

Entwicklung des öffentlichen Landmobilfunks

Autor(en): **Klingler, Rolf**

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): **67 (1989)**

Heft 8

PDF erstellt am: **11.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-874949>

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.

Entwicklung des öffentlichen Landmobilfunks

Rolf KLINGLER, Bern

Zusammenfassung. Die Direktion Forschung und Entwicklung der Generaldirektion PTT führte ein Kolloquium über den öffentlichen Landmobilfunk durch. Die Entwicklung des in der Schweiz unter dem Begriff Natel (nationales Autotelefon) bekannten Systems wurde von den Anfängen bis heute skizziert. Die Schaffung eines künftigen, europaweiten Mobilfunknetzes wurde ebenfalls kurz erläutert.

Développement du service public national de radiocommunication mobile

Résumé. La Direction des recherches et du développement de la Direction générale des PTT a organisé un colloque sur le service public national de radiocommunication. Le développement du système connu en Suisse sous le nom de Natel (système national de radiocommunication pour les automobiles) a été esquissé depuis ses débuts jusqu'à nos jours. La création d'un réseau futur paneuropéen de radiocommunication mobile a également été abordée.

Sviluppo del servizio pubblico di radiocomunicazione mobile terrestre

Riassunto. La direzione ricerche e sviluppo delle PTT ha organizzato un incontro sul servizio pubblico di radiocomunicazione mobile terrestre, in occasione del quale è stata descritta l'evoluzione del sistema – conosciuto in Svizzera sotto il nome di Natel (sistema telefonico nazionale per le automobili) – dai primordi fino ad oggi. È stata trattata brevemente anche la creazione di una rete paneuropea di radiocomunicazione mobile.

1 Einleitung

Vor etwas mehr als hundert Jahren wurden die ersten öffentlichen Fernsprechnetze in Betrieb genommen. War vorher der Morsetelegraf das einzige Kommunikationsmittel, das ermöglichte, Nachrichten mit nahezu Lichtgeschwindigkeit über grössere Entfernungen zu befördern, so bekam mit dem Fernsprecher jedermann die Möglichkeit, unmittelbar mit seinem Gesprächspartner in Verbindung zu treten. Der Umstand, dass der Fernsprechbenützer dabei sein Endgerät selber und ohne besondere Ausbildung bedienen konnte, war sicher einer der Gründe, der zum Erfolg dieses neuen Dienstes beitrug. Während mehr als einem halben Jahrhundert wurden die Fernsprechnetze gebaut und vergrössert, auf den Selbstwählverkehr umgestellt und regional, landesweit, kontinental und weltweit zusammengeschlossen. Trotz allem blieb das Telefon das, was es von allem Anfang an war, nämlich ein drahtgebundenes Kommunikationsmittel zur Übertragung der menschlichen Sprache.

Die drahtlose Kommunikation verdanken wir im wesentlichen *Maxwell*, *Heinrich Hertz* und *Marconi*. Maxwell sagte 1864 elektromagnetische Wellen aufgrund seiner Maxwellschen Gleichungen theoretisch voraus, Hertz wies diese experimentell 1887/88 nach, und Marconi baute 1895 die erste praktische Übertragungseinrichtung, mit der grössere Entfernungen bewältigt werden konnten. Im Jahre 1901 gelang ihm die Überbrückung des Atlantiks mit Radiowellen. Die riesigen Sendeanlagen erlaubten vorerst nur den ortsfesten Einsatz von Funkverbindungen. Bald wurden allerdings auch Schiffe mit radioelektrischen Übertragungsanlagen ausgestattet, und es ist wohl nicht zuletzt diesen zu verdanken, dass 1912 beim Untergang der *Titanic* nicht noch mehr Menschen ihr Leben verloren.

Etwa nach dem letzten Weltkrieg traten die ersten für zivile Zwecke genutzten Funkanlagen in Motorfahrzeugen auf. Es waren dies grosse, schwere Röhrengeräte, die den Kofferraum eines Wagens grösstenteils ausfüllten. Sie wurden vorerst für Sicherheitsdienste, später für Taxis, Transportunternehmen, Unterhaltsdienste usw. eingesetzt. Der Wunsch, aus dem Wagen auch ins öffentli-

che Fernsprechnetze zu gelangen, wurde Anfang der fünfziger Jahre verwirklicht.

2 Systemgenerationen und ihre wichtigsten Vertreter – Einzelsysteme

Der an ein Einzelsystem angeschlossene Fernsprechteilnehmer konnte in der Regel nur über eine einzige ortsfeste Sende- und Empfangsanlage, die Basisstation, mit einer typischen Reichweite von 10 bis 50 km verkehren. Das Mobilgerät verfügte über nur einen Funkkanal, der etwa 20 Teilnehmer bediente. Es konnte nur ein Gespräch zur selben Zeit geführt werden. Die Verbindung zwischen dem Funkfernsprechteilnehmer und dem Drahtnetz wurde anfangs handvermittelt, später automatisch hergestellt. Jedes Fahrzeug konnte einzeln angerufen werden. Die Basisstation war in der Regel an eine Ortszentrale angeschlossen, bei der jeder Teilnehmer seine Rufnummer hatte. Die Gespräche wurden im Halbduplex- (abwechselndes, mit Sprechaste gesteuertes Sprechen und Hören) oder auch im Vollduplexverkehr (gleichzeitiges Sprechen und Hören) geführt.

