

# TETRA

Reinhold Wehner

**TErrestrial TRunked RAdio (TETRA)** ist ein zellulares, digitales Bündelfunksystem, das speziell für den Behörden- und Betriebsfunk entwickelt und vom European Telecommunications Standards Institute (ETSI) 1995 als Standard veröffentlicht wurde. TETRA vereint die Vorteile des Bündelfunkprinzips (d.h. keine feste, sondern dynamische, bedarfsorientierte Zuordnung der Funkkanäle je Benutzer/-gruppe) mit denen des digitalen Mobilfunks. TETRA-Netze zeichnen sich gegenüber analogen Pendanten durch bessere Frequenzökonomie, exzellente Übertragungsqualität bei Sprach- und Datenanwendungen, ein flexibles Netz- und Verbindungsmanagement sowie hohe Ausfalls- und Abhörsicherheit aus. Diese Merkmale sind es, die TETRA besonders für die Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben (BOS) wie Polizei, Feuerwehr, Hilfsorganisationen oder Katastrophenschutz interessant machen. Aber auch im professionell kommerziell genutzten Bereich wie auf Flughäfen, bei Nahverkehrsbetrieben oder Transportunternehmen wird die innerbetriebliche Funkkommunikation über TETRA-Netze abgewickelt.

TETRA kann grundsätzlich auf allen Frequenzen unterhalb 1 GHz arbeiten. Gemäß CEPT decision ERC/DC(96)04 stehen in Europa die Frequenzbänder 380 MHz – 400 MHz (europaweit für die BOS reserviert), 410 MHz – 430 MHz, 450 MHz – 470 MHz sowie das 800 MHz-Band (für kommerzielle Nutzer) zur Verfügung.

TETRA bietet eine Vielzahl von Dienste- und Leistungsmerkmalen, die sich an den Anforderungen professioneller Anwender orientieren. Verschlüsselung der Kommunikations- und Signalisierungsdaten auf der Luftschnittstelle, Ende-zu-Ende Verschlüsselung, dynamische Gruppenbildung, Wechsel zu und Anmeldung in Nachbarzellen (Handover, Roaming), Flottenmanagement mit Unterstützung durch das Global Positioning System (GPS), sowie Gatewayfunktionalitäten zu anderen Kommunikationsdiensten und -Netzen stellen nur einen Auszug dar. Durch den im Vergleich zu GSM extrem schnellen Verbindungsaufbau (typisch 300 ms), per Tastendruck absetzbare Notrufe oder unbemerktes Mithören der Leitstelle im Notfall, werden auch spezifische Anforderungen der Sicherheitsdienste erfüllt. TETRA-Endgeräte können, bei Ausfall der Basisstation oder wenn sie sich außerhalb deren Reichweite befinden, unmittelbar und direkt miteinander wie Walkie-Talkies kommunizieren. Als offener Standard bietet TETRA Herstellern und Lieferanten von TETRA-Produkten und -Dienstleistungen langfristig Investitionssicherheit. TETRA wird, mit steigender Tendenz, weltweit in mehr als 70 Länder von mehr als 700 Anwendern erfolgreich eingesetzt.

Biologische Auswirkungen von TETRA im nicht-thermischen Bereich konnten in einer speziell darauf abgestellten Studie nicht festgestellt werden. Die Reaktionsparameter bezüglich der bioelektrischen Hirnaktivität wiesen keinerlei Unterschiede zwischen Exposition und Scheinexposition auf.

## TETRA-Standard

TETRA ist ein digitales, zellulares Bündelfunksystem<sup>1</sup> für Anwendungen als Private Mobile Radio (PMR<sup>2</sup>) und Public Access Mobile Radio (PAMR<sup>3</sup>) und wurde vom europäischen Standardisierungsinstitut ETSI 1995 als Standard publiziert. In enger Kooperation zwischen

---

<sup>1</sup> **Bündelfunk** dient dem Austausch von (zumeist) kurzen Nachrichten im Nahbereich innerhalb geschlossener Benutzergruppen. Dabei sind sowohl Sprach-, als auch Datenübertragung möglich.

<sup>2</sup> **PMR-Funk** (kurz für Private Mobile Radio) Funksystem für private Betriebsfunkanwendungen. Das Funksystem wird vom Benutzer selbst betrieben.

<sup>3</sup> **PAMR** (Public Access Mobile Radio) Öffentlicher Bündelfunk, zu dem auch TETRA gehört. Die Bündelfunkdienste werden von unabhängigen Netzbetreibern bezogen.

Herstellern und Anwendern wurde der Standard besonders für BOS aber auch für Transport-, Produktions- und Energieversorgungs-Unternehmen entwickelt und optimiert.

TETRA ist technisch gesehen eine Weiterentwicklung des [GSM-Funktelefon-Standards](#) für [Betriebsfunktwecke](#). Es bietet eine digitale Kommunikationsplattform für die schmalbandige Sprach- und Datenübertragung, die sich durch schnellen Verbindungsaufbau (typisch 300ms), hohe Sprachqualität sowie ein Reihe von Sicherheitsmaßnahmen wie Verschlüsselungs- und Authentifizierungsmechanismen auszeichnet.

