



# IuK- Sammlung der BABZ

## **Der BOS- Funk wird digital**

Mit dem Schengener Durchführungsabkommen (1990) sollte der Wegfall der innereuropäischen Grenzkontrollen umgesetzt werden. In diesem Abkommen kamen die Mitgliedsländer überein, auch ein länderübergreifendes Kommunikationssystem zu schaffen. In Deutschland wurde für diese Aufgabe 1996 die Projektgruppe Digitalfunk geschaffen, die die Einführung vorbereiten sollte. 2000 beschloss die Innenministerkonferenz die Gründung einer Zentralstelle für die Vorbereitung der Einführung eines bundesweiten einheitlichen Sprech- und Datenfunksystems. In einem Pilotversuch in Aachen wurde von 2001 bis 2003 der Beweis erbracht, dass ein Funknetz mit dem System TETRA 25 für die BOS geeignet ist. Damit nahm eine gewaltige Aufgabe ihren Anfang: Galt es doch ein leistungsfähiges Funknetz, welches seit seinen Anfängen 1943, über 50 Jahre gewachsen war, durch ein leistungsfähigeres und sicheres Netz zu ersetzen. Die stetig wachsende Zahl der Nutzer lies das analoge Funknetz an seine Grenzen stoßen. Dies wurde jedem bewusst, der große Einsatzlagen wie die Karnevalstage im Rheinland und die damit einhergehende Kanalknappheit erlebt hatte. Das die Kanalverteilung an diesen Tagen in NRW gelang, ist der Geschicklichkeit der Beamten der Landeszentralstelle für polizeitechnische Dienste zu verdanken. Es musste ein bundesweites Funksystem geschaffen werden, das auch die Belange der Bundesländer und der verschiedenen Bedarfsträger erfüllte. Zusätzlich musste der gesamte gewachsene Gerätebestand ausgetauscht werden, und hierbei steckte der Teufel manchmal im Detail: So boten z.B. die Hersteller anfangs nur Geräte an, die sowohl den Ladeanschluss wie auch den Anschluss für die Zusatzgeräte auf der Unterseite hatten. Dies hätte bedeutet, man hätte vor jedem Einsatz, die Handmonophone anschrauben müssen. Da eine Ladung mit dem Handmonophon nicht möglich war. Die Hersteller stellten sich jedoch zügig auf die Belange der BOS ein. Eine weitere Herausforderung war die Umschulung aller Nutzer auf die neue Technik, in einem kurzen Zeitraum. Allein in NRW ging man, bei den nicht polizeilichen BOS, von 160.000 zu schulenden Nutzern aus. Um 2006 nahmen die Arbeitsgruppen bei Bund und Ländern ihre Arbeit auf, viele der Gruppenmitglieder arbeiteten dabei, zusätzlich zu ihren normalen Aufgaben, an der Einführung des Digitalfunkes. Der Auftrag zum Netzaufbau wurde an EADS 2006 vergeben. Ein früherer Gedanke war, den Netzaufbau der DB telematik zu übertragen, da diese aus dem Bahnbetrieb Erfahrungen mit einem bundesweiten Netz hatte. Das Angebot wurde aber als zu teuer abgelehnt. Zwischenzeitliche Überlegungen, die GSM- Netze der privaten Anbieter mit zu nutzen, wurden zu Gunsten eines eigenen Netzes verworfen. Als sich der Abschluss des Netzaufbaues abzeichnete, lagen die tatsächlichen Kosten nicht all zu weit entfernt vom ursprünglichen Angebot der DB telematik. Im Jahr 2007 wurde die BDBOS als Bundesanstalt für den Digitalfunk der Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben gegründet. Im gleichen Jahr gingen die Basisstationen der Referenzplattformen in Berlin, Hamburg, Duisburg, Münster, Stuttgart und München in die Luft. So konnten die ersten praktischen Erfahrungen gesammelt werden und die Ausbildung der Schulungskräfte anlaufen. Das Netz wurde in Teilabschnitten in Betrieb genommen und der Testbetrieb in den Teilabschnitten begann 2009. Der erweiterte Probetrieb, in dem die Nutzer das Netz testen sollten, lief zwischen 2012 und 2014 ab, je nach Fertigstellung des Netzabschnittes. Mit dem Ende des Probetriebes, im jeweiligen Netzabschnitt, konnte der Wirkbetrieb aufgenommen und die Migration begonnen werden.





