



Veranstaltung: F/B-KA-Fu
F/B-KA-Fu-Sem.
F/B-Lst
B IV

Ausbildungseinheit: Leitstellenorganisation

Thema: Digitalfunk – Teil 1: „Grundlagen“

Ausgabe: 01.07.2011

Zuständig: Abteilung 2

Bearbeitet von: Jan Tino Demel

Literaturhinweis: ETSI (European Telecommunications Standards Institute)

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	2
1 Historie	3
2 Vergleich Analogfunk und Digitalfunk.....	4
2.1 Allgemeines	4
2.2 Übertragung im analogen und digitalen Funknetz.....	4
2.3 Vergleich der Übertragungsqualität im analogen und digitalen Funknetz	6
3 Das digitale Funknetz.....	8
3.1 Systembestandteile	8
3.1.1 Network Management Center (NMC)/Network Operation Center (NOC)	8
3.1.2 Base Transceiver Station (BTS)	9
3.1.3 Main Switching Center (MSC)	9
3.1.4 Home Data Base (HDB)	9
3.1.5 Visitor Data Base (VDB)	9
3.1.6 Endgeräte	9
3.2 Funktionen der Netzbestandteile im digitalen Funkbetrieb	11
4 TETRA Dienste.....	14
4.1 Der Standard – Funkbetrieb im Trunked Mode	14
4.1.1 TMO Betriebsarten	16
4.1.2 Gruppe “Anforderungen an das Netz” (GAN)	16
4.1.3 Funktionsweise	17
4.2 Der Funkbetrieb ohne Basisstation (Direct Mode Operation).....	19
4.2.1 DMO Standard Betriebsarten	20
4.3 Sonderlösungen für den DMO Betrieb.....	20
4.3.1 DMO-Repeater	20
4.3.2 DMO-Gateway	22
5 Alarmierung	23
5.1 Ist-Stand.....	23
5.2 Paging	24
5.3 Paging im Digital-Funk	25
6 Verschlüsselung von Daten.....	27
6.1 BSI-Sicherheitskarte	28
6.1.1 Operativ-taktische Adresse (OPTA)	28
6.1.2 Sichere Datenspeicherung	29
Anhang 1 – Abbildungsverzeichnis	30
Anhang 2 – Abkürzungsverzeichnis	31
Anhang 3 – Begriffserläuterung	32

1 Historie

Das Europäische Telekommunikationsnormeninstitut ETSI hat bereits vor einigen Jahren einen europäischen Standard festgelegt, der eine zivile europäische Kommunikation sicherstellen sollte. Daraufhin wurde das inzwischen nahezu weltweit funktionierende GSM-Netz (Mobilfunk) eingerichtet.

Die bereits bestehende europaweite Kommunikation ist jedoch an Mobiltelefone gebunden und ist von einer Netzversorgung abhängig. Mobil Telefonieren ohne Netzanbindung ist nicht möglich, ebenso gibt es die Funktion der Gruppenkommunikation im bestehenden Mobilfunknetz nicht.

Da durch die Unterzeichnung des Schengener Abkommens die Freizügigkeit unter den Unterzeichnern vereinbart wurde und somit die bisher sicherheitsrelevanten Grenzkontrollen aufgeweicht wurden, bestand die Notwendigkeit, die Kommunikation unter den Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben (BOS) der europäischen Staaten grenzübergreifend zu gewährleisten.

Als neuer europäischer Standard für die BOS-Funknetze wurde daher der von der ETSI spezifizierte TETRA25 Standard ausgewählt. Dabei bezeichnet die 25 den Abstand in Kilohertz zwischen den einzelnen Trägern. Der TETRA25-Standard basiert im Wesentlichen auf dem GSM-Standard und wurde für den Betrieb eines Sprechfunknetzes optimiert.

Anmerkung:

Parallel zum TETRA25 Standard hat die Firma MATRA für die Polizei(en) in Frankreich ein weiteres System installiert, das TETRAPOL. Dieses bietet ähnliche Leistungsmerkmale, ist jedoch mit dem europäischen Standard TETRA25 nicht kompatibel.

Zur Erprobung der Tauglichkeit des TETRA25-Systems lief im Dreiländereck (Deutschland, Belgien, Niederlande) im Großraum Aachen bis zum 30. Juni 2003 ein Pilotversuch. Hiernach gingen die Stadt und der Landkreis Aachen in den Wirkbetrieb über. Weltweit wird TETRA25 bereits vielseitig durch kommerzielle Anwender genutzt.

2 Vergleich Analogfunk und Digitalfunk

2.1 Allgemeines

Generell sind und bleiben Funkwellen elektromagnetische Wellen und somit grundsätzlich analoge Signale. Der Begriff des Analog- bzw. Digitalfunks bezieht sich daher rein auf das Signal, welches zur Modulation eines Hochfrequenz-Trägers (Trägerwelle) herangezogen wird.

Die Unterschiede der Modulationsverfahren sowie dem Analog- und Digitalfunk sollen im Folgenden vereinfacht dargestellt werden.

Im analogen Gleichwellenfunknetz (vergl. auch das Telefonieren im Mobilfunknetz) ist ein Gespräch zwischen zwei Teilnehmern nicht möglich, wenn die Verbindung zu einer Relaisstation oder dem Gleichwellenfunkumsetzer nicht gegeben ist. Es besteht quasi keine Verbindung zum Funknetz. Diese Situation kann zum Beispiel in funktechnisch nicht abgedeckten Bereichen oder bei Ausfall einer oder mehrerer Netzkomponenten eintreten.

Im digitalen BOS-Funknetz ist der Ausfall von Netzkomponenten oder der Aufenthalt in funktechnisch nicht abgedeckten Bereichen weniger problematisch, da in einer solchen Situation die Endgeräte eine spezielle Rückfallebene unterstützen. Somit ist auch weiterhin eine Kommunikation gewährleistet.

2.2 Übertragung im analogen und digitalen Funknetz

Im analogen Funknetz werden zwei Modulationsarten unterschieden: Frequenzmodulation und Amplitudenmodulation. Im BOS-Funk findet zurzeit nur die Frequenzmodulation Anwendung.

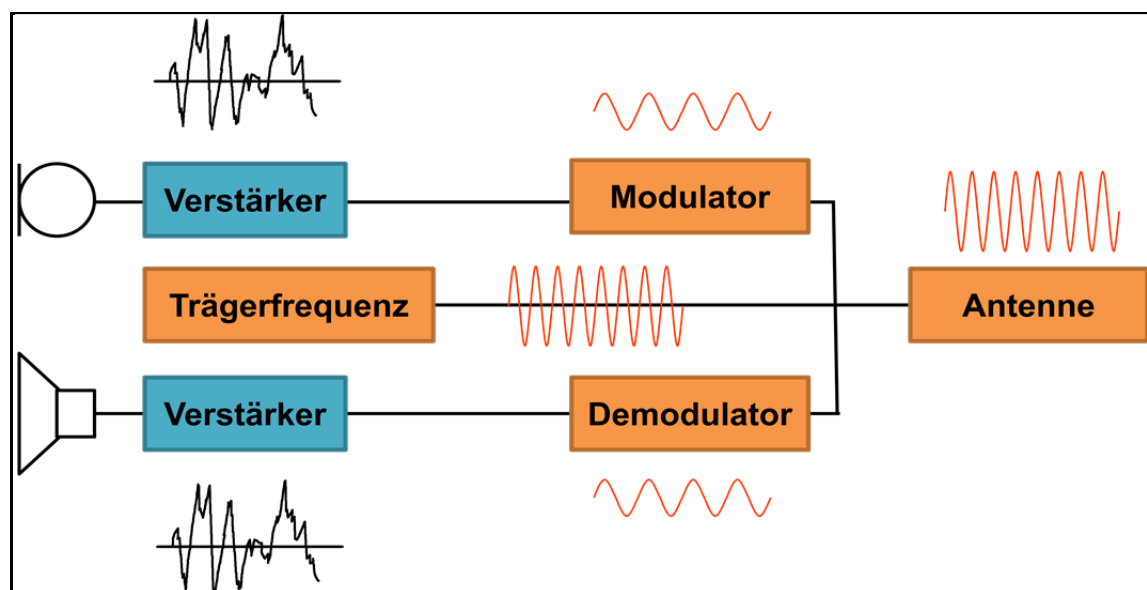


Abbildung 1: Blockschaftbild Analogfunkgerät

Bei der analogen Übertragung müssen unendlich viele unterschiedliche Signale (so viel, wie die menschliche Stimme enthält) auf die Trägerwelle moduliert werden, damit sie übermittelt werden können. Jedes dieser Signale muss vom Empfänger wieder demoduliert werden. Auf dem Übertragungswege sind zahlreiche Störeinflüsse

Grundlagen des Digitalfunks

gegeben. Um den Einfluss der Störungen zu minimieren, ist eine entsprechend große Bandbreite pro Kanal (Frequenz) erforderlich.

Bei der digitalen Übertragung sind nur zwei Signalzustände zu übermitteln: Null und Eins. Selbst bei gestörter Übertragung ist daher der Empfänger i.d.R. in der Lage, aus dem Rauschen diese beiden Zustände herauszufiltern und umzuwandeln. Die erforderliche Bandbreite pro Kanal ist erheblich geringer.

Während beim Analogfunk das analoge Sprachsignal unmittelbar zur Modulation genutzt wird (die Sprache wird direkt der Trägerwelle aufmoduliert), wird im Digitalfunk das Sprachsignal zunächst über einen Analog-Digital-Wandler (A/D-Wandler) digitalisiert, das heißt in die Zustände Null und Eins umgewandelt. Dieser digitale Datenstrom wird dann der Trägerwelle aufmoduliert. Es liegt die Methode der Phasenmodulation zu Grunde.

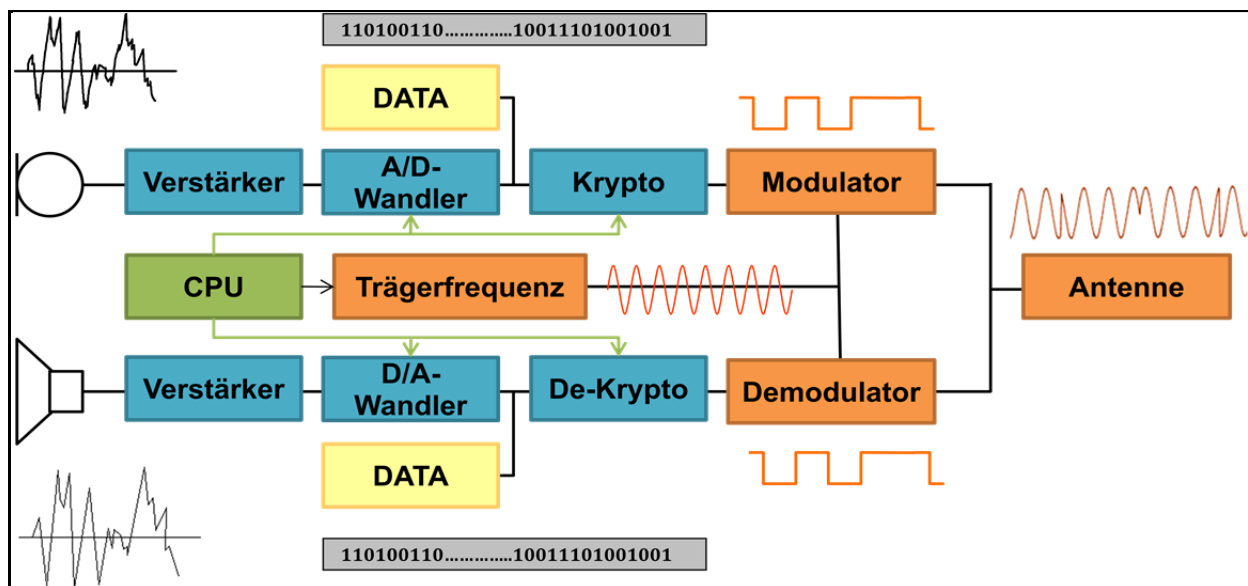


Abbildung 2: Blockschaltbild Digitalfunkgerät

Betrachtet man sich die Modulation von digitalisierter Sprache auf die Trägerfrequenz genauer, dürfen folgende Besonderheiten nicht unerwähnt bleiben:

Zur Digitalisierung des analogen Eingangssignals wird dieses in gleichen Zeitabständen abgetastet und als binäre Zahlenkombinationen zwischengespeichert. Hierbei entsteht je nach Abtastrate eine große Datenmenge. Die Übermittlung dieser abgetasteten Werte übersteigt in der Regel die Leistungsfähigkeit des Digitalfunks.

In diesem Zusammenhang muss erwähnt werden, dass der Digitalfunk in der Regel nur 7,2 kBit/s übertragen kann. 1 Bit entspricht dabei einem Wechsel zwischen Null und Eins.

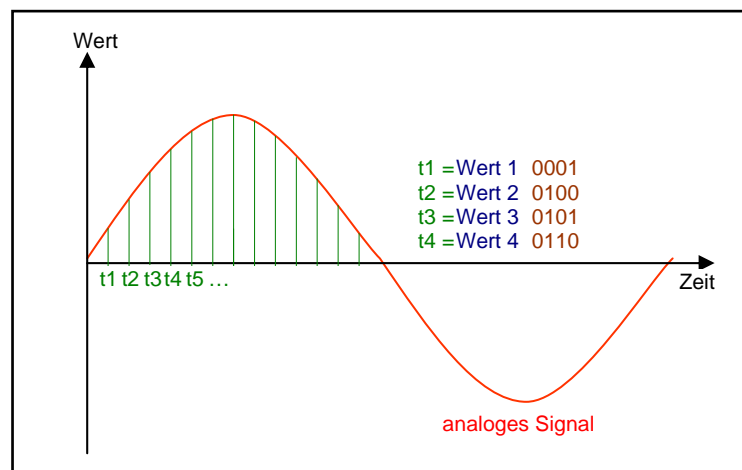


Abbildung 3: Abtastung eines analogen Signals

Grundlagen des Digitalfunks

Um eine Reduzierung der Datenmenge zu erreichen, wird das Eingangssignal mit abgelegten Blöcken von Signalen in einem Nachschlagewerk (Codebuch) verglichen. Bei Übereinstimmung bzw. einer Ähnlichkeit eines Eintrages aus dem Codebuch und dem Eingangssignal, muss nur noch der zugehörige Codebucheintrag-Index übermittelt werden.

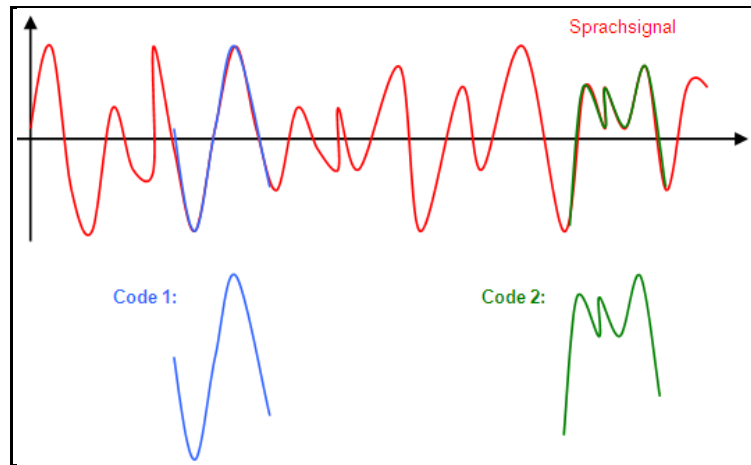


Abbildung 4: Beispiel Codebuch

Die zu übermittelnde Datenmenge ist deutlich geringer als die der abgetasteten Werte. Dieses Verfahren zur Sprachkodierung als „Algebraic Code Excited Linear Prediction“ - kurz **ACELP** - bezeichnet.