## TETRA-Dienste

Die TETRA Spezifikationen decken drei unterschiedliche Anwendungsgebiete ab. Das Anwendungsgebiet der Sprach (Voice)- und Datendienste (V+D Dienste) beinhaltet in der

- Dienstklasse: „Teledienste“ Funktionen wie den Individualruf, der einer normalen Telefonverbindung zwischen zwei Teilnehmern entspricht. Beim sogenannten Gruppenruf ruft ein Teilnehmer eine bestimmte Gruppe, wobei jedes Gruppenmitglied mithören und mitsprechen kann. Gruppenmitglieder können hinzugefügt oder aus dem Gruppenverbund ausgeschlossen werden. Der Breitbandruf ist eine Punkt-zu-Mehrpunktverbindung, bei der ein Teilnehmer in einem vorher bestimmten Gebiet eine vorher bestimmten Teilnehmergruppe (Empfänger) ruft.
- Dienstklasse: „Trägerdienste“ Funktionalitäten wie das Übertragen von Statusmeldungen oder vordefinierten Meldungen. Aber auch leitungsvermittelte und paketvermittelte Datenübertragungsdienste mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten und Fehlerprotokollen sind dieser Dienstklasse zugeordnet.
- Dienstklasse: „TETRA-Zusatzdienste“ Merkmale wie den Prioritätsruf, bei dem ein Teilnehmer einem Ruf eine eigene Priorität zuordnen kann, so dass dieser Ruf bevorzugt abgearbeitet wird. Beim „Discrete Listening“ kann eine autorisierte Person den Funkverkehr ohne Zustimmung der am Funkverkehr beteiligten Personen abhören. Das „Ambience Listening“ erlaubt der Leitstelle, im Falle unklarer oder gefährlicher Situationen, unbemerkt in ein Fahrzeug hineinzuhören.

Das Anwendungsgebiet Packet Data Optimized (PDO) ist speziell für die paketorientierte Datenübertragung optimiert. Obwohl auch von V+D Anlagen paketvermittelte Daten übertragen werden können, ist die PDO Luftschnittstelle jedoch besser für Datendienste geeignet. Dies ist besonders bedeutsam, wenn zwischen TETRA-Netz und Internet eine Verbindung hergestellt werden soll.

Die im Anwendungsgebiet Direct Mode Operation (DMO) spezifizierten Funktionen ermöglichen mobilen Endgeräten die direkte Kommunikation untereinander, d.h. ohne Verbindung zum TETRA-Netz. Diese Funktion ist besonders in Situationen, in denen das Netz nicht zur Verfügung steht (z.B. Katastrophensituationen, Netzausfall) oder wenn sich Mobilfunkteilnehmer außerhalb der Netzabdeckung bewegen, von besonderer Bedeutung.

Man unterscheidet folgende Kategorien von **DMO-Gesprächen**:

- das direkte bidirektionale Telefongespräch zwischen zwei mobilen Handgeräten
- das bidirektionale Telefongespräch zweier mobiler Handgeräte unter Einbeziehung eines in einem Fahrzeug installierten Repeaters (Verstärkers). Hierdurch lässt sich der Aktionsradius der mobilen Handgeräte erweitern. Ein in ein Fahrzeug fest eingebautes mobiles Endgerät fungiert als Gateway zwischen einer Basisstation und mobilen Handgeräten, die im DMO-Mode telefonieren. Voraussetzung ist, dass das im Fahrzeug installierte Endgerät gleichzeitig sowohl den regulären TETRA-Netzverkehr als auch den DMO-Verkehr abwickeln kann. Mit der Gatewayfunktion kann man kurzfristig die Netzabdeckung erweitern.

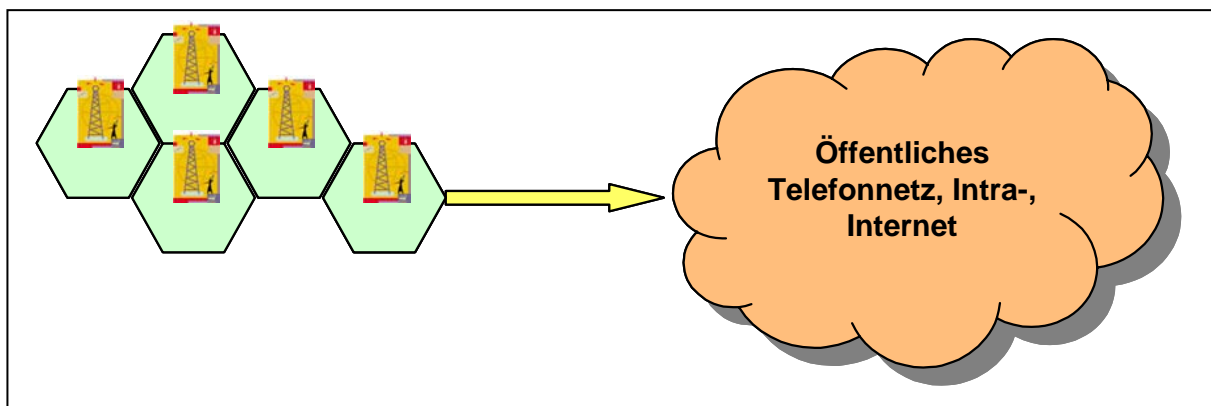
Ein für BOS und Transportunternehmen gleichermaßen interessantes Dienstmerkmal ist die Automatic Vehicle Location (AVL: Automatische Fahrzeugortung). Mit Unterstützung des GPS können

in TETRA-Netzen geographisch die Positionen von Fahrzeugen ermittelt und auf dem Bordcomputer und in der Leitzentrale auf einer digitalen Karte angezeigt werden.