3 Landesweite, nicht zellulare Systeme

Einzelsysteme hatten den Nachteil, dass sie nur im Bedienbereich einer Basisstation benutzt werden konnten. Manche Städte führten solche Anlagen ein. Führen ihre Teilnehmer in eine fremde Stadt, so war das Autotelefon nicht mehr zu gebrauchen, sogar wenn dort ebenfalls eine Einzelanlage in Betrieb stand. Mit der Einführung der ersten landesweiten Funkfernsprechnetze bekamen die Teilnehmer die Möglichkeit, ihre Verbindungen über beliebige Basisstationen aufzubauen. Auch hatte der Benutzer nicht mehr nur einen Funkkanal, sondern ein ganzes Kanalbündel zur Verfügung, aus dem er einen im Augenblick freien Kanal auswählen konnte. Dadurch liess sich der Funkkanal besser ausnutzen, d. h. es konnten bei gleicher Blockierwahrscheinlichkeit mehr Teilnehmer je Kanal angeschlossen werden. Die einzelnen Basisstationen wurden, je nach System, entweder an ihrem Standort über eine sogenannte Überleit-

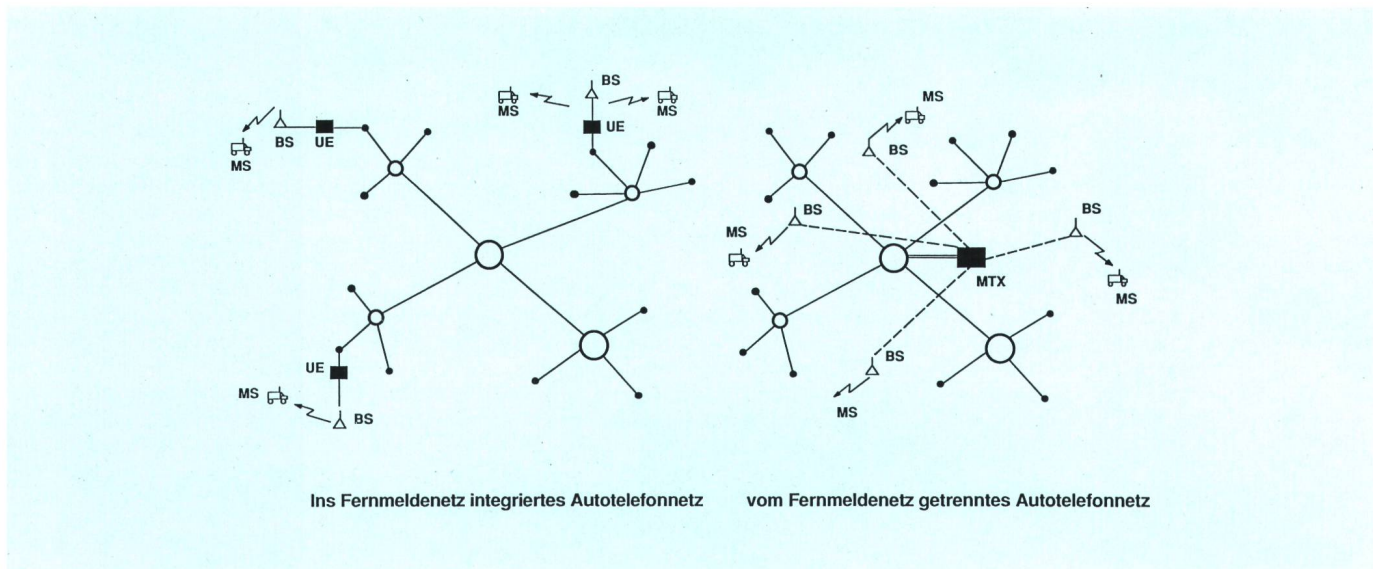


Fig. 1
Mobiles Telefonnetz im öffentlichen Fernmeldenetz
 MS Mobilstation
 BS Basisstation

UE Übertragungseinrichtung
 MTX Mobiltelefonzentrale

richtung ans örtliche Fernsprechnetzt angeschlossen oder waren über direkt geschaltete Leitungen mit einer zentralen Überleinrichtung zu einem eigenen Netz verbunden (Fig. 1).

Auf zwei Vertreter solcher landesweiter Netze soll hier kurz eingegangen werden.