## Technische Vorgeschichte

Ende der Sechziger Jahre begann der Aufbau des B- Netzes, als Autotelefonnetz. Das Autotelefon konnte ein Bündel von Kanälen nutzen und über einen Steuerkanal wurde dem Telefon mitgeteilt, welchen Kanal es verwenden sollte. Die Feststation sendete wiederkehrend ein Freisignal um dem Autotelefon einen nutzbaren Kanal anzuzeigen. Beim C- Netz fand 1985 zum ersten mal eine Trennung von Zugangsberechtigung und Gerät statt. Die Teilnehmerdaten befanden sich auf eine Karte, die ins Gerät eingelegt wurde.

Im immerwährendes Problem der Nachrichtentechnik ist, auf einem begrenzten Nachrichtenweg, möglichst viele Nachrichten zu übertragen. Eine Lösung dieses Problems ist die PCM (Puls Code Modulation), sie ermöglicht die Übertragung von mehreren Gesprächen auf vier Adern eine Fernsprechleitung. 1969 wurde vom CCITT, dem Vorgänger der internationalen Fernmeldeunion, das PCM-30 System eingeführt. Dieser Standard erlaubte die Übertragung von 30 Gesprächen gleichzeitig. Ein Zeitraum von 125 Millisekunden wird in 30 Blöcke (plus zwei Steuerblöcke) unterteilt. Die Gespräche werden digitalisiert und die erfassten Daten, der Gespräche, belegen jeweils einen Block. Nach 125 Millisekunden wiederholt sich der Vorgang und die nächsten Informationen werden übertragen. Dieses Verfahren wird als Zeit- Multiplex bezeichnet, da es die einzelnen Teile der Gespräche zeitlich gestaffelt überträgt und so den Verbindungsweg mehrfach verwendet.

Mit Chekker startete die Deutsche Bundespost Telekom 1990 ein lokales Bündelfunknetz, dies brachte einige Vorteile mit sich: Die zentrale Steuerung teilt dem Nutzenden einen freien Kanal aus einem Bündel zu. Die Kanäle sind nun nicht mehr für bestimmte Nutzenden vergeben. Dies führt zu einer ökonomischeren Nutzung des Frequenzspektrums. Im Gegensatz zu den üblichen Reichweiten im Betriebsfunk, von ca. 15 km wurde, durch das lokale Bündelfunknetz, eine Reichweite von 100 km möglich. Der Kunde musste nur noch das Endgerät beschaffen und zahlte an den Betreiber eine Nutzungsgebühr. Durch die Liberalisierung des Telekommunikationsmarktes gab es auch private Anbieter von Bündelfunknetzen.

## Nokia H 70

Das H 70 steht in der Sammlung stellvertretend für den analogen Bündelfunk. Mit MPT 1327 wurde 1988 ein erster analoger Bündelfunk-Standard vom britischen DTI (Department of Trade and Industry) definiert. Der Standard MPT 1343 definiert die Luftschnittstellen für den Bündelfunk und die Datenpakete à 184 Bit im Organisationskanal. Das H 70 arbeitet mit diesen Standards, ist der Kanal zugewiesen, erfolgt die Sprachübertragung frequenzmoduliert. Analoge Bündelfunknetze waren und sind auch auf Werksgeländen zu finden. Auch andere Geräte wie das Ascom SE 160 T waren Bündelfunktauglich aber das H 70 wurde von Nokia 1997 ausschließlich für eine Anwendung im Bündelfunk designet. Es lehnte sich optisch auch mehr an die damaligen Mobiltelefone an. (Das Ascom SE 160 ist bei den Handfunkgeräten beschrieben)