Mit **CarPC** kann der mobile Teilnehmer direkt auf Datenbanken zugreifen (z.B. wenn Fahrzeughalter festgestellt oder Gefahrgutinformationen bei der Brandbekämpfung abgefragt werden müssen). Hierbei ist eine verbale Kommunikation nicht erforderlich. Der Datenbankzugriff erfolgt webbasiert, d.h. es werden Werkzeuge des Internet genutzt.

## TETRA-Netz

TETRA ist wie GSM ein zellular aufgebautes Mobilfunksystem. Jede Zelle enthält eine Basisstation als ortsfeste Einrichtung, mit einem zugehörigen Versorgungsgebiet. TETRA-Basisstationen sind unmittelbar an die Vermittlungsstellen per Richtfunk oder Kabel angeschlossen. TETRA kann als Einzellen- oder Mehrzellennetz (Abb.1) eingesetzt werden.



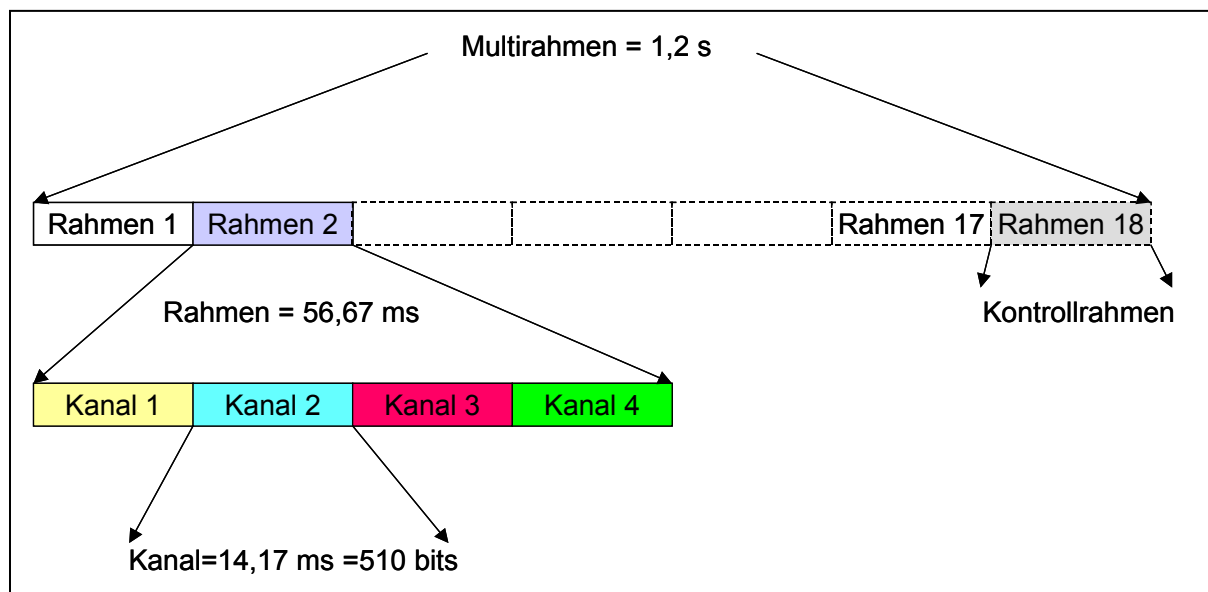
**Abb.1: Ein-/Mehrzellennetz**

Aufgrund der Sendeleistung der Endgeräte (1 W, 3 W, 10 W) ist der maximale Zellradius auf wenig bebautem Land auf ca. 25 km, in Ballungsräumen auf ca. 5 km begrenzt. Um im Funkbetrieb den unterbrechungsfreien Übergang von einer Funkzelle in die nächste zu garantieren, wird ein spezielles Übergabeverfahren (Handover) angewandt.

TETRA kann grundsätzlich auf allen Frequenzen unterhalb 1 GHz arbeiten. Gemäß „CEPT decision ERC/DC(96) 04“ stehen in Europa die Frequenzbänder 380 MHz – 400 MHz (europaweit für die BOS reserviert), 410 MHz – 430 MHz, 450 MHz – 470 MHz sowie das 800 MHz-Band (für kommerzielle Nutzer) zur Verfügung.

