

# Funknetzplanung für das Mobiltelefonsystem der Schweiz Natel C = Planification du réseau de radiocommunication du système de téléphonie mobile suisse Natel C

Autor(en): **Geiser, Walter**

Objektyp: **Article**

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

Band (Jahr): **68 (1990)**

Heft 4

PDF erstellt am: **10.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-876198>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

# Funknetzplanung für das Mobiltelefonsystem der Schweiz Natel C

## Planification du réseau de radiocommunication du système de téléphonie mobile suisse Natel C

Walter GEISER, Bern

*Zusammenfassung. Die Funknetzplanung für das Natel C betraf bis heute mehrheitlich den Aufbau des neuen Netzes. Der Autor erläutert die Vorgaben und Richtwerte, zeigt die wichtigsten Arbeitsschritte und beleuchtet die aufgetretenen Probleme. Ein Ausblick zeigt, dass die Planungsarbeit nach einem ersten Aufbau noch längst nicht abgeschlossen ist.*

*Résumé. Jusqu'ici, la planification du réseau de radiocommunication pour le Natel C a surtout porté sur la constitution du nouveau réseau. L'auteur explique les paramètres imposés et les valeurs indicatives, indique les principales étapes de travail et met en lumière les problèmes rencontrés. Il conclut en montrant que les travaux de planification, après cette première phase, sont encore loin d'être achevés.*

### **Pianificazione di una rete di radiocomunicazione per il sistema svizzero di telefonia mobile Natel C**

*Riassunto. L'obiettivo principale della pianificazione della rete di radiocomunicazione per il Natel C è stata finora la struttura della nuova rete. L'autore illustra le condizioni basilari e i valori indicativi, le più importanti fasi di lavoro e i problemi sorti. Le prospettive mostrano che il lavoro di pianificazione dopo la prima tappa è ancora lontano dall'essere concluso.*

### 1 Einleitung

Die starke Nachfrage nach Anschlüssen der Mobiltelefonsysteme Natel A und B haben die PTT-Betriebe 1984 dazu bewogen, vor der Einführung des digitalen paneuropäischen Systems GSM (Groupe spécial mobile) ein analoges Interimssystem als *Natel C* einzuführen. Die Wahl fiel 1985 auf das in Skandinavien eingeführte NMT-900 (Nordic Mobile Telephone im 900-MHz-Band). 1986 konnte mit der Planung des Netzes begonnen werden. Da die PTT-Betriebe nicht über das nötige Personal und Fachwissen verfügten, wurde die Aufgabe in Zusammenarbeit mit der Privatwirtschaft ausgeführt.

### 2 Vorgaben

Die Vorgaben wurden teils vor und teils während der Arbeiten bestimmt. Die wichtigsten können wie folgt umschrieben werden:

- Die maximale *Endkapazität* wird auf etwa 300 000 Teilnehmer geschätzt. Es ist jeweils ein Erstausbau vorgesehen, dessen Ausmass dem Aufkommen der Fernverkehrsverbindungen im drahtgebundenen Telefonnetz entspricht. Der Ausbau geschieht je nach Verkehrsentwicklung in den jeweiligen Gebieten.
- Der *Aufbau* ist in drei Phasen (*Fig. 1*) und einer noch unbestimmten Ergänzungsphase 4 geplant.
- Die *Versorgung* deckt etwa 90 % der bewohnten Gebiete. Sie ist grundsätzlich für 6-W-Mobilstationen – in Ortschaften mit mehr als 10 000 Einwohnern für 1-W-Handgeräte – ausgelegt und allgemein nur ausserhalb von Gebäuden gewährleistet. Es werden hauptsächlich die Ortschaften und die Hauptverkehrsachsen bedient.
- Das *Frequenzband* 890...905/935...950 MHz kann entlang der Landesgrenzen auf einer Breite von 20...40 km nur zur Hälfte oder zu einem Drittel (Dreiländerecken) genutzt werden.

### 1 Introduction

La forte demande en raccordements aux systèmes de téléphonie mobile Natel A et B a incité l'Entreprise des PTT, en 1984, à introduire un système intérimaire analogique, le *Natel C*, avant la mise en place du système numérique paneuropéen GSM (Groupe spécial mobile). En 1985, le choix se porta sur le système MMT-900 (Nordic Mobile Telephone dans la bande des 900 MHz), utilisé en Scandinavie. La planification du réseau débuta en 1986. Vu que l'Entreprise des PTT ne disposait pas du personnel et des connaissances nécessaires, cette tâche fut remplie avec la collaboration de l'économie privée.

### 2 Données de départ

Les données de départ ont été fixées en partie avant et en partie pendant les travaux. Les plus importantes peuvent être décrites de la façon suivante:

- La *capacité finale* maximale est estimée à 300 000 abonnés environ. Il y a chaque fois lieu de prévoir un premier équipement dont l'importance correspond au trafic interurbain dans le réseau téléphonique câblé. Les extensions sont réalisées ensuite en se fondant sur le développement du trafic dans chacune des régions considérées.
- La *mise en place* est prévue en trois phases principales (*fig. 1*) et une quatrième phase d'extension non encore définie.
- La *couverture* doit toucher 90 % des régions habitées. Elle est prévue, en principe, pour des stations mobiles à 6 W – dans les localités comptant plus de 10 000 habitants pour des appareils monobloc à 1 W – et n'est garantie, d'une manière générale, qu'à l'extérieur des bâtiments. La desserte se limite en premier lieu aux localités et aux axes principaux de trafic.
- La *bande de fréquences* de 890...905/935...950 MHz ne peut être utilisée, sur une largeur de 20...40 km le long des frontières (zones de trois pays), qu'à la moitié ou au tiers de sa capacité.

