

# Spezialisten im Einsatz

Von Dr. Thomas Rechenbach

Tetra und sein kleiner Bruder DMR verdrängen in der Privatwirtschaft zunehmend die existierenden analogen PMR-Netze (Private Mobile Radio). funkschau vergleicht die beiden digitalen Standards und gibt einen Überblick zur Technik.



## Tetra-Markt im Überblick

Die Tetra-Marktzahlen nehmen sich im Vergleich zu GSM und seinen Nachfolgern als bescheiden aus. So berichtete Motorola erst zirka zehn Jahre nach seinem Markteintritt von seinem Millionen verkauften Tetra-Endgerät. Die Jahresproduktion eines Handyherstellers wird dagegen eher in Einheiten von 100 Millionen gemessen. Dennoch lässt sich von einem Siegeszug der Tetra-Technik sprechen. Die Tetra Association berichtet auf ihrer Web-Seite von 2.232 Verträgen für Tetra-Netze in 105 Staaten. Davon entfallen noch weit mehr als die Hälfte der Verträge auf Europa (Stand: 3. Quartal 2008).

■ Tetra steht für Terrestrial Trunked Radio. Es handelt sich dabei um einen digitalen Bündelfunkstandard, der Anfang der 90er Jahre von der ETSI (European Telecommunications Standards Instit) entwickelt wurde. Kurze Zeit vorher hatte die ETSI mit GSM den ersten digitalen Mobilfunkstandard auf den Weg gebracht. Von daher ist es nicht verwunderlich, dass sich die Übertragungstechnik beider Standards stark ähnelt. Bei der Entwicklung von Tetra wurden jedoch die besonderen Bedürfnisse der nicht-öffentlichen Nutzer wie BOS (Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben), Industrie und Dienstleister mit speziellen Anforderungen an die mobile Kommunikation stärker berücksichtigt. Hierzu zählen:

- Verwendung des Kanalrasters des Analogfunks (25 kHz)
- schneller Rufaufbau (< 0,5 s)
- gute Sprachverständlichkeit trotz geringer Datenrate
- hohe Ausfallsicherheit
- hohe Datensicherheit
- Kommunikation ohne Netzinfrastruktur (Direkt-Modus)
- flexibel konfigurierbare Gruppenrufe
- Integration von Leitstellen mit nutzeigenem Management
- Übermittlung von Statusmeldungen
- Priorisierung von Kommunikationswünschen

■ flexibel konfigurierbarer Notruf mit verdrängenden Rechten.

### Erfolg der Standardisierung

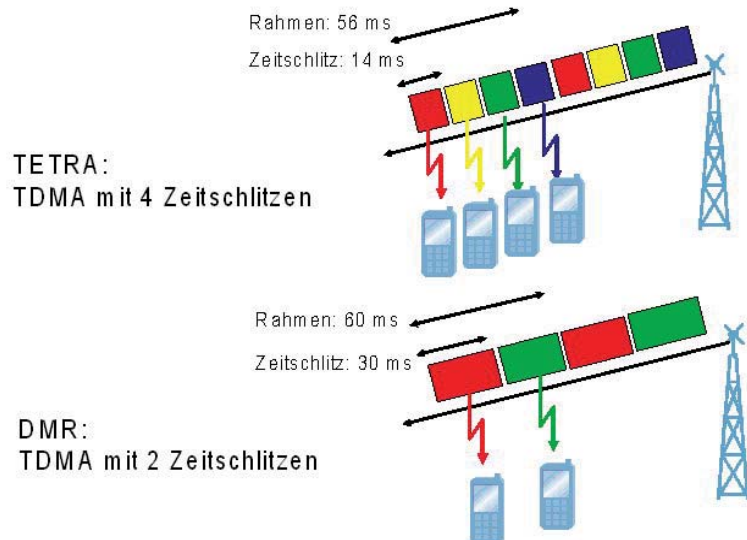
Der wesentliche Teil der Standardisierung stellt die Luftschnittstelle dar, wobei die Luftschnittstellen für den Netz-Modus (TMO

Trunked Mode Operation) und für den Direkt-Modus (DMO) unterschieden werden. Beim Netz-Modus findet die Kommunikation mittels der Tetra-Netzinfrastruktur statt. Der Direkt-Modus erlaubt die Kommunikation zwischen Endgeräten ohne Netz-Infrastruktur.