## TETRA-Luftschnittstelle, Pulsung

An der Luftschnittstelle arbeitet TETRA mit dem Zeitvielfach-Zugriffs-Verfahren (Time Division Multiple Access, TDMA). In einem Funkkanal mit 25 kHz Bandbreite werden vier unabhängige Kommunikationskanäle (Kanal 1, Kanal 2, Kanal 3, Kanal 4) in vier Zeitschlitzen zur Verfügung gestellt. Damit bieten TETRA-Systeme gegenüber GSM-Netzen, die bei einer Funkkanalbandbreite von 200 kHz acht Kommunikationskanäle bereitstellen, eine um den Faktor vier effizientere Frequenznutzung. Gemeinsam bilden die vier Zeitschlitze/Bursts den sog. TDMA-Rahmen mit einer Rahmendauer von 56,67 ms. (Abb.2)



**Abb. 2: Rahmenstruktur**

Die maximale Übertragungsrate pro Kommunikationskanal beträgt 7,2 kbit/s. Durch Bündelung aller vier Kommunikationskanäle sind bei Bedarf und abhängig von der gewählten Sicherheitsebene Datentransfargeschwindigkeiten zwischen 9,6 kbit/s und 28,8 kbit/s möglich. In Send- und Empfangsrichtung werden unterschiedliche Frequenzen genutzt, die um das Sicherheitsfrequenzband, den sog. Duplexabstand (typischerweise 10 MHz), auseinander liegen.

Die charakteristischen Eigenschaften von TETRA-Funksignalen im Bereich 400 MHz wurden in [2] untersucht. Hierbei wurden sowohl die von Basisstationen ausgehenden Funksignale gemessen, als auch Messungen an Mobilteilen im Bündelfunkmode (d.h. die Mobilgeräte kommunizieren über eine Basisstation) und Direktmode (d.h. die Mobilgeräte kommunizieren direkt miteinander) vorgenommen. In Abb.3 ist beispielhaft das Sendediagramm einer Basisstation dargestellt, die im sog. „continuous mode“ arbeitet, d.h. es werden in allen vier Bursts/Zeitschlitzten Kommunikationsdaten übertragen. Die signifikanten Amplitudenschwankungen innerhalb eines Bursts bewegen sich dabei um  $\pm 85\%$  um das Leistungsmittel und sind auf das Modulationsverfahren des Sendesignals zurückzuführen. Der mit FCCH (Frequency Correction Channel) gekennzeichnete Abschnitt ist 1,78 ms lang und dient als Schutzintervall zwischen den Bursts. Während dieser Zeit wird der Sendepiegel der Basisstation auf einen konstanten Wert (hier ca. 10 mW) abgesenkt. Dieser Wert entspricht im Mittel auch dem Datensignal eines Bursts. In ihrer Analyse bzw. Schlussfolgerung aus den durchgeführten Messungen kommen die Autoren in [2] zu der Schlussfolgerung, dass das Sendesignal einer Basisstation als kontinuierlich und nicht als gepulst einzustufen ist. Widerspruch erfährt diese Einschätzung durch den Autor von [9], der es als falsch betrachtet, die beträchtlichen Leistungsschwankungen zu vernachlässigen und die hierdurch bedingten Auswirkungen auf den lebendigen Organismus zu ignorieren. Dass darüber hinaus das kontinuierliche Aussenden der Datenbursts auch mit konstanter Leistung und damit nicht gepulst erfolge, sei so nicht schlüssig.

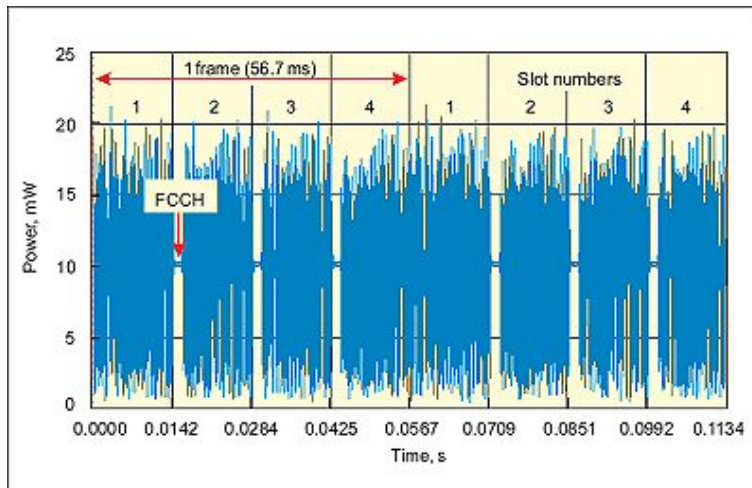


Abb.3: Datensignal (Quelle: [2])

Diese Einschätzung wird auch in [3] geteilt, abgestützt u.a. auf Abb. 4. Hier ist die durch die Rahmendauer von 56,67 ms hervorgerufene Frequenzspitze bei 17,7 Hz ebenso deutlich zu erkennen, wie die durch die Burstdauer von 14,2 ms hervorgerufene Frequenz von 70,4 Hz.