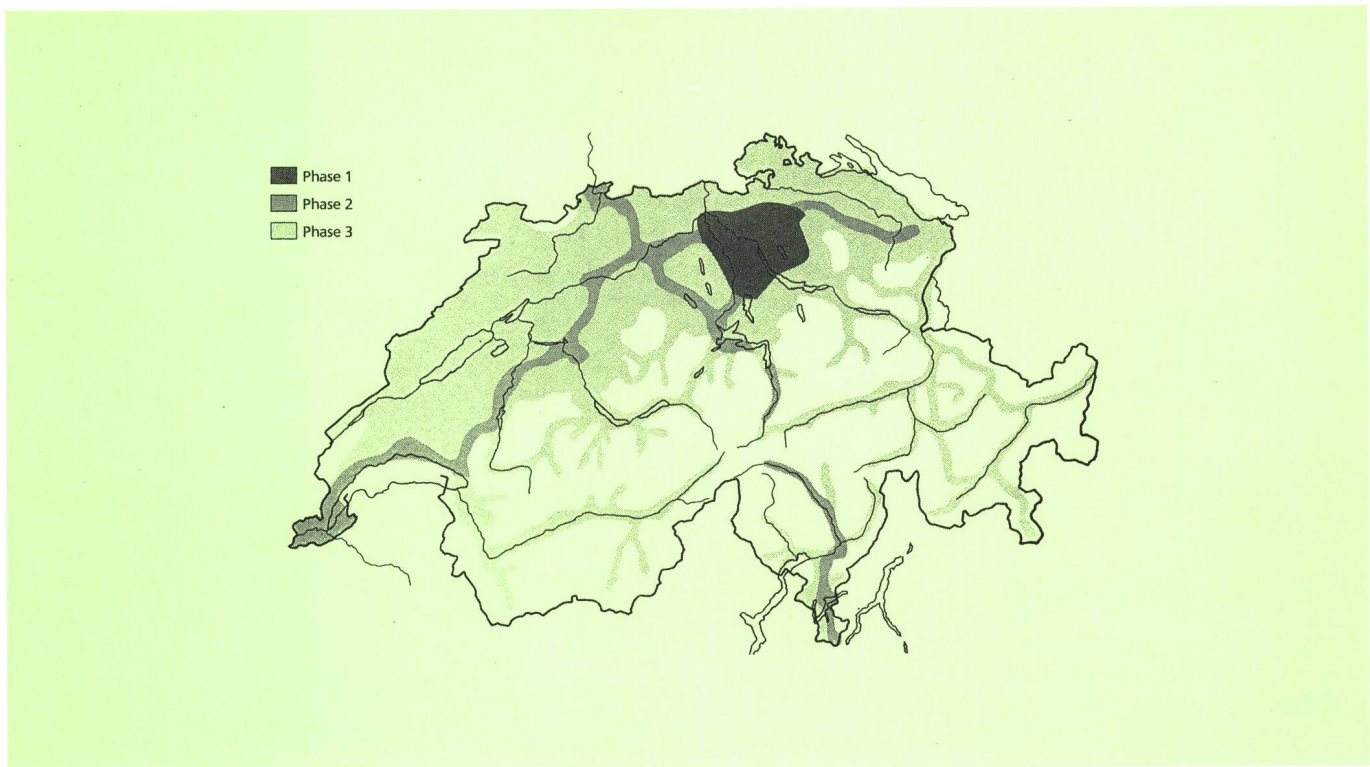


Fig. 1  
Planungsvorgabe: Aufteilung der Ausbaurbeiten in drei Phasen – Donnée de planification: Répartition des travaux d'équipement en trois phases

Daraus entstanden folgende Richtwerte bei der Festlegung der Systemeigenschaften:

- Feldstärkemittelwert für Mobilstationen > 40 dB $\mu$ V/m  
für Handgeräte > 50 dB $\mu$ V/m
- Diversityempfang in Handheld-Gebieten
- Gleichkanalabstand > 30 dB  
Nachbarkanalabstand 12,5 kHz < – 26 dB  
Nachbarkanalabstand 25 kHz < – 70 dB
- Interferenzwahrscheinlichkeit < 5 %
- Blockierwahrscheinlichkeit bei 20 mErl/Teiln. < 5 %
- Antennenausgangsleistung der Basisstation (BS) < 25 W ERP

### 3 Planungsablauf

#### 31 Grobplanung

Die Grobplanung ist die Basis für das Funknetz. Die Zellstruktur und der Frequenzplan sind so zu wählen, dass die Endkapazität bei unterschiedlichster Verkehrsdichte und -entwicklung erreicht werden kann. Die Versorgungsqualität, Störfreiheit und Systemfunktion müssen gewährleistet sein. Das Hexagonmuster der Zellen wird als eine idealisierte Darstellung verwendet.

