3 Übertragungstechnik

3.1 Übersicht Systemaufbau C-Netz

3.1.1 Netzstruktur

Ähnlich dem Telefonnetz ist das C-Netz streng hierarchisch organisiert. Das C-Netz ist über die Funkvermittlungsstelle (FuVSt) an der obersten Hierarchiestufe des SWFD, den Zentralvermittlungsstellen (ZVSt), an das Telefonnetz angebunden. Jeder FuVSt ist ein geographisch bestimmter Bereich, ihr Funkvermittlungsbereich (FuVB) zugeordnet. Dieser Funkvermittlungsbereich ist weiter in die Funkzellen (FuZ) unterteilt, die ihrerseits von jeweils einer Funkfeststation (FuFSt) betreut wird. Funkvermittlungsstelle und Funkfeststation(en) sind die ortsfesten Komponenten des Systems. Die mobilen Komponenten, die Funktelefongeräte (FuTelG), sind in Abhängigkeit ihrer augenblicklichen Position einer FuFSt zugeteilt (Bild 3.1).

Zur optimalen Auslastung der insgesamt 287 zur Verfügung stehenden Funkkanäle im 450 MHz-Bereich wird ein netzeinheitlicher Organisationskanl (OgK) im Zeitteilungsverfahren von mehreren benachbarten FuFSt zur Durchführung aller Organisationsaufgaben einschließlich Aufbau von Gesprächsverbindungen benutzt. Damit wird erreicht, daß die übrigen verfügbaren Funkkanäle als Sprechkanäle fast nur für den reinen Sprechverkehr zur Verfügung stehen.

In Ballungsgebieten mit hohen Funktelefonteilnehmerzahlen können außer einem solchen "Standard"-OgK weitere Organisationskanäle vorkommen, deren Benutzung jedoch von den jeweiligen FuFSt gesteuert werden.

Im idealisierten Fall sind im flächendeckenden Funkzonennetz je 7 FuZ zu einer Gruppe (Cluster) zusammengefaßt, wobei jeder dieser Funkzellen auf dem Standard-OgK im Zeitteilungsverfahren ein sogenannter "Zeitschlitz" zugeteilt ist, in dem die zugehörige FuFSt sendet (Bild 3.2). Die zeitlich "rotierende" Sendefolge der FuFSt innerhalb der einzelnen FuZ-Gruppen bewirkt, daß gleichzeitig sendende FuFSt wegen ihrer räumlichen Abstände sich in ihrem Sendebereich nicht überschneiden.