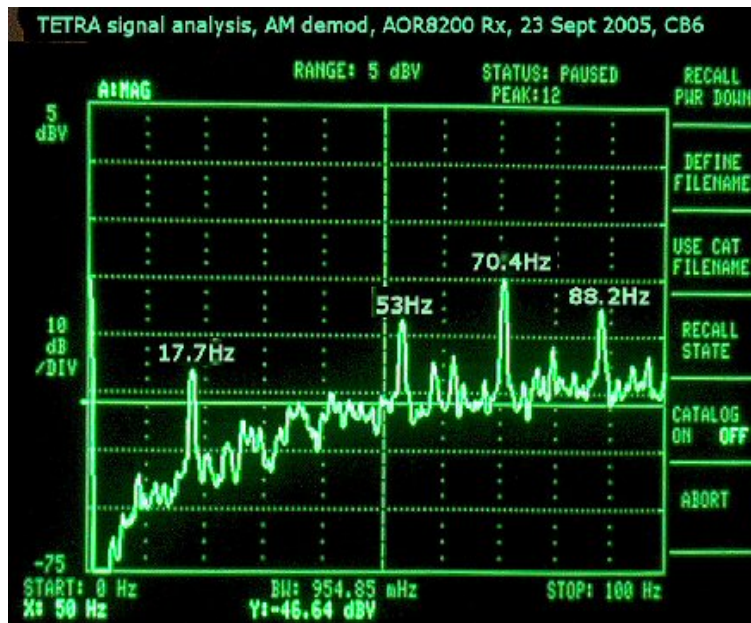
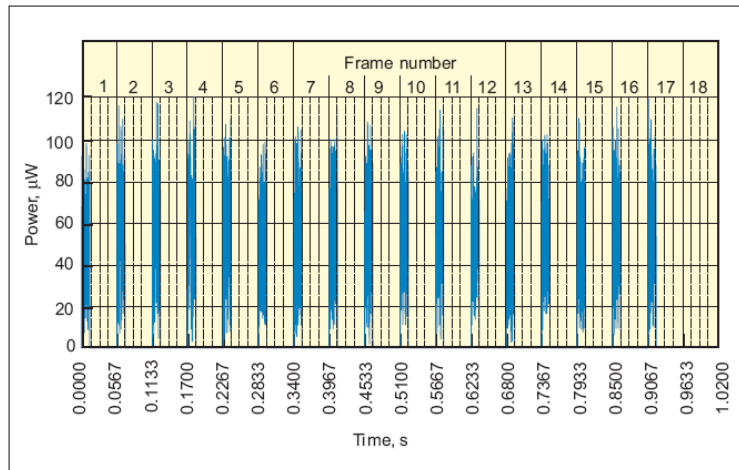


Abb. 4: Frequenzspektrum des TETRA-Signals [Quelle (3)]

Das Sendesignal einer Mobilfunkstation gemäß Abb.5 ist gepulst, wobei das Gerät in der Regel den Zeitschlitz 1 in den Rahmen 1 bis 17 belegt. Rahmen 18 dient Kontrollzwecken. Die mittlere Sendeleistung beträgt ca. 58  $\mu$ W.



**Abb. 5: Sendesignal Mobilfunkstation (Quelle [2])**

## TETRA-Gerätetechnik

Während Endgeräte im TETRA-Netz grundsätzlich herstellerunabhängig einsetzbar sind, trifft dies für die Gerätetechnik der Basisstationen und Vermittlungsstellen nicht zu. Jeder Hersteller kann selbst bestimmen, mit welcher Technik Basisstation und Vermittlungsstelle miteinander verbunden werden. Eine genormte Schnittstelle (Inter System Interface, ISI) stellt jedoch sicher, dass auch TETRA-Netze unterschiedlicher Hersteller miteinander verbunden werden können.

Basisstationen senden permanent und mit konstanter Leistung (typisch 25 W). Bei den Mobilgeräten unterscheidet man zwischen Handgeräten mit Sendeleistungen von 1 W oder 3 W und in Fahrzeuge eingebaute Endgeräte mit 10 W Leistung. Die Sendeleistung der Mobilgeräte wird von der Basisstation so geregelt, dass bei minimaler Leistung guter Empfang möglich ist.

## Authentifizierung von Mobilstation und Netz

Bevor ein Kommunikationsaustausch erfolgen kann muss sich jedes Mobilgerät am Netz anmelden. Das Netz prüft dabei, ob die Mobilstation berechtigt ist, auf das Netz zuzugreifen. Die Mobilstation ihrerseits kann prüfen, ob sie sich am „richtigen“ Netz anmeldet.

## Sicherheit an der Luftschnittstelle

Einer der wichtigsten Punkte ist die Sicherheit, eindeutig und nur mit dem gewünschten Partner verbunden zu sein. Dafür können sich Netz und Mobilgerät für jedwede Art der Kommunikation gegenseitig authentifizieren und auf Basis eines einzigartigen, individuellen Schlüssels entscheiden und festlegen, wie ein sicherer Informationsaustausch vonstatten gehen soll..

## Ende-zu-Ende Verschlüsselung

Die Übertragungsdaten, d.h. Kommunikationsdaten und Signalisierung, können verschlüsselt werden. Der Benutzer bestimmt Art und Grad der Verschlüsselung. Das Netz reicht diese transparent von einem zum anderen Endgerät weiter.