Für Natel C wurde ein Kleinzellennetz mit 19 Zellen von 3,5 km Zellradius je Gruppe (Cluster) gewählt (Fig. 2). Für Ballungszentren wendet man eine verdichtete Form (Stockholmmodell) an. Für jede Zelle sind somit das theoretische Versorgungsgebiet und die Kanalnummer definiert (Tab. I).

De ces conditions ont découlé les valeurs directrices suivantes, utilisées pour fixer les propriétés du système:

- Valeur moyenne du champ électromagnétique pour les stations mobiles > 40 dB $\mu$ V/m  
pour les appareils monobloc > 50 dB $\mu$ V/m
- Réception en diversité dans les régions pour exploitation avec appareils monobloc
- Espacement entre émetteurs de même canal > 30 dB  
Espacement entre canaux adjacents 12,5 kHz < – 26 dB  
Espacement entre canaux adjacents 25 kHz < – 70 dB
- Probabilité d'interférences < 5 %
- Probabilité de blocage pour 20 mErl/abonné < 5 %
- Puissance de sortie à l'antenne de la station de base (BS) < 25 W PAR

### 3 Déroulement de la planification

#### 31 Planification grossière

Le réseau de radiocommunication découle de la planification grossière. La structure des cellules et le plan des fréquences sont à choisir de façon que la capacité finale puisse être atteinte dans les conditions les plus diverses en ce qui concerne la densité et le développement du trafic. La qualité de la couverture, l'exploitation exempte de perturbations et le fonctionnement du système doivent être garantis. Le modèle hexagonal des cellules est utilisé en tant que représentation idéale.

Pour le Natel C, on a opté pour un réseau de petites cellules comportant 19 cellules de 3,5 km de rayon par

Tabelle I. Verteilung der Frequenzen und Kanalnummern je Kanalgruppe

Tableau I. Répartition des fréquences et des numéros de canal par groupe de canaux

Kanalgruppe Groupe de canaux	Kanal Nr. n Canal N° n	Frequenz Fréquence
Grundkanäle : Canaux de base	1 19	1,20,39...590 19,38,57...589
Zwischenkanäle : Canaux intermédiaires	21 39	1025,1044...1614 1043,1062...1613
		934,9875 + n × 0,025 MHz 935,000 + (n - 1024) × 0,025 MHz

### 32 Provisorische Planung

Hier gilt es, die Vorgaben und Theorien nach den echten Bedürfnissen und Gegebenheiten in die Wirklichkeit umzusetzen.

Die Abklärung auf der Karte des entsprechenden Gebietes ergibt die erste praktische Zelleneinteilung anhand der Topographie und der Verkehrsdichte. Für jede Zelle ist ein geeigneter Sende- und Empfangsstandort zu suchen. Bei einer ersten Begehung werden alle möglichen Standorte auf ihre Verwendbarkeit geprüft und die nötigen Daten aufgenommen. Dabei werden folgende Punkte beachtet:

- Versorgung, Ausbreitung, Sichtbarkeit und Hindernisse
- Koordinaten, Höhe ü. M., Adresse und Gemeinde
- Antennentyp, -richtung, -höhe und Kabellänge
- Gebäude, Raum, Mast, Leitungen und Infrastruktur
- Ausführbarkeit, Besitzverhältnisse, Baubewilligung, Umweltschutz.

Der maximale Versorgungs- und Störbereich wird mit Sichtkarten und Vorhersagen nach allen Richtungen abgeklärt. Aus den geeigneten Standorten wird eine erste Auswahl getroffen, die jedoch bis zum Planungsabschluss noch ändern kann.

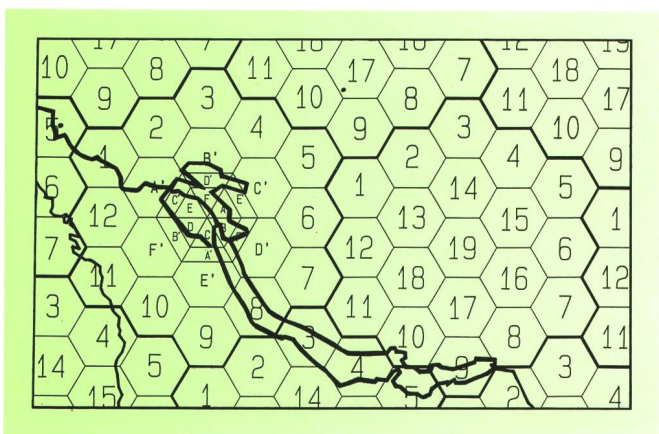


Fig. 2 Theoretische Zell- und Frequenzplanung nach dem 19er Cluster und Stockholmmodell in der Region Zürich - Planification théorique des fréquences et des cellules par groupes de 19 selon le modèle de Stockholm dans la région de Zurich

groupe (Cluster, *fig. 2*). Dans les grands centres d'habitation, on utilise une forme plus dense, selon le modèle de Stockholm. Ainsi, la zone de couverture théorique et le numéro du canal sont définis pour chaque cellule (*tab. I*).

### 32 Planification provisoire

Dans cette phase, il s'agit de transformer les données préliminaires et les théories en réalités et selon les véritables besoins.