Inventarnummer: MoK 024, Nokia

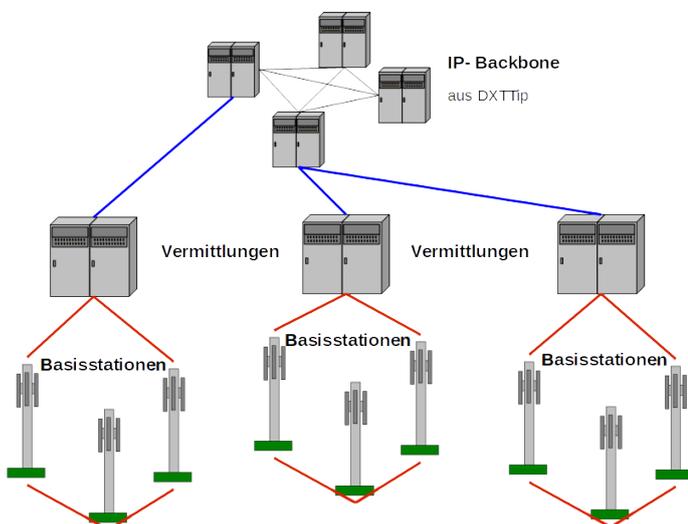
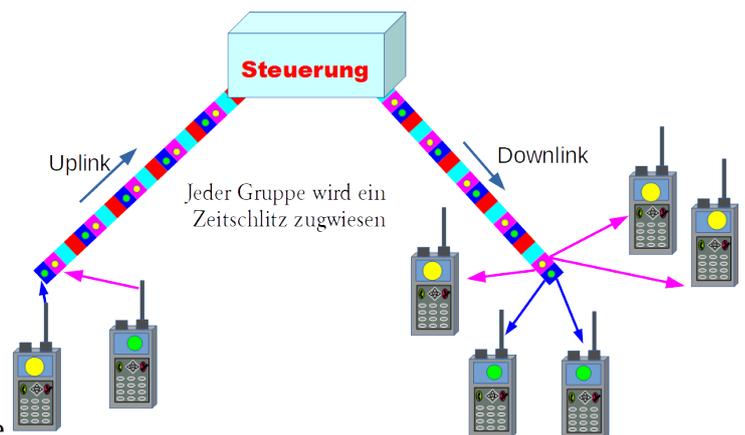




## Was ist TETRA 25 ?

TETRA 25 ist ein durch die ETSI (European Telecommunications Standards Institute, dt: Europäische Institut für Telekommunikationsnormen) genormtes Funksystem für professionelle Anwendungen. Ursprünglich bedeutete TETRA **T**rans **E**uropean **T**runked **R**adio wurde aber in **T**errestrial **T**runked **R**adio umbenannt. Bandbreite des Übertragungskanal ist 25 kHz, was auch die 25 im Namen erklärt. Durch die weite Verbreitung von TETRA 25 in Industrie, Behörden und Militär werden Endgeräte in größerer Stückzahl produziert, zudem kommen Komponenten des Systems auch in anderen Funksystemen zum Einsatz, weshalb die Endgerätepreise deutlich unter den Preisen liegen die für analoge BOS- Geräte üblich waren. Die Vergabe einer festen Frequenzen für eine Gruppe von Nutzern, oder um in der Sprache der DV 810 zu bleiben, für einen Funkverkehrskreis ist hochgradig ineffizient. Da die Frequenz für andere Nutzergruppen (Funkverkehrskreise) nicht nutzbar ist. Auch dann nicht, wenn sie von den „Besitzern“ der Frequenz gar nicht benötigt wird. Hier setzt der Gedanke eines Bündelfunksystems an, wie es auch TETRA 25 ist: Aus einem Bündel von Frequenzen wird der Nutzergruppe, nur für die Dauer der aktiven Nutzung, eine Frequenz zugeteilt. Nach dieser Nutzung kann die Frequenz wieder anderen Nutzergruppen zugeteilt werden.

TETRA 25 geht hier aber noch einen Schritt weiter: Die Frequenz wird in vier Zeitschlitz von 14 ms aufgeteilt. Jedem Gespräch wird ein Zeitschlitz zugewiesen, dadurch nutzt jedes Gespräch nur zu einem viertel der Zeit die Frequenz. Damit die Sprachinformation in den Zeitschlitz „passt“ werden noch zwei weitere Schritte nötig: Die Sprache wird digitalisiert. Dazu wird das Signal abgetastet und in eine Abfolge von Einsen und Nullen umgewandelt. Den nächsten Schritt übernimmt ein Baugruppe mit dem Namen Vocoder: Er vergleicht eine Sequenz (Abfolge von Einsen und Nullen mit einer festgelegten Länge) mit Sequenzen die in seinem Speicher abgelegt sind. Passt die Sequenz zu keiner im Speicher, wird sie verworfen und nicht benutzt. Dies erklärt, warum z.B. Motorgeräusche in TETRA nicht übertragen werden. Erkennt er die Sequenz, gibt er nur eine Kennnummer der Sequenz in Richtung Sender weiter. Beim Empfänger läuft der Vorgang in der umgekehrten Reihenfolge ab.