31 Das öbL-B

1958 wurde in der Bundesrepublik Deutschland das erste öffentliche bewegliche Landfunknetz, das öbL-A eröffnet. Dieses Netz war handvermittelt und gestattete dem Teilnehmer, über beliebige Basisstationen zu verkehren. 1972 wurde dieses Netz durch das öbL-B ersetzt. Dieses ermöglichte den vollautomatischen Verbindungsaufbau in beiden Richtungen und ist heute noch in der Bundesrepublik Deutschland sowie in Österreich, den Niederlanden und Luxemburg in Betrieb. Es gestattet seinen Teilnehmern, die Basisstationen in allen vier Ländern zu benutzen. Diese sind mit Überleinrichtungen ans örtliche Fernsprechnetzt angeschlossen, was bedeutet, dass der Anrufer im Drahtnetz genau wissen muss, wo sich sein mobiler Gesprächspartner gegenwärtig befindet, damit er ihn erreichen kann. Er wählt dazu erst die Fernkennzahl des Ortes, wo er seinen Gesprächspartner vermutet, die Kennziffern für die Überleinrichtung sowie die Rufnummer des gewünschten mobilen Teilnehmers. Dieser wird auf einem frequenzmässig festen Rufkanal gerufen. Gleichzeitig wird ihm dort ein freier Sprechkanal zugeteilt. Die Mobilstation schaltet sich automatisch auf diesen Sprechkanal, quittiert dort den Anruf und signalisiert dem Teilnehmer akustisch, dass ein Gespräch vorliegt. Dieser hebt den Handapparat ab und führt das Gespräch. Bei einer abgehenden Verbindung sucht sich die Mobilstation innerhalb der vom Teilnehmer vorgewählten Kanalgruppe selbstständig einen freien Sprechkanal und baut über diesen die Verbindung auf. Mit der Vorwahl der Kanal-

gruppe kann der günstigste Gebührenbereich bestimmt werden. Fährt der Teilnehmer während des Gesprächs aus dem Versorgungsbereich der Basisstation hinaus, so wird die Verbindung getrennt. Sie kann nicht an eine benachbarte Basisstation weitergereicht und bei gestörtem Kanal umgeschaltet werden. Der zugeteilte Sprechkanal bleibt bestehen, bis die Verbindung beendet ist. Da jede Basisstation die Rufe auf derselben Frequenz abstrahlt, können sich diese im Überlappungsgebiet zweier Sender gegenseitig stören.

32 Das Natel A/B

Das Natel (nationales Autotelefon) wurde Anfang der siebziger Jahre von den Schweizerischen PTT-Betrieben entwickelt. Da vorerst niemand an einen Erfolg dieses neuen Dienstes glaubte, wurde das Natel A erst 1978 in Betrieb genommen. Als dann wider Erwarten die Endkapazität von 5000 Teilnehmern bereits zwei Jahre später erreicht war, musste ein paralleles Netz, das Natel B eröffnet werden. Beide Netze verfügten anfänglich nur über je einen Ruf- und zwölf Sprechkanäle im VHF-Bereich. Das Natel B wurde später auf 37 Sprechkanäle ausgebaut.

Im Gegensatz zum öbL-B bildet das Natel ein eigenes Netz und ist nur am Standort der Zentrale mit dem öffentlichen Fernsprechnetzt verbunden. Aus sicherheitstechnischen Überlegungen sowie zur Minimierung der Verbindungsleitungen zwischen der Zentrale und den Basisstationen wurden in der Schweiz fünf voneinander unabhängige Teilnetze gebaut. Die Basisstationen sind auf zwei verschiedenen Ebenen angeordnet:

- gebietsüberdeckende Basisstationen an exponierten Standorten (Bergspitzen)
- zusätzliche Basisstandorte mit geringerer Reichweite in den Städten, wo das Gesprächsaufkommen gross ist.