L'étude de la carte de la zone considérée permet de déterminer la première répartition pratique des cellules en fonction de la topographie et de la densité de trafic. Il faut ensuite chercher un emplacement d'émission et de réception pour chaque cellule. Lors d'un premier parcours de la zone d'une cellule, tous les emplacements possibles sont examinés et les informations nécessaires sont notées. A cet effet, on a tenu compte des points suivants:

- couverture, propagation, visibilité, obstacles
- coordination, altitude en mètres sur mer, adresse, commune
- type, direction et hauteur de l'antenne, longueur des câbles
- bâtiment, local, mât, lignes et infrastructure
- possibilités de réalisation, conditions de propriété, autorisation de construire, protection de l'environnement.

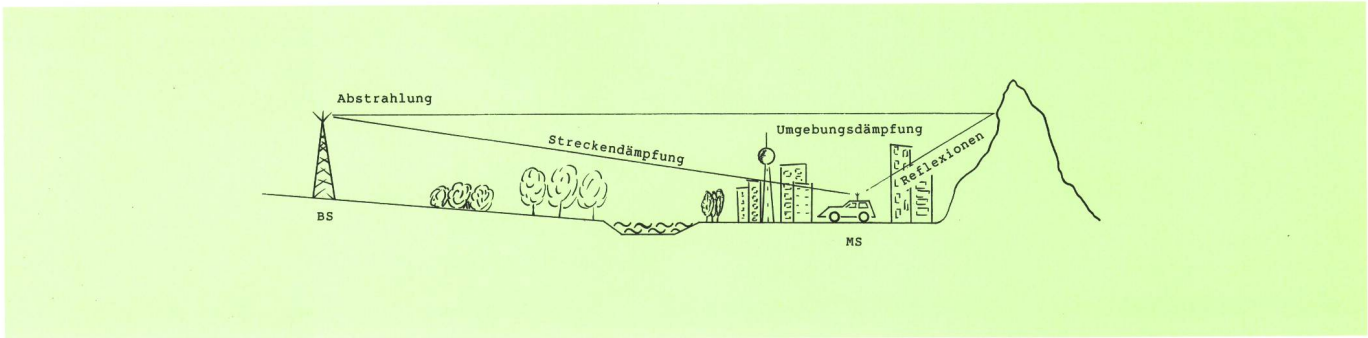
La zone maximale de couverture et de perturbation est définie dans toutes les directions à l'aide de cartes et de prédictions. Un premier choix des emplacements convenables est fait, il peut cependant changer quelques fois encore jusqu'à la fin de la planification.

### 33 Planification définitive

Dans cette opération, les différentes zones de couverture sont harmonisées entre elles, afin qu'elles puissent être combinées en un réseau de cellules.

La zone couverte par une station de base (installation d'émission et de réception) est définie en tant que cellule. Chaque emplacement peut comprendre jusqu'à trois stations de base. La grandeur de la cellule peut varier selon la densité du trafic, son importance et la protection contre les perturbations. La couverture de la station de base doit être dominante à l'intérieur de la cellule et ne pas provoquer de perturbations à l'extérieur. Un champ électromagnétique minimal des deux stations de base de cellules voisines doit être disponible sur un certain parcours et pendant un certain temps pour assurer le maintien de la liaison lors du passage d'une cellule à l'autre. Lorsque le chevauchement est trop grand ou en cas de couverture par une cellule éloignée, la séparation entre les conversations n'est pas nette et il en résulte des interférences et des perturbations du système.

Le facteur déterminant de la planification du réseau de radiocommunication est le choix de l'emplacement des stations de base (situation et altitude). La puissance d'émission, la hauteur et la direction de l'antenne, ainsi que le diagramme de l'antenne permettent de déterminer le rayonnement. L'affaiblissement de la transmission



**Fig. 3**  
**Ausbreitungsbedingungen, wie sie in der Schweiz überall anzutreffen sind – Conditions de diffusion, telles qu’elles sont rencontrées partout en Suisse**

Abstrahlung – Rayonnement  
 BS (Basisstation) – Station de base  
 Streckendämpfung – Affaiblissement de transmission

Umgebungsämpfung – Affaiblissement d’ambiance  
 MS (Mobilstation) – Station mobile  
 Reflexionen – Réflexions

### 33 Definitive Planung

Hier werden die einzelnen Versorgungsgebiete so aufeinander abgestimmt, dass sie zu einem Zellennetz zusammengesetzt werden können.

Das durch eine Basisstation (Sende- und Empfangsanlage) versorgte Gebiet wird als Zelle definiert. Je Standort können bis zu drei BS untergebracht sein. Die Zellgröße kann je nach Verkehrsdichte, Wichtigkeit und Störsicherheit variieren. Die BS soll innerhalb der Zelle dominant versorgen und ausserhalb keine Störungen verursachen. An der Zellgrenze muss, für die Ge-

dépend de la fréquence, de la topographie et de la morphographie. Le signal reçu à la station mobile est atténué suivant le degré de construction de l’environnement. La couverture est également fortement influencée par les réflexions (fig. 3).