Ein günstiger Nebeneffekt des ACELP-Verfahrens ist, dass nur bekannte Sprachteile aus dem Frequenzbereich der menschlichen Sprache übertragen werden. Störende Nebengeräusche von Motoren, Pumpen oder Aggregaten sind nicht im Codebuch abgespeichert und werden nicht übertragen.

Vor der D/A-Wandlung beim Empfänger werden die Daten wieder mit Hilfe des Codebuches zusammengesetzt. Jedoch lässt sich das Eingangssignal nicht verlustfrei wiederherstellen. Bedingt ist dies durch den Ähnlichkeitsvergleich der Kodierung. Dadurch klingt die übermittelte Stimme etwas künstlich.

2.3 Vergleich der Übertragungsqualität im analogen und digitalen Funknetz

Mit zunehmender Reichweite nimmt die Qualität der Übertragung von Nachrichten über Funk ab. Die Störungen überlagern zunehmend die Nachricht und Teile der Nachrichten sind nicht mehr zu verstehen. Dieser Effekt ist insbesondere im analogen Funknetz sehr ausgeprägt. Das Abschalten der Rauschsperrung, die im Normalbetrieb in den Sendepausen die Störgeräusche raus filtert, kann in einer solchen Situation bedingt zum Empfang der nun stark verrauschten Nachricht helfen.

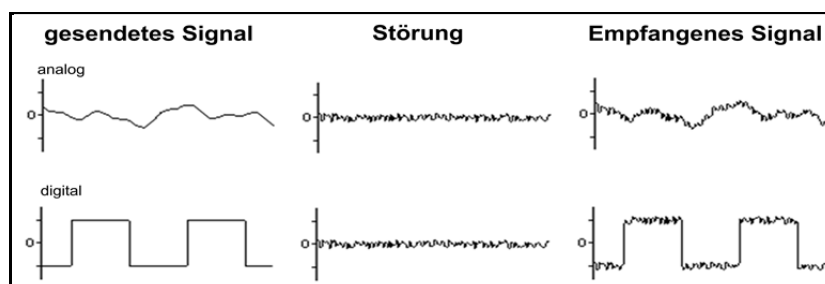


Abbildung 5: Vergleich analoger und digitaler Signale

Grundlagen des Digitalfunks

Im digitalen Funknetz ist die Qualität der Übertragung von Sprache und Daten über die Reichweite zunächst konstant. Dies liegt an der relativ einfachen Übermittlung von lediglich zwei Zuständen: Null und Eins. Hierbei ist der Signalabstand zwischen den Signalen Null und Eins deutlich größer als die Störgeräusche. Ist jedoch bei wachsendem Abstand zu einer Basisstation das Störsignal größer als der Signalabstand zwischen Null und Eins, reißt die Netzverbindung ab und es ist schlagartig keine Verbindung mehr möglich. Ein „bisschen“ Verbindung wie im Analogfunk gibt es im Digitalfunk nicht.

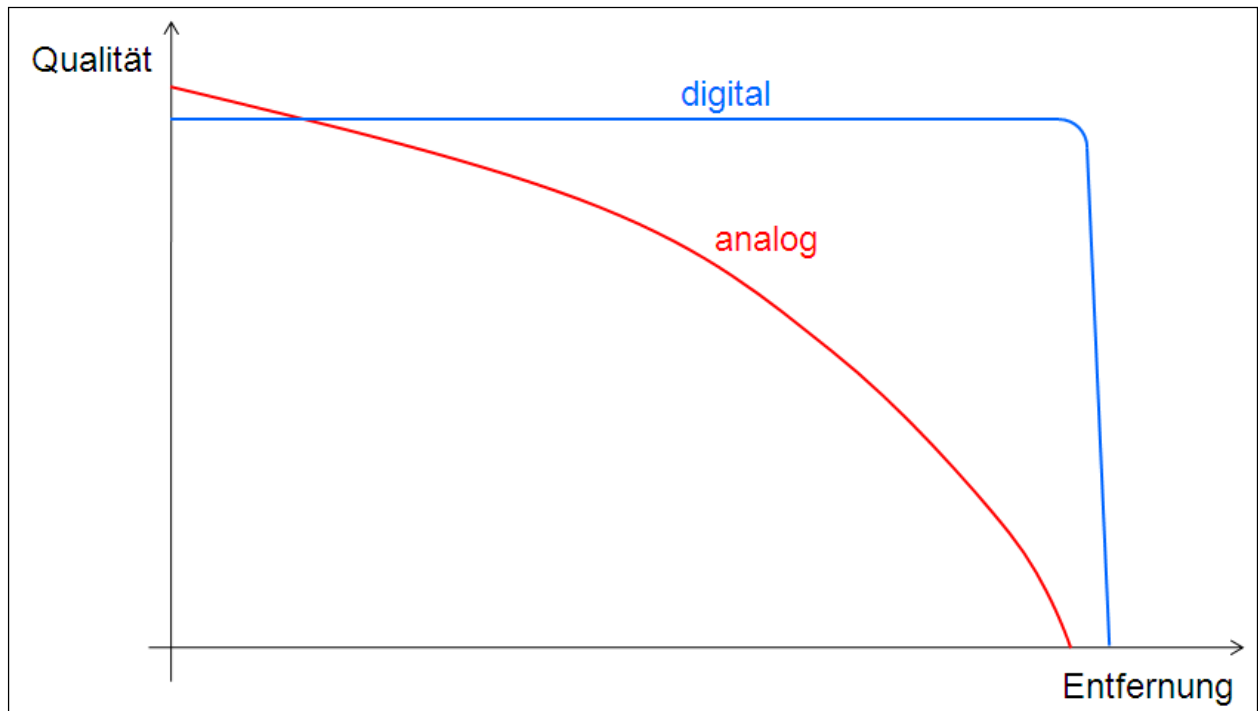


Abbildung 6: Vergleich Übertragungsqualität - analog/digital

Für eine gesicherte, stabile und flächendeckende Funkversorgung im digitalen Funknetz ist eine größere Anzahl von Basisstationen, wie bisher Sendemasten im analogen Funknetz, notwendig.

3 Das digitale Funknetz

3.1 Systembestandteile

Für den Betrieb eines digitalen Funknetzes wird eine Vielzahl von Komponenten benötigt. Die Bezeichnungen unterliegen hier englischen Begriffen. Diese, sowie deren Zusammenhang untereinander, werden im Folgenden dargestellt.

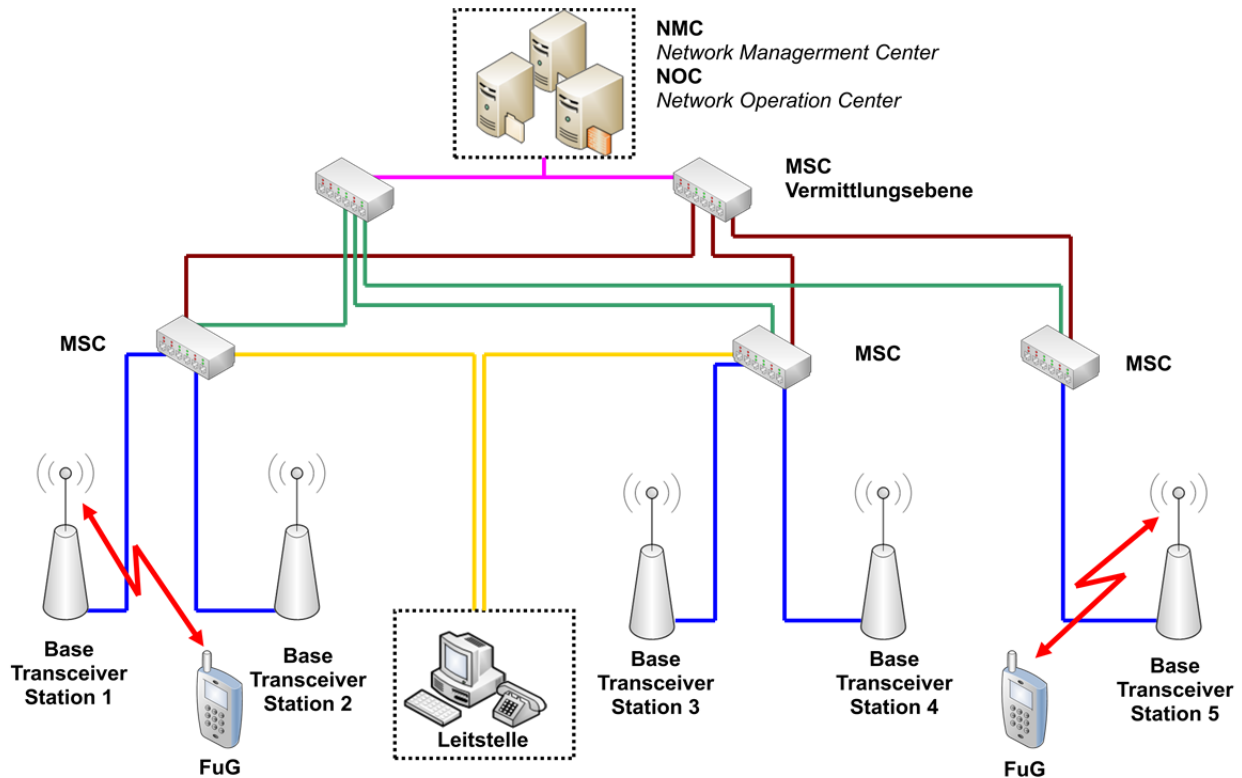


Abbildung 7: Systemskizze – digitales Funknetz

Für die Betrachtung der Systemskizze sind folgende Anmerkungen wichtig:

TETRA25 ist eine ETSI Norm, die unabhängig von verschiedenen Netzanbietern einen einheitlichen Standard fest schreibt. Dieser Standard beschreibt im Grunde die Beschaffenheit der Funkschnittstelle und somit den Teil des Funknetzes, der von den Basisstationen ausgesendet wird. TETRA25 garantiert den Nutzern des Funknetzes, dass alle Endgeräte für TETRA25 (gleich welchen Herstellers) in diesem Netz nutzbar sind.

Alle Systembestandteile bis zu den Basisstationen (siehe Skizze: MSC, NMC,...) sind anbieterspezifisch und können daher gänzlich unterschiedlich ausgeführt sein. Der generelle Aufbau eines digitalen Funknetzes ist aber grundsätzlich einheitlich und kann durch die Systemskizze so dargestellt werden.

3.1.1 Network Management Center (NMC)/Network Operation Center (NOC)

Das Network Management Center kontrolliert das gesamte Netz. Von hier aus wird die Behebung von Netzstörungen gesteuert. Im NMC/NOC werden auch die zentralen Systemdaten zur Spiegelung im Netz vorgehalten.

3.1.2 Base Transceiver Station (BTS)

Die Base Transceiver Station ist für die Abwicklung der eigentlichen Funkverbindung zum Mobilteilnehmer verantwortlich. Die BTS beinhaltet die Sende- und Empfangsanlagen sowie die Antennen. Mehrerer BTS werden von einem so genannten Main Switching Center gesteuert.

3.1.3 Main Switching Center (MSC)

Die Bezeichnung Main Switching Center ist der allgemein üblich verwendete Begriff, einige Hersteller bezeichnen diese Komponente auch als Vermittlungsstelle oder im englischen Begriff „Digital Exchange for TETRA“ (DXT). Die Vermittlungsstellen stellen in ihrem zugehörigen Bereich die Steuerfunktionen sowie die physikalische Verbindung zwischen den Base Transceiver Stations her. Es ist ein Hochleistungsswitch der für Funktionen wie Handover, Zellsteuerung der Sendefrequenzen sowie der Sendeleistung der Base Transceiver Station verantwortlich ist.

3.1.4 Home Data Base (HDB)

Die Home Data Base ist die wichtigste Datenbank, die ständig aktuelle Daten der Nutzer enthält. Diese Daten beinhalten neben den Informationen über den derzeitigen Aufenthaltsort auch den Aktivitätsstatus des Gerätes (Hinweis ob das Gerät eingeschaltet ist oder nicht sowie ob das Gerät zurzeit im Rahmen eines Gespräches aktiv sendet). Jedes neue Gerät muss, bevor es seinen Betrieb im Netz aufnehmen kann, in der Home Data Base gespeichert sein.

3.1.5 Visitor Data Base (VDB)

Die Visitor Data Base ist eine Datenbank die die temporären Informationen über die Mobilfunkgeräte enthält, welche für die Arbeit der Vermittlungsstellen (MSC) erforderlich sind. Ebenso enthält die VDB Informationen zu Geräten aus fremden Netzen. Die VDB ist immer in Verbindung mit dem Main Switching Center zu sehen. Beide hängen unmittelbar zusammen. Wenn ein Mobilteilnehmer in ein neues Main Switching Center eingebucht wird und dabei sein eigenes verlässt, so werden die entsprechenden Daten der vorherigen Visitor Data Base abgefragt. Somit kann das VDB die entsprechenden Schaltungen vornehmen, ohne das zugehörige NMC zu belasten.

3.1.6 Endgeräte

Als Endgeräte werden bei TETRA die Typen HRT, MRT und FRT unterschieden. Dabei steht die Abkürzung RT für Radio Terminal, was so viel wie Funkgerät bedeutet.

Die Buchstaben davor ergänzt das Einsatzgebiet des Funkgerätes:

- HRT → Handheld Radio Terminal (Handsprechfunkgerät)
- MRT → Mobile Radio Terminal (Fahrzeugfunkgerät)
- FRT → Fixed Radio Terminal (stationäres Funkgerät)

Für den deutschen Markt wurde eine Zeitlang ein besonderes Gerät gefordert, welches als F-HRT bezeichnet wird:

- F-HRT → Feuerwehr - Handheld Radio Terminal

Dieses Handsprechfunkgerät sollte speziell auf die Bedürfnisse der Feuerwehr zugeschnitten werden. Die Inflexibilität als Pool-Gerät und der höhere Preis führte zur Abkündigung dieser Endgeräte in Hessen. Das folgende Bild zeigt beide Geräte im Vergleich:



Abbildung 8: Vergleich HRT

Exemplarisch zeigt die folgende Abbildung ein Fahrzeugfunkgerät (MRT). Diese unterscheiden sich grundsätzlich im Bedienteil nicht von einem stationären Funkgerät (FRT).



Abbildung 9: Beispiel MRT - Sepura

3.2 Funktionen der Netzbestandteile im digitalen Funkbetrieb

Jedes Endgerät im digitalen Funknetz hat im System eine weltweit einmalige, individuelle Teilnehmernummer. Diese wird als Individual Short Subscriber Identity (ISSI) bezeichnet und ist ein Teil der TETRA Subscriber Identity. (TSI).