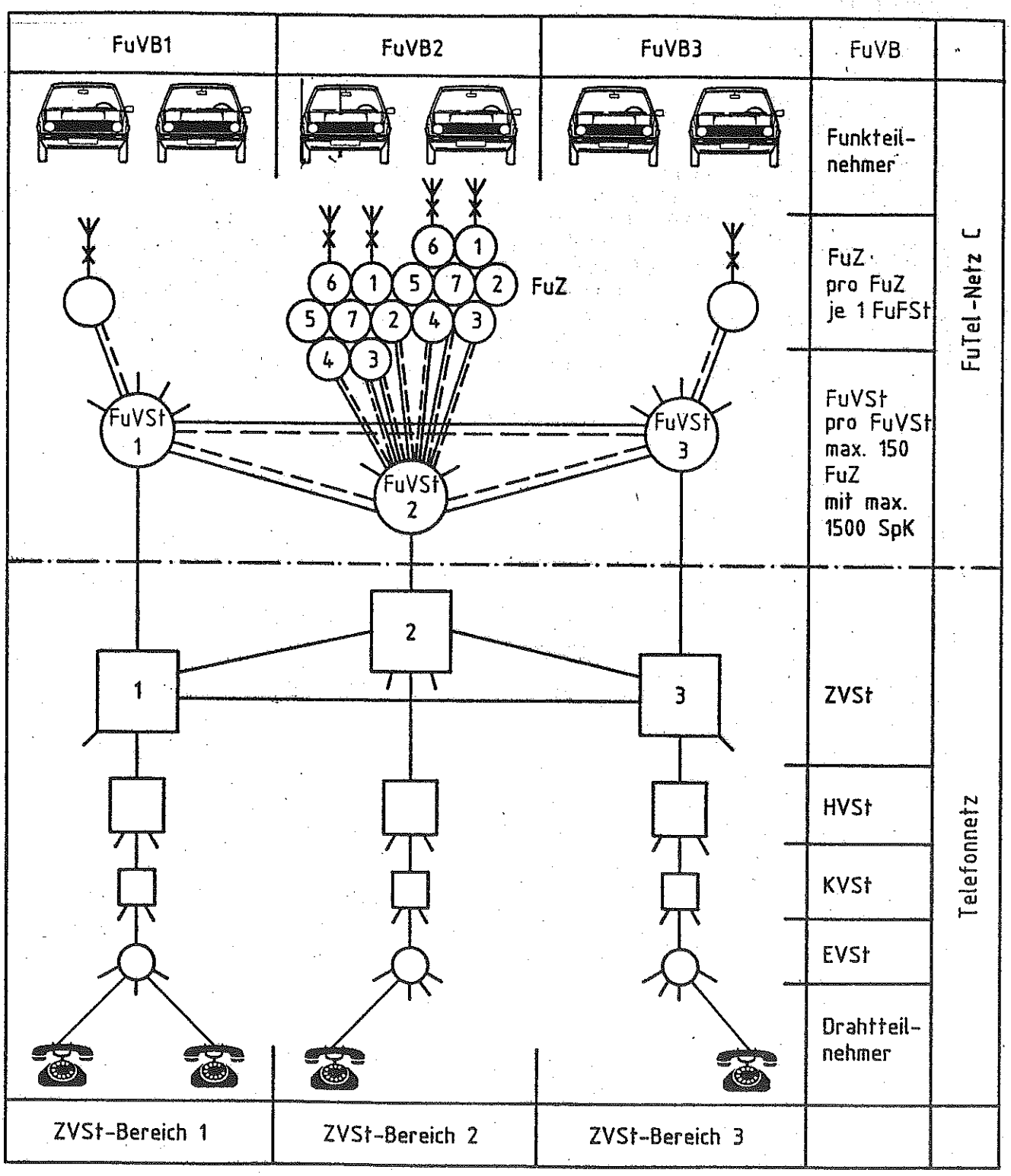
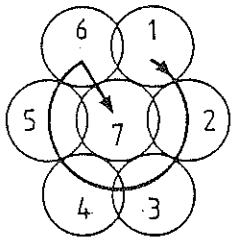
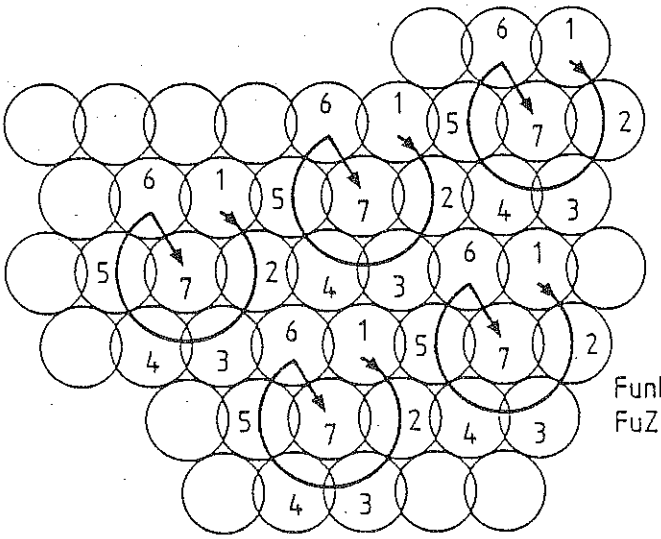


Bild 3.1 Aufbau des Funktelefonnetzes mit Überleitung in das Telefonnetz



Funkzellen-Gruppe
FuZG (Cluster)



Funkvermittlungsbereich
FuZG (Cluster)