Dank der Standardisierung der Luftschnittstelle lassen sich in einem Tetra-Netz Endgeräte verschiedener Hersteller betreiben. Die Interoperabilität wird durch ein Zertifizierungsverfahren unter Federführung der Tetra-Association sichergestellt. Zusätzlich zur Sprachkommunikation ermöglicht die im Standard ebenfalls festgelegte Schnittstelle PEI (Peripheral Equipment Interface) die Verwendung von Tetra-Endgeräten als Modem.

### funkschau Grafik

## Tetra und DMR im Vergleich



Tetra und DMR nutzen TDMA als Multiplexverfahren. Tetra arbeitet mit vier Zeitschlitz in einem Frequenzkanalraster von 25 kHz, DMR mit zwei Zeitschlitz in einem Frequenzkanalraster von 12,5 kHz.

Die Tetra-Netzinfrastruktur umfasst Basisstationen, lokale sowie zentrale Netzknoten (LSC, MSC) und wird im Standard als SwMI (Switching and Management Infrastructure) bezeichnet. Die Komponenten und Schnittstellen innerhalb der SwMI sind nicht standardisiert, so dass die Hersteller hier frei sind in der Entwicklung von eigenen Lösungen. Ein Teil der Hersteller arbeitet beispielsweise mit konventioneller Vermittlungstechnik, ein anderer Teil ist bereits zu IP übergegangen.

## Weiterentwicklung des Tetra-Standards

Bei der Entwicklung des ersten Standards (Tetra 1) stand die Sprachkommunikation wie bei GSM im Vordergrund. Datendienste sind bei Tetra 1 nur mit geringer Datenrate (< 5 kBit/s) möglich. PMR-Anwender wie die BOS schielen daher neidisch auf die Entwicklung der öffentlichen Mobilfunknetze. An die Übertragung von Videos oder gar vollständiger Fahndungsakten mit Dateigrößen im Megabyte-Bereich, die in der Vorbereitungsphase des BOS-Netz-Projektes von Werbe-strategen vollmundig versprochen wurden, ist mit dem aktuell implementierten Tetra-1-Standard nicht zu denken. Die Notwendigkeit hier nachzulegen wurde jedoch bei der Weiterentwicklung des Standards berücksichtigt. Dabei kamen ähnliche Strategien zum Tragen wie beim Übergang von GSM zu Edge beziehungsweise Edge Evolution:

- Bündelung von Zeitschlitz (Multislot Packet Data – MSPD)
- höherwertige Modulationsverfahren bis 64 QAM
- Bündelung von Frequenzträgern bis zu 150 kHz.

Die beiden zuletzt genannten Maßnahmen werden als Teds (Tetra Enhanced Data Service) bezeichnet und sollen bei guter Funkversorgung Übertragungsraten in der Größenordnung von 500 kBit/s möglich machen. Ende 2005 wurde der Tetra-2-Standard mit den erwähnten Neuerungen verabschiedet und die Technik vieler Hersteller ist inzwischen mittels Software-Upgrade auf Teds aufrüstbar.

Inzwischen denkt man bereits über Tetra 2 hinaus. Die Zukunft heißt Tetra 3 oder „Future Tetra“. Auf dem diesjährigen Tetra World Congress in München wurde dieses Thema heiß diskutiert. Grundsätzlich sind zwei ganz unterschiedliche Wege denkbar: Entweder wird der bisher beschrittene Entwicklungspfad konsequent fortgesetzt oder man holt sich bereits für den öffentlichen Mobilfunk entwickelte Breitband-Technologien wie Wimax oder LTE mit ins Boot. Bisher wurde jedoch noch keine Entscheidung getroffen, da noch Fragen zur Technik, zum verfügbaren Spektrum und zur sicherheitskritischen Einstufung

## funkschau Interview



Bild: EADS Secure Networks

Lionel Gervais, EADS Secure Networks: Über standardisierte Schnittstellen kann der Kunde eine Vielzahl von Applikationen integrieren.