Die Mobilstation sucht sich sowohl bei ankommenden als auch bei abgehenden Verbindungen selbst einen freien Sprechkanal. Da beim ersten Kanalsuchlauf die Empfängerempfindlichkeit reduziert wird, ist gewährleistet, dass die stark einfallenden, nahegelegenen Basisstationen zuerst belegt werden. Im Ruhezustand empfangen alle Mobilstationen den frequenzmässig festen Rufkanal. In der Regel werden nur die gebietsüberdeckenden Basisstationen mit Rufsendern ausgerüstet. Diese senden alle gleichzeitig dieselbe Rufinformation auf derselben Frequenz, ähnlich wie dies beim Autoruf oder beim Eurosignal der Fall ist. Die Mobilstation kann im ganzen Netz, unabhängig von ihrem Standort, den Ruf empfangen und wird überall unter einer einheitlichen Rufnummer erreicht. Die von der Mobilstation empfangenen Rufe werden nicht unmittelbar quittiert; der anrufende Drahtteilnehmer weiss erst, dass die gerufene Mobilstation den Anruf empfangen hat, wenn sich der mobile Teilnehmer meldet. Dafür werden keine Sprechkanäle belegt, bevor der mobile Teilnehmer sprechbereit ist. Das Natel ermöglichte als erstes System seiner Art ein Weiterreichen der Verbindung zwischen Basisstationen. Bei einem gestörten Kanal wird während des Gesprächs auf einen anderen ausgewichen. Dasselbe geschieht, wenn sich die Mobilstation zu weit von der Basisstation entfernt und die Verbindungsqualität dadurch ungenügend wird. In beiden Fällen verlässt die Mobilstation den bestehenden Sprechkanal und sucht sich einen besseren. Dies ist auch dann möglich, wenn der alte Kanal sehr rasch unbrauchbar wird, zum Beispiel bei der Einfahrt in einen mit Strahlungskabel versorgten Tunnel. Die Gesprächsunterbrüche betragen in der Regel weniger als eine Sekunde und werden kaum bemerkt. Nur bei stark belegtem Netz kann es vorkommen, dass beim Verlassen eines Sprechkanals nicht sofort wieder ein neuer gefunden wird. Der Anrufer wird in einem solchen Fall durch einen Sprechtext benachrichtigt. Dauert der Unterbruch länger als 30 Sekunden, so wird die Verbindung getrennt. Ein verlassener Sprechkanal wird sofort wieder für einen anderen Teilnehmer verfügbar. Durch die Möglichkeit des Weiterreichens der Verbindung kann das Funknetz so geplant werden, dass ein gewisses Mass an Gleichkanalstörungen in den Randgebieten der Versorgungsbereiche zugelassen werden kann. Dadurch ist die Frequenzökonomie, verglichen mit dem öL-B, etwa doppelt so hoch, das heisst, es können bei einer gegebenen Anzahl verfügbarer Funkfrequenzen bei gleicher Blockierwahrscheinlichkeit etwa doppelt so viele Teilnehmer abgeschlossen werden.

Das Natel B wird in der Schweiz noch weiterausgebaut und auch für die Münzfernsprecher in Eisenbahnzügen verwendet. Dank den gebietsüberdeckenden Basisstationen können auch abgelegene Gebiete mit geringem Verkehr wirtschaftlich erschlossen werden. Das Natel A/B wird daher auch in Zukunft eine sinnvolle Ergänzung zu den zellularen Netzen bilden.

4 Landesweite, zellulare Systeme

Zellulare Netze bedecken im Idealfall (ebenes Gelände) das Versorgungsgebiet bienenwabenartig (Fig. 2). Die Basisstationen sind dabei nach einem streng geometrischen Muster angeordnet. Verlässt eine Mobilstation

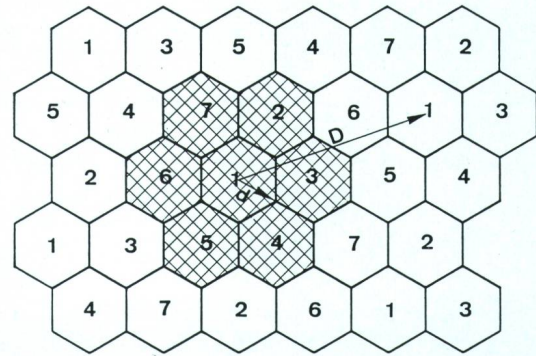


Fig. 2
Zellulares Netz mit 7-Zellen-Muster
d Zellenradius
D Gleichkanalabstand

ihre Zelle, so wird dies vom Netz festgestellt, und die Verbindung wird, auch bei noch guter Verbindungsqualität, von der neuen Zelle übernommen. Zellulare Systeme müssen somit in der Lage sein, während des Gesprächs einen Wechsel des Funkkanals und auch der Basisstation vornehmen zu können. Dieser Vorgang wird als «Handover» bezeichnet. Im Idealfall ist der dabei entstehende Gesprächsunterbruch so kurz, dass er von den Gesprächspartnern nicht wahrgenommen wird. Der einem zellularen Netz zur Verfügung stehende Frequenzbereich wird in Kanalgruppen aufgeteilt, die ihrerseits auf die Zellen verteilt werden. Die Kanalgruppen werden innerhalb des Netzes in regelmässigen Abständen wiederholt, so dass an den Zellenrändern gerade noch zulässige Gleichkanalstörungen entstehen. Durch Verkleinern der Zellen lassen sich die Gleichkanalabstände, das heisst die Distanz zwischen Basisstationen mit denselben Kanalgruppen, ebenfalls verringern, womit bei gegebener Anzahl der verfügbaren Funkkanäle theoretisch beliebig viele Mobilteilnehmer bedient werden können. Praktisch haben die Zellen eine minimale Grösse, die systembedingt ist (zulässige Anzahl Handovers während einer Verbindung). Sie liegt bei den heutigen Systemen in der Grössenordnung von etwa 1 km. Auch ist die Form der Zellen in den seltensten Fällen rein bienenwabenförmig, sondern, vor allem im nicht ebenen Gelände, durch dessen Topografie bestimmt. In diesem Zusammenhang hat sich auch gezeigt, dass sich Versorgungsbereiche in Systemen, die die Zellengrenzen mit Distanzmessung künstlich festlegen, nur schlecht dem wirklichen Gelände anpassen lassen.