Übergangspunkt für die Funkgeräte in das TETRA-Netz sind die Basisstationen. Diese verfügen mindestens über zwei Frequenzen Da jede Frequenz in vier Zeitschlitz aufgeteilt wird, stehen somit acht Zeitschlitz zur Verfügung. Über einen Zeitschlitz werden die Funkgeräte jedoch gesteuert, somit stehen sieben Zeitschlitz für von einander unabhängige Gespräche zur Verfügung. Je nach der zu erwartenden Auslastung, gibt es auch Basisstationen mit mehr Frequenzen. Die Basisstationen (BS) sind an eine Vermittlungsstelle (DXTTip) angeschlossen. Hier wird geprüft, welche Rechte das Gerät im Netz hat und die Gesprächsverbindungen aufgebaut.



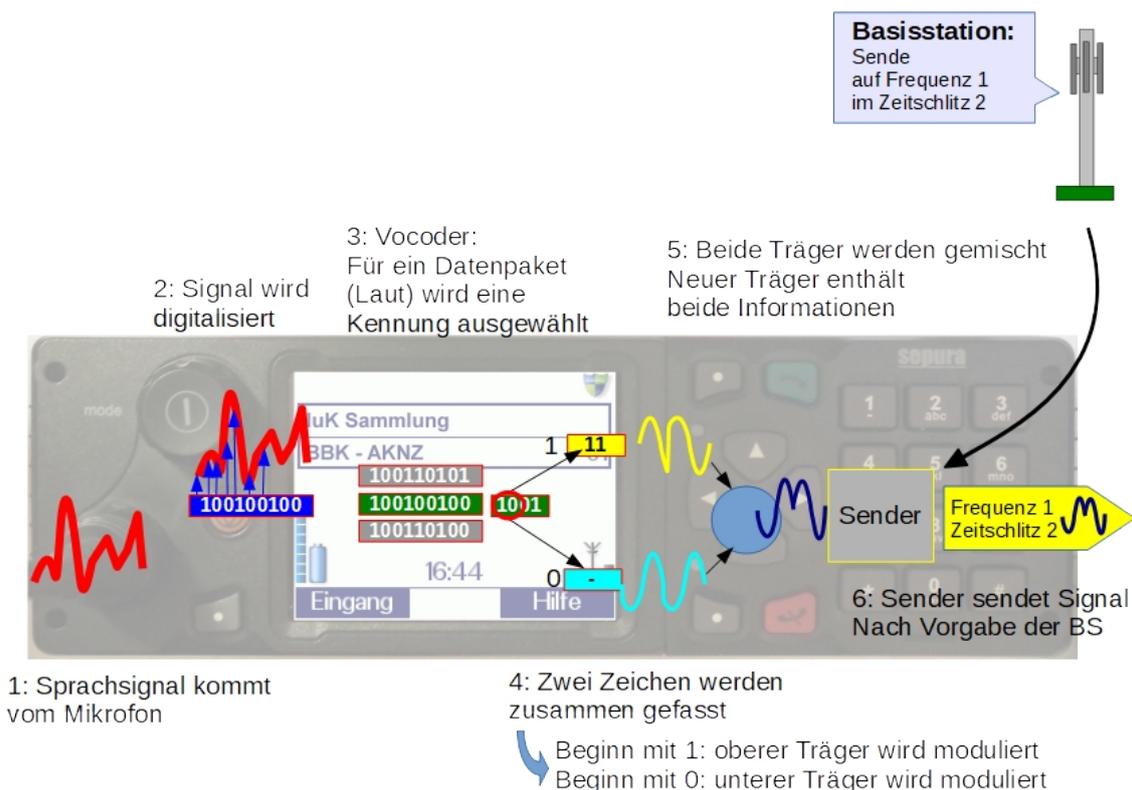
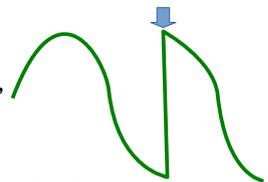
Um einen bundesweiten Verkehr zu ermöglichen, sind die Vermittlungen an ein Netz von Transitvermittlungsstellen (DXTTip) angeschlossen, die die Gespräche über den Bereich der DXTip hinaus steuern. Diese beschriebene Betriebsart der TETRA Geräte wird als TMO (Trunk Mode Operation) bezeichnet.