La détermination de la couverture est largement facilitée par l’utilisation d’un programme d’ordinateur fiable pour la prédiction des champs électromagnétiques (fig. 4). Il est fondé sur des indications touchant la topographie et la morphographie. Les calculs font appel à un modèle d’Okumura-Hata complété par des données

#### FINAL-PREDICTION

##### STANDORT

227 HUTTWIL GAZ

##### STANDORTDATEN

KOORDINATEN W-O: 630.5  
 KOORDINATEN S-N: 217.3  
 GELÄNDE-HÖHE (m): 746.0  
 FREQUENZ (MHz): 900.0

##### KONFIGURATION

###### SENDER

AUSGANGSLEISTUNG (dBm): 42.0  
 LINIENDAEMPfung (dB): 7.5  
 ANTENNEN-HÖHE (m): 12.0  
 ANTENNEN-TYP: PD1110  
 ANTENNEN-RICHTUNG (grad): OMNI  
 ANTENNEN-GEWINN (dBd): 9.0

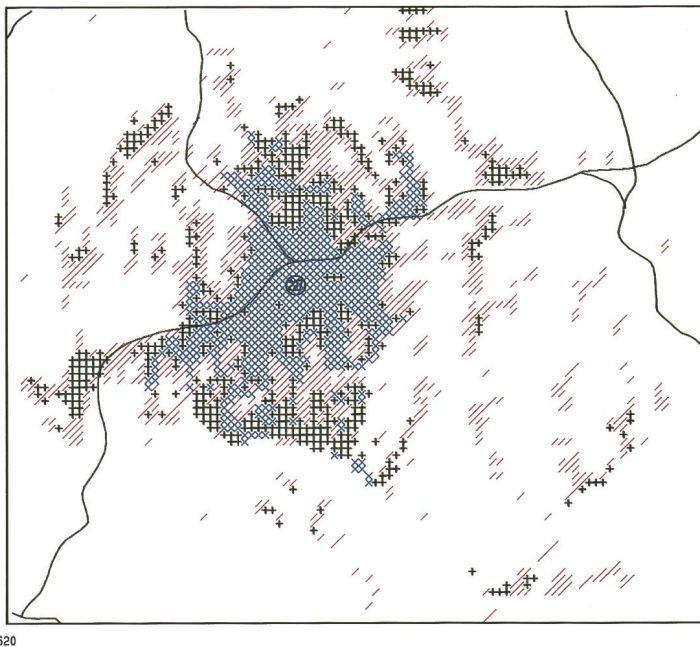
###### EMPFÄNGER (ISOTROP)

ANTENNEN-HÖHE (m): 1.5

KENNZEICHEN: A1.X

DATUM: 1988-09-01

X = MEHR ALS 50 dB $\mu$ V/m (-84 dBm dipol)  
 + = VON 40 BIS 50 dB $\mu$ V/m  
 / = VON 30 BIS 40 dB $\mu$ V/m



**Fig. 4**  
**Feldstärkeprädiktion für hügeliges Gebiet ab relativ hohem Standort der Natel-Anlage – Prédiction des champs pour une zone de collines, obtenus à partir d’un emplacement relativement élevé de l’installation Natel**

Standort – Emplacement  
 227 Huttwil GAZ – 227 Huttwil LAC  
 Standortdaten – Données de l’emplacement  
 Koordination W-O – Coordination O-E  
 Koordination S-N – Coordination N-S  
 Geländehöhe (m) – Altitude du terrain (m)  
 Frequenz (MHz) – Fréquence (MHz)  
 Konfiguration – Configuration  
 Sender – Emetteur  
 Ausgangsleistung (dBm) – Puissance de sortie (dBm)  
 Linienämpfung (dB) – Affaiblissement de la ligne (dB)

Antennenhöhe (m) – Hauteur de l’antenne (m)  
 Antennentyp – Type d’antenne  
 Antennenrichtung (grad) – Direction de l’antenne (degrés)  
 Antennengewinn (dBd) – Gain d’antenne (dBd)  
 Empfänger (Isotrop) – Récepteur (isotrope)  
 Kennzeichen – Indicatif  
 Datum – Date  
 X mehr als 50 dB $\mu$ V/m (-84 dBm dipol) – plus de 50 dB $\mu$ V/m (-84 dBm dipôle)  
 + von 40 bis 50 dB $\mu$ V/m – de 40 à 50 dB $\mu$ V/m  
 / von 30 bis 40 dB $\mu$ V/m – de 30 à 40 dB $\mu$ V/m

sprächsübergabe (Handover), über eine bestimmte Zeit und Strecke eine minimale Feldstärke von beiden BS vorhanden sein. Bei zu grosser Überlappung oder Versorgung aus entfernten Gebieten wird das Gespräch verschleppt und es entstehen Interferenz- und Systemstörungen. Ist ein Netz entstanden, können die Nachbarschaftsbeziehungen definiert werden.

Das Entscheidende an der Funknetzplanung ist die Auswahl des Standortes (Lage und Höhe). Die Sendeleistung, Antennenhöhe und -richtung sowie das Antennendiagramm gestatten, die Abstrahlung zu bestimmen. Die Streckendämpfung hängt von der Frequenz, der Topo- und Morphographie ab. Das Empfangssignal an der Mobilstation wird je nach Bebauung der näheren Umgebung gedämpft. Die Versorgung wird auch durch Reflexionen wesentlich beeinflusst (Fig. 3).