## **Aktivieren/Sperren von Mobilgeräten**

Das Netz kann Mobilgeräte zeitweise oder dauerhaft aktivieren oder außer Funktion setzen. TETRA unterstützt drei Kategorien:

- Aktivieren/Sperren des Subscriber Identity Module (SIM-Karte). Dort sind teilnehmerspezifische Daten abgelegt, mit deren Hilfe sich ein Mobilfunknutzer gegenüber dem Netz ausweist/identifiziert (Prinzip wie beim GSM-Handy). Auch wenn die SIM-Karte durch das Netz gesperrt wurde, ist das Endgerät (Handy) in diesem Fall mit einer anderen SIM-Karte (meist anderer Teilnehmer) noch benutzbar.
- Aktivieren/Sperren des Endgeräts (Handy). Im Fall einer Sperre wird das Endgerät selbst dauerhaft außer Betrieb gesetzt, d.h. gleichgültig welche SIM-Karte verwendet wird. Diese Funktion ist besonders dann wertvoll, wenn ein Mobilgerät verloren geht oder gestohlen wurde.
- Aktivieren/Sperren von SIM-Karte und Endgerät. Im Fall der Sperre werden durch Kombination der beiden vorangehend geschilderten Merkmale Mobilgerät und Teilnehmer generell vom Netzzugang ausgeschlossen.

## **TETRA-Felder, Elektromagnetische Verträglichkeit mit der Umwelt (EMVU)**

Aufgrund der Verwandtschaft zu GSM gelten für die Exposition von TETRA die gleichen Aussagen wie sie für Mobilfunksysteme wie GSM getroffen wurden. Die per Gesetz festgelegten Bestimmungen und Grenzwerte sind auch hierfür gültig und einzuhalten.

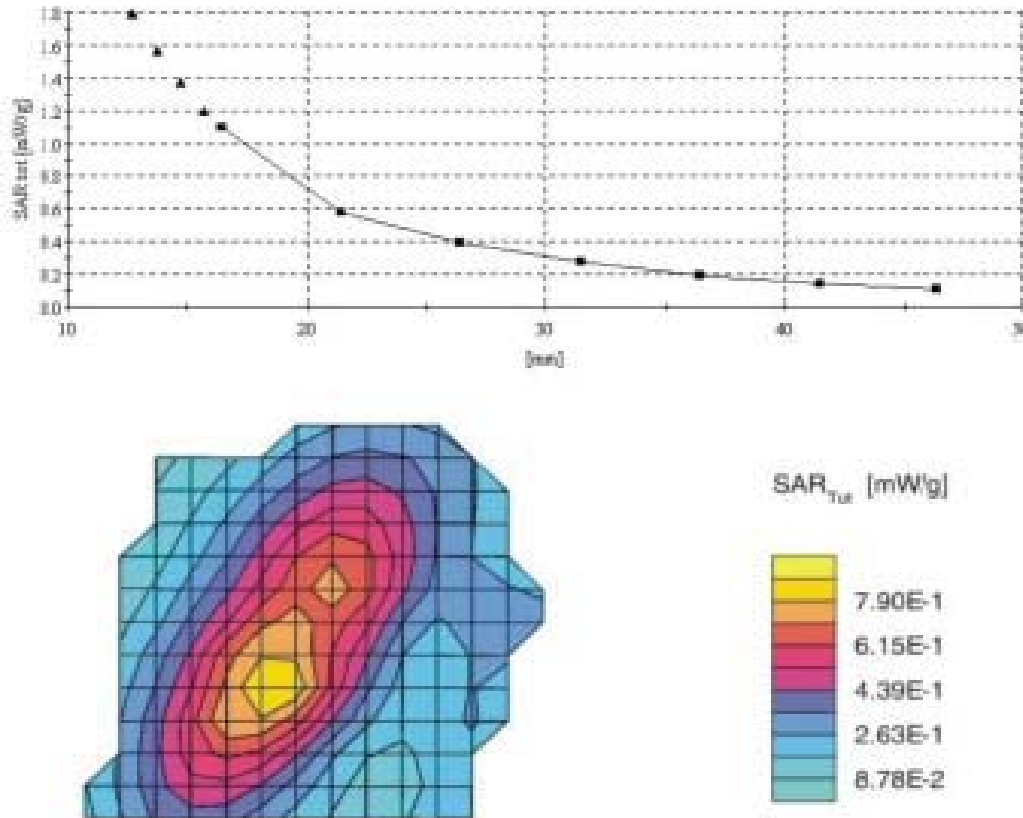
## **Spezielle Forschung zu biologischen TETRA-Auswirkungen**

Aus der Betriebsweise von TETRA, nämlich dem Zeitmultiplex (TDMA)-Verfahren mit einer TDMA-Rahmendauer von 56,67 ms und einer Pulsdauer von 14,17 ms pro Übertragungskanal resultiert eine Modulation des Radiosignals pro Kommunikationskanal mit einer Pulsfolgefrequenz von 17,65 Hz. Da dieser Wert in einem physiologisch relevanten Frequenzbereich liegt, wurde in einer aktuellen Pilotstudie der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, Berlin [7], das sog. Bereitschaftspotenzial und die Reaktionsfähigkeit des Menschen an Probanden untersucht. Es handelte sich dabei um eine explorative Untersuchung, da konkrete Hypothesen über denkbare Wirkmechanismen fehlen. Als Indikator der bioelektrischen Hirnaktivität wurde das Bereitschaftspotenzial (BP) ausgewählt, da in früheren Untersuchungen ein signifikanter Einfluss des GSM-Radiosignals auf das BP nachgewiesen werden konnte.