Abbildung 10: TSI / MCC / MNC / SSI

Die TSI ist folgendermaßen aufgebaut. Der MCC bezeichnet das Land, in dem das Netz betrieben wird (z.B. Deutschland - 262). Der MNC kennzeichnet eindeutig das Netzwerk in dem jeweiligen Land (z.B. BDBOS - 1001). In der SSI kann entweder eine ISSI oder eine eindeutige Gruppennummer (GSSI) enthalten sein. Somit lassen sich zum Beispiel in einem bestimmten Netz eine Anzahl von 2^{24} (~16,8 Millionen) Endgeräten oder Gruppen eindeutig adressieren.

Die Gruppenbildung ist ein wesentliches Merkmal des TETRA-Funksystems. Dabei werden mehrere Gesprächsteilnehmer organisatorisch im Netz über die GSSI zusammengeschaltet. Alle Gruppenteilnehmer können in derselben Gruppe unabhängig von anderen Gruppen miteinander kommunizieren. Die Berechtigung für eine Gruppe kann in das Funkgerät einprogrammiert sein oder über die Luftschnittstelle zugewiesen und entzogen werden.

Beim Einschalten des Funkgerätes werden vom Funkgerät die Basisstationen gesucht. Findet das Funkgerät mindestens eine Basisstation, bucht es sich bei dieser ein. Empfängt das Gerät die Signale mehrerer Basisstationen, so bucht es sich bei derjenigen ein, die ihm das stärkste Signal zur Verfügung stellt.

Voraussetzung für das Einbuchen im System ist jedoch, dass das Funkgerät unter seiner Teilnehmernummer (ISSI) in der Home Data Base (HDB) registriert ist. Wenn dem so ist, wird das Einbuchen des Gerätes in der Visitor Data Base (VDB) protokolliert und der Datensatz temporär in der VDB abgelegt.

Ist jedoch das Funkgerät in der HDB nicht registriert, erfolgt nach einer Prüfung über das NOC die Registrierung in der Visitor Data Base (VDB). Die Visitor Data Base enthält dann temporäre Informationen über das Mobilfunkgerät. Das Einbuchen des Gerätes im System wird schließlich in der VDB protokolliert.

Die Aufgabe der Registrierung von Endgeräten in der HDB (z.B. nach Neuanschaffungen) soll von den Leitstellen übernommen werden. Die allgemeine Registrierung eines Funkgerätes im Netz hat keinen Einfluss auf die Zugehörigkeit zu einer Gruppe.

Das Herz eines digitalen Funknetzes ist das Mobile Switching Center (MSC). Hier werden alle Verbindungen hergestellt (geschaltet; engl. schalten = switch). Die

Grundlagen des Digitalfunks

Schaltungen (switches) erstrecken sich hierbei auf Verbindungen zwischen einem Funkgerät zu einem anderen Funkgerät, welche sich in dem Bereich verschiedener Basisstationen aufhalten. Das MSC ist ausschlaggebend für die Leistungsfähigkeit eines Digitalen Funknetzes.

Ein prinzipieller funktechnischer Einsatzablauf wäre wie folgt denkbar:

Der Einsatzbearbeiter in der Leitstelle eröffnet mit Notrufannahme einen Einsatz. Diesem Einsatz ordnet er nach Vorschlag des Einsatzleitrechners (ELR) Einsatzmittel zu und alarmiert diese. Automatisch wird mit Eröffnen des Einsatzes eine funktechnische Gruppe für diesen Einsatz angelegt.

Schalten die Einsatzmittel (Fahrzeuge) ihre Funkgeräte ein, buchen sie sich automatisch im Netz und gleichzeitig in der für ihren Einsatz angelegten Gruppe ein. Innerhalb einer Gruppe hört jeder jeden, es handelt sich somit um klassischen Kreisverkehr.

Das allgemeine Mithören ist im digitalen Funknetz durch die einsatzspezifische Gruppenbildung nicht mehr möglich!

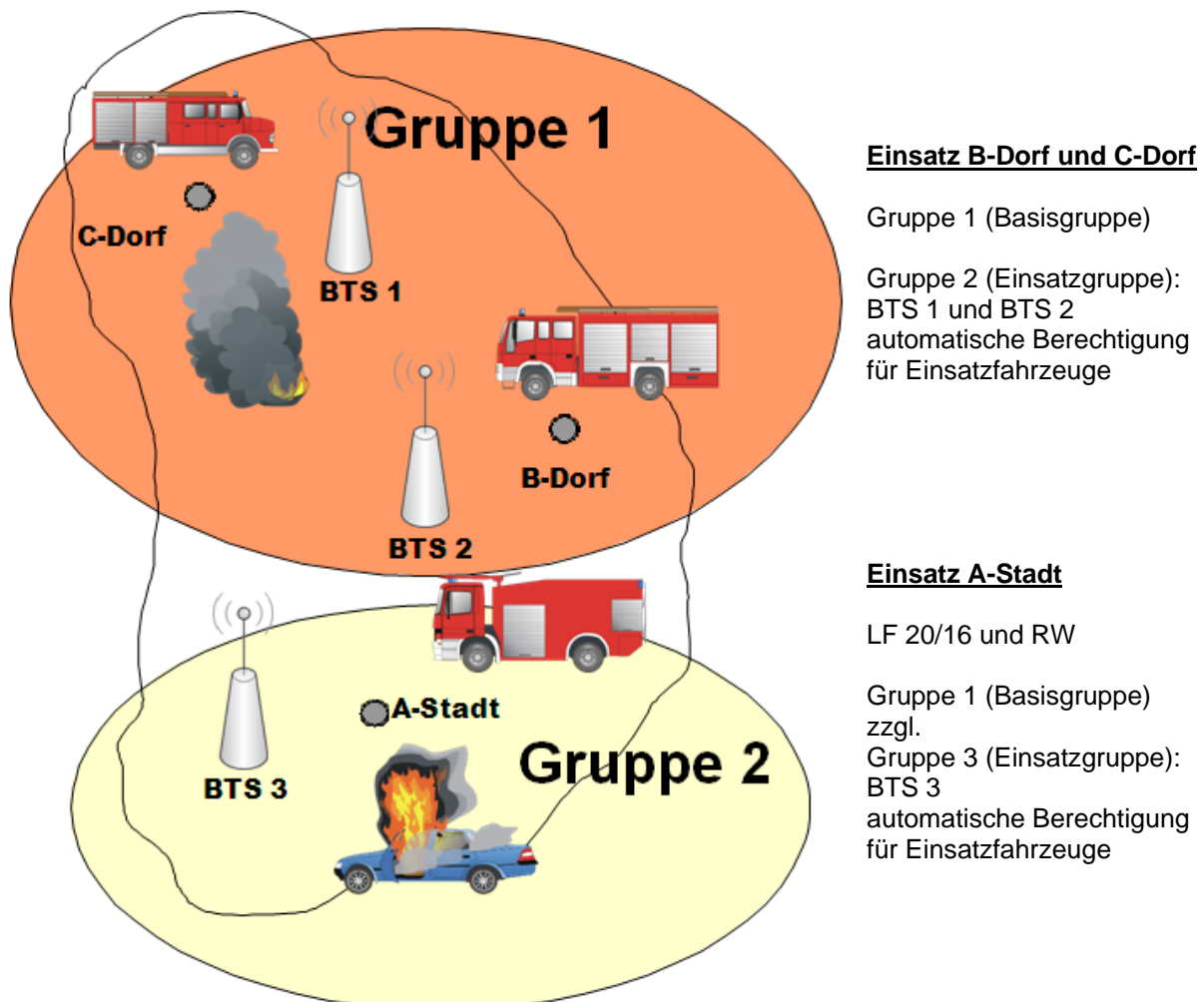


Abbildung 11: dynamische Gruppenbildung

Die funktechnische Bedienung von Einsätzen innerhalb der Leitstelle wird sich mit Einführung des digitalen Funknetzes dahingehend ändern, dass an den Arbeitsplätzen der Einsatzbearbeiter eine neue Maske zur Verwaltung von Gruppen eingerichtet wird.

Grundlagen des Digitalfunks

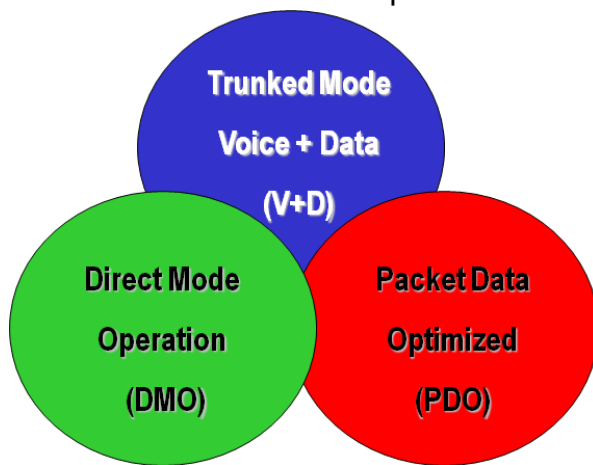
Mit Eröffnung eines Einsatzes im Einsatzleitrechner wird aus einem Pool von Gruppen im Netz eine Gruppe automatisch zugewiesen. Zu jeder Zeit wird der Disponent manuell Änderungen bzw. Zuordnungen über die Gruppenverwaltungsmaske vornehmen können (vergl. im ELR die Funktion des Einsatzmittelvorschlages aufgrund eingegebener Parameter und der weiterhin möglichen manuellen Zuweisung von Einsatzmitteln durch den Einsatzbearbeiter).

Während und außerhalb von Einsätzen steht allen Einheiten eine Basisgruppe zur Verfügung. Diese ist vergleichbar mit dem heutigen Betriebskanal. Somit kann jedes Endgerät im Einsatzfall mindestens zwischen zwei Gruppen wählen. Dies wären die „Basisgruppe“ und eine einsatzspezifische Gruppe.

Bestimmte Funktionsträger werden über den Wahlschalter am Endgerät zwischen einer Vielzahl von zugewiesenen Gruppen wählen können. Diese können sie dann gezielt nach Informationsbedarf auswählen und gegebenenfalls am jeweiligen Funkverkehr teilnehmen.

4 TETRA Dienste

In der TETRA Spezifikation wurden drei wichtige TETRA-Dienste festgelegt. Diese wurden alle von der ETSI spezifiziert.



- Voice plus Data (V+D), leitungsvermittelte Sprach- und Datenkommunikation,
- Packet Data Optimized (PDO), Datenkommunikation, basierend auf Paketdatenvermittlung,
- Direct Mode (DMO) für Simplex Sprachübertragung zwischen zwei Endgeräten ohne Unterstützung durch ein Netz.

Abbildung 12: TETRA Dienste

4.1 Der Standard – Funkbetrieb im Trunked Mode

Die Verbindung zwischen Endgeräten (Funkgeräten) und Basisstation ist auf zwei getrennte Bänder für Uplink und Downlink aufgeteilt (Frequenzduplex oder Frequency Division Duplex). Für die BOS sind dies der Bereich von 380 bis 385 MHz für den Uplink, sowie 390 bis 395 MHz für den Downlink.

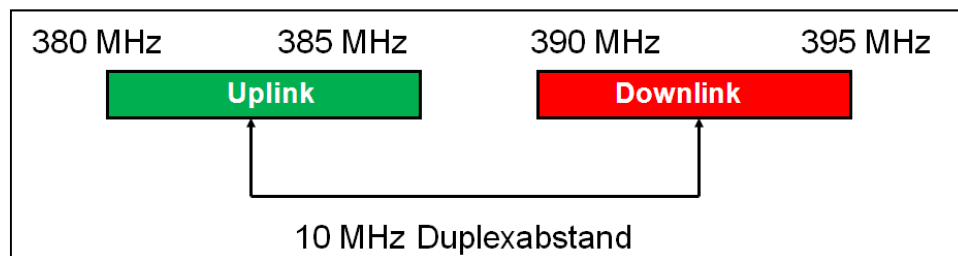


Abbildung 13: Uplink & Downlink Frequenzen BOS

Der Uplink bezeichnet die Richtung vom Endgeräte zur Basisstation und der Downlink die Strecke von der Basisstation zum Endgerät. Somit sendet ein Endgerät auf der tieferen Frequenz (Uplink) und empfängt auf der höheren Frequenz (Downlink) eines Kanalpaars.

Zudem wird jeder physikalische Kanal in vier logische Kanäle (Zeitschlitz) aufgeteilt. Die Kanal-Bandbreite beträgt bei TETRA25 25 kHz. Die Frequenz-Ressourcen können somit besser ausgenutzt werden. Das der Aufteilung eines Kanals in vier Zeitschlitz zu Grunde liegende Verfahren nennt sich Zeitschlitzverfahren.

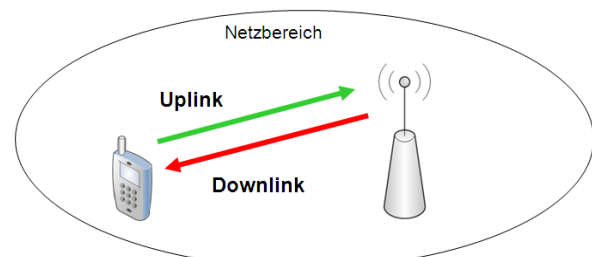


Abbildung 14: Uplink & Downlink

Damit kontinuierlich Sprache in einen dieser vier Zeitschlitzte passt, muss diese über einen speziellen Sprach-Codec komprimiert werden. Der Sprach-Codec kodiert und komprimiert die Sprache aus Paketen von 60 ms Länge. Nach dieser Encodierung passt die Datenmenge von 60 ms Sprache in einen Zeitschlitz von 14 ms und kann übertragen werden.

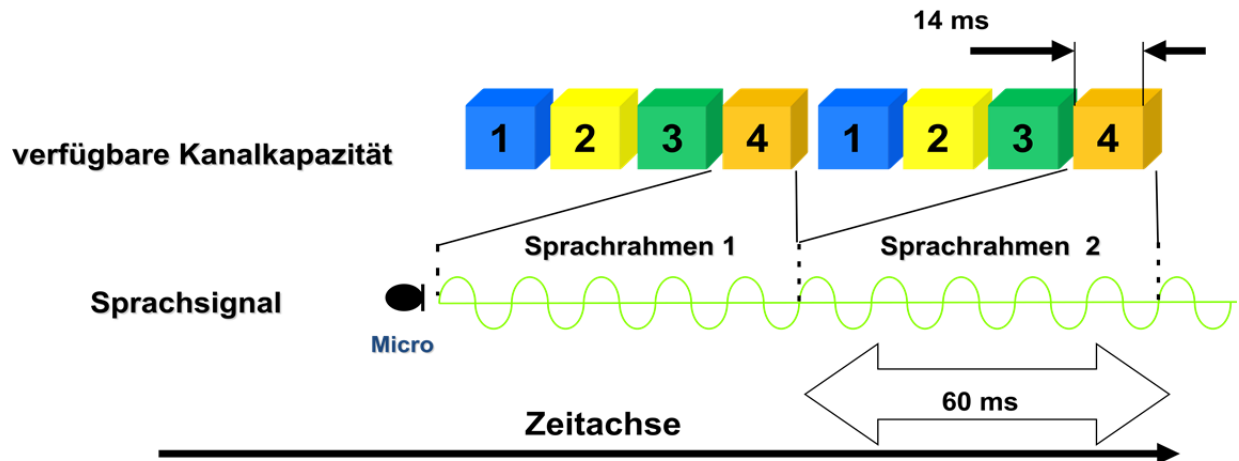


Abbildung 15: Zeitschlitzte

Das Zusammenpacken der Sprache wird technisch im Radio Terminal (RT – hier als Sammelbegriff für HRT, FRT und MRT verwendet) kurz hinter dem A/D-Wandler umgesetzt. Die Einstellungen für das Packen müssen genau zusammen passen, damit die einzelnen Zeitschlitzte sich nicht überlagern und dadurch stören.