### Modulationsverfahren $\pi/4$ -QPSK

Unter Modulation versteht man die Technik, die angewendet wird um die eigentliche Funkwelle zu verändern, um so die Information mit der Funkwelle transportierbar zu machen. Da die Sprache bereits digitalisiert und komprimiert ist, müssen lediglich die beiden Signale 1 und 0 übertragen werden.

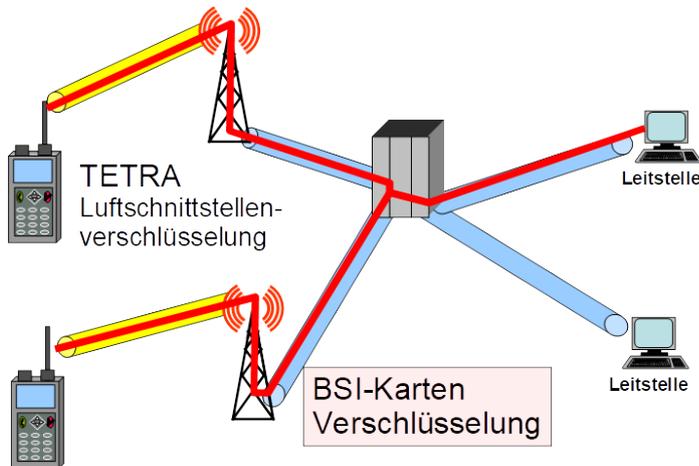
Hierzu bedient man sich des Phase Shift Keying (PSK), oder zu deutsch der Phasenumtastung. Die Zustände 1 und 0 werden durch eine Drehung der Phase der Funkwelle dargestellt. Um die Übertragungsrates zu erhöhen wendet man nun einen Trick an: Man verarbeitet immer zwei Stellen gleichzeitig, so dass das Signal die Werte 00, 01, 10, 11 darstellen kann.: Dabei leitet man die Frequenz auf zwei Modulatoren: Alle Signale die mit 0 beginnen erzeugen ein PSK- Signal, am ersten Modulator, was die zweite Stelle darstellt ( 1 der 0), der zweite Modulator lässt die Frequenz unverändert. Beginnt das Signal mit 1, erzeugt der zweite Modulator ein PSK Signal für die zweite Stelle. Der erste Modulator lässt nun die Frequenz unverändert. Die beiden Frequenzen führt man einem Mischer zu, der aus beiden Frequenzen ein neues Signal bildet: Die Phasensprünge die er erzeugt enthalten nun in einem Signal die Informationen von beiden PSK- Signalen: Quadratur Phase Shift Keying. Jetzt könnte aber ein Signal in den Nulldurchgang der Funkwelle fallen und damit verloren gehen. Um dies zu vermeiden, wird nach jedem Signal die Funkwelle um den Wert von  $\pi/4$  verschoben. Dieses Verfahren wird als  $\pi/4$ -QPSK bezeichnet. Die folgende Grafik zeigt in einer Übersicht, was sich in einem TETRA- Gerät abspielt bis die Funkwelle gesendet wird. Ein Teilnehmer eines Seminars am Institut der Feuerwehr in Münster fragte einmal: „ Kann es sein, dass in dem Gerät mehr Computertechnik ist als in der Mondlandefähre?“ Es wird wohl so sein!

#### Phasenumtastung





## Verschlüsselung



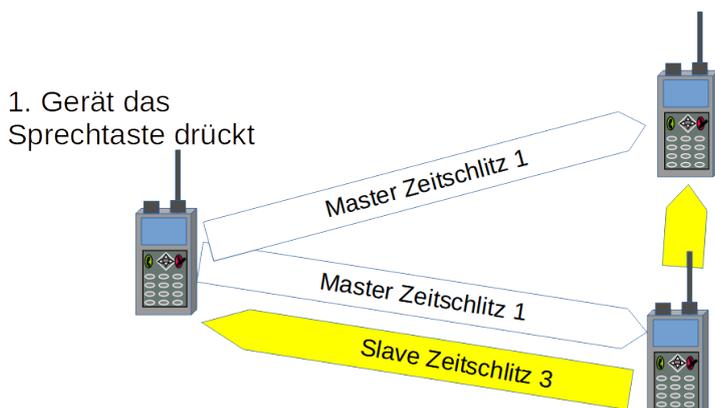
Grundsätzlich verfügt ein TETRA-Netz über eine Verschlüsselung der Luftschnittstelle, um den Funkweg zwischen Funkgerät und Basisstation zu sichern. Dies wurde aber, bei der Einführung, als zu unsicher angesehen. Deshalb wurde vom Bundesamt für Sicherheit in der Informatik (BSI) eine zusätzliche Ende zu Ende Verschlüsselung entwickelt.