Schema der Zeitschlitz-Zuweisung

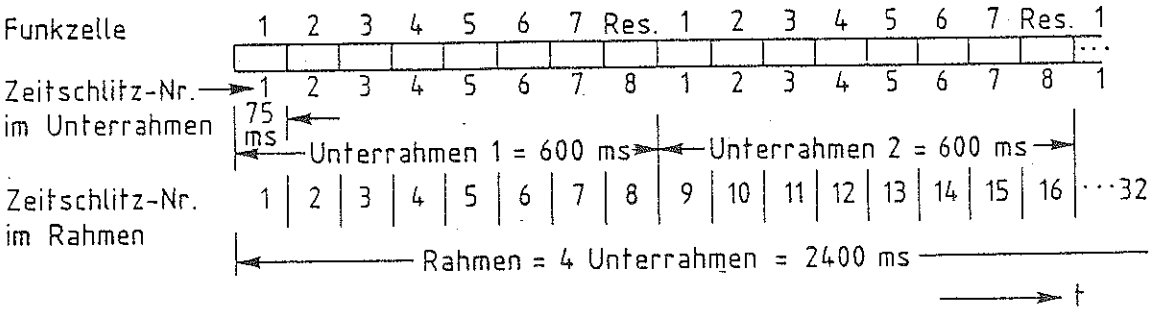


Bild 3.2 Idealisierte Anordnung der Funkzellen und Zeitschlitzrahmen

3.1.2 Dateiensystem

Jeder Funkfeststation(en) ist eine Aktivdatei und jeder Funkvermittlungsstelle eine Heimat- und Fremddatei zugeordnet. Die Aktivdatei erfaßt alle in einer Funkzelle sich aufhaltenden (eingebuchten) Funktelefonteilnehmer und meldet diese der Funkvermittlungsstelle. Hält sich ein Funktelefonteilnehmer im eigenen Funkvermittlungsbereich auf, so wird ein Aktivvermerk in der Heimatdatei der Funkvermittlungsstelle eingetragen. Ist der Funktelefonteilnehmer in einem anderen Funkvermittlungsbereich beheimatet, so wird ein Aktivvermerk in der Fremddatei der Funkvermittlungsstelle eingespeichert.

Gleichzeitig erkennt die Fremddatei aus der Funktelefonteilnehmernummer die Heimat-Funkvermittlungsstelle des Funktelefonteilnehmers und veranlaßt über die Datenleitungen eine Eintragung in der Heimatdatei des Funktelefonteilnehmers mit Angabe des Funkvermittlungsbereichs. Aktive Funktelefonteilnehmer sind somit im gesamten Bundesgebiet erreichbar. Bei jedem Ruf eines Funk- oder Selbstwählfernsprechteilnehmers an einen Funktelefonteilnehmer gibt entweder die Fremddatei Auskunft über den Aufenthaltsort, vorausgesetzt, daß das FuTelG eingebucht ist. Andernfalls erhält der rufende Funktelefonteilnehmer die Ansage, daß der gesuchte Funktelefonteilnehmer vorübergehend nicht erreichbar ist.

3.1.3 Allgemeines zum Dialog zwischen FuFSt und FuTelG

3.1.3.1 Organisations-Routinen

Das FuTelG wird erst durch das Einlesen der Berechtigungskarte in den betriebsbereiten Zustand versetzt. Das FuTelG kopiert die Rufnummer des Funktelefonteilnehmers von der B-Karte in seinen Kennungsspeicher und löscht die Information wieder beim Entfernen der B-Karte. Dabei sind Vorkehrungen getroffen, daß der Funktelefonteilnehmer vor Mißbrauch geschützt ist.

Im OgK-Bereich empfängt das FuTelG alle erreichbaren FuFSt und sucht dann selbständig die besterreichbare FuFSt aus.

Das FuTelG meldet sich nach Durchführung der FuFSt-Auswahl (siehe 5.2.2) bei der ausgewählten FuFSt durch Aussenden der Erstmeldung. Die Funkfeststation bestätigt die Erstmeldung und aktualisiert das Dateiensystem. Das FuTelG ist damit eingebucht.

Anschließend prüft die Funkfeststation in regelmäßiger Folge die Anwesenheit; es ruft das Funktelefongerät im Mittel in Abständen von etwa sechs bis sieben Minuten auf. Andererseits prüft das Funktelefongerät automatisch und fortlaufend die Empfangsbedingungen der FuFSt der eigenen Funkzelle im Vergleich zu denen der Nachbar-Funkzellen. Dabei werden alle Kriterien der FuFSt-Auswahl bewertet. Ergibt sich daraus die Notwendigkeit, eine neue Bezugs-FuFSt zu wählen, bucht sich das Funktelefongerät selbsttätig um. Diese Umbuchung veranlaßt eine sofortige Aktualisierung des Dateiensystems. Wenn ein Funktelefonteilnehmer in einer Funkzelle eingebucht ist, wird ihm dies am Bediengerät angezeigt.