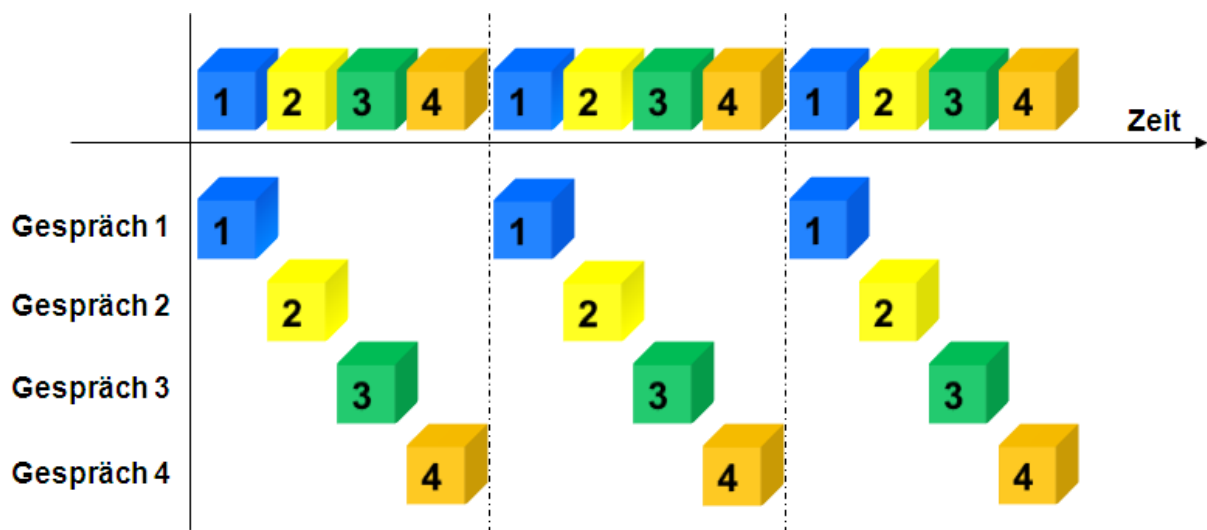


Abbildung 16: Zeitschlitzverfahren

Um die Synchronisation der Zeitschlitzte aufrecht zu erhalten, ist bedingt durch die Laufzeiten der Signale, der Abstand des Teilnehmers zur Basisstation von Bedeutung. Ausschlaggebend für den geographischen Bereich, der von einer Basisstation funktechnisch abgedeckt wird (Zellgröße) ist daher nicht die verfügbare Sendeleistung der Basisstation, sondern die maximal zulässige Verzögerung.

4.1.1 TMO Betriebsarten

In der Standardbetriebsart TMO existieren insgesamt drei Betriebsarten:

- Einzelruf
- Zielruf
- Gruppenruf

4.1.1.1 Einzelruf

Bei der Nutzung des Einzelrufes wird ein gezielter Gesprächsaufbau zu genau einem Endgerät initiiert. Dazu wird vor dem Betätigen der Sprechaste am Endgerät eine Zielnummer eingegeben. Das Gespräch wird zwischen zwei Teilnehmern in Halb-Duplex abgewickelt, vergleichbar der Verkehrsart Wechselverkehr. Der Einzelruf ist unabhängig zur derzeit eingestellten Gruppe im Endgerät, bedarf jedoch der Berechtigung im Netz.

4.1.1.2 Zielruf

Der Zielruf ist vergleichbar mit der Telefonie. Auch hierbei wird ein gezielter Gesprächsaufbau zu genau einem Teilnehmer initiiert. Dazu wird vor dem Betätigen der Wahlaste (z.B. grünes Hörersymbol) am Endgerät eine Zielnummer eingegeben. Das Gespräch wird zwischen zwei Endgeräten in Voll-Duplex abgewickelt, vergleichbar der Verkehrsart Gegenverkehr. Der Zielruf ist ebenfalls unabhängig der eingestellten Gruppe im Endgerät, bedarf jedoch der Berechtigung im Netz. Der Zielruf sollte die Ausnahme darstellen, da dieser in dem Bereich einer Basisstation gleich zwei Zeitschlitzte bindet.

4.1.1.3 Gruppenruf

Der Gruppenruf bleibt auch im Digitalfunk die Standardbetriebsart. Ein Teilnehmer spricht und alle Teilnehmer der zugehörigen Gruppe hören diesen. Der Gruppenruf wird im klassischen Wechselverkehr geführt. Eine reibungslose Kommunikation ist auch hier nur durch das Einhalten der Funkdisziplin möglich.

4.1.2 Gruppe “Anforderungen an das Netz” (GAN)

Bund und Länder verfolgen das Ziel, gemeinsam ein Digitalfunknetz aufzubauen. So wurde eine länderübergreifende Expertengruppe gebildet, welche Mindeststandards im neuen Digitalfunknetz definiert haben.

Für die Einrichtung des digitalen Funknetzes in Deutschland sieht man bei den aktuellen Planungen nach GAN für Flächenregionen die Einrichtung von 8 und in Städten die Einrichtung von 16 Gesprächskanälen als Mindestausstattung vor. Tatsächlich zur Verfügung stehen für Gespräche jedoch nur 7 und 15, da jeweils ein Gesprächskanal für die Organisation und das Übersenden von systemspezifischen Daten (z.B. das Einbuchten von Funkgeräten am HDB oder VDB, Alarmierung) benötigt wird.

Weiterhin wurden GAN-Kategorien festgelegt. Diese Kategorien definieren die Netzgüte, welche abhängig von der Basisstationsdichte ist. Die nachstehende Übersicht zeigt alle verfügbaren Kategorien.

Kategorie 0	Fahrzeugfunkversorgung gewährleistet
Kategorie 1	Handsprechfunkversorgung in der Freifläche in Kopftrageweise
Kategorie 2	Handsprechfunkversorgung in der Freifläche in Gürteltrageweise
Kategorie 3	Handsprechfunkversorgung in Gebäuden in Kopftrageweise
Kategorie 4	Handsprechfunkversorgung in Gebäuden in Gürteltrageweise

Abbildung 17: GAN Kategorien

Zudem existiert die Bezeichnung „GAN+“. Hierbei handelt es sich um länderspezifische Standards. Hinter dem „+“ kann sich in jedem Bundesland ein anderer Zusatz verbergen. Da in Hessen auch im TETRA-Netz alarmiert wird, bedeutet das „+“ unter anderem eine weitgehendste Funkversorgung in der GAN Kategorie 4. Dabei ergibt sich für Hessen nach derzeitiger Funkplanung nachstehende Kategorienverteilung.

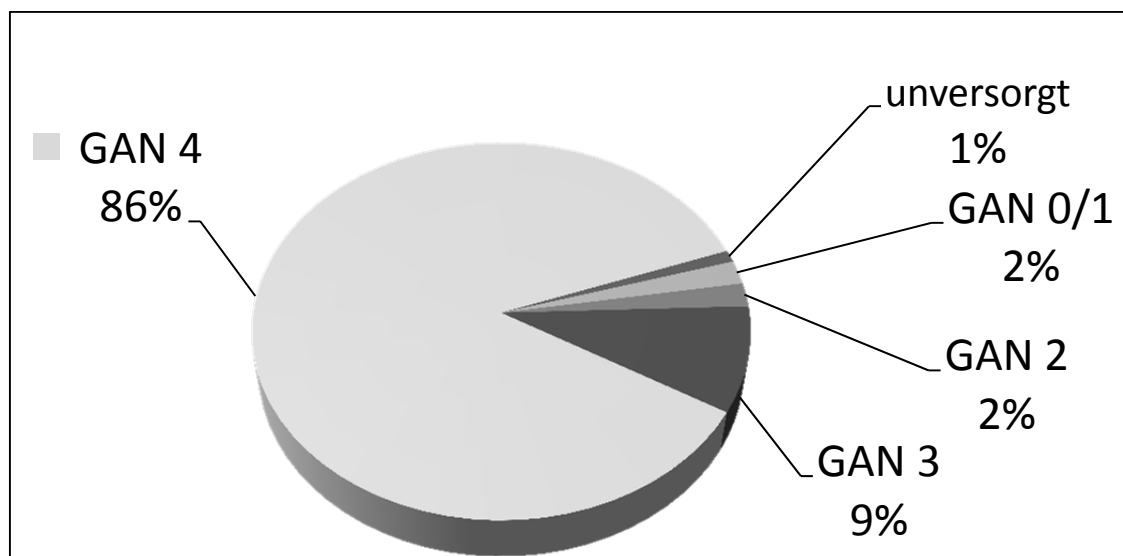


Abbildung 18: Funkversorgung Hessen (Planung)

4.1.3 Funktionsweise

Die Funktionsweise der Basisstationen hinsichtlich des Zeitschlitzverfahrens sieht wie folgt aus:

Jede Basisstation sendet und empfängt mindestens auf einem eigenen Frequenzpaar. Diese Frequenzen werden von der Basisstation jeweils in vier Zeitschlitzte aufgeteilt. Die Zuteilung der Zeitschlitzte erfolgt durch die Basisstation und ist vom Endgerät nicht beeinflussbar. Bei gleichzeitiger Nutzung aller vier Zeitschlitzte sind vier unabhängige Gespräche auf einem Frequenzpaar möglich.

Grundlagen des Digitalfunks

4.1.3.1 Beispiel 1

Fahrzeug A möchte mit Fahrzeug B kommunizieren. Beide sind im Bereich der Basisstation 1, diese arbeitet auf dem Frequenzpaar N° 13. Die Basisstation teilt jede Frequenz in vier Zeitschlitz ein. Beim Senden von A nach B belegt die Basisstation 1 einen freien Zeitschlitz (hier Zeitschlitz 1) im Uplink und Downlink und übermittelt die Nachricht an Fahrzeug B.

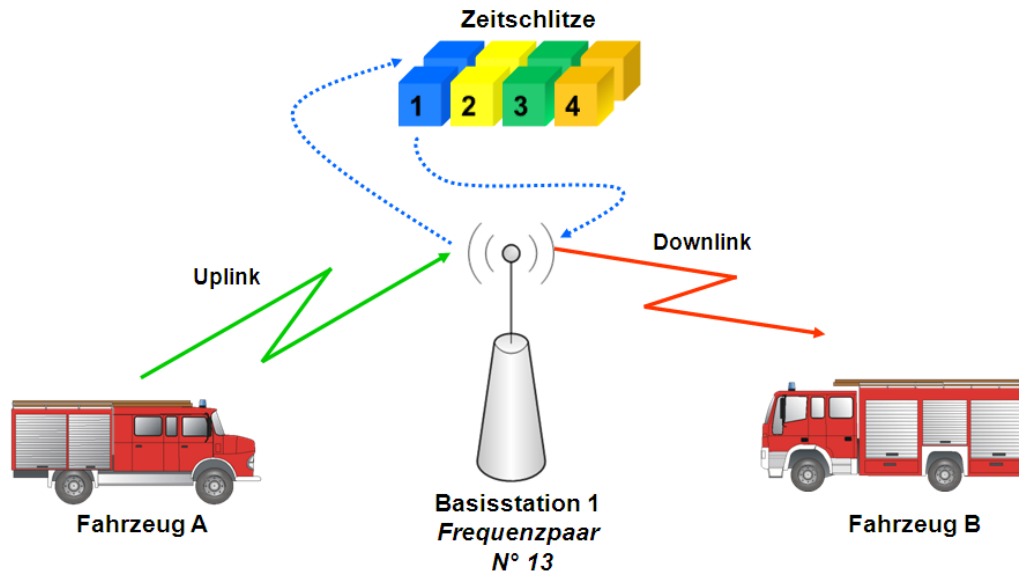


Abbildung 19: Beispiel eines Funkgesprächs unter Einbeziehung einer Basisstation

4.1.3.2 Beispiel 2

Möchte Fahrzeug A mit Fahrzeug C kommunizieren, ist der Übertragungsweg jetzt ein anderer, denn Fahrzeug C befindet sich im Bereich der Basisstation 2, die auf dem Frequenzpaar N° 25 sendet und empfängt.

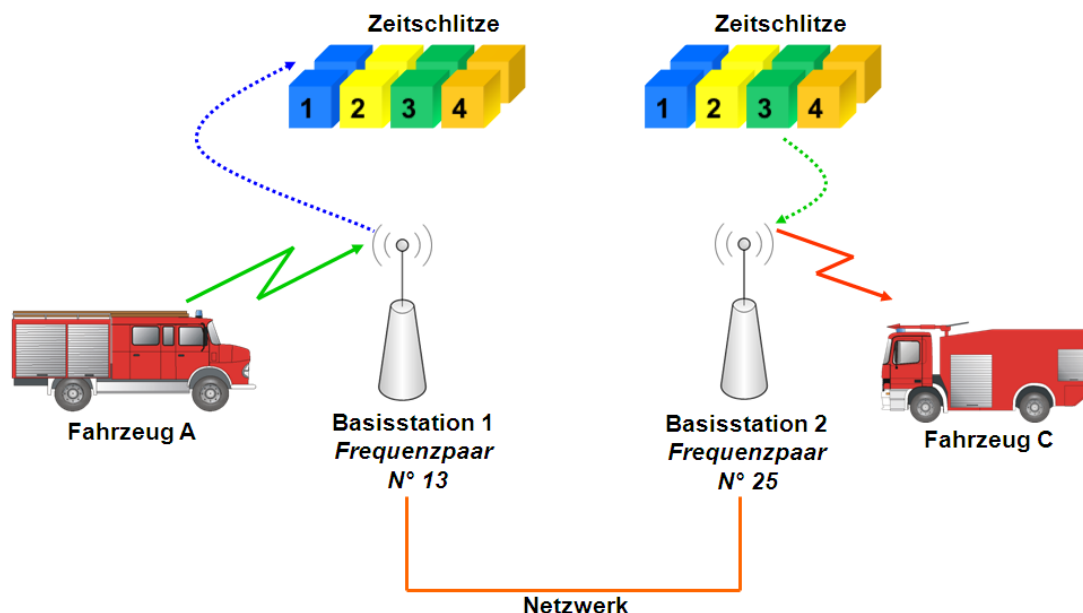


Abbildung 20: Beispiel eines Funkgesprächs unter Einbeziehung von zwei Basisstationen

Das Signal von Fahrzeug A wird im Bereich der Basisstation 1 auf dem freien Zeitschlitz 1 im Uplink empfangen. Das System erkennt über die HDB, dass sich das Fahrzeug C im Bereich der Basisstation 2 befindet. Das Signal der Basisstation 1 wird nun über die Netz via Funk- oder Drahtverbindung an die Basisstation 2 gesendet. Diese prüft für

ihren Bereich, welcher Zeitschlitz frei ist (hier: Zeitschlitz 3) und sendet das von Basisstation 1 empfangene Signal auf ihrer Frequenz des Downlinks in ihrem freien Zeitschlitz an Fahrzeug C aus.