## Tetra ist vielseitig einsetzbar

Lionel Gervais, Leiter Vertrieb EADS Secure Networks, gibt im Interview Auskunft über Möglichkeiten mit und der Zukunft von Tetra.

**funkschau:** Warum profitieren auch regional operierende Unternehmen von der Tetra-Technik?

**Lionel Gervais:** Der digitale Bündelfunk bietet hochentwickelte Leistungsmerkmale, die sich auf die sichere Sprach- und Datenübertragung konzentrieren, um den entsprechenden Mehrwert für die Unternehmen und ihre Kunden zu generieren. Hier sind zum Beispiel Fahrgastinformationen bei Verkehrsbetrieben und Störmeldeübertragung bei Industrieunternehmen zu nennen. Im Zuge der Einführung von ITCS (Intermodal Transport Control System) setzen immer mehr Nahverkehrsunternehmen auf Tetra. Über die Kombination von Tetra und ITCS werden Busse und Bahnen der Nahverkehrsunternehmen von einer zentralen Betriebsleitstelle koordiniert, Abfahrtszeiten an die Haltestellen übertragen und weitere Information für die Fahrgäste und die Busse und Bahnen übermittelt. Für eine optimale Funkabdeckung sorgt die Tetra-Funkplanung, damit sichergestellt ist, dass auf den ober- und unterirdischen Linienwegen jederzeit Kommunikation gewährleistet ist, was nicht zuletzt auch der Sicherheit der Fahrgäste zugute kommt.

**funkschau:** Wo geht die Entwicklung bei Tetra hin?

**Gervais:** Die Technik befindet sich in einem ständigen Weiterentwicklungsprozess, der international im Tetra MoU abgestimmt wird. Außerdem werden die Komponenten laufend an den technologischen Standard angepasst. So entstehen neue Generationen von Vermittlungseinrichtungen und Basisstationen mit erweitertem Funktionsumfang. Die Endgeräte werden an die Anforderungen der Anwender angepasst. Hierzu gehört beispielsweise die zentrale Programmierung und Parametrierung von Endgeräten an verschiedenen Orten über ein IP-Netz. Die Datenübertragungsfähigkeit wird mit Teds erheblich erweitert und kurzfristig im Markt zur Verfügung stehen. Auch integrierte Breitbandlösungen werden vorbereitet.

breitbandiger Daten-Anwendungen beantwortet werden müssen.

## Digital Mobile Radio – DMR

Mit Tetra lassen sich kleine Anwendergruppen des analogen PMR, die in begrenzten Flächen operieren, kaum locken. Die finanzielle Hürde für die Errichtung einer eigenen Netzinfrastruktur ist zu hoch. Lediglich der Einkauf des Tetra-Services beim Betreiber eines regionalen Netzes käme in Frage. In diesem Sinne versuchen Betreiber von Tetra-Netzen, wie die Stadtwerke München, andere PMR-Anwender als Kunden zu gewinnen.

Anwendern, die weiterhin eine eigene Netzinfrastruktur regional begrenzt betreiben und nicht auf die Vorzüge der Digitalisierung verzichten wollen, steht mit DMR seit 2007 eine echte Alternative zur Verfügung. Bereits zu Beginn des neuen Jahrtausends wurde von Herstellern und der ETSI die Notwendigkeit erkannt, eine entsprechende kostengünstige Alternative zu Tetra zu standardisieren und zu entwickeln.

Der DMR-Standard unterscheidet drei Kategorien. DMR der Kategorie 1 erlaubt Sprach- und Datenübertragung im Halbduplex zwischen Endgeräten ohne Netzinfrastruktur (Direkt-Modus). Es handelt sich

dabei um eine einfache und kostengünstige Variante, die von Anwendern aus Industrie und Endverbrauchern mit geringeren Anforderungen an die Kommunikation im kleinräumigen Bereich eingesetzt werden kann.