Das Abschalten des FuTelG wird nicht über Funk signalisiert.

3.1.3.2 Verbindungs-Routinen

Beim Verbindungsaufbau werden dem Funktelefongerät über den Organisationskanal bis zu drei verschiedene Sprechkanäle vorgeschlagen. Diese "Kanalzuteilung nach Funkkriterien" berücksichtigt sowohl die allgemeine Störsituation als auch die Gleichwellen-Störungen des jeweiligen Kanals. Im vorgeschlagenen Kanal findet zwischen Funktelefongerät und Funkfeststation ein Datendialog statt (ca. 0,4 s), bei dem auch der Geräuschabstand (Phasenjitter) gemessen wird. Ist die Qualität der Verbindung zu niedrig, wird im Organisationskanal sofort ein neuer Kanalvorschlag gemacht.

Zur "Kanalzuteilung nach Funkkriterien" gehört, daß die Funkfeststation aufgrund von Störmaß- und Signallaufzeitmessungen selbsttätig eine teilweise Anpassung an die jeweilige Störsituation durchführt.

Auch bei Warteschlagenbetrieb wird die Verbindung über den Organisationskanal eingeleitet. Sobald der Funktelefonteilnehmer einen bestimmten niedrigen Warteplatz erreicht hat, startet die Weiterwahl im Telefonnetz. Ist dabei die Verbindung vor dem Freiwerden eines Funkkanals hergestellt, erhält der B-Teilnehmer die Ansage "Funkgespräch, bitte warten". Die Durchschaltung der Sprechadern (Gesprächsbeginn) wird dem A-Teilnehmer durch einen Hinweiston vom FuTelG signalisiert.

Während einer Sprech-Verbindung werden laufend zwischen Funkfeststation und Funktelefongerät unhörbare Telegramme ausgetauscht, die der Verbindungsüberwachung dienen. Sie ermöglichen

- die exakte Identifizierung der Verbindung mit FuTelNr. und FuFSt-Nr.,
- die Übertragung der Gebühren zum Funktelefonteilnehmer,
- die Prüfung der Übertragungsqualität und ggf. die Umschaltung auf einen anderen Sprechkanal oder in eine andere Funkzelle,
- die Anpassung der Sendeleistung von Funktelefongerät und Funkfeststation, - die automatische Umschaltung der Betriebsart der Funkfeststation nach Maßgabe des Funktelefonteilnehmers (z. B. auf klare Sprache) und
- das Auslösen der Verbindung und damit das Beenden der Gebührenzählung bei ausbleibendem Funkkontakt.

3.2 Kenndaten des Frequenzbereiches

3.2.1 Frequenzbereich

- Oberband: 460,0 .... 465,74 MHz
  Richtung FuFSt ---> Funktelefongerät
- Unterband: 450,0 .... 455,74 MHz
  Richtung Funktelefongerät ---> FuFSt

3.2.2 Art der Aussendung

14 K 0 G 9 WWT

3.2.3 Sendeleistung

Nominalwert 15 W, in Stufen reduzierbar (siehe auch 4.4.2)

3.2.4 Polarisation der Antenne

Vertikal (siehe auch Abschnitt 9)

3.2.5 Betriebsart

Duplexverbindung im Oberband und Unterband.

3.2.6 Duplexabstand

10 MHz

3.2.7 Funk-Kanalabstand

20 kHz, einstellbare Frequenzschritte 10 kHz und 12,5 kHz.

3.2.8 Schaltbare Funk-Kanäle

Jedes Gerät muß auf allen in 5.1.3.3.6 genannten Frequenzen betriebsfähig sein.

3.2.9 Modulationsbandbreite

300 Hz .... 3000 Hz.

Die Modulationsbandbreite entspricht der NF ohne Komprimierung.