4.2 Der Funkbetrieb ohne Basisstation (Direct Mode Operation)

Eine Besonderheit im digitalen Funknetz ist die mögliche Kommunikation auch ohne Bezug zu einer Basisstation. Diese Betriebsart nennt man Direct Mode Operation (DMO).

Um die Frequenzzuteilung, sowie die Synchronisation der Zeitschlitzze auch ohne eine Basisstation im DMO zu gewährleisten, übernimmt eines der an der Kommunikation beteiligten Funkgeräte diese Aufgabe. Dieses Gerät nennt sich im DMO MASTER (Meister). Alle anderen an der Kommunikation beteiligten Geräte sind SLAVES (Sklaven/Diener). Die Funktion des MASTERS übernimmt das Funkgerät, bei dem die Sendetaste gedrückt wird.

Voraussetzung für das Arbeiten im DMO ist, dass alle im DMO zu betreibenden Funkgeräte manuell in den „Direct Mode“ und denselben Kanal umgeschaltet wurden. Der „Direct Mode“ ist in der Netzspezifikation als eine Art „Notbetrieb“ beschrieben. Er kann jedoch auch im täglichen Betrieb genutzt werden, wenn keine ausreichende Netzversorgung vorliegt.

Die Nutzung des Zeitschlitzverfahrens im DMO funktioniert genauso, wie bereits im Trunked Mode Operation (TMO) beschrieben. Um im DMO Synchronisationsfehler und somit Überlagerungen von Signalen zu vermeiden, werden jedoch von vier Zeitschlitzten nur die Zeitschlitzte 1 und 3 genutzt.

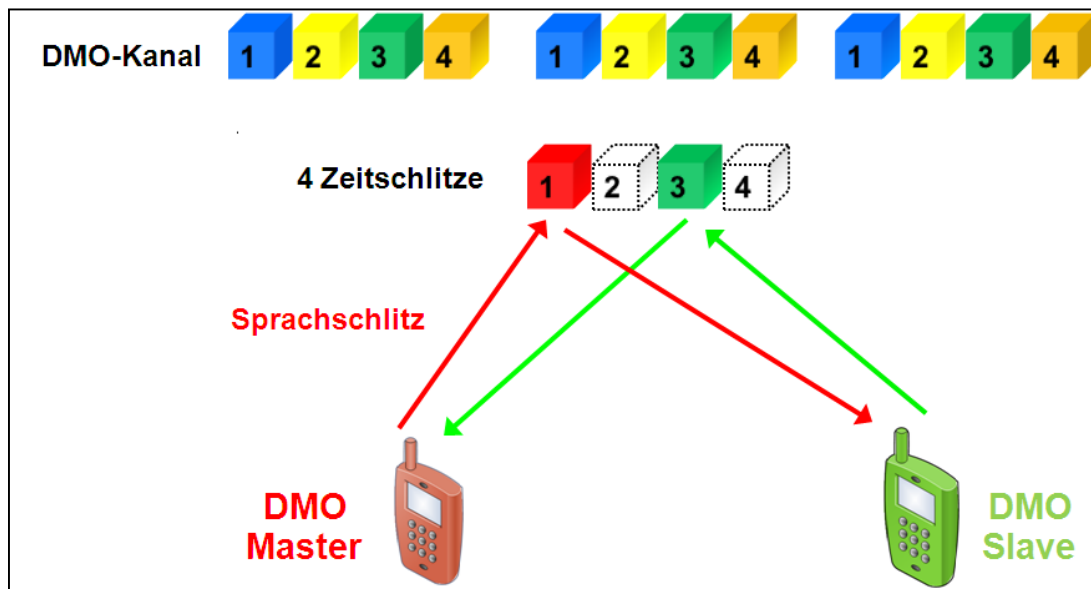


Abbildung 21: Beispiel eines Funkgesprächs im Direct Mode (ohne Basisstation)

Die Zeitschlitz 2 und 4 dienen im DMO als Puffer. Diese Puffer sind notwendig, da ein mobiles Funkgerät technisch nicht die vollständigen Leistungsmerkmale einer Basisstation aufbringen kann. Zeitschlitz 3 wird als Bevorrechtigungskanal, z.B. für Notrufmeldungen, freigehalten.

Im „Frequency Efficient Mode“ werden für eine weitere DMO-Verbindung die Zeitschlitz 2 und 4 genutzt. Dieser Modus kann in Zukunft von Endgeräten unterstützt werden. Derzeit gibt es für diese Betriebsart noch keine geeigneten Endgeräte.

4.2.1 DMO Standard Betriebsarten

In der Rückfallebene DMO existiert eine Vielzahl von Betriebsarten, welche meistens Netzfunktionen des TMO nachbildet und somit ein fehlendes Netz kompensieren soll. Die wesentlichen Grund-Betriebsarten bilden der Einzel- und der Gruppenruf.

4.2.1.1 Einzelruf

Auch im DMO ist die Nutzung des Einzelrufes möglich. Dazu wird auch hier vor dem Betätigen der Sprechaste am Endgerät die Zielnummer des Gesprächspartners eingegeben. Das Gespräch wird zwischen den zwei Teilnehmern in Halb-Duplex (Wechselsprechen) abgewickelt. Der Einzelruf sollte im DMO nur die Ausnahme darstellen oder sogar gänzlich unterlassen werden. Dieser Einzelruf belegt die genutzte DMO-Gruppe und es ist keine weitere Kommunikation der anderen DMO-Gruppenmitglieder untereinander möglich.

4.2.1.2 Gruppenruf

Der Gruppenruf ist im DMO-Betrieb die Standard-Betriebsart. Ein Teilnehmer spricht und alle Teilnehmer der zugehörigen DMO-Gruppe im Empfangsbereich können das Gespräch empfangen.

4.3 Sonderlösungen für den DMO Betrieb

Da im DMO-Betrieb wichtige Netz-Funktionen fehlen, können diese durch besondere Komponenten nachgebildet werden. Diese Funktionserweiterungen sind meist durch eine kostenpflichtige Lizenz in den Endgeräten aktivierbar.

4.3.1 DMO-Repeater

Repeater sind in ihrer Funktion mit den 4-m-Band-Relaisstellen im klassischen Analogfunk vergleichbar. Wie diese dienen sie der Reichweitenvergrößerung beim netzunabhängigen direkten Funkverkehr zwischen zwei oder mehreren Funkanlagen. Wie im analogen 4-m-Band handelt es sich hierbei in der Regel um entsprechend ausgerüstete Fahrzeugfunkgeräte. Um die gewünschte Reichweitenvergrößerung zu erzielen, muss ein Repeater über leistungsfähige Antennen mit hohem Antennenstandort sowie eine ausreichende Sendeleistung verfügen. Diese Leistungsmerkmale sind vornehmlich bei Fahrzeugfunkgeräten zu finden.

Alle Daten aus den ankommenden Zeitschlitzten werden im Repeater entpackt und fehlerkorrigiert. Anschließend werden die bereinigten Daten wieder gepackt und zwei Zeitschlitzte später ausgesendet.

Das Vorhandensein eines Repeaters im Empfangsbereich kann von Endgeräten automatisch erkannt werden. Unterschieden werden die Repeatertypen 1A und 1B.

4.3.1.1 DMO 1A-Repeater

Typ 1A nutzt einen DMO-Kanal, somit nur eine Frequenz. Hierbei werden zwei Zeitschlitz (Master-Slot und Slave-Slot) als Up- und Downlink genutzt.

Folgende Abbildungen zeigen die Arbeitsweise. Dabei zeigt das linke Bild einen Standardruf und das rechte Bild die Bevorzugung (Notruf).

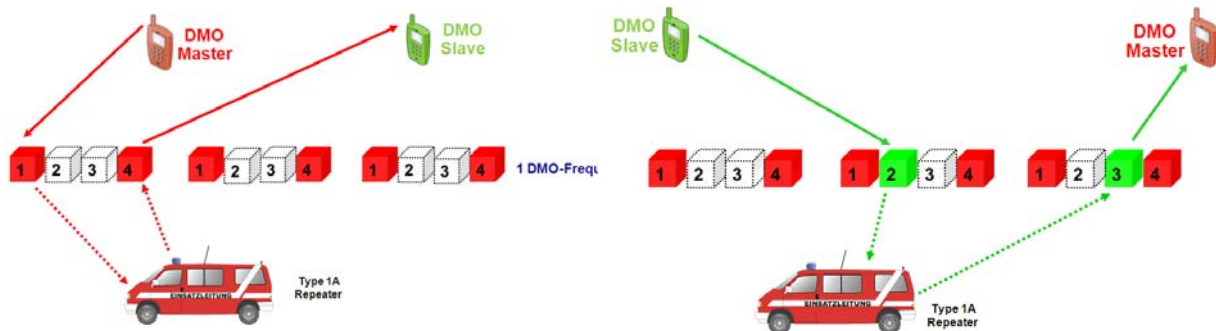


Abbildung 22: DMO 1A-Repeater

4.3.1.2 DMO 1B-Repeater

Die Variante 1B benötigt zwei DMO-Kanäle, jeweils einen für die Verbindung zwischen Master und Repeater sowie zwischen Repeater und Slave. Der Typ 1B Repeater ist dadurch störunanfällig.

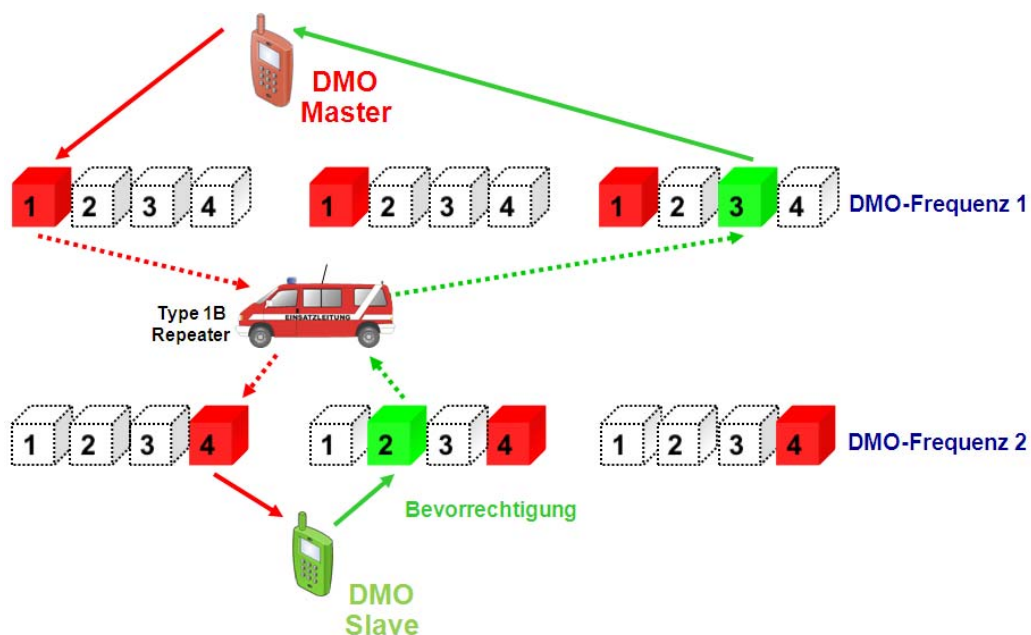


Abbildung 23: DMO 1B-Repeater

4.3.2 DMO-Gateway

Über ein Gateway-Funkgerät ist zum Beispiel eine Kommunikation mit der Leitstelle von einem Punkt aus möglich, von dem es keine TMO-Verbindung gibt.

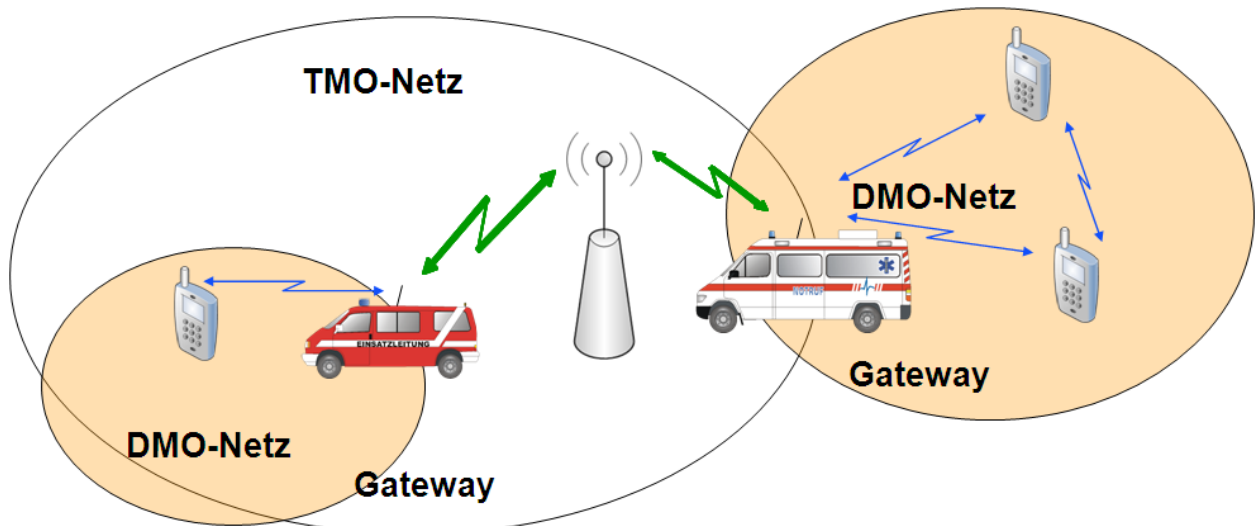


Abbildung 24: DMO Gateway

In der analogen Technik ist dies mit einer Überleiteinrichtung (ÜLE) vergleichbar.

5 Alarmierung

Ein außerordentlich wichtiges Leistungsmerkmal insbesondere für die ehrenamtlichen Angehörigen der nichtpolizeilichen BOS stellt die Alarmierung dar. Der größte Teil der Einsatzkräfte die in der nichtpolizeilichen BOS in Deutschland zur Verfügung stehen, setzt sich aus Personal zusammen, welches nicht ständig einsatzbereit vorgehalten werden kann, sondern im Einsatzfall zunächst alarmiert werden muss, um dann an zentralen Punkten gesammelt zum Einsatz zu fahren. Ohne ein leistungsfähiges Alarmierungsmedium steht die Einsatzbereitschaft des weitaus größten Teils der nichtpolizeilichen BOS in Frage. Derzeit werden für die Alarmierung dieses Personenkreises verschiedene Systeme eingesetzt, die im nachfolgenden Kapitel näher erläutert werden. Bei der Entwicklung des TETRA-Standards wurde auf die Implementierung einer leistungsfähigen Alarmierungskomponente leider verzichtet.