Ein weiteres wichtiges Merkmal, das zwar für zellulare Netze nicht unbedingt erforderlich ist, jedoch bei landesweiten oder gar länderübergreifenden Netzen die Auffindbarkeit des mobilen Teilnehmers erst ermöglicht, ist das «Roaming». Unter «Roaming» wird der Wechsel des Verkehrs- oder Rufbereichs verstanden (Fig. 3). Innerhalb des Verkehrsbereichs kann sich die Mobilstation frei bewegen, ohne dass das Netz benachrichtigt werden muss. Ankommende Rufe werden im ganzen Verkehrsbereich ausgestrahlt. Tritt die Mobilstation in einen neuen Verkehrsbereich ein, was sie anhand des geän-

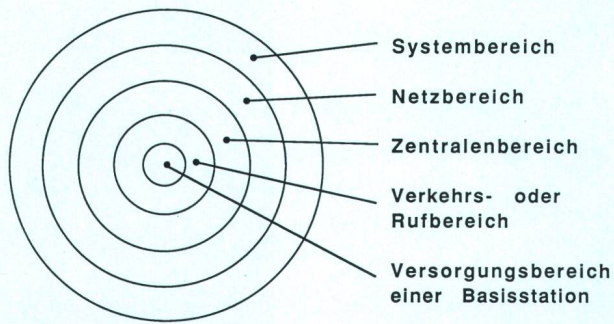


Fig. 3
Logische Bereiche eines Mobiltelefonsystems

derten Bereichskenners auf dem neuen Steuerkanal bemerkt, so meldet sie sich dort automatisch an. Sie wird fortan dort und nur dort gerufen. Die Grösse des Verkehrsbereichs ist von der Teilnehmerzahl in diesem Gebiet abhängig. Sie ist nach oben durch die zulässige Anzahl der Rufe und nach unten durch den zulässigen Ummelde-Verkehr begrenzt. Ankommende Anrufe gelangen immer zuerst zur Heimzentrale des mobilen Teilnehmers und werden von dort in den jeweiligen Verkehrsbereich umgeleitet. Dieser ist bekannt, da die Heimzentrale vom Netz, in dessen Verkehrsbereich sich der mobile Teilnehmer gemeldet hat, benachrichtigt wurde. Bei der Umleitung der Verbindung können unschöne Umwege entstehen («*Thromboning*»), die sich erst in künftigen Fernmeldenetzen, die das neue Signalisierverfahren Nr. 7 verwenden, vermeiden lassen.

Eine wichtige Erkenntnis ist, dass bei zellularen Systemen bei einem gegebenen verfügbaren Frequenzbereich die Anschlusskapazität durch Verdichten der ortsfesten Infrastruktur erhöht werden kann, allerdings nicht beliebig.

Nachstehend sind die drei wichtigsten, heute in Europa vertretenen zellularen Systeme kurz beschrieben:

41 Das nordische mobile Telefonsystem (NMT)

Dieses System wurde in der zweiten Hälfte der siebziger Jahre von den vier skandinavischen Ländern gemeinsam für das 450-MHz-Frequenzband entwickelt. Es steht heute weltweit in 18 Ländern in Betrieb und nimmt in Europa bezüglich der Teilnehmerzahl den ersten Rang ein. Der grenzüberschreitende Verkehr wurde zwischen den vier skandinavischen Ländern und mit Island und den Färöern verwirklicht. Das NMT-900 stellt eine Weiterentwicklung des NMT-450 dar und eignet sich besonders für Kleinzellennetze. NMT-900 ermöglicht das internationale «Roaming» zwischen den vier skandinavischen Ländern sowie seit kurzem auch mit der Schweiz (vorläufig nur für abgehende Gespräche). Es ist später vorgesehen, das «Roaming» auch auf die Niederlande auszuweiten. Für das NMT-900 werden von mehreren Herstellern Handgeräte angeboten.

Dem NMT-450 stehen maximal 180, dem NMT-900 1000 Funkfrequenzen im 25-kHz-Frequenzraster zur Verfügung. Jede Basisstation verfügt über einen Rufkanal, der frequenzmässig nicht festgelegt, sondern durch ein dauernd ausgesandtes Datensignal als solcher gekennzeichnet ist. Auf dem Rufkanal wird ständig der Verkehrsbereich markiert, zu dem die entsprechende Basisstation gehört. Die Mobilstation sucht sich selbst den am besten empfangbaren Rufkanal und erwartet dort allfällige Anrufe aus dem Drahtnetz. Verändert die Mobilstation ihren Standort, so wird der Rufkanal und damit auch die Basisstation gewechselt. Gehört die neue Basisstation einem anderen Verkehrsbereich an, was die Mobilstation anhand des Verkehrsbereichs-Kenners feststellt, so meldet sie sich auf einem freien Sprechkanal ohne Zutun des Benützers im Netz an. Sie wird in den neuen Verkehrsbereich umgebucht und dort bei ankommenden Anrufen gesucht («Roaming»).