3.3 Funkübertragungsraster

Eine wesentliche Systemeigenschaft des Funkfernsprechnetzes C ist die netzweite Synchronisation der Funkdatenübertragung. Diese Synchronisation ermöglicht die sichere Steuerung des Zeitteilungsverfahrens im Organisationskanal und ist auch Voraussetzung für die systemeigenen Entfernungsmessungen zwischen FuFSt und FuTelG.

Die zeitliche Grundeinheit aller Funkdatenübertragungen bildet ein Rahmen von 2,4 sec, in dem Funkdaten netzsynchron von allen FuFSt gesendet werden. Dieser Gesamtrahmen ist unterteilt

- in 4 Unterrahmen von je 600 ms,
- jeder Unterrahmen wiederum in 8 Zeitschlitze von je 75 ms,
- jeder Zeitschlitz in zwei Funkblöcke von je 37,5 ms (Bild 3.3).

Für die "verteilte Signalisierungsart" im Sprechkanal (Gesprächszustand) wird noch eine weitere Unterteilung in Sektoren zu je 12,5 ms benötigt. Diese Sektoren bilden das Zeitraster für die Dateneinblendungen gemäß 5.1.2.2.

Alle aktiven FuTelG müssen sich über Funk auf dieses Zeitraster aufsynchronisieren (Punkt 5.2.1) und im selben Raster ihre Funkdaten senden.

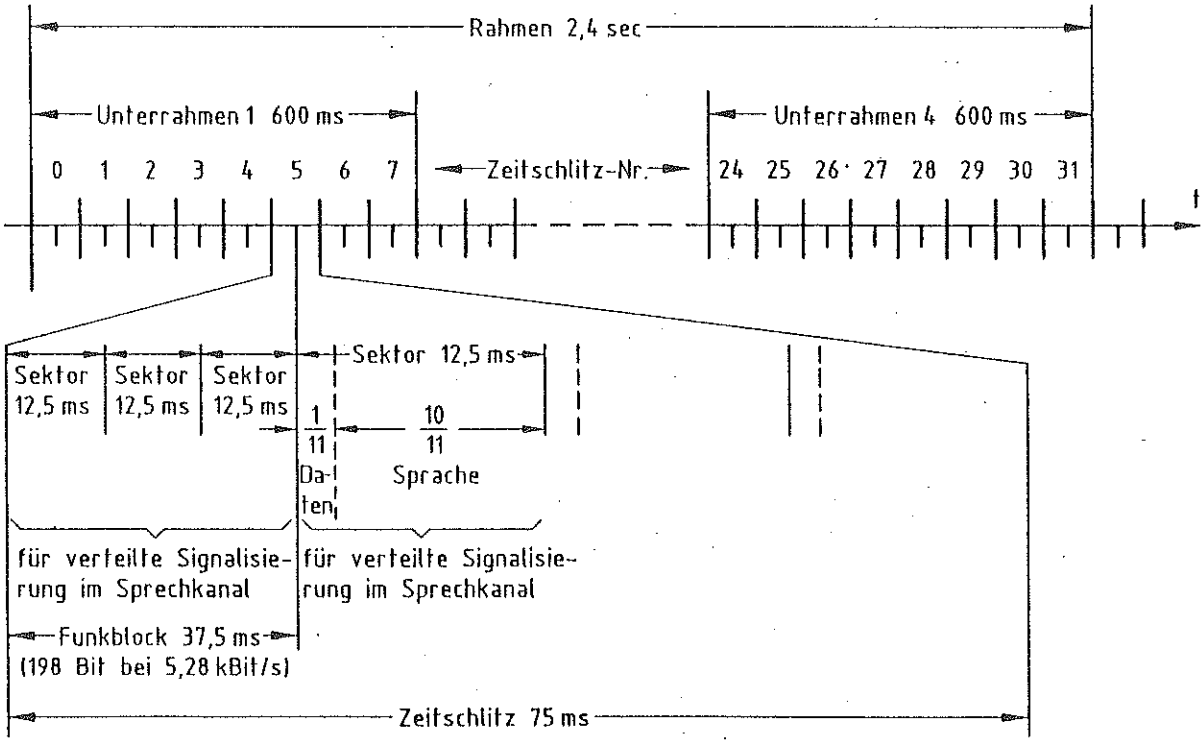


Bild 3.3 Synchrones Funkübertragungsraster

3.4 Definitionen übertragungstechnischer Größen und Begriffe

3.4.1 Standard-Organisationskanal

Als Standard-Organisationskanal wird der Kanal 131 (Oberband 465,090 MHz, Unterband 455,090 MHz) verwendet, d. h. auf diesem OgK senden alle FuFSt im gesamten Netz in mindestens einem Zeitschlitz je Rahmen (2,4 sec.).