Es wurde daher auf der Basis ein entsprechendes Alarmierungskonzept entwickelt. Bei der Beurteilung der Leistungsfähigkeit einer Alarmierungslösung auf der Grundlage des SDS-Protokolls muss berücksichtigt werden, dass zum einen das SDS-System intern in TETRA für die Übertragung von Statusinformationen genutzt wird. Darüber hinaus nutzen SDS-Nachrichten freie, d. h. unbenutzte Ressourcen des Organisationskanals. Stehen diese, aus welchen Gründen auch immer, nicht zur Verfügung, erfolgt keine oder eine verzögerte Übertragung von externen SDS-Nachrichten.

Die TETRA-Alarmierung ist nicht mit Digitaler Alarmierung zu verwechseln. Letztere findet auf analogen 2-m-Kanälen statt und ermöglicht die Übertragung von Textnachrichten zu Digitalen Meldeempfängern (DME). Dies hat jedoch nichts mit TETRA zu tun, sondern erfolgt über das POCSAG¹-Protokoll.

5.1 Ist-Stand

Derzeit verwenden die Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben, insbesondere im Bereich der ehrenamtlichen Kräfte, unterschiedliche Alarmierungsmethoden.

In erster Linie eingesetzt werden:

- die Fünf-Ton-Alarmierung im 4-m-Band auf dem jeweiligen Betriebskanal,
- die so genannte Digitale Alarmierung auf besonderen Kanälen des 2-m-BOS-Bandes.

Darüber hinaus werden im kleineren Umfang verschiedene andere Verfahren eingesetzt:

- kommerzielle Pagingsysteme wie z. B. e*message / e*BOS oder ähnliche,
- Alarmierung über das GSM-Mobilfunknetz unter Nutzung der SMS-Funktionalität,
- sowie sonstige teilweise Netz gebundene Alarmierungssysteme.

Bei der Fünf-Ton-Alarmierung wird über den Sprachkanal eine Folge von fünf Tönen ausgesendet, die von einer entsprechenden Empfangseinrichtung ausgewertet werden können. Über unterschiedliche Tonfrequenzen können die Ziffern von 0 bis 9 dargestellt werden. Systembedingt lassen sich mit diesem Verfahren nur maximal 99999 unterschiedliche Signale (Rufnummern oder Schleifen) kodieren. Da bei diesem Verfahren zur Übertragung der normale Sprechfunkkanal verwendet wird, erfolgt die

¹ Abkürzung für „Post Office Code Standard Advisory Group“

Übermittlung der eigentlichen Alarmnachricht in Form von Sprache der Durchsage des Disponenten.

In der Regel werden für die Alarmierung die ebenfalls für die Abwicklung des Funkverkehrs vorgehaltenen BOS-Betriebskanäle verwendet. Aufgrund dieser Tatsache besteht bei diesem Verfahren auch die Möglichkeit je nach verwendetem Typ von Alarmempfänger, den Funkverkehr mitzuhören. Mit einfachsten Mitteln ist sogar das Wiedereinspielen einer Alarmierung und damit das Stören möglich, wie die Erfahrungen der vergangenen Jahre gezeigt haben.

Bei der digitalen Alarmierung werden unter Verwendung eines nur für diese Zwecke vorgesehenen 2-m-BOS-Funkkanals die Alarmmeldungen in digital kodierter Form mittels des so genannten POCSAG-Verfahrens als alphanumerische Textnachricht übertragen. Dieses Verfahren verwendet auch die Technik des ehemaligen Cityruf-Systems der Telekom, es unterscheidet sich aber in einem wesentlichen Punkt von dem oben genannten 5-Tonfolge-System.

Bei der Digitalen Alarmierung ist die maximale Länge eines Datenpaketes auf 240 Zeichen begrenzt. Da die Digitale Alarmierung ausschließlich zur Information der Einsatzkräfte über einen anstehenden Einsatz inklusive einer Kurzinformation besteht, ist die zur Verfügung stehende Paketgröße durchaus ausreichend. Zudem würde durch eine Vergrößerung der übertragenen Datenmenge die Übertragungszeit unnötig verlängert. Bei einer zeitkritischen Anwendung, wie der Alarmierung von Einsatzkräften zu Notfällen, hat die unverzügliche Alarmauslösung einen höheren Stellenwert als umfangreiche Datenübertragung.

Um bei dieser Technik eine ausreichende Feldstärke für eine sichere Auslösung von Alarmempfängern auch innerhalb von Gebäuden zu ermöglichen, ist ein deutlich dichteres Sendernetz als im herkömmlichen BOS-Funk erforderlich. Dieses liegt zum einen in der durch die bewusst klein gehaltene Bauart der Empfänger ebenfalls kleinen Antennen sowie zum anderen durch die Ausbreitungseigenschaften der deutlich höheren Senderfrequenz im Bereich von 167 bis 174 MHz begründet.

Im Gegensatz zum oben beschriebenen Fünf-Ton-Verfahren lassen sich bei diesem System bis zu 2 Millionen unterschiedliche Alarmadressen ansprechen. Zudem ermöglicht der Verzicht auf Sprachdurchsagen zur Alarmierung die vollautomatische Einbindung in vorhandene Einsatzleitrechner, was eine erhebliche Erleichterung für das Alarmierungspersonal bedeutet. Ebenso entfällt die zusätzliche Belastung des Betriebskanals durch Alarmdurchsagen.

5.2 Paging

Im derzeitigen Sprachgebrauch versteht man allgemein im Bereich der BOS unter Pagern Empfangsgeräte für die digitale Alarmierung. Inzwischen hat sich dieser Begriff jedoch allgemein für Alarmempfänger eingebürgert. Bei diesen Pagern handelt es sich um reine Empfangsgeräte. Das heißt, es erfolgt eine Datenübertragung nur in eine Richtung. Diese Geräte werden praktisch ausschließlich zur Alarmierung von Einsatzkräften eingesetzt. In der Regel ist das Empfangsteil dieser Geräte fest auf eine Frequenz eingestellt. Eine Änderung der Empfangsfrequenz ist über einen Eingriff in das Gerät oder über Programmierung des Funk-Kanals möglich. Grundsätzlich besteht aber mangels fehlenden Senders keine Möglichkeit für die alarmierten Kräfte, die Alarmmeldungen willentlich zu quittieren.

Der POCSAG-Standard ermöglicht somit ausschließlich das sogenannte „passive Paging“. In der Praxis, z. B. für die Alarmierung von Einsatzkräften einer freiwilligen Feuerwehr, wird über Funk eine bestimmte Anzahl Alarmempfänger angesprochen. Dabei ist es jedes Mal erforderlich, eine größere Anzahl von Empfängern und damit auch Feuerwehrangehörigen zu alarmieren, als für den jeweiligen Einsatzfall tatsächlich benötigt werden. Dies geschieht, da die Alarm aussendende Stelle zum Zeitpunkt der Alarmierung keine verbindliche Aussage über die Zahl der tatsächlich empfangsbereiten Alarmempfänger bzw. den zugehörigen Einsatzkräften machen kann. Um in jedem Fall die Einhaltung der geforderten Hilfsfristen zu gewährleisten und ausreichend Personal zeitgerecht verfügbar zu haben, wird eine möglicherweise ungleich größere Anzahl Personen alarmiert.

Abbildung 25: Aktives und Passives Paging

Idealerweise müsste die alarmierende Stelle jederzeit einen Überblick über die im Sendegebiet einer bestimmten Station empfangsbereiten Pager haben. Mit diesem Hilfsmittel wäre die alarmierende Stelle in der Lage, jederzeit für einen bestimmten Einsatzzweck gezielt einen definierten Personenkreis zu alarmieren. Darüber hinaus würde ein mit einer Sendeanlage ausgerüsteter Pager die Möglichkeit bieten, dass der Alarmierte über seinen Alarmempfänger eine Quittung an die alarmierende Stelle zurücksendet und damit seine Einsatzbereitschaft signalisiert. Für dieses Leistungsmerkmal wurde im Gegensatz zum passiven Paging der Begriff des aktiven Paging geprägt.

5.3 Paging im Digital-Funk

In der ursprünglichen Auslegung der in Frage kommenden Systeme wurde in der Spezifikation das Merkmal Alarmierung (Paging) nicht explizit aufgenommen, weil grundlegend durch den Standard-Service SDS nutzbar. Mittlerweile wurde dies nachgeholt und es existiert ein Standard für die Alarmierung in TETRA-Netzen (TIP Call-Out).

Um eine Person jederzeit mittels Paging erreichen zu können, ist es erforderlich, dass der Betreffende den Alarmempfänger ständig bei sich führt bzw. erreichbar hat. Das erfordert eine entsprechend kleine Bauform eines solchen Gerätes. Damit ist auch die Größe der Empfangsantenne begrenzt. Es besteht ein unmittelbarer Zusammenhang zwischen Antennengröße und Bauform, sowie erforderlicher Feldstärke und der Empfangssicherheit. Darüber hinaus führt die übliche Trageweise eines solchen Alarmempfängers, z. B. am Gürtel, zu einer Dämpfung der Feldstärke durch den menschlichen Körper, der so genannten Körperdämpfung. Ebenso muss ein sicherer Empfang auch in Gebäuden gewährleistet sein. Um dieses sicherzustellen, sind im Vergleich zum Funkempfang mit herkömmlichen Mobilgeräten deutlich höhere Feldstärken erforderlich. Da die maximale Sendeleistung gesetzlich begrenzt ist, würde eine flächendeckende Funkversorgung für den sicheren Einsatz solcher Pager eine deutlich größere Dichte an Basisstationen erfordern und damit zu wesentlich größeren Netzkosten führen.

Auf der CeBIT 2006 wurde von Oelmann Elektronik erstmals ein TETRA-Meldeempfänger vorgestellt, welcher kontinuierlich weiterentwickelt wird. Dieser Meldeempfängertyp TME 260 unterstützt passives und aktives Paging, d.h. über den aktiven Modus ist eine Rückmeldung möglich, ob die Einsatzkraft tatsächlich zur Verfügung steht. Somit kann die Leitstelle ggf. unverzüglich weitere Kräfte alarmieren. Das passive Paging (kein Sendebetrieb) ist mit den herkömmlichen analogen und digitalen Meldeempfängern vergleichbar. Der genannte TETRA-Meldeempfänger besitzt ein Display zur Darstellung von Textnachrichten und kann bis zu 256 Alarmadressen ("Schleifen") verwalten. Die Bezeichnung Meldeempfänger hinkt etwas, da es sich im Prinzip um ein vollwertiges Funkgerät mit Sende- und Empfangsteil, aber ohne die Möglichkeit der Sprachübermittlung handelt.

Wie bereits oben ausgeführt, ist in Digitalfunknetzen der Einsatz von reinen Empfangsgeräten nicht möglich, mittlerweile aber zumindest technisch schon in verschiedenen Versuchsnetzen realisiert. Grundsätzlich ist die erste Teil-Aussage gültig. Im ETSI-Standard ist jedoch ein Leistungsmerkmal definiert, bei dem keine Kommunikation zwischen Empfänger und Basisstation auf dem Uplink-Kanal erforderlich ist. Dies ist der Broadcast Call. Hier wird in einem bestimmten Gebiet, festgelegt durch die angesprochenen Basisstationen, an alle Geräte einer festgelegten Gruppe eine Textmeldung gesendet. Die Geräte werden über die einprogrammierten Gruppennummern, die so genannte GSSI, selektiert. Wobei ein Gerät gleichzeitig über mehrere Gruppennummern verfügen kann und damit zu mehreren Gruppen gehören kann. Der Vorteil der Realisierung über das Leistungsmerkmal "Broadcast Call" liegt in der Tatsache, dass alle Geräte einer Gruppe über einen Funkbefehl alarmiert werden, der zudem nur den Organisationskanal belastet. Bei entsprechender Auslegung der Gruppen und damit Programmierung der Geräte ist so eine äußerst effektive Alarmierung möglich. Auf diesem Wege ist jedoch kein aktives Paging, d. h. eine Rückmeldung des Alarmierten möglich, da jede Einzel-Quittung vom jeweiligen Endgerät zeitlich koordiniert in das System zurückübertragen werden müsste.

Für die Alarmierung einzelner Empfänger besteht bei diesem Gerät entweder die Möglichkeit, Gruppen mit nur einem Teilnehmer über entsprechende Programmierung einer individuellen GSSI im Gerät selbst zu erzeugen, wofür diese jedoch nicht gedacht ist, oder den Empfänger über das Leistungsmerkmal Textübertragung (SDS) anzusprechen. Bei dieser Wahl der Alarmierung ist es im Gegensatz zum Broadcast Call, bei dem die Länge der Nachricht systembedingt auf 140 Zeichen begrenzt ist, eine Übertragung größerer Texte möglich.

Im Gegensatz zur klassischen digitalen Alarmierung ist mit diesen Geräten auch eine Übertragung von Textnachrichten zurück in die Leitstelle möglich, da es sich um ein komplettes Sende- und Empfangsgerät handelt.

Ein den zukünftigen Bedürfnissen angepasstes Alarmierungssystem muss sicherlich die Möglichkeit eines solchen aktiven Pagings realisieren können.

6 Verschlüsselung von Daten

Generell werden beim Sprechfunk zwei Möglichkeiten der Verschlüsselung unterschieden:

- Luftschnittstellenverschlüsselung (Air Interface Encryption)
- Ende-zu-Ende-Verschlüsselung (E2E Encryption)

Die Verschlüsselung erfolgt in der Regel zwischen Endgerät und Base Transceiver Station als Luftschnittstellenverschlüsselung.



Bild 1: Luftschnittstellenverschlüsselung (Quelle: HLFS)

Für besonders sensible Daten wäre eine Ende-zu-Ende-Verschlüsselung wünschenswert. Hierbei würde die Verschlüsselung gerätetechnisch zwischen A/D-Wandler und Modulator erfolgen. Die Daten wären somit nur vom Empfänger zu entschlüsseln und auf dem gesamten Wege von Sender zu Empfänger verschlüsselt.

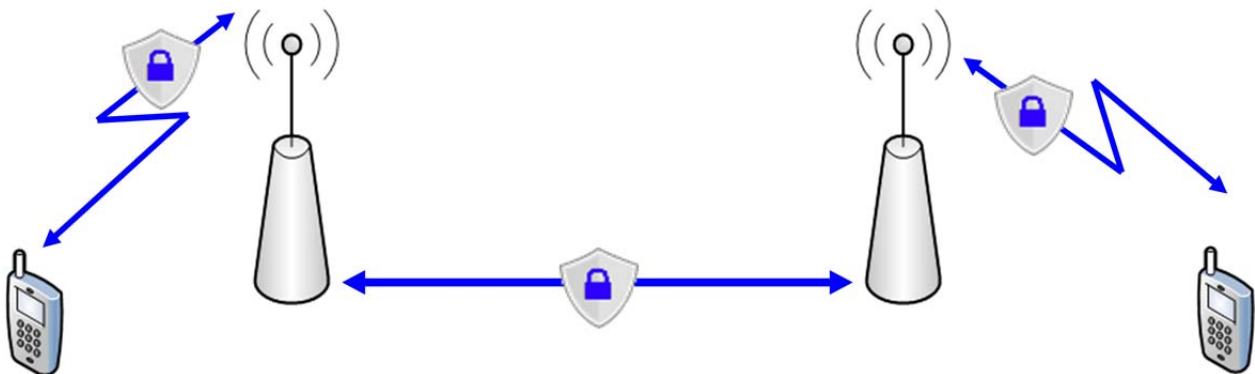


Bild 2: Ende-zu-Ende Verschlüsselung (Quelle: HLFS)

Auf dem Sendeweg der Daten müsste spätestens das Main Switching Center (MSC) jedoch auf unverschlüsselte Daten zugreifen, um die Nachricht weitersenden zu können. Die fehlerfreie Übertragung wäre somit durch die Verschlüsselung nicht mehr möglich. Aus diesem Grund sieht der TETRA25-Standard die Ende-zu-Ende-Verschlüsselung nicht vor. Deutsche Sicherheitsbehörden aus dem Bereich der polizeilichen BOS sahen daher das System als abhörbar an.