Das 380,25 MHz-Radiosignal nach TETRA-25-Standard (Rahmen-Wiederholfrequenz 17,65 Hz, Rahmendauer 56,67 ms, Pulsdauer 14,17 ms) wurde von einer  $\lambda/2$ -Antenne emittiert. Sie wurde an der linken Kopfseite der Probanden so positioniert, dass der Kontakt zwischen Antenne und Kopf über die gesamte Dauer des Versuchs konstant blieb. Die Sendeleistung betrug 2 W (Puls), effektiv 500 mW. Um sicherzustellen, dass die Probanden keine Kenntnis über die aktuelle Exposition hatten, wurde die Antenne über einen im Nebenraum befindlichen Ultra-Hochfrequenzgenerator und nachgeschalteten Leistungsverstärker gespeist.

Die Werte der spezifischen Absorptionsrate (SAR), wurden mit Hilfe eines anatomisch realistischen Ganzkopfphantoms („Generic twin phantom“) gemessen. Der räumliche SAR- Spitzenwert, gemittelt über 1 g bzw. 10 g Gewebe, betrug 1,35 mW/g bzw. 0,83 mW/g. Durch den abschirmenden Effekt der für die Ableitung der bioelektrischen Hirnaktivität eingesetzten Nylonkappe mit integrierten Elektroden ergab sich ein resultierender SAR-Wert (gemittelt über 10 g) von 0,544 mW/g. Abb. 7 zeigt die Verminderung der SAR mit zunehmender Distanz von der Antenne und die gemessene Verteilung der SAR.



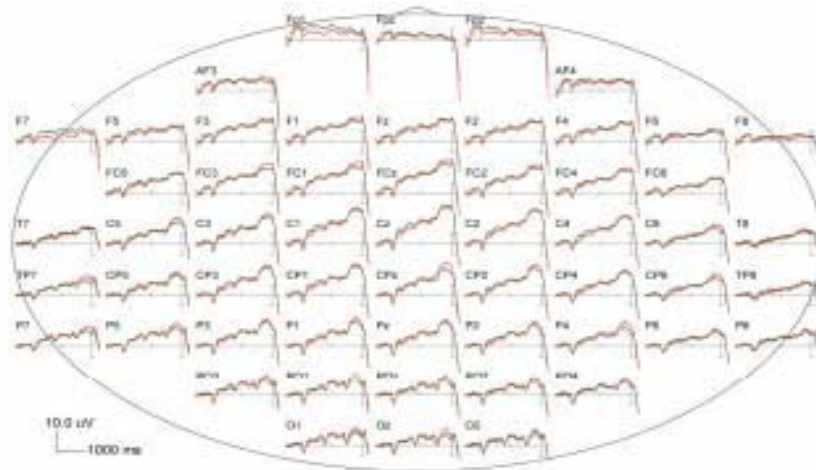


**Abb. 7:**  
**Oben: SAR als Funktion des Abstands von der emittierenden Antenne. Messung ohne ElectroCap, linke Seite des generic twin phantom; Normalposition,  $f = 385,25$  MHz, effektive Sendeleistung = 500 mW. SAR (10g) = 0,832 mW/g; worst case interpolation.**  
**Unten: SAR Verteilung. Messung mit ElectroCap; Normalposition,  $f = 385,25$  MHz, effektive Sendeleistung = 500 mW. SAR (10g) = 0.544 mW/g.**  
 (Quelle: [7])

Die Aufgabe, die die Probanden durchführen mussten, war in vier Versuchsabschnitte von 8 Minuten Dauer mit 140 Einzelaufgaben (Drücken einer Taste) eingeteilt und erforderte hohe Konzentration und Aufmerksamkeit. Exposition und Scheinexposition wechselten sich, „blind“ für die Probanden, ausgewogen ab. Als Leistungsparameter wurde die Reaktionsgenauigkeit verwendet. Die bioelektrische Hirnaktivität wurde, im Zeitintervall von 2500 ms vor dem Tastendruck bis 500 ms danach, getrennt für die beiden Expositionsbedingungen gemittelt, und die Amplitude des Bereitschaftspotenzials wurde als Mittelwert über den Zeitbereich von 500 ms vor dem Tastendruck bis zu dessen Auslösung gemessen.

Im Ergebnis ist festzuhalten, dass die unter beiden Expositionsbedingungen gemessenen Reaktionsparameter keine Unterschiede zwischen Exposition und Scheinexposition zeigten. Ebenso ergab die statistische Analyse der Bereitschaftspotenzial-Amplituden keine signifikanten Effekte. Wie der Abb. 8 zu entnehmen ist, sind die das Bereitschaftspotenzial repräsentierenden langsamen Potenzialänderungen in der Mehrzahl der Ableitungen praktisch kongruent.