DMR der Kategorie 2 ermöglicht Sprach- und Datenübertragung sowohl im Halbduplex als auch im Vollduplex. Die Übertragung kann im Direkt-Modus oder im Repeaterbetrieb erfolgen. Die Kategorie 2 wurde speziell für die Versorgung größerer Bereiche im industriellen Umfeld entwickelt. DMR der Kategorie 2 kann für die geschäftskritische Kommunikation verwendet werden.

Die Kategorie 3 enthält zusätzlich einfache Bündelfunk- und Zellneuwahlmechanismen. DMR der Kategorie 3 steht damit in Konkurrenz zu Tetra, da die Systeme aufgrund des Bündelfunkmechanismus eine größere Komplexität aufweisen und der Kostenvorteil von DMR damit teilweise verschwindet.

Das größte Marktpotenzial wird in den DMR-Systemen der Kategorie 2 gesehen.

## Die neu gegründete DMR Association

Seit Kurzem hält die DMR Association die Fahnen für den noch jungen digitalen PMR-Standard hoch. Die Organisation wurde am

## funkschau Interview

Bild: Selex



Matthias Motzigemba, Selex: Man wollte einen Standard, der unterhalb von Tetra eine wirtschaftliche Alternative für Betriebsfunke darstellt.

Als weiterer Vorteil können vorhandene analoge Endgeräte unter der neuen Systemtechnik weiter betrieben werden, was die Migration natürlich sehr vereinfacht und schrittweise Investitionen in die digitale Welt ermöglicht. Die DMR Systeme sind einfach in der Installation und Inbetriebnahme und durch ihr Konzept auch günstiger im Invest und dem anschließenden Lifecycle.

**funkschau:** Wie beurteilen Sie die Chancen für Bündelfunklösungen mit DMR?

**Motzigemba:** Die technischen Eigenschaften der momentan am Markt befindlichen Systeme decken das Gros der Anwendungen heutiger Nutzer ab. Die Technik stellt beispielsweise durch das TDMA-Verfahren schon jetzt eine Verdopplung (zwei Zeitschlitze) der bisherigen Netzkapazität bereit. Eine weitere Effizienzsteigerung durch Bündelung der Kanäle, wie sie bei Tetra der Fall ist, sehe ich momentan als nicht erforderlich an. Ich denke auch, dass eine Abgrenzung der beiden Standards DMR und Tetra sinnvoll ist und diese sich nicht aufeinander zu bewegen werden.

## DMR – Digitale Welt mit Mehrwert

Matthias Motzigemba, Geschäftsführer von Selex, erklärt im Gespräch mit funkschau, wie Unternehmen von DMR profitieren können.

**funkschau:** Was sind die wichtigsten Vorteile von DMR?

**Matthias Motzigemba:** Der wichtigste technische Punkt, der die Wachstumschancen untermauert, sind die von DMR genutzten Frequenzen im 2-m-Band. Diese werden zum größten Teil durch im Betrieb befindlichen analogen Betriebsfunknetze in Deutschland genutzt und können künftig auf Antrag bei der Bundesnetzagentur digital weitergenutzt werden. Dies erleichtert die Realisierungsplanung, die bestehende Infrastruktur kann weiter betrieben werden und es entsteht natürlich ein Reichweitenvorteil bei DMR gegenüber Tetra, da dort das 70-cm-Band genutzt wird.

11. August diesen Jahres aus der Taufe gehoben. Gründungsmitglieder sind namhafte Hersteller wie Motorola oder Selex – aber auch Mittelständler sind mit von der Partie. Die DMR Association tritt die Nachfolge der DMR MoU (Memorandum of Understanding) an, welche die Entwicklung des DMR-Standards vorangetrieben und begleitet hat.