Zur Lösung dieses Problems hat das Bundesministerium des Innern das Bundesamt für die Sicherheit im Informationswesen mit Sitz in Bonn (BSI) beauftragt, einen Chip zu entwickeln, der im TETRA25 Netz eine Ende-zu-Ende-Verschlüsselung realisiert. Man spricht hierbei auch von der BSI-Verschlüsselung.

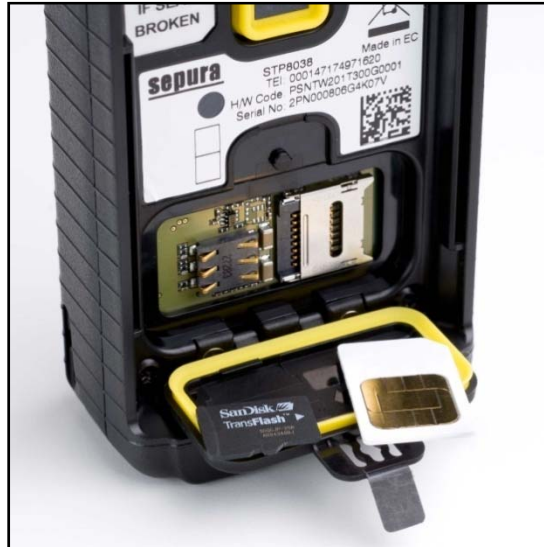


Abbildung 26: TETRA Endgerät mit SIM- & Speicher-Karte

6.1 BSI-Sicherheitskarte

Um alle Organisationen für den Bedarf an Sicherheit und die Verwendung der BSI-Sicherheitskarte zu begeistern, wurden zusätzliche Funktionen auf die Karte programmiert. So enthält die BSI-Sicherheitskarte vier Leistungsmerkmale:

- Ende-zu-Ende Verschlüsselung und Schlüsselmanagement
- Netzzugangsberechtigung (SIM-Funktion)
- Taktische Funktionen (OPTA)
- Sichere Datenspeicherung (Endgerätedaten)

Folgendes Bild zeigt eine BSI-Sicherheitskarte.



Abbildung 27: BSI-Sicherheitskarte für die BOS

6.1.1 Operativ-taktische Adresse (OPTA)

In einer bundesweiten geltenden Richtlinie wurde eine Systematik für die Hinterlegung einer operativ-taktischen Adresse (OPTA) im Digitalfunk beraten. Dabei soll die OPTA möglichst in Klartext ein Fahrzeug identifizieren. Somit darf auch eine OPTA nur eindeutig und einmalig vorhanden sein. Generell wird in TETRA-Netzen nur die ISSI des sendenden Endgerätes allen Teilnehmern angezeigt. Im deutschen BOS-Digitalfunknetz wird die OPTA angezeigt. Diese lassen sich meist einfacher zuordnen, als eine kryptische Zahlenkombination.

Es werden zwei Typen von OPTA unterschieden: „Geburts-OPTA“ und „Alias-OPTA“. Beide bestehen jeweils aus 24 alphanumerischen Zeichen. Die Geburts-OPTA wird einmal festgelegt und ist nicht einfach änderbar. Die Alias-OPTA kann von dem Disponenten in der Leitstelle temporär angepasst werden, um zum Beispiel eindeutig einem Endgerät die Bezeichnung „Einsatzleiter“ zuzuweisen.

6.1.2 Sichere Datenspeicherung

Um nicht alle Daten auf dem Endgerät zu speichern, wird in Deutschland die Speicherung auf der Sicherheitskarte angestrebt. Dabei können auf dieser Karte zum Beispiel folgende Daten hinterlegt werden:

- Funksystemdaten:
 - Netzzugangsdaten
 - Adressen ISSI, GSSI, ASSI
 - DMO-Frequenzen
 - ...
- Taktische Daten:
 - OPTA
 - Alias OPTA
 - SDS
 - Telefonbuch
 - ...

Somit muss ein Ersatzgerät für ein defektes Endgerät nicht zwangsläufig neu programmiert werden, sondern es kann lediglich die Sicherheitskarte getauscht werden.

Anhang 1 – Abbildungsverzeichnis

Blockschaltbild Analogfunkgerät.....	4
Blockschaltbild Digitalfunkgerät	5
Abstastung eines analogen Signals.....	5
Beispiel Codebuch.....	6
Vergleich analoger und digitaler Signale	6
Vergleich Übertragungsqualität - analog/digital	7
Systemskizze – digitales Funknetz	8
Vergleich HRT	10
Beispiel MRT - Sepura	10
TSI / MCC / MNC / SSI.....	11
dynamische Gruppenbildung	12
Uplink & Downlink Frequenzen BOS	14
TETRA Dienste.....	14
Uplink & Downlink.....	14
Zeitschlitz.....	15
Zeitschlitzverfahren	15
GAN Kategorien	17
Funkversorgung Hessen (Planung)	17
Beispiel eines Funkgespräches unter Einbeziehung einer Basisstation	18
Beispiel eines Funkgespräches unter Einbeziehung von zwei Basisstationen	18
Beispiel eines Funkgespräches im Direct Mode (ohne Basisstation)	19
DMO 1A-Repeater.....	21
DMO 1B-Repeater.....	21
DMO Gateway	22
Aktives und Passives Paging.....	25
TETRA Endgerät mit SIM- & Speicher-Karte.....	28
BSI-Sicherheitskarte für die BOS	28

Anhang 2 – Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Bedeutung
AESI	Alias Encrypted Short Identity
AI	Air Interface
ASSI	Alias Short Subscriber Identity
BS	Base Station
BTS	Base Transceiver Station
DMO	Direct Mode Operation
DMO-MS	Direct Mode Operation Mobile Station
DW-MS	Dual Watch Mobile Station
DXT	Digital Exchange for TETRA
ESI	Encrypted Short Identity
ETSI	European Telecommunications Standards Institute
GESI	Group Encrypted Short Identity
GPS	Global Positioning System
GSM	Global System for Mobile Communications
GSSI	Group Short Subscriber Identity
GTSI	Group TETRA Subscriber Identity
IESI	Individual Encrypted Short Identity
IMEI	International Mobile Equipment Identity
IP	Internet Protocol
ISDN	Integrated Services Digital Network
ISI	Inter System Interface
ISO	International Standardization Organisation
ISSI	Individual Short Subscriber Identity
ITSI	Individual TETRA Subscriber Identity
LI	Line Interface
MS	Mobile Station
MSC	Main Switching Center
NOC	Network Operation Center
OTAR	Over The Air Re-keying
OTAP	Over The Air Programming
PABX	Private Automatic Branch exchange
PDN	Packet Data Network
PDO	Packet Data Optimized
PEI	Peripheral Equipment Interface
PIN	Personal Identification Number
SDS	Short Data Service
SIM	Subscriber Identity Module
SMS	Short Message Service
SSI	Short Subscriber Identity
SwMI	Switching and Management Infrastructure
TEA	TETRA Encryption Algorithm
TEI	TETRA Equipment Identity
TETRA	Terrestrial Trunked Radio
TMO	Trunked Mode Operation
TMO-MS	Trunked Mode Operation Mobile Station
TSI	TETRA Subscriber Identity
V+D	Voice + Data

Anhang 3 – Begriffserläuterung

Begriff	Erläuterung
AI	Air interface
Air interface	(Luftschnittstelle) Standardisierte Schnittstelle zwischen Funkgerät und Basisstation. Das TETRA Air Interface ist in der ETSI ETS 300 392-2 standardisiert.
Area Selection	(Bereichsauswahl) Erlaubt einem Teilnehmer, das Empfangsgebiet für den abzusetzenden Ruf zu definieren oder auf bestimmte Funkzellen zu begrenzen.
ASSI	Alias Short Subscriber Identity, Kurzform der ATSI.
ATSI	Alias TETRA Subscriber Identity, eine temporäre Kennung, die vom TETRA Netz vergeben wird, um eine sichere Übertragung zu gewährleisten.
Basisstation	ortsfeste Bestandteile der Funk- und Empfangsanlage im Mobilfunknetz. Siehe BS/BTS.
Baud-Rate	Die Baud-Rate gibt an, wie viele Symbole pro Sekunde übertragen werden können. Die Baud-Rate ist nicht gleich der Bit-Rate. Siehe kbit/s.
Bit	Ein Bit bezeichnet im Binärcode (Nullen- und Einsencode beim Computer) eine Null oder eine Eins. Vgl. Byte.
BOS	Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben
BS	Base Station
BS / BTS	Base (Transceiver) Station: Basisstation = Sende- und Empfangsstation mit omnidirektionalen oder sektorisierten Antennen, versorgt bis zu drei Funkzellen.
BSC	Base Station Controller, Netzelement innerhalb des BSS in Mobilfunknetzen, welches die Basisstationen steuert.
BTS	Base Station, Netzelement innerhalb des BSS in Mobilfunknetzen, welches die Funkverbindung zu den Terminals aufbaut.
Bündelfunk	Mobilfunkdienst für innerbetriebliche Kommunikation; meist Halb-Duplex-Verfahren. Vorgänger für Tetra u. Tetrapol.
Byte	Ein Byte besteht aus 8 Bits. Speichereinheit. Größenangaben (aufsteigend): 1 Kilobyte = 1024 Bytes; 1 Megabyte = 1024 Kilobytes; 1 Gigabyte = 1024 Megabytes; 1 Terabyte = 1024 Gigabytes.
Cityruf	Cityruf ist ein Funkrufdienst. Siehe auch Paging (inzwischen außer Betrieb).
CODEC	Coder-Decoder
CSD	Circuit Switched Data = leitungsvermittelte Übertragung (ähnlich wie bei einem normalen Telefongespräch)
Dämpfung	Maß für den Verlust von Leistung bei Übertragungen

Begriff	Erläuterung
DCN	Data Communication Network. Ein Datennetzwerk, wie z.B. das Internet
DECT	Digital Enhanced Cordless Telecommunications: Digitaler Standard bei der Funkübertragung bei Festnetz-Schnurlostelefonen.
Direct Call (Einzelruf)	Ein spezieller Modus des Einzelrufes, bei dem der Anrufer einen Teilnehmer aus einer Liste am TETRA-Funkgerät auswählt und durch Drücken der Ruftaste sofort sprechen kann. Der gerufene Teilnehmer hört weder einen Klingelton, noch muss er den Ruf entgegennehmen. Durch Drücken der Ruftaste kann der gerufene Teilnehmer antworten.
DGNA	Dynamic Group Number Assignment -> Dynamische Gruppenbildung.
DMO-Gateway	Ein DMO-Gateway ist ein spezieller Modus eines TETRA-Endgerätes, das eine Verbindung zwischen TETRA-Netz und Endgeräten im Direct Mode außerhalb des Funkversorgungsbereiches herstellt.
DMO Repeater	Repeater sind in ihrer Funktion mit den 4 m-Band Relaisstellen vergleichbar. Wie diese dienen sie der Reichweitenvergrößerung beim netzunabhängigen direkten Funkverkehr zwischen zwei oder mehreren Funkanlagen. Wie im analogen 4 m-Band handelt es sich hierbei i. d. R. um entsprechend ausgerüstete Fahrzeugfunkgeräte.
Direct Mode	Kurzsprechweise für DMO. Der Direct Mode dient dem direkten Aufbau einer Funkverbindung zwischen zwei oder mehreren Funkgeräten ohne Nutzung einer Netzinfrastruktur. In dieser Betriebsart stellt eines der beteiligten Geräte für die übrigen Teilnehmer die erforderlichen Systemsignale bereit. Dieses Gerät wird als Master bezeichnet, die weiteren als Slave.
Dispatcher	Eine Person, die für eine oder mehrere Gruppen Aufgaben koordiniert und verteilt.
DL	DownLink
DMO	Direct Mode. Modus, bei dem Teilnehmer miteinander kommunizieren können, ohne eine Verbindung zur TETRA-Netzinfrastruktur aufbauen zu müssen.
Downlink	Funkverbindung von der Basisstation zum Handy. Siehe auch Uplink.
DQPSK	Differential Quaternary Phase Shift Keying
Dual Watch	Mit dieser Funktion überwacht ein Endgerät im Direktmodus, ob Gruppengespräche im TETRA-Netz stattfinden und schaltet sich ggf. in ein Gruppengespräch ein.
Duplex	Gleichzeitige Übertragung in zwei Richtungen. Vgl. Halb-duplex.
DXT	Digital Exchange for Tetra bezeichnet das Produkt einer TETRA-Vermittlungsstelle der Fa. Cassidian - vormals EADS.

Begriff	Erläuterung
Dynamische Gruppenbildung	Eine Funktionalität, mit der autorisierte Nutzer eines TETRA-Systems die Möglichkeit besitzen, Gruppen für besondere Einsatzfälle dynamisch einzurichten, zu modifizieren und danach wieder zu löschen. Die Informationen werden über die Luftschnittstelle an die betreffenden Endgeräte gesendet.
EBTS	Enhanced Base Transceiver System
Einbuchen	Schaltet man das Gerät ein, so versucht sich das Gerät im Netz anzumelden. Beim Einbuchen werden verschiedene Daten an die Zentrale übermittelt.
Einzelruf (halbduplex)	Der Einzelruf halbduplex ist eine Punkt zu Punkt Verbindung, bei der eine Partei spricht und die andere im gleichen Moment nur zuhören kann (Funk).
EIR	Equipment Identity Register: Gerätereister einer MSC. Vergleicht die IMEI eines sich einbuchendes Handys mit grauer und schwarzer Liste, falls es geperert ist, wird es nicht zum Netz zugelassen.
ETSI	European Telecommunication Standards Institute.
Eurosignal	Ein 1974 gegründeter Pagingdienst zur Übertragung von Tonsignalen. Mittlerweile außer Betrieb.
FDMA	"frequency division multiple access": Der GSM-Mobilfunk setzt auf einem FDMA/TDMA-Verfahren auf. Das Frequenzband wird beim FDMA in getrennte Blöcke von jeweils 200 KHz getrennt. Generell beinhaltet das Verfahren, das eine verfügbare Bandbreite in Einzelkanäle zerlegt wird, die wiederum nur auf einen Teilbereich dieser Bandbreite zugreifen. Dadurch können Übertragungskapazitäten besser genutzt werden.
Festnetz	Kabelgebundenes Telefonnetz
Flächendeckung	Maß für die Verfügbarkeit eines Funkdienstes. Eine Abdeckung von 100% ist nicht möglich. Gerade in bewaldetem Gebiet und im Gebirge, sowie in dünn besiedeltem Gebiet muss mit mangelnder Funkversorgung gerechnet werden. Auch für die Versorgung in Gebäuden ist wegen der Kosten für das Sendernetz nicht zu 100% möglich.
Funkkanalpaar	Ein Frequenzpaar, das ein Gespräch ermöglicht. Ein Kanal Downlink und ein Kanal Uplink.
Funkzelle	Jedes Funknetz besteht aus vielen kleinen Funkzellen. Eine Funkzelle ist dabei der Bereich, den ein Empfänger bzw. ein Sender des Netzes versorgen kann, damit man in dieser Region sein Handy nutzen kann.