3.4.2 Digitale Funkdaten-Übertragung

Die Funkübertragung der Digitalsignale erfolgt mit binärer FM nach dem NRZ-Verfahren, wobei der Zustand ohne Information durch den unmodulierten Träger gekennzeichnet ist (Pause). Die Flanken innerhalb des NRZ-Signals müssen vor der Modulation so geformt werden, daß der geforderte Nachbarkanal-Störleistungsabstand (4.4.7.3) eingehalten wird (z. B. Cosinus-Quadrat-Flanken).

Für das FuTelG gelten folgende Frequenzlagen:

3.4.2.1 Oberband (Empfänger)

Logisch 0 = Träger - 2,5 kHz (+/-7%),
Logisch 1 = Träger + 2,5 kHz (+/-7%),
Pause = Träger unmoduliert.

3.4.2.2 Unterband (Sender)

Logisch 0 = Träger + 2,5 kHz (+/-7%),
Logisch 1 = Träger - 2,5 kHz (+/-7%),
Pause = Träger unmoduliert.

3.4.3 Datenblock

Die Summe aller übertragenen Bit einer Funksignalisierung (Meldung) wird als Datenblock bezeichnet (184 Bit). Näheres siehe unter 5.1.

3.4.4 Funkblock

Ein Zeitschlitz (75 ms) besteht aus 2 Funkblöcken zu je 37,5 ms (siehe 3.3).

3.4.4.1 Rufblock

Der erste Funkblock eines Zeitschlitzes im OgK heißt Rufblock.

3.4.4.2 Meldeblock

Der zweite Funkblock eines Zeitschlitzes im OgK heißt Meldeblock.

3.4.5 Empfangsqualität

In Abhängigkeit der Empfangsqualität sind vom FuTelG die verschiedenen Funktionen (z. B. Einbuchen, Umbuchen, Umschalten) durchzuführen. Zur Ermittelung der Empfangsqualität wird:

a) der Empfangspegel und
b) der Geräuschabstand S/N

herangezogen.

Zur Mittelungszeit (Integrationszeit) für die Bewertung der beiden Komponenten der Empfangsqualität sind die Mittelungsfaktoren maßgebend.

3.4.5.1 Empfangspegel

Als Empfangspegel gilt die am Antenneneingang des Empfängers anstehende Eingangsspannung. Damit dieser Pegel über einen großen Dynamikbereich mit konstanter Auflösung, z. B. bei der Ermittelung der Umschaltbedingungen bewertet werden kann, muß er logarithmisch erfaßt werden.

Im Mobilfunk ergeben sich in der Regel starke Schwankungen des Empfangspegels (z.B. wegen Rayleigh-Fading). Deshalb muß dieser Pegel über eine Mindestzeit gemittelt (integriert) werden, die in der Beschreibung der jeweiligen Prozeduren (Umschalten, Leistungsanpassung) angegeben ist.

Für einige Prozeduren wird der Emfpangspegel auf den Empfangspegel P0 bezogen, bei dem ein bewertetes S/N Verhältnis von 20 dB (Betriebszustand: Sprache klar) auftritt.

3.4.5.2 Geräuschabstand

Zur Bewertung der Empfangsqualität in den Funkkanälen dient außer der Empfangsfeldstärke (Empfangspegel) auch der Geräuschabstand S/N.