Empfängt die Mobilstation einen Anruf aus dem Drahtnetz, so quittiert sie diesen auf dem Rufkanal, worauf ihr ein freier Sprechkanal zugeteilt wird. Sie wechselt auf diesen und nimmt dort das Gespräch entgegen. Bei ausbleibender Rufquittung, beispielsweise wenn das Mobilgerät ausgeschaltet ist oder wenn sich der mobile Teilnehmer ausserhalb des versorgten Gebiets aufhält, wird dem Anrufer mit einem Sprechtext mitgeteilt, dass der Mobilteilnehmer gegenwärtig nicht erreichbar ist, oder die Verbindung wird auf eine vorbestimmte Nummer umgeleitet. Bei einer abgehenden Verbindung sucht sich die Mobilstation selbst einen freien Sprechkanal. Während des Gesprächs wird dieser dauernd überwacht. Bei ungenügender Übertragungsqualität gibt die Zentrale den Befehl, auf den umliegenden Basisstationen das Sendesignal der Mobilstation zu messen und entscheidet anhand des Ergebnisses, von welcher Basisstation die Verbindung zu übernehmen ist. Der Umschaltbefehl wird, zusammen mit der neuen Kanalnummer, auf dem alten Sprechkanal übermittelt. Die Verbindung kann allerdings verlorengehen, wenn diese sehr rasch unbrauchbar wird, zum Beispiel bei der Einfahrt in einen Tunnel.

42 Das «Total Access Communication System» (TACS)

In den siebziger Jahren wurde in den USA das nordamerikanische AMPS (American Mobile Telephone System) als zellulares System entwickelt. Dieses System war für den lokalen und regionalen Einsatz in den grossen nordamerikanischen Ballungszentren konzipiert, weshalb ein automatisches «Roaming» nicht für notwendig erachtet wurde. In Europa hingegen war das «Roaming» eine wichtige Forderung. Aus diesem und weiteren Gründen (z. B. unterschiedliches Kanalraster) wurde das AMPS den europäischen Verhältnissen angepasst und von Grossbritannien als TACS-System übernommen. Es wird dort von zwei Netzbetreibern, Cellnet und Racal-Vodafone, in Konkurrenz betrieben. Beiden Netzbetreibern wurden je 300 Duplex-Frequenzen zugeteilt. Sie erreichten in nur zweieinhalb Jahren seit der Eröffnung der Netze eine landesweite Versorgung. Infolge Sättigung in London erhielten die Netzbetreiber weitere 720 Duplex-Kanäle in einem um 18 MHz nach unten verschobenen Frequenzband (E-TACS). Die Mobilgeräte, die von den

Gesprächsgebühren subventioniert werden, sind etwas billiger als entsprechende NMT-Geräte. Nur die neueren Geräte können auf beiden Frequenzbändern arbeiten.

In jüngster Zeit entschlossen sich auch Italien und Österreich, TACS im 900-MHz-Band einzuführen.

Die Mobilstationen können 1000 Funkkanäle innerhalb von 25 MHz Bandbreite verarbeiten. Im System sind 21 frequenzmässig festgelegte Steuerkanäle enthalten. Jede Basisstation verfügt über einen Steuerkanal und eine unterschiedliche Anzahl Sprechkanäle. Bei einem Anruf aus dem Drahtnetz empfängt die Mobilstation auf ihrem Steuerkanal den Ruf, quittiert diesen und bekommt einen Sprechkanal zugeteilt, auf dem das Gespräch abgewickelt wird. Auch ein abgehendes Gespräch wird, im Unterschied zum NMT, auf dem Steuerkanal angemeldet. Der Sprechkanal wird also in jedem Fall vom Netz zugeteilt. Ein Warteschlangen-Betrieb für die Verbindungsrichtung vom mobilen Teilnehmer ins Drahtnetz ist möglich. Dabei wird der Verbindungswunsch des mobilen Teilnehmers auf dem Steuerkanal übermittelt, und die Mobilstation wird zurückgerufen, sobald ein freier Sprechkanal verfügbar wird. «Handover» und «Roaming» funktionieren ähnlich wie beim NMT.

43 Das System C-450

Dieses System wurde von Siemens in Zusammenarbeit mit der deutschen Bundespost als Nachfolgesystem des öbL-B entwickelt. Es steht heute in der Bundesrepublik Deutschland und in abgeänderter Form in Portugal und in Südafrika in Betrieb.