Begriff	Erläuterung
Gateway	Ein DMO-Gateway ist ein spezieller Modus eines TETRA-Endgerätes, das eine Verbindung zwischen TETRA-Netz und Endgeräten im Direct Mode außerhalb des Funkversorgungsbereiches herstellt.
Group Area	Bereich einer Gruppe. Geographischer Bereich, in dem die Kommunikation innerhalb einer definierten Gruppe möglich ist.
Gruppenruf (halbduplex)	Der Gruppenruf ist eine Punkt zu Mehrpunkt Verbindung. Um gezielt einer Gruppe von Teilnehmern gleichzeitig eine Nachricht zu übermitteln, wird in TETRA der Gruppenruf verwendet. Im Gegensatz zum bisher verwendeten analogen Funk bekommt nur die angewählte Gruppe die Nachricht, andere Teilnehmer hören nichts.
GSM	Global System for Mobile Communication. Europäischer Mobilfunk Standard.
GSSI	Group Short Subscriber Identity. Kurzform der Gruppenkennung ohne Ländercode und Netzwerkcode.
GTSI	Group TETRA Subscriber Identity, eindeutige Gruppenkennung mit Ländercode und Netzwerkcode.
Halb-duplex	Funk, ein Teilnehmer spricht, der andere hört.
Half Rate	der Half Rate Codec kann Sprachsignale so komprimieren, dass im Vergleich zum Full Rate Codec nur noch die Hälfte an zu übertragenden Daten übrig bleibt.
Handover	Übergabe des Gespräches von einer Funkzelle an die nächste
HF	Hochfrequenz – bezeichnet den Frequenzbereich ab 3 MHz
HLR	Home Location Register: Heimatregister einer MSC. Hier werden alle Benutzerdaten wie MSISDN, IMSI, Dienste, Benutzername usw. gespeichert. Hier ruft das Netz alle wichtigen Informationen zum Teilnehmer ab (identisch mit HDB)
Home Data Base (HDB)	Die Home Data Base ist die wichtigste Datenbank, die ständig aktuelle Daten der Nutzer enthält. Diese Daten beinhalten neben den Informationen über den derzeitigen Aufenthaltsort auch den Aktivitätsstatus des Gerätes. Jedes neue Gerät muss, bevor es seinen Betrieb im Netz aufnehmen kann, in der Home Data Base gespeichert sein.
IMEI	Die IMEI (International Mobile Equipment Identity oder Seriennummer) ist eine 15-stellige Nummer, mit der jedes Mobilgerät eindeutig identifiziert werden kann. Jede IMEI ist einzigartig.
IMSI	International Mobile Subscriber Identity: Teilnehmerkennung der SIM-Karte. Die Nummer befindet sich auf der SIM-Karte und im HLR, dient zur Identifizierung des Teilnehmers. Jede IMSI ist einzigartig.

Begriff	Erläuterung
Individual Call (Zielruf)	Die Kommunikationsart entspricht der Kommunikation wie beim Mobilfunk (GSM, UMTS o.ä.) d.h. Funkverbindung zwischen zwei Endgeräten über das Netz. Es wird explizit nur die Verbindung zu einer anderen Station aufgebaut. Im Bereich des BOS Funks stellt dieser Individualruf, bezogen auf die Zahl der Funkgespräche, eher die Ausnahme dar.
Inhouse-Versorgung	Jeder will es, kaum einer hat es: eine Versorgung auch innerhalb von Häusern oder anderen Gebäuden.
IP	Internet Protocol
IP-Adresse	Eine IP-Adresse wird zur Identifizierung von Computern und anderen Geräten in TCP-IP-Netzwerken (z.B. das Internet) genutzt.
ISDN	Integrated Services Digital Network
ISI	Inter System Interface, Schnittstelle zwischen zwei TETRA Netzen.
ISO	International Organization for Standardization
ISSI	Individual Short Subscriber Identity, die Kurzform der ITSI ohne Ländercode und Netzwerkcode.
ITSI	Individual TETRA Subscriber Identity
Kanal	"Leitung" bei Funkübermittlung. Durch das Zeitschlitzverfahren ist es möglich, sich mehrere Gespräche auf nur einer Frequenz aufbauen.
kbit/s	Kilobits pro Sekunde. Maßeinheit zur Messung der Datenübertragungsgeschwindigkeit.
KVMS	Krypto-Variablen-Managementstation – eine Komponente für das Ende-zu-Ende Verschlüsselungssystem.
LA	Location Area
LAN	Local Area Network
Late Entry	Zutritt eines Gruppenteilnehmers in ein bestehendes Gruppengespräch.
Modem	Ein Modem (MOdulator DEModulator) ist ein Gerät, mit dem sich Daten per Telefonleitung bzw. Funkleitung übertragen lassen.
MS	Mobile Station
MS-ISDN	Mobile Station - ISDN number
MSC	Mobile Switching Center: Mobilfunkzentralvermittlung. Die MSC verbindet Mobilfunkteilnehmer untereinander und mit dem Festnetz.
NDB	Normal Downlink Burst

Begriff	Erläuterung
Network Manament Center (NMC)/Network Operation Center (NOC)	Das Network Management Center kontrolliert das gesamte Netz. Von hier aus wird die Behebung von Netzstörungen gesteuert. Im NMC/NOC werden auch die zentralen Systemdaten zur Spiegelung im Netz vorgehalten.
Netzabdeckung	ein großer Irrtum liegt hinter diesem Wort verborgen: es bezeichnet die prozentuale Bevölkerung, die mit einem bestimmten Netz versorgt wird, NICHT eine Landfläche!
Main Switching Center (MSC)	Vermittlungsstelle (DXT) = Main Switching Center (MSC). Die Vermittlungsstellen (DXT) stellen in ihrem zugehörigen Bereich die Steuerfunktionen sowie die physikalische Verbindung zwischen den Base Transceiver Stations her. Es ist ein Hochleistungsswitch, der für Funktionen wie Handover, Zellsteuerung der Sendefrequenzen sowie der Sendeleistung der Base Transceiver Station verantwortlich ist.
OMC-R	Operation and Maintenance Centre - Radio
OMC-S	Operation and Maintenance Centre - Switch
OTAP	Over The Air Programming
OTAR	Over The Air Rekeying
PABX	Private Automatic Branch Exchange, private Nebenstellenanlage.
Pager	Ein Funkrufgerät zum Empfang von akustischen und auch alphanumerischen Informationen. Bei der BOS zur Alarmierung von Einsatzkräften.
Paging	"Ausrufen" ist der Sammelbegriff für Funkrufdienste. Dazu zählen Dienste wie Cityruf und Eurosignal. Hauptunterschied ist die Informationsrichtung zwischen Sender und Empfänger: Nachrichten sind nur in eine Richtung möglich. Simplex
PAMR	Public Access Mobile Radio, öffentliches Bündelfunknetz.
PDO	Packet Data Optimized
PDP	Packet Data Protocol
PEI	Pereipheral Equipment Interface, Schnittstelle am Endgerät für Datenanwendungen, spezifiziert in ETSI ETS 300 392-5.
PMR	Private Mobile Radio
PPP	Point-to-Point Protocol
Pre-Emptive Priority Call	Ein Ruf, bei dem der rufende Teilnehmer sofort einen Sprachkanal zugewiesen bekommt.
Prioritätsstufen	Die Ressourcen des Netzes werden entsprechend der Priorität, die der Teilnehmer erhält, verteilt.

Begriff	Erläuterung
Protokoll	Ein Protokoll wird zum Übertragen von Daten zwischen zwei Geräten (z.B. Computer) benötigt, damit diese wissen, wie sie die Daten übertragen sollen. Beispiel: Man kann sich ein Protokoll wie einen Diplomaten oder einen Dolmetscher vorstellen - damit der eine Ausländer den anderen versteht, muss ein Dolmetscher alles Gesprochene übersetzen.
PSTN	Public Switched Telephone Network. Festnetz (z.B. Telefon).
PTT	Push To Talk
Push to Talk	Mit Hilfe der Push-to-Talk-Taste werden Empfänger und Lautsprecher ausgeschaltet sowie der Sender und das Mikrofon eingeschaltet. Weiterhin wird hierdurch eine Halbduplex-Verbindung initiiert.
Repeater (siehe auch DMO Repeater)	Repeater sind in ihrer Funktion mit den 4 m-Band Relaisstellen vergleichbar. Wie diese dienen sie der Reichweitenvergrößerung beim netzunabhängigen direkten Funkverkehr zwischen zwei oder mehreren Funkanlagen. Wie im analogen 4 m-Band handelt es sich hierbei i. d. R. um entsprechend ausgerüstete Fahrzeugfunkgeräte.
SDS	Short Data Service. Funktion, die die Übertragung von kurzen Datenpaketen ermöglicht.
Sendeleistung	Bezeichnet die Sendestärke (in Watt gemessen) eines Gerätes, während es per Funk Daten versendet.
serielle Schnittstelle	Die serielle Schnittstelle eines Computers ist dazu da, um das Gerät z.B. mit einem Zweiten zwecks Datenaustausch zu verbinden. Seriell heißen die Schnittstellen, weil die Daten bitweise übertragen werden, nur zwei Leitungen zur Verfügung stehen. Vgl. Parallele Schnittstelle.
Signalisierung	Information, die das Netz bzw. Mobilgerät braucht, um Gespräche auf- und abbauen zu können.
Signalisierungskanal	Der Signalisierungskanal dient zum Austausch von bestimmten Steuerungs-Daten zwischen Mobilgerät und Funknetz.
SIM	SIM (Subscriber Identification Module) oder SIM-Karte ist eine Karte, die einen Chip mit allen Daten enthält, die zum Betrieb des Mobilgerätes benötigt werden. Zu den Daten gehören u.a. Netzdaten, Group Short Subscriber Identity, International Mobile Subscriber Identity etc.
SMS	SMS (Short Message Service) ist ein Netzdienst, mit dem man Nachrichten von anderen Handys empfangen bzw. an andere Handys versenden kann. Eine Nachricht kann bis zu 255 Zeichen umfassen.
SSI	Short Subscriber Identity, ein Nummern Bereich von 0.000.000 bis 16.777.215, der auf ISSI, GSSI, ASSI und FSSN aufgeteilt wird.

Begriff	Erläuterung
Status	Fest im Terminal programmierte Meldung, die innerhalb einer Flotte als 16 bit Nachricht übertragen werden kann.
SwMI	Switching and Management Infrastructure
TCP	Transmission Control Protocol
TCP-IP	Transmission Control Protocol / Internet Protocol: Protokoll (siehe Bezeichnung Protokoll) zum Übertragen von Daten in Netzwerken - sehr leistungsfähig (siehe auch IP-Adressen).
TDMA	Time Division Multiple Access: Zeitschlitzverfahren, das mehrere Gespräche gleichzeitig auf einem Frequenzkanal ermöglicht
TE	Terminal Equipment
TEA	TETRA Encryption Algorithm
TEI	Terminal Equipment Identity
Terminal	Endgerät für ein Netzwerk, z.B. Handy oder PDA. Wird oft auch für Geräte genutzt, welche abhängig vom Netz sind. D.h. ein Gerät, welches das Netz benötigt, um arbeiten zu können.
TETRA	Terrestrial Trunked Radio. Europäischer Standard für digitalen Bündelfunk.
TETRA V+D	TETRA Voice and Data; Standardbetriebsart des deutschen digitalen BOS-Netzes
TETRA Notruf	Höchst priorisierter Gruppenruf, bei dem im Bedarfsfall Netzressourcen freigemacht werden.
TMO	Trunked Mode Operation
Trunked Mode	Der Trunked Mode dient dem Aufbau einer Funkverbindung zwischen zwei oder mehreren Funkgeräten unter Nutzung einer Netzinfrastruktur. Diese Betriebsart stellt die Standardbetriebsart eines Bündelfunknetzes dar.
TSI	TETRA Subscriber Identity
Übertragungsrate	Bezeichnung der Geschwindigkeit bei Datenübertragungen gemessen in Bit pro Sekunde bit/s (engl. bps). Standard im GSM-Netz sind 9600 bps.
UL	Uplink
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System
UP	Unallocated Physical channel
Uplink	ist die Verbindung vom Handy zur Basisstation des GSM-Netzes.
Vermittlungsstelle (DXT)	Gleich einem Main Switching Center (MSC). Siehe auch MSC.

Begriff	Erläuterung
Visitor Data Base (VDB)	Die Visitor Data Base ist eine Datenbank die die temporären Informationen über die Mobilfunkgeräte enthält, welche für die Arbeit der Vermittlungsstellen (DXT) erforderlich sind. Ebenso enthält das VDB Informationen zu Geräten aus fremden Netzen.
VLR	"visitor location register": ist die Besucherdatenbank, die bestimmte Informationen eines Mobilfunkteilnehmers beinhaltet, die für eine Gesprächsverbindung relevant sind. Bucht sich der Teilnehmer ein, werden die Daten mit dem Home Location Register (HLR) abgeglichen, und die wichtigsten Informationen werden dann im VLR zwischengespeichert. VLR = VDB.
Voll-Duplex	Die Datenübertragung, die gleichzeitig in Empfangs- oder Senderichtung innerhalb eines Kanals funktioniert. Anstatt Voll-Duplex wird meist auch einfach nur Duplex gesagt.
WAP	Wireless Application Protocol
Warteschlange	Wenn bei Funkverbindungen alle Verkehrskanäle belegt sind, gelangen Verbindungswünsche in eine Warteschlange.
Zeitschlitz	Zeitschlitze sind periodisch wiederkehrende Zeitspannen eines digitalen Verfahrens, um auf einer Sendefrequenz (Funkkanalpaar) mehrere Gespräche gleichzeitig zu übertragen. Jedes Gespräch erhält jeweils einen Zeitschlitz zugewiesen, in dem die digitalisierten und komprimierten Sprach-"Pakete" übertragen werden (vgl. TRX).
Zelle	Die kleinste Einheit des Mobilfunknetzes bezeichnet man als Zelle oder Funkzelle.
Zellulares Netz	Funknetz, das ein Handover zwischen seinen Funkzellen erlaubt und den Aufenthaltsort jedes Teilnehmers kennt.
Zielruf (Voll-Duplex)	Punkt zu Punkt Telefonie Verbindung.