Nachdem der DMR-Standard verabschiedet und veröffentlicht ist, besteht nun die Notwendigkeit, die Kompatibilität der DMR-Technik unterschiedlicher Hersteller nachzuweisen. Dafür definiert die DMR Association entsprechende Testverfahren. Eine weitere Aufgabe besteht darin, für eine wachsende Akzeptanz zu sorgen. Pluspunkte sammelt DMR nicht nur mit den hochwertigen Sprachdiensten sondern auch durch die Möglichkeit maßgeschneiderter Datenanwendungen.

### Besondere Merkmale von DMR

Die Umrüstung der analogen Funknetze auf DMR wird den Betreibern und Anwendern durch die Möglichkeit, analoge und digitale Funkgeräte parallel betreiben zu können, schmackhaft gemacht. Hierzu wertet die DMR-Basisstation während der Rufaufbau-Signalisierung den Signaltyp aus und aktiviert bedarfsgerecht den digitalen oder den analogen Modus.

Interessant ist auch die Möglichkeit, die DMR-Basisstationen in eine Art Schlaf-Modus

zu versetzen. Der Sender der Basisstation wird in diesem Modus nur bei Bedarf aktiviert, indem das Endgerät eine Art Weckruf sendet. Diese Betriebsart ist besonders günstig einsetzbar in Basisstationen, in denen sich der Funkverkehr auf bestimmte Tageszeiten beschränkt.

Eine weitere technische Besonderheit von DMR ist die Möglichkeit des Gleichwellenbetriebs, ähnlich wie im analogen Bereich. Dadurch lassen sich auch mit einer begrenzten Anzahl verfügbarer Frequenzkanäle großräumige Funkabdeckungen erzielen.

Hintergrund ist folgender: Versucht man die Reichweite eines Funknetzes zu erhöhen, so ist es zunächst nahe liegend, den Sendemast möglichst exponiert aufzustellen und die Sendeleistung zu erhöhen. Diese Möglichkeit hat zwei Limitierungen: Erstens kann es bei diesem Ansatz zu unerwünschten Überreichweiten kommen. Zweitens müsste mit der Sendeleistung der Basisstation auch die Leistung des Endgerätes erhöht werden, was nur sehr begrenzt möglich ist. Die genannten negativen Effekte vermeidet man durch das Aufstellen mehrerer verteilter Basisstationen, die jeweils einen Teilbereich des Gebiets abdecken. Dies ist die Idee des zellularen Netzes. Um die Störbeeinflussung der Basisstationen untereinander zu vermeiden, senden in der Regel benachbarte Basisstationen mit unterschiedlichen Frequenzen. Steht nur eine

Frequenz zur Verfügung, müssen benachbarte Basisstationen notgedrungen die gleiche Frequenz verwenden. Damit sich nun das Signal der benachbarten Basisstation nicht als Störsignal auswirkt, muss es synchron zum Signal der Ursprungszelle gesendet werden. Die Signale überlagern sich nun im Überlappungsbereich der Zelle konstruktiv und führen damit sogar zu einem besseren Empfang.

Bemerkenswert ist, dass man sich im DMR-Standard nicht auf ein definiertes Verfahren zur Sprachkompression (Codec) festgelegt hat. Die Hersteller haben sich daher außerhalb des Standards auf einen einheitlichen Codec geeinigt. Zur Sprachübertragung stellt die Luftschnittstelle eine Bruttodatenrate von 4,4 kBit/s zur Verfügung. Zum Vergleich: Bei GSM wird mit einer fünffach größeren Bruttodatenrate auf dem Sprachkanal gearbeitet. Daher musste nach einem sehr stark komprimierenden, robusten Codec Ausschau gehalten werden. Die Wahl fiel auf einen AMBE-Codec (Advanced Multiband Excitation), der bei einer Nettodatenrate von 2 kBit/s noch eine ausreichende Sprachqualität liefert und störende Nebengeräusche effektiv unterdrückt. Durch die geringe Nettodatenrate bleibt genügend Übertragungskapazität für die notwendige Vorwärtsfehlerkorrektur der Sprachdaten übrig. Der AMBE-Codec wurde speziell für die Satelliten-Telefone entwickelt.