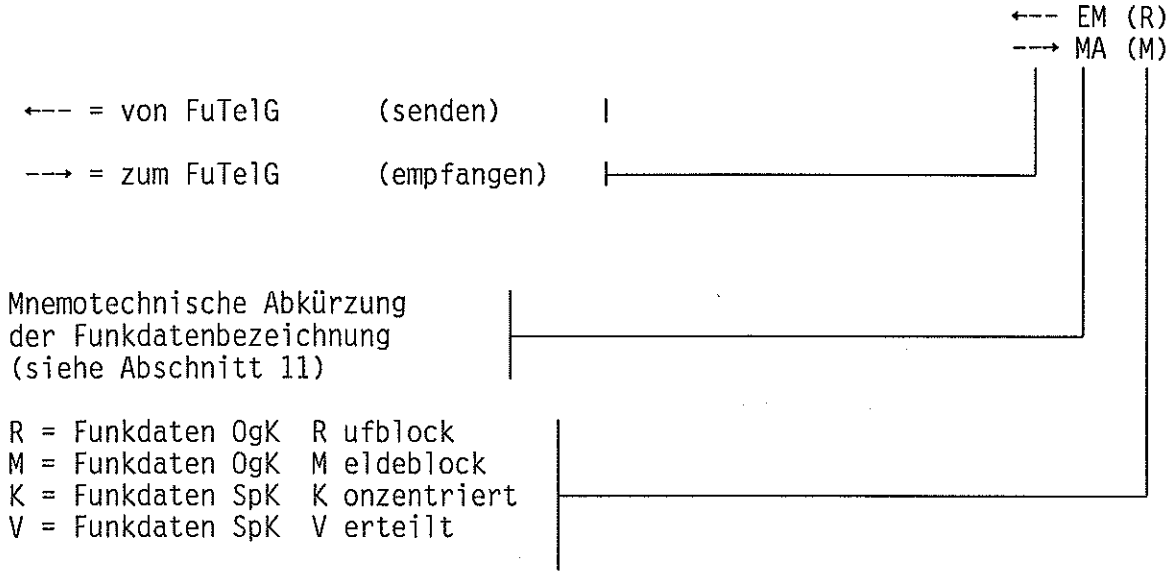
Zur Ermittlung des Geräuschabstandes im FuTelG sind die, im SpK eingeblendeten digitalen Daten, heranzuziehen. Auf dieses Empfangssignal wirken sich die statistischen Amplituden- und Phasenschwankungen des Störsignals, welches den Geräuschabstand beeinflußt, als Amplituden- und Phasenjitter aus.

Der durch die Übertragungsstrecke verursachte Geräuschabstand läßt sich somit aus dem Phasenjitter der digitalen Signale ableiten. Dieser digitale Phasenjitter wird somit nach entsprechender Bewertung (Mittelung) als geräteinterne Hilfsgröße für die Ermittlung des bewerteten S/N-Verhältnisses benutzt.

Die Art der Jitteraufbereitung ist den Herstellern freigestellt. Die Überprüfung der verschiedenen FuTelG-Funktionen in Abhängigkeit der Grenzwerte erfolgt über den von außen meßbaren Geräuschabstand.

3.4.6 Schema der Funkdaten-(Signalisierungs-)Symbole

Alle in dieser Beschreibung vorkommenden Funkdaten werden in folgender Symbolik abgekürzt:



3.5 Antwortverhalten bei Funkdatenübertragung

3.5.1 Organisationskanal-Betrieb

Der Funkdatenaustausch zwischen FuTelG und FuFSt wird innerhalb der FuFSt-spezifischen Zeitschlitze bzw. Antwortzeitschlitze eines Rahmens abgewickelt (Rahmenversatz zwischen Oberband und Unterband, Bild 3.4).

Jeder Zeitschlitz besteht aus zwei Funkblöcken, dem Rufblock (1. Funkblock) und dem Meldeblock (2. Funkblock).

<u>Meldungen FuFSt --→ TG:</u>

Eine Meldung, die keine Rückmeldung im zugeordneten Antwortzeitschlitz erfordert, wird im Rufblock gesendet.

Eine Meldung, die eine Rückmeldung im zugeordneten Antwortzeitschlitz erfordert, wird im Meldeblock gesendet.

<u>Meldungen TG --→ FuFSt:</u>

Eine Antwortmeldung auf eine Meldeblockmeldung der FuFSt wird im Meldeblock gesendet.