**Abb. 8: Kurvenverläufe des Bereitschaftspotenzials für die einzelnen Ableitpunkte, über die Probanden gemittelt (Referenz A1-A2). Überlagerung für die Bedingung TETRA-Exposition (rot: ON) und Scheinexposition (grün: OFF) (Quelle: [7]).**

Auch die topographischen Amplitudenverteilungen über der Kopfhaut lassen keine Unterschiede zwischen den Expositionsbedingungen erkennen.

Die Ergebnisse der Untersuchung geben keinen Hinweis, dass die Exposition mit einem 17,65 Hz puls-modulierten TETRA-Signal das aus der bioelektrischen Hirnaktivität ermittelte Bereitschaftspotenzial und die damit verbundenen Aufmerksamkeitsprozesse beeinflusst. Es konnten keine Änderungen des hier ausgewählten Parameters der bioelektrischen Hirnaktivität nachgewiesen werden. Somit sprechen aus heutiger Sicht biophysikalische Überlegungen bei den zulässigen, zum Einsatz kommenden Sendeleistungen, gegen sogenannte „nicht-thermische“ Wirkungen im Gehirn.

## TETRA-Zukunft

Massiver Druck aus den Reihen der Anwender bewog ETSI im September 2000, ein Programm „TETRA Release 2“ zu beschließen. Der Fokus dieses Programms liegt auf der allgemeinen Zukunftssicherung des TETRA-Standards als Weltstandard für PMR- und PAMR-Anwendungen, wobei gleichzeitig die Abwärtskompatibilität zum bestehenden Standard gewährleistet sein muss. Das Aufgabenpaket besteht darin, zusätzliche Funktionen und Dienste zu entwickeln, z.B. im Bereich Datenübertragung den bestehenden TETRA-Standard auf Datenübertragungsraten bis 400 kBit/s zu erweitern, und damit sicher zu stellen, dass in existierenden und zukünftigen TETRA-Netzen multimediale und IP-gestützte Anwendungen einsetzbar sind. Soweit erforderlich, sollen zusätzliche Sprachcodecs standardisiert werden, um die Kommunikation zwischen TETRA-Netzen und den Netzen zukünftiger Mobilfunkgenerationen in bestmöglicher Sprachqualität zu gewährleisten. Hierbei soll der Einsatz neuester Technologie unterstützt werden. Die Luftschnittstelle ist mit dem Ziel zu überarbeiten, die Spektrumseffizienz zu verbessern, Nutzerkapazität und Performance zu erhöhen, sowie die Dienstqualität (Quality of Service, QoS) zu verbessern. Im Bereich Interworking und Roaming sollen Funktionalitäten standardisiert werden, die die Interoperabilität zwischen TETRA-Netzen, öffentlichen Mobilfunknetzen wie GSM, UMTS und anderen 3G/IP-Netzen verbessern. Im gleichen Kontext soll das SIM zu einem universellen SIM (Universal SIM, USIM) entwickelt werden, um die Zusammenarbeit TETRA-spezifischer Dienste mit diesen Mobilfunknetzen sicherzustellen.

## TETRA - Memorandum of Understanding (MoU)

Das TETRA-MoU ist ein Weltverband, der 1994 gegründet wurde und von TETRA-Herstellern, Applikations- und Systemhäusern, Anwendern und Nutzern getragen wird. Ziel ist, weltweit aktiv die Einführung von TETRA zu fördern sowie ETSI bei der Standardisierung zu unterstützen. TETRA wird inzwischen weltweit in mehr als 77 Ländern eingesetzt, davon in vielen Behördenetzen.

## Literatur

- [1] "Faktenblatt" TETRA;  
BAKOM (Bundesamt für Kommunikation, Schweiz), 2001
- [2] "Possible Health Effects from Terrestrial Trunked Radio (TETRA)"  
National Radiological Protection Board, Chilton, Didcot, Oxon OX11 0RQ, Volume 12 No 2, 2001;  
[http://www.hpa.org.uk/radiation/publications/documents\\_of\\_nrpb/pdfs/doc\\_12\\_2.pdf](http://www.hpa.org.uk/radiation/publications/documents_of_nrpb/pdfs/doc_12_2.pdf)
- [3] <http://www.tetrawatch.net/tetra/index.php>
- [4] „Digitaler Mobilfunk Tetra: Eigenschaften und Merkmale“  
BESCom Elektronik GmbH
- [5] TETRA MoU
- [6] ETSI EN 300 392-2, Ver 2.5.1 (2005-07), Final Draft
- [7] Freude G, Ullsperger P, Erdmann U, Eggert, S.,  
„TETRA 25 Beeinflusst ein elektromagnetisches Feld die bioelektrische Hirnaktivität?“,  
FGF-Newsletter online 1/2006.
- [8] <http://de.wikipedia.org/>
- [9] Hyland, Gerard J,  
„Wie die Immissionen von TETRA-Basisstationen die menschliche Gesundheit nachteilig beeinflussen können“,  
EMV-Tagung des VDB, 22.-23-März 2006, Stuttgart