Die Zugangsberechtigungen zum TETRA- BOS- Netz und die Möglichkeit zur Verschlüsselung befinden sich auf der BSI- Karte. Diese Karte gleicht optisch einer SIM- Karte, nimmt jedoch andere Funktionen wahr. Ein TETRA- BOS- Gerät lässt sich ohne eine BSI-Karte noch nicht einmal einschalten.



## Direktmode

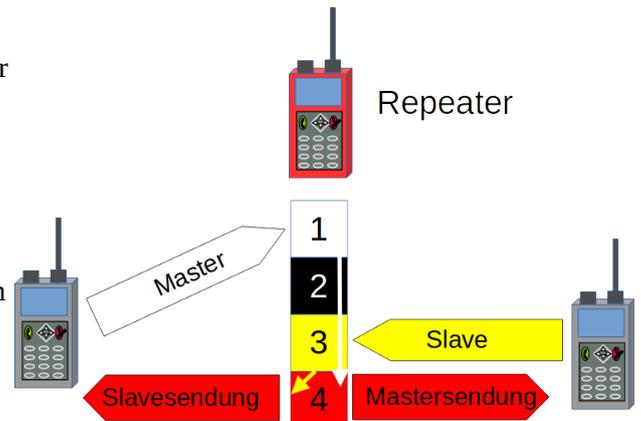
Der Betrieb im TMO setzt immer eine Anbindung an eine Basisstation voraus. Was aber, wenn diese nicht möglich ist? Für diesen Fall verfügen die TETRA- Geräte über die Betriebsart DMO, bei der die Geräte direkt miteinander kommunizieren. Bei der Einführung des Digitalfunkes wurde die Notwendigkeit des DMO unterschiedlich bewertet: Für die Polizei war sie nur Rückfallebene, für die nicht polizeilichen BOS eine Regeloption bei Einsätzen. Sie sah viele Szenarien, die im TMO nicht sicher abgebildet werden konnten. Hierbei dachte man z.B. an Brände in Gebäuden, Einsätze bei Großveranstaltungen in Gebäuden, Personensuchen in der Fläche und ähnliches. Diesen Überlegungen folgend, wurde die Anzahl der Frequenzen, und damit der die Anzahl nutzbarer Verbindungen im DMO, deutlich erhöht. Da alle Geräte sowohl TMO wie DMO fähig sind, ist die Nutzung dem Gedanken Technik folgt Taktik deutlich näher gekommen: Da man sich nun aus dem starren Konzept 2m- und 4m- Funk und den dafür vor Ort vorhandenen Geräten befreien kann.



Über die Basisstation werden die Geräte im Netzmodus gesteuert und getaktet, aber die Verbindung zur Basisstation ist ja gerade im DMO nicht gegeben. Was also tun? Die Steuerung und Taktung der anderen Funkgeräte übernimmt das Gerät bei dem zu erst die Sprechttaste gedrückt wird. Über den ersten Zeitschlitz (Masterlink) spricht das Gerät und steuert die anderen Geräte. Die anderen Geräte sprechen auf dem dritten Zeitschlitz.



Eine Vergrößerung der Reichweite ist durch den Einsatz eines Repeaters möglich. Seine Funktion ist mit der einer Relaisstation im analogen Funk vergleichbar. In der analogen Welt werden jedoch für ein Relais zwei Frequenzen benötigt. Im DMO steht jedoch für jede Gruppe nur eine Frequenz zur Verfügung. Dieses Problem löst man nun wieder über die Zeitschlitz: Die Geräte senden im ersten Zeitschlitz (Mastergerät) und im dritten Zeitschlitz zum Repeater und dieser sendet die Information im vierten Zeitschlitz wieder aus.