Eine wesentliche Erleichterung beim Bestimmen der Versorgung bringt ein zuverlässiges Rechenprogramm zur Voraussage der Feldstärke (Fig. 4). Als Grundlage dienen die Topo- und Morphodaten. Die Berechnungen beruhen auf einem mit Beugung und Umgebungsdämpfung erweiterten *Okumura-Hata-Modell*. Damit kann der empfangene HF-Pegel bei der Mobilstation im Versorgungsbereich einer Basisstation vorausgesagt werden. Da solche Berechnungen auf bestimmten Annahmen beruhen und nie alle Beeinflussungen berücksichtigen, ist es wichtig, dass die Ergebnisse richtig interpretiert werden. Bei Unsicherheiten muss man die Voraussage mit einer Messung vergleichen (Fig. 5).

ayant trait à la diffraction et à l'affaiblissement de transmission. Cela permet de prédire le niveau HF reçu à la station mobile dans la zone de couverture d'une station de base donnée. Etant donné que de tels calculs reposent sur certaines hypothèses et ne peuvent pas tenir compte de toutes les possibilités d'influence, il est important d'en interpréter les résultats de manière correcte. En cas de doute, il y a lieu de comparer les prédictions avec une mesure (fig. 5).

Il est un peu plus difficile de déterminer la capacité de trafic d'une station de base. L'évolution du trafic dans le Natel C a montré que, ni l'attribution fondée sur le trafic des conversations, ni le calcul à l'aide de données morphographiques ne permettent de prévoir exactement la répartition. Il est cependant reconnaissable que la forme du trafic des véhicules joue un grand rôle. La façon la plus appropriée de procéder lors de la planification est de partir d'une hypothèse pour la première installation et de créer suffisamment de réserve (fréquences, local, mât et antennes) pour l'extension. Une fois le nombre de canaux défini pour chaque station de base, les groupes de fréquences sont attribués selon la structure théorique des cellules. S'il y a lieu de s'attendre à des perturbations, il est possible de recourir aux canaux intermédiaires.

Une tâche difficile réside dans l'analyse des perturbations entre émetteurs d'un même canal ou entre canaux voisins. Si la structure des cellules et les fréquences

MESSERGEBNIS

STANDORT

227 HUTTWIL GAZ

STANDORTDATEN

KOORDINATEN W-O: 630.5  
 KOORDINATEN S-N: 217.3  
 GELÄNDE-HÖHE (m): 746.0  
 FREQUENZ (MHz): 900.0

KONFIGURATION

SENDER

AUSGANGSLEISTUNG (dBm): 42.0  
 LINIENDAEMPfung (dB): 7.5  
 ANTENNEN-HÖHE (m): 9.0  
 ANTENNEN-TYP: PD1110  
 ANTENNEN-RICHTUNG (grad): OMNI  
 ANTENNEN-GEWINN (dBd): 9.0

EMPFÄNGER (ISOTROP)

ANTENNEN-HÖHE (m): 1.5

DIE MESSWERTE SIND UMGERECHNET UND

ZEIGEN EIN SYSTEM MIT NORMALKONFIGURATION\*

DATUM: 1988-07-08

- = MEHR ALS 50 dBµV/m
- = VON 40 BIS 50 dBµV/m
- = VON 30 BIS 40 dBµV/m

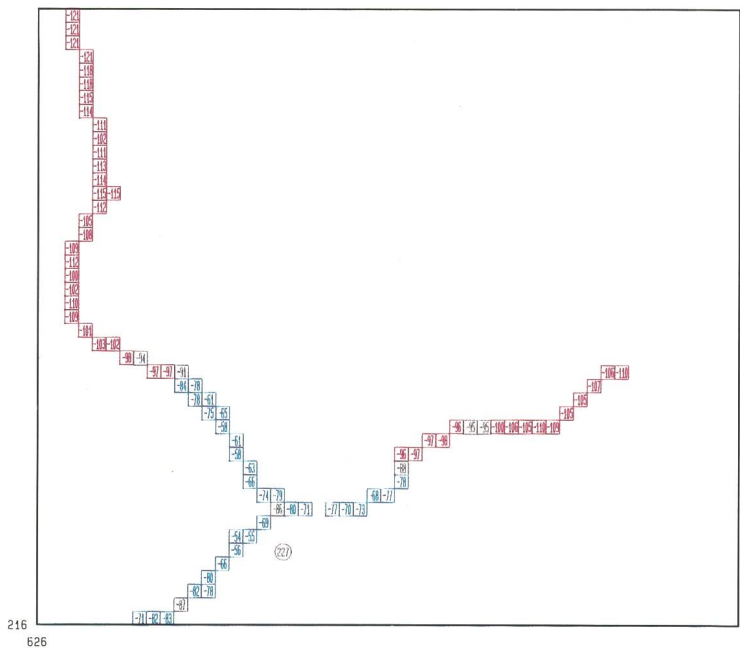
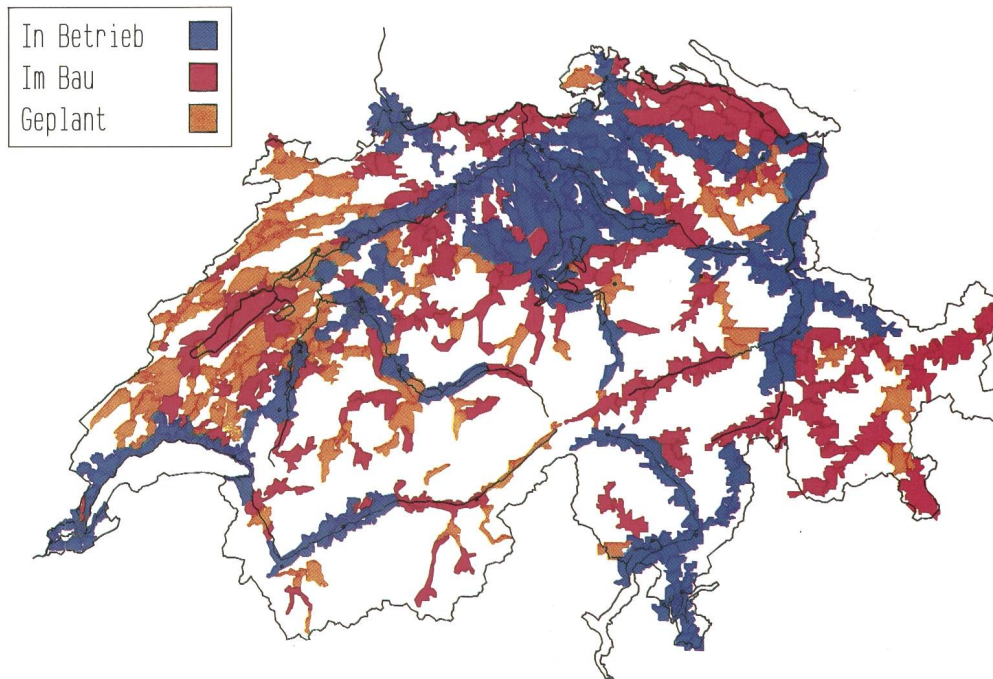