### Tetra und DMR im Vergleich

Betrachten wir zunächst die Anwendersseite. Tetra ist grob gesagt das teurere und komplexere System. Seine Vorteile spielt es vor allem bei Organisationen und Unternehmen mit hohem einsatzkritischem Kommunikationsbedarf aus. Für den höheren Preis erhält der Kunde jedoch einen größeren Funktionsumfang und mehr Flexibilität bei der Konfiguration der Funkgeräte und Dienste. So definiert der Tetra-Standard rund zwei Dutzend Zusatzdienste. DMR beschränkt sich dagegen auf ein Dutzend. Es gibt bei Tetra auch mehr Möglichkeiten, Prioritäten und Vorrangrechte an Nutzer beziehungsweise Nutzergruppen oder an verschiedene Dienste zu vergeben. Nüchtern betrachtet werden in Tetra-Netzen jedoch selten alle Register gezogen, denn die Hersteller lassen sich jede zusätzliche Funktionalität versilbern.

Zwei besondere Rufarten sind Eigenheiten des DMR-Systems und nur durch besondere technische Kniffe auch in Tetra umsetzbar. Das Eine ist der so genannte Sammelruf an alle Funkteilnehmer. Das Andere ist der offene Kanal. Dabei handelt es sich um einen Gruppenruf, dessen Gruppenidentität allen Funkteilnehmern bekannt gegeben wird. Die Funkteilnehmer können dann selbstständig entscheiden, ob sie an dem Ruf teilnehmen möchten oder nicht. Bei Tetra wird die Mög-

lichkeit, an einem Gruppenruf teilzunehmen, individuell durch das nutzereigene Management an der Leitstelle geregelt. So muss zu jeder Rufgruppe eine Mitgliederliste in einer Datenbank gepflegt werden.

Aus technischer Sicht fallen darüber hinaus folgende Unterschiede ins Auge: DMR ist über einen größeren Frequenzbereich als Übertragungstechnologie zugelassen als Tetra. So kann DMR in drei Frequenzbändern bei 70 (4-m-Band), 140 (2-m-Band) und 400 MHz (70-cm-Band) betrieben werden, die momentan hauptsächlich noch für analogen PMR verwendet werden, während Tetra bisher in Deutschland und der gesamten EU auf den Frequenzbereich bei 400 MHz eingeschränkt ist. Der Tetra-Standard lässt zwar prinzipiell einen Frequenzbereich zwischen 100 und 900 MHz zu, die konkrete Ausgestaltung der einzelnen Frequenzbänder obliegt jedoch den Regulierungsbehörden, welche bisher nur das 70-cm-Band freigegeben haben.

Beide Standards verwenden TDMA (Zeitmultiplex) als Multiplexverfahren. Tetra arbeitet dabei mit vier Zeitschlitzen in einem Frequenzkanalraster von 25 kHz, DMR mit zwei Zeitschlitzen in einem Frequenzkanalraster von 12,5 kHz. Beide PMR-Varianten erreichen bei der Sprachübertragung daher die gleiche Frequenzeffizienz von 6,25 kHz pro Sprachkanal. Allerdings bietet der Zeitschlitz bei DMR eine deutlich geringere Datenrate als der bei Tetra, so dass bei DMR das Sprachsignal stärker komprimiert werden muss.

Als einziges digitales PMR-System setzt jetzt nur noch Tetrapol auf das alternative Multiplexverfahren FDMA (Frequenzmultiplex). Der Grund sind die Vorteile von TDMA: Dabei werden für die gleiche Zahl an Sprachkanälen weniger Hochfrequenzkomponenten in der Basisstation benötigt. Außerdem bedarf es für den Duplexbetrieb im Endgerät keines aufwändigen Duplexers, da über die Antenne abwechselnd gesendet und empfangen werden kann. Und schließlich lassen sich die Kanalressourcen bei TDMA viel flexibler zuweisen. Inzwischen denkt man daher auch bei Tetrapol über einen Umstieg auf TDMA nach. Damit würde sich Tetrapol – mit ebenfalls 12,5 kHz Kanalraster – technologisch stark an DMR annähern.