Das System kann 222 Funkfrequenzen im 20-kHz-Kanalaraster bedienen. Erwähnenswert sind folgende Merkmale, die beim C-450 erstmalig waren:

- der Zeitmultiplex-Steuerkanal. Er ist frequenzmässig festgelegt und wird im Zeitmultiplex von benachbarten Basisstationen (32 Zeitschlitze) betrieben, was eine Synchronisation der Basisstationen untereinander erforderlich macht. Er dient dem Verbindungsaufbau in beiden Verkehrsrichtungen
- die im Zeitmultiplex mit der Sprachübertragung betriebene Übertragung von Signalisierdaten
- die Laufzeitmessung auf dem Sprechkanal. Dadurch kann die Zelle distanzmässig begrenzt werden («runde Zellen»)
- der Verbindungsaufbau ins Drahtnetz ohne Belegung eines Sprechkanals. Dabei wird der mobile Teilnehmer zurückgerufen, sobald der angerufene Drahtteilnehmer geantwortet hat (Off-Air-Call-Set-Up). Diesem wird durch einen Sprechtext mitgeteilt, dass der Funkteilnehmer zurückgerufen wird und dass er sich einen Moment gedulden muss. Die Wirksamkeit dieser Massnahme ist allerdings umstritten und bietet besonders dann Probleme, wenn sich ein Anrufbeantworter meldet oder wenn der Angerufene, beispielsweise bei einer Verbindung ins Ausland, den Sprechtext nicht versteht
- die als Option angebotene Sprachverschleierung durch Verwürfelung von Teilbändern im Sprachfrequenzband. Die Abhörsicherheit ist allerdings verhältnismässig gering

- die Trennung von Mobilgerät und Benutzeridentität. Der mobile Teilnehmer kann seine auf einem Magnetkärtchen gespeicherte Teilnehmernummer in irgendein Mobilgerät einschieben und mit diesem ankommende Anrufe auf seiner Nummer entgegennehmen. Auf dieser Nummer werden auch abgehende Gespräche verrechnet. Diese Trennung zwischen Mobilgerät und Benutzeridentität wird voraussichtlich in künftigen Fernmeldenetzen eine wichtige Rolle spielen.

Der mobile Teilnehmer kann im ganzen Netz unter einer Rufnummer erreicht werden («Roaming»).

44 Das Radiocom 2000

Das Radiocom 2000 wurde in Frankreich entwickelt und steht dort im Einsatz. Es bildet unter den betrachteten Systemen einen Sonderfall, weil es ein Autotelefon- und ein Disponentensystem vereinigt. Das Radiocom 2000 ist kein eigentliches zelluläres System, da ein «Handover» nicht möglich ist. Frequenzmässig arbeitet es, zumindest im VHF-Bereich, in unüblichen Bändern (ehemaliges Fernsehband III, das in Frankreich nach der Aufgabe der 819-Zeilen-Fernsehnorm nicht mehr verwendet wird). Dem Radiocom stehen im 200-MHz-Band 192 und im 400-MHz-Band 256 Funkfrequenzen zur Verfügung. Jede Basisstation verfügt über einen Steuerkanal, der frequenzmässig nicht festgelegt ist. Die Mobilstation sucht sich diesen selbst, wird dort bei einer ankommenden Verbindung gerufen und erhält einen freien Sprechkanal zugeteilt. Bei einem vom Mobilteilnehmer erzeugten Anruf meldet sich die Mobilstation auf dem Steuerkanal, bekommt dort einen Sprechkanal zugeteilt, übermittelt auf diesem die Rufnummer des Drahtteilnehmers und kehrt dann zurück auf den Steuerkanal. Sobald die Verbindung ins Drahtnetz aufgebaut ist, wird der mobile Teilnehmer zurückgerufen (Off-Air-Call-Set-Up). Die Signalisierung geschieht mit 1200 Baud im Sprachband, wobei ein weiterer modulierter Hilfsträger (150 Hz) für eine langsame Datenübertragung (50 Baud) parallel zum Gespräch zur Verfügung steht. Dank «Roaming» ist der mobile Teilnehmer unter seiner Rufnummer im ganzen Netz erreichbar.

5 Geografische Verbreitung der wichtigsten Systeme

Die Verbreitung der zellularen Systeme in Europa ist in *Tabelle I* wiedergegeben. *Figur 5* zeigt, wann die verschiedenen Systeme in den einzelnen Ländern eingeführt wurden. Zu beachten ist, dass einige Systeme bei gleichem Grundsystem zum Teil modifiziert wurden.

6 Entwicklung der Teilnehmerzahlen

Während die Teilnehmerzahl in den bestehenden europäischen nichtzellularen Netzen von November 1987 bis

Tabelle I. Verbreitung der zellularen Systeme in Europa

Radiocom 2000	Frankreich
C-450	Bundesrepublik, Portugal
NMT-450	Skandinavien, Niederlande, Frankreich, Österreich, Belgien, Jugoslawien, Türkei, Island, Spanien
NMT-900	Skandinavien, Niederlande, Schweiz
TACS	Italien, Grossbritannien, Irland, Österreich

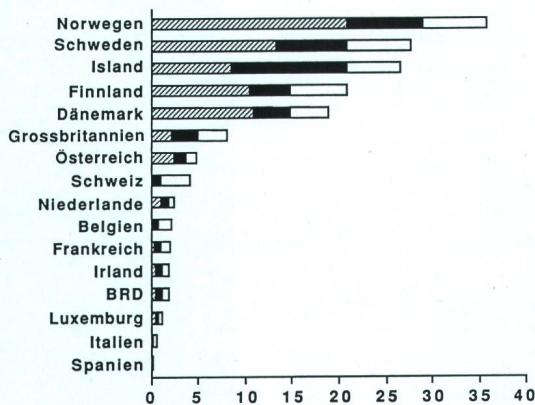


Fig. 4
Zellulare Mobiltelefon-Teilnehmer (in ‰ der Gesamtbevölkerung) – Stand Oktober 1988
 ▨ bis Dezember 1986
 ■ bis Dezember 1987
 □ bis Oktober 1988

