erfasst werden, wenn das Netz in Betrieb steht. So kann sich beispielsweise ein unterschätztes Verkehrsaufkommen sehr nachteilig auf die Verfügbarkeit der Funkzellen einer ganzen Region auswirken.

Für Anpassungs- und Optimierungsarbeiten im echten Umfeld bietet das System eine ganze Palette von Steuerdaten und Parametern an. Die für die Systemabstimmung wichtigsten Daten sind die «Nachbarstationsdaten» und die «Überwachungsdaten der Übertragungsqualität» mit ihren verkehrsleitenden Eigenschaften.

Es ist in begrenztem Rahmen möglich, den Umschalteort eines Gespräches von einer Zelle in deren Nachbarzelle zu beeinflussen. So ist es grundsätzlich möglich, den Verkehr im Überlappungsbereich in die umliegenden Nachbarzellen abzuleiten, was zur Entlastung der betreffenden Zelle führt.

92 Systemtest

Bevor die den Verkehrsfluss steuernden Daten geändert werden dürfen, muss der Ist-Zustand des Netzverhaltens genau dokumentiert werden können. Diese Doku-

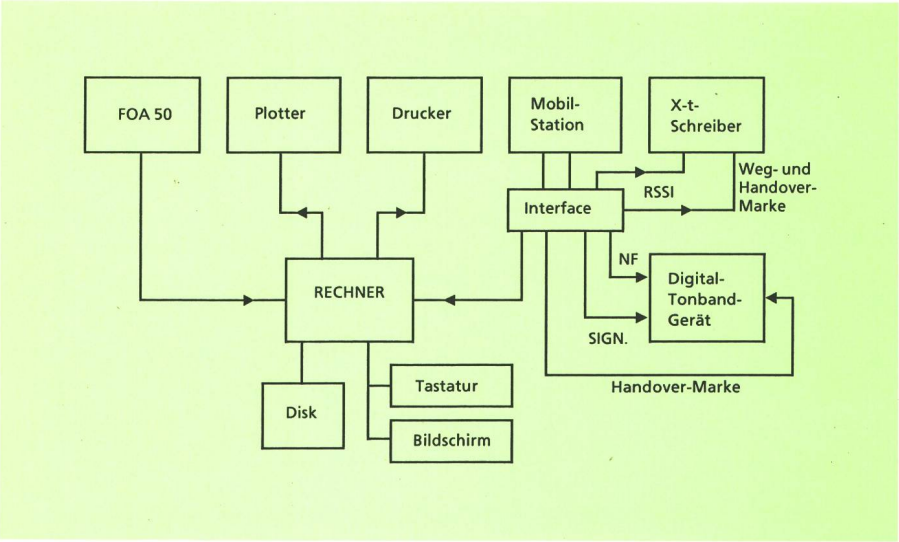

Fig. 11
Messeinrichtung für den Systemtest

RSSI	Empfangene Feldstärke (Received Signal Strength Indication)
NF	Testton im Sprachband
SIGN.	Systemsignalisierungen Basisstation–Mobilstation
FOA 50	Fahrzeugorientierungsanlage

mentation beschreibt die realen, durch die Umschaltekriterien (Handover) bestimmten Zellgrenzen sowie die Verbindungsaufbauwahrscheinlichkeit auf Zellen in Funktion der geografischen Lage der Mobilstation. Die Reproduzierbarkeit dieser Systemeigenschaften ist in einem nicht zu stark belasteten Netz mit genügender Genauigkeit gewährleistet. Eine diesen Anforderungen genügende Testeinrichtung musste jedoch entwickelt werden.

93 Messeinrichtung

Das Messeinrichtungskonzept wurde laufend neuen Anforderungen und Bedürfnissen angepasst, wobei der Messablauf durch Computereinsatz stark automatisiert werden konnte. Die Messeinrichtung ist in einem Messwagen untergebracht. Während der Messfahrt wird von einer Fahrzeugorientierungsanlage laufend der gefahrene Kurs ermittelt und auf einer Karte dargestellt. Messereignisse wie Kanalwechsel, Feldstärkewerte der Fixstation, NF-Pegel und Systemsignalisierungen werden von einer mitgeführten Mobilstation erkannt und einem Rechner zugeführt. Diese Ereignisse werden ausgewertet, in ein Protokoll aufgenommen und auf einer Karte dargestellt. Die Feldstärkewerte der Fixstation werden zudem simultan als Feldstärkeprofil der Fahrstrecke auf einem Schreiber aufgezeichnet. Die NF-Testverbindung und die darin enthaltenen Systemsignalisierungen werden mit einem Digital-Tonbandgerät aufgezeichnet. Sie stehen für spätere Rekonstruktionen von Systemreaktionen und subjektive Bewertung der Verbindungsqualität zur Verfügung.

Der Aufbau der Messeinrichtung ist in *Figur 11* dargestellt und besteht aus folgenden Komponenten:

- *Fahrzeugorientierungsanlage FOA 50*
  Diese Einheit liefert dem Steuerrechner die geografischen Daten der Fahrstrecke. Die Funktionsweise dieser Anlage beruht auf einem Kreiselsystem mit Weggeber.
- *Plotter*
  Er dient zur Ausgabe der Fahrstrecke auf einer topografischen Karte mit gleichzeitiger Kennzeichnung ungenügend versorgter Strecken und zur Markierung von Systemereignissen (Handover).
- *Drucker*
  Er dient zur protokollarischen Aufnahme der Messdaten und Ereignisse sowie der Zeit ihres Auftretens.
- *Mobilstation*
  Mit ihr werden die Mobilverbindung aufgebaut und die Ereignis- und Feldstärkedaten bereitgestellt.
- *X-t-Schreiber*
  Er registriert das Feldstärkeprofil der Fahrstrecke, markiert die Umschalteereignisse (Handover) und die Wegstreckendistanzen.
- *Tonbandgerät*
  Es zeichnet die Systemsignalisierung und Verbindungsqualität des NF-Pfades für spätere Auswertungen getrennt auf (Pegelschwankungen bei Kanalwechsel, Störgeräusche usw.).
- *Steuerrechner*
  Er dient der Steuerung, Datenverarbeitung und Bedienung der Messeinrichtung.

94 Auswertung und Dokumentation

Die mit der Messeinrichtung erstellten Dokumentationen ergeben ein wirkliches Abbild des Funknetzes inklusive der Systemdynamik. Diese Ergebnisse lassen sich mit den planerischen Vorgabewerten vergleichen; aus den Unterschieden können neue spezifische Erkenntnisse gewonnen und allenfalls die Planungsvorgaben angepasst werden. Die Definition von Systemreferenzstrecken ist möglich, die es beispielsweise erlauben, bei der Einführung neuer Systemsoftware in der MTX-Zentrale das Systemverhalten zu überprüfen.

Die Durchführung von Systemtests und deren Auswertung und Dokumentation ist eine sehr aufwendige Arbeit. Es ist jedoch die einzige Möglichkeit, sich ein Bild über die Leistungsfähigkeit eines Mobilfunknetzes mit der Komplexität des Natel C zu verschaffen. Mit dem gegenwärtigen Ausbau des Netzes werden laufend neue Versorgungsgebiete in die Netzstruktur integriert. Dies erfordert eine stetige Anpassung und Überprüfung der neuen Netzkonfiguration.