Im Netz-Modus – Endgerät im Netz eingebucht – arbeitet Tetra grundsätzlich im Frequenz-Duplex (FDD), wobei der Duplex-Abstand zwischen Downlink und Uplink 10 MHz beträgt. Der Duplex-Abstand bei DMR beträgt im 2-m-Band 4,6 MHz. DMR kann sowohl im Frequenz-Duplex als auch im Zeit-Duplex (TDD) betrieben werden. Letzteres ist vor allem dann relevant, wenn nur ein Frequenzkanal für die Kommunikation zur Verfügung steht.

## Standards im Vergleich

Die TFK-Vergleichstabelle zeigt die wichtigsten Unterschiede zwischen Tetra und DMR auf. Die vollständige Tabelle steht auf [www.funkschau.de](http://www.funkschau.de) sowie auf [www.tfk.de](http://www.tfk.de) zum Abruf bereit.

Parameter	Tetra	DMR
<b>Physikalisch / Technisch</b>		
Frequenzbereiche	380 – 400 MHz (BOS) 410 – 430 MHz (privater Sektor) 450 – 470 MHz (privater Sektor)	68 – 87,5 MHz 136 – 174 MHz 406,1 – 430 MHz 446,1 – 446,2 MHz (lizenzfrei, DMR Kat. 1) 440 – 460 MHz
Wellenlängenbereiche	70 cm	4 m 2 m 70 cm
Kanalabstand	25 kHz	12,5 kHz
Multiplexverfahren	TDMA	TDMA
Anzahl der Zeitschlitze	4	2
Anzahl Sprachkanäle pro 200 kHz(GSM: 8)	32	32
Spektrale Effizienz Bit/s/Hz (Brutto)	1,44	0,704
Netzkomplexität	hoch	niedrig
<b>Dienste</b>		
Datendienste	Kurztextmitteilungen Statusmitteilungen Paketdaten	Kurztextmitteilungen Statusmitteilungen Paketdaten
Datenraten	28,8 kBit/s (Brutto, Zeitschlitzbündelung); später > 100 kBit/s mit Teds	8,8 kBit/s (Brutto, Zeitschlitzbündelung: 12,5 kHz)
Verdrängende Rechte	Notruf, unbemerkt Mithören, individuell einstellbar	–
Rufaufbauzeit	< 500 ms	Kategorie 3 Best Case: Einzelruf (MS → MS): 210 ms Einzelruf (MS → PABX): 270 ms Gruppenruf: 90 ms
Zusatzdienste	24	4 (DMR 1 und 2), 12 (Kategorie 3)
<b>Sicherheitsaspekte</b>		
Authentifizierung	ja	ja
Luftverschlüsselung	ja	„nur“ Scrampling
E2EE Verschlüsselung	ja	nein
<b>Andere Merkmale</b>		
Migration von analog zu digital	Funkgeräte unterstützen nur Tetra	Parallelbetrieb möglich
Anwender	öffentliche Institutionen und Industrie mit hoher Anforderung an einsatzkritische Kommunikation	Kategorie 1: Privatpersonen und Industrie mit geringen Anforderungen, kleinräumige Anwendung Kategorie 2. Industrie mit hoher Anforderung an geschäftskritische Kommunikation, großräumige Kommunikation
Netzkapazität	optimiert für höhere Nutzerdichte	optimiert für geringe Nutzerdichte
Investitionskosten	hoch	niedrig

### Fazit

Tetra wird höchsten Anforderungen an Vertraulichkeit, Integrität und Verfügbarkeit gerecht, was aber auch mit höheren zusätzlichen Investitionen verbunden ist. DMR ist

völlig ausreichend, wenn vom Anwender zuverlässige betriebskritische Mobilkommunikation gefordert wird und die Teilnehmerdichte beziehungsweise Kapazitätsanforderung nicht zu hoch sind. (CK)