

## TETRA (Terrestrial Trunked Radio)

[Algemene kenmerken](#)  
[Technology](#)  
[Trunked Mode Operation \(TMO\)](#)  
[Direct Mode Operation \(DMO\)](#)  
[terminal](#)  
[communicatie](#)  
[aanpakken](#)  
[netwerkarchitectuur](#)  
[groeperen](#)  
[waarschuwen](#)  
[beveiliging](#)  
[Migration](#)

### Algemeen

TETRA staat voor *Terrestrial Trunked Radio*. De oorspronkelijke naam was *Trans-European Trunked Radio* omdat Tetra een standaard is telecommunicatie-normalisatie-instituut [ETSI](#). Het eerste concept van de standaard werd in 1995 gepubliceerd. Omdat Tetra zich met succes op gevestigd, is de naam gewijzigd om het systeem buiten Europa succesvol te kunnen vermarkten. In sommige gevallen komt ook de naam TETRA 25 het 25 kHz kanaalraster.

Naast de Duitse BOS als toekomstige gebruikers, wordt Tetra al gebruikt als bedrijfsradiosysteem door tal van industriële bedrijven en lokale transport en buitenland. De Bundeswehr is ook een van de Tetra-gebruikers.

Omdat Tetra een open standaard is, kunnen eindapparaten, controlecentra en netwerktechnologie worden geselecteerd uit verschillende providers (r bijvoorbeeld [Motorola](#), [R & S Bick](#), [T-Systems](#), [Thales](#), [Sepura](#), [Frequentis](#) naam en diverse andere leveranciers. Zelfs [Airbus / Cassidian](#), van oors met de eigen Tetrapol-standaard van het bedrijf, is een van de Tetra-leveranciers en heeft ook het kernnetwerk in de BRD opgezet. Alcatel Lucent kreeg Duitse BOS digitale radionetwerk te exploiteren.

### Kenmerken

Tetra biedt de volgende functies, waarvan sommige gaan van de functionaliteit van GSM:

- oproep (Direct Call)
- groep communicatie
- communicatie zonder netwerk (Direct Mode, DMO)
- Alarm
- verschillende prioriteiten
- Rappel
- Speed Dial
- gegevensoverdracht, zelfs met channel bonding
- Doorschakelen
- unieke identificatie van de deelnemers
- beveiliging tegen afluisteren door end-to-end encryptie
- blokkering van gestolen / verloren radioapparatuur

### Technologie

Tetra gebruikt de tijdverdelings-multiplextechnologie [TDMA om](#) vier gesprekskanalen (tijdsleuven) te accommoderen. De kanaalafstand tussen de 25 kHz. In vergelijking met [GSM](#) heeft Tetra een aanzienlijk hogere frequentie-economie, aangezien de kanaalafstand in GSM 200 kHz is. Naast tijdverdelingsmultiplexing (TDMA) vindt frequentieverdelingsmultiplexing ([FDMA](#)) ook plaats door aan elk RF-kanaal een uplink- en een downlinkfrequentie toe te wijzen. De *differentiële quartaire faseverschuivings sleutels* ( $\pi/4$ -DQPSK), een variant van faseverschuivings sleutels ([PSK](#)). De belangrijkste technische parameters in de volgende tabel:

Parameters	Karakteristieke waarde
Toegangsmethode	TDMA (4 tijdsleuven per vervoerder)
Modulatie	$\pi/4$ DQPSK
Kanaalraster	25 kHz
Duplex afstand	10 MHz