Fig. 5 Die Kontrollmessung zeigt, dass die Strasse Richtung Ost schlechter versorgt ist, als die Prädiktion vorgibt – La mesure de contrôle montre que la rue est moins bien couverte en direction de l'Est que ne l'indiquaient les prédictions

Standort – Emplacement  
 227 Huttwil GAZ – 227 Huttwil LAC  
 Standortdaten – Données de l'emplacement  
 Koordination W-O – Coordination O-E  
 Koordination S-N – Coordination N-S  
 Geländehöhe (m) – Altitude du terrain (m)  
 Frequenz (MHz) – Fréquence (MHz)  
 Konfiguration – Configuration  
 Sender – Emetteur  
 Ausgangsleistung (dBm) – Puissance de sortie (dBm)  
 Liniendämpfung (dB) – Affaiblissement de la ligne (dB)  
 Antennenhöhe (m) – Hauteur de l'antenne (m)

Antennentyp – Type d'antenne  
 Antennenrichtung (grad) – Direction de l'antenne (degrés)  
 Antennengewinn (dBd) – Gain d'antenne (dBd)  
 Empfänger (Isotrop) – Récepteur (isotrope)  
 Die Messwerte sind umgerechnet und zeigen ein System mit «Normalkonfiguration» – Les valeurs de mesure sont transposées et correspondent à un système de «configuration normale»  
 Datum – Date  
 mehr als 50 dBµV/m – plus de 50 dBµV/m  
 von 40 bis 50 dBµV/m – de 40 à 50 dBµV/m  
 von 30 bis 40 dBµV/m – de 30 à 40 dBµV/m



**Fig. 6**  
**Stand der Planung und des Ausbaus am 1. September 1989 – Etat de la planification et de l'équipement au 1<sup>er</sup> septembre 1989**  
 In Betrieb – En exploitation  
 Im Bau – En construction  
 Geplant – Planifié

Etwas schwieriger ist das Bestimmen der Verkehrskapazität jeder Basisstation. Die Verkehrsentwicklung im Nadel C hat gezeigt, dass weder die Zuordnung nach Gesprächsverkehr noch die Berechnung mit den Morphodaten die Verteilung genau voraussagen kann. Es ist aber erkennbar, dass der Verlauf des Fahrzeugverkehrs einen sehr grossen Einfluss hat. Das Sinnvollste ist, bei der Planung eine Annahme für den Erstausbau zu treffen, und für den Endausbau genügend Reserve (Frequenzen, Raum, Mast und Antennen) zu schaffen. Sind die Kanalzahlen je Basisstation definiert, werden die Frequenzgruppen nach theoretischer Struktur den Zellen zugeteilt. Werden Störungen erwartet, kann auf die Zwischenkanäle ausgewichen werden.

Eine schwierige Aufgabe ist das Analysieren von Gleich- und Nachbarkanalstörungen. Sind die Zellenstrukturen und Frequenzen nach einem System geplant, kann auch systematisch analysiert werden. Die Interferenzen können nur berechnet werden, wenn die Voraussagen mit der Wirklichkeit übereinstimmen. Bei Abweichungen können die Auswirkungen nicht genau bestimmt werden. Man muss abschätzen, wo und in welchem Ausmass sich die Störungen bemerkbar machen. Störungen ausserhalb von Verkehrsgebieten sind weniger wichtig, weil sie sich nur selten auswirken. Treten Interferenzen im Versorgungsbereich einer dritten Basisstation auf, sind sie nur wirksam, wenn die zuständige Basisstation nicht genügend versorgt. Sonst wird schon vorher eine Gesprächsübergabe eingeleitet.