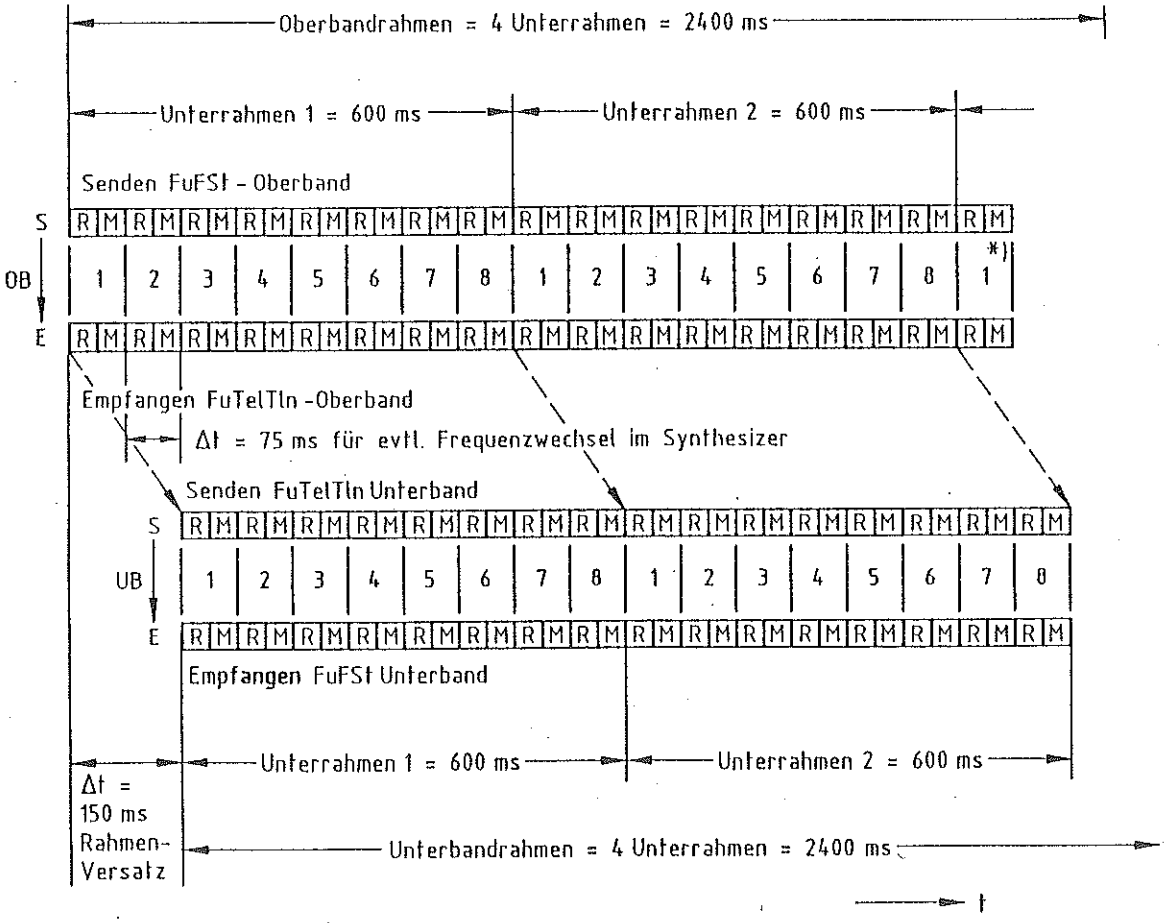
Eine Initialmeldung des FuTelG wird im Rufblock gesendet.

3.5.2 Sprechkanal-Betrieb

Bei der k o n z e n t r i e r t e n Signalisierungsart im Sprechkanal wird in jedem Funkblock ein Datenblock übertragen und zwar gleichzeitig von der FuFSt im Oberband bzw. vom FuTelG im Unterband.

Die Antwort auf eine Meldung wird als sich wiederholender Datenblock ab dem übernächsten Funkblock gesendet (ein Funkblock wird zur Bearbeitung der Daten benötigt). Dies gilt in beiden Richtungen. Siehe Beispiele unter 5.5.4 und 5.5.6.

In der v e r t e i l t e n Signalisierungsart ist die Reaktion auf eine Funkdatenmeldung bereits im nächsten Unterrahmen möglich, da die eigentliche Nutznachricht für die Antwort erst nach der Übertragung des Barker-Code (nach mehr als 10 Sektoren) für die Aussendung benötigt wird.



*) FuZ in der idealisierten Anordnung entsprechend Bild 3.2

Bild 3.4 Rahmenversatz im OgK