Oktober 1988 von etwa 122 000 auf 110 000 abnahm, stieg diese im Zeitraum von April bis Oktober 1988 in den zellularen Netzen von etwa 1,03 auf 1,35 Mio Teilnehmer. Die Durchdringung der zellularen Netze in den verschiedenen Ländern (Anzahl Mobilgeräte auf 1000 Einwohner) ist in *Figur 4* dargestellt.

7 Grenzüberschreitende Autotelefonnetze

In Europa sind es vier Systeme, die in mehr als einem Land vorkommen, nämlich das öbL-B, das C-450, das NMT und das TACS. Damit die Mobilteilnehmer eines Landes auch in einem andern Land verkehren können, müssen im wesentlichen zwei Bedingungen erfüllt sein:

- Die Systeme müssen gleich sein. Leider ist auch bei gleichem System eine Kompatibilität nicht gewährleistet, da national verschiedene Änderungen bezüglich benutztem Frequenzbereich, Kanalaraster (z. B. 25 oder 20 kHz), Lage der Duplex-Teilbänder u. a. bestehen.
- Die Netzbetreiber müssen das «Roaming» zwischen ihren Netzen zulassen und entsprechende Vorkehrungen bezüglich Gebührenverrechnung, allfälliger Sperrung unerwünschter Teilnehmer usw. treffen.

Beim «Roaming» zwischen verschiedenen Netzen besteht noch ein Unterschied, ob nur der abgehende Verkehr möglich sein soll oder ob der mobile Teilnehmer auch unter seiner eigenen Nummer Anrufe empfangen kann. Im ersten Fall genügt es in der Regel, die Gebührenerfassung sicherzustellen. Im zweiten Fall muss sich der Mobilteilnehmer im fremden Netz anmelden können, das dem Heimnetz dessen Aufenthaltsort und seine temporäre Rufnummer mitteilt. Im Heimnetz eintreffende Anrufe werden von diesem umgeleitet, wobei die Gebühren für die umgeleitete Verbindung in der Regel dem Mobilteilnehmer belastet werden. Auch hier wird

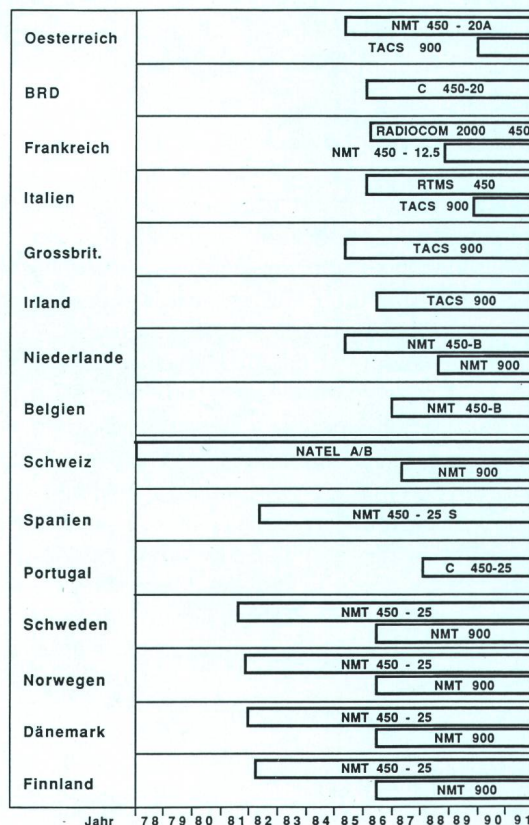


Fig. 5
Entstehung zellulärer (oder quasi-zellulärer) Autotelefonnetze in Europa

sich das Problem der Umwegverbindungen erst in Zukunft mit dem Signalisiersystem Nr. 7 lösen lassen.

8 Schlussbemerkung

Dieser Text ist die etwas gekürzte Fassung eines am Symposium vorgetragenen Beitrags. An der gleichen Veranstaltung erläuterte Dr. H. Ochsner von *Ascom-Autophon AG* die von der «Groupe spécial mobile» (GSM) der «Conférence européenne des Administrations des Postes et Télécommunications» (CEPT) erstellten Spezifikationen für das künftige GSM-System und dessen technische Einzelheiten sowie dessen Möglichkeiten. Diese Ausführungen sind in [1] erschienen.

Bibliographie

- [1] Ochsner H. Das künftige paneuropäische digitale Mobiltelefonsystem, Teil 1, 2 und 3, Bulletin SEV/VSE 79 (1988), Heft 11, 15 und 21.