Am Schluss der Planungsarbeiten gilt es zu informieren. Das gesamte Zellennetz (Fig. 6) muss so dokumentiert sein, dass sein Zustand für die unterschiedlichsten Bedürfnisse graphisch dargestellt werden kann. Es werden Unterlagen für das System-Tuning und den Betrieb, die Bereiche der Versorgung, der Gesprächsübergabe, der Verkehrsgebiete und der Mobiltelefonzentralen vorbe-

sonst planifiées selon un système défini, il est aussi possible de procéder à une analyse systématique. Il suffit alors de calculer les interférences si les prédictions correspondent à la réalité. En cas d'écarts, les effets ne peuvent pas être déterminés avec précision. Il faut évaluer l'endroit où pourraient apparaître des perturbations et quelle pourrait être leur importance. Des perturbations hors des zones de trafic sont moins importantes, parce qu'elles ne se manifestent que rarement. Lorsque des interférences se manifestent dans la zone de couverture d'une troisième station de base, elles n'ont d'influence que si la couverture de la station de base qui participe à la liaison établie est insuffisante. Sinon un transfert de communication est provoqué avant que la compréhensibilité ne s'altère.

A la fin des travaux de planification, il y a lieu d'informer. Il faut que les données concernant le réseau cellulaire (fig. 6) soient mises à jour de manière qu'il puisse être représenté graphiquement pour les besoins les plus divers. Des documents sont préparés pour l'harmonisation du système et l'exploitation, pour les domaines de la couverture du territoire, du transfert des conversations, des zones de trafic et des centraux de téléphonie mobile. Des cartes de couverture globale, des répartitions selon les Directions des télécommunications ou les cantons et des plans de délais sont mis à la disposition de la direction du projet et des services d'information de la clientèle.

#### 4 Conclusions

La planification du réseau de radiocommunication est une tâche complexe nécessitant des connaissances étendues. Le programme théoriquement le plus évolué

reitet. Der Projektleitung und der Kundeninformation werden Gesamtversorgungskarten, Einteilungen nach Fernmeldedirektionen oder Kantonen und Terminübersichten zur Verfügung gestellt.

#### 4 Schlussfolgerungen

Die Funknetzplanung ist ein komplexes Gebiet und bedarf eines breiten Fachwissens. Auch theoretisch hochentwickelte Programme ersetzen einen Planungsingenieur mit praktischer Erfahrung und den nötigen Systemkenntnissen nicht.

Die Standortwahl ist einer der wichtigsten Punkte in der Funknetzplanung. Dabei gilt es zwischen Wirtschaftlichkeit, Netzkapazität, Versorgungsqualität, Störwahrscheinlichkeit und Systemfunktion optimal abzuwägen. Da das ganze Netz vermascht ist, können einzelne fragliche Standorte die Bedienung von ganzen Regionen erheblich verschlechtern. Da der Ausbau des Natel-C-Netzes einer hohen Priorität unterliegt, ist es nicht immer möglich, die Planungsunterlagen rechtzeitig im voraus zu erstellen. Sind die Ziele, die Voraussetzungen, die einzusetzenden Mittel ungenau definiert, müssen sie laufend angepasst werden. Dies hat manchmal umfangreiche Organisationsänderungen, Planungsfehler und weitere Erschwernisse zur Folge, obwohl die Fachdienste alles daransetzen, solche Zwischenfälle zu vermeiden.

Die Funknetzplanung gestattet nicht, alle Probleme zu lösen, ohne dass gewisse Parameter als Annahmen in die Rechnungsdaten eingefügt werden. Erst die Anwendung im Betrieb zeigt, ob diese Annahmen bei der Planung richtig waren. Kleinere Mängel können durch Systemabstimmung ausgebessert werden. Werden Versorgungslücken, unregelmässige Versorgung, Störungen oder Kapazitätsengpässe festgestellt, muss die Planung für die betroffenen Gebiete überarbeitet werden.

ne remplacera jamais un ingénieur de planification avec l'expérience pratique et les connaissances du système.

Le choix de l'emplacement de la station de base est l'un des points les plus importants de la planification d'un réseau de radiocommunication. Pour cela, il y a lieu de rechercher une solution optimale tenant compte de la rentabilité, de la qualité de la couverture, de la probabilité de perturbations et du fonctionnement du système. Etant donné que l'ensemble du réseau est maillé, l'installation de stations de base à certains emplacements pouvant être pris en considération pourrait conduire à une dégradation manifeste de la desserte de régions entières. Vu que l'extension du réseau Natel C est hautement prioritaire, il n'est pas toujours possible de préparer les documents de planification à temps et à l'avance. Si les objectifs, les conditions d'exploitation et les moyens à mettre en œuvre ne peuvent pas être définis exactement, ils doivent être continuellement adaptés aux besoins. Cela provoque parfois d'importantes modifications de l'organisation, des erreurs de planification ou d'autres difficultés, bien que les services spécialisés fassent l'impossible pour éviter de tels incidents.

La planification des réseaux de radiocommunication ne permet pas de résoudre tous les problèmes, sans que certains paramètres doivent être introduits dans les données des calculs en tant qu'hypothèses. L'exactitude des hypothèses introduites dans la planification ne se vérifiera qu'au moment de la mise en exploitation du système. Des défauts peu importants pourront être supprimés par une harmonisation du réseau. En revanche, des lacunes dans la couverture, une couverture irrégulière, des perturbations ou des difficultés en matière de capacité de transmission, il y a lieu de revoir la planification des fréquences pour la région considérée.