### Motorola MTP 700

In einem Prospekt von 2005 beschreibt Motorola das MTP 700 als TETRA- Gerät der zweiten Generation, welches auf der ersten Generation von Motorola aufbaut. In der Sammlung steht es für die Geräte der ersten Tests in der TETRA- Welt. Was auch daran zu erkennen ist, dass es noch keine Aufnahme für eine BSI- Karte besitzt. Mit einer Sendeleistung von 1 W hatte es (5 % senden, 35 % empfangen) eine Akkustandzeit von 20 Std. Hier zeichnet sich schon die erste Veränderung zur analogen Welt ab: Die Nutzungszeiten, mit einem Akku, gingen deutlich nach oben. Das Gerät konnte bereits 2048 TMO- und 1024 DMO- Gruppen speichern und war voll duplex tauglich. Somit war eine Anbindung an Telefonsysteme möglich. Was ihm aber noch fehlt, ist ein seitlicher Anschluss für Zusatzgeräte.

Inventarnummer: Digi 002, Motorola

### Motorola MTH 800

Das MTH 800 kommt, mit seinem Entwicklungsstand, dem im Wirkbetrieb eingeführten, MTP 850 sehr nahe. So verfügt es über ein Farbdisplay, welches schon in der Menü-Führung dem MTP 850 ähnelt. Zusätzlich verfügt das Gerät über einen GPS-Baustein, dessen Antenne in die Funkantenne integriert ist. Die Anschlüsse für das Audiozubehör befinden sich nun seitlich am Gerät. Neben der TETRA- Verschlüsselung ist es auch mit einer Ende zu Ende Verschlüsselung verwendbar. Hierzu verfügt es auch über eine Aufnahme für die BSI-Karte.

Inventarnummer: Digi 001, Motorola





### Sapura SRH 3800



Das SRH 3800 ist ein weiteres Gerät der Testzeiten bei den BOS. Als Nachfolger des SRH 3500 verfügte es über ein Farbdisplay und die Möglichkeit zur Aufnahme einer SIM- Karte. So konnte mit einem Softwareupdate eine End- zu Endverschlüsselung realisiert werden. Für Nutzer, die zu dieser Zeit nur die analogen BOS- Geräte kannten, war dieses Gerät ungewöhnlich bis überraschend: Optisch wirkte es eher wie ein Handy oder DECT- Telefon und war mit einer Höhe von 13 cm und einem Gewicht von 214 Gramm sehr klein und leicht. Dabei war es aber sehr robust und erstaunte die Nutzer mit seiner Reichweite und der langen Nutzungszeit im Akkubetrieb. Mit GPS, Status, Notruffunktion, dynamischer Gruppenbildung, Repeaterfunktion und Anzeige des Gesprächspartners verfügte es schon über die wesentlichen Merkmale eines TETRA-BOS- Gerätes. Jedoch wurde von den Nutzern bemängelt, dass sich die Zubehörschnittstelle unten am Gerät befand und das Zubehör zur Ladung des Gerätes abgebaut werden musste. In der Testphase, in der nur im DMO oder auf Referenzplattformen gearbeitet werden konnte, erwies sich das Gerät als Repeater als ausgesprochen leistungsfähig. Ein Vergleichstest mit einem 2m- Relais erbrachte annähernd gleiche Reichweiten.

Inventarnummer: Digi 006, Sepura



2m- Relais und Repeater

### HTT-500



Das HTT-500 stammt auch aus der Testphase der TETRA- Einführung an der BABZ. Das Gerät stammt von der spanischen Firma Teltronic. Sie ist ein Anbieter für Endgeräte und Infrastruktur für professionelle Anwendungen in Industrie, Gefahrenabwehr und Militär. Das Gerät kann mit bis zu 3 Watt senden, bei 3 Watt beträgt die Nutzungszeit ca. 14 Stunden. Im Gerät können 1050 Gesprächsgruppen angelegt werden und es kann mit GPS, Bluetooth und einer Ende zu Ende Verschlüsselung genutzt werden.

Inventarnummer: Digi 007, Teltronic



## **Quellen**

Unterlagen Günter Hornfeck

Digitalfunk, Die roten Hefte Peter Hartl, Georg Merzbach

Alles über den neuen digitalen BOS- Funk, Christoph Linde

Lehrunterlagen IdF NRW /ARDINI UAG Ausbildung

Veröffentlichung Selectric 2008

Produktbeschreibung Teltronic HTT-500

[www.oeb1.de](http://www.oeb1.de)

[www.wikipedia.de](http://www.wikipedia.de)

[www.itwissen.info](http://www.itwissen.info)

## **Bildquellen**

Günter Hornfeck

**Version 1.2 - Erstellt: Günter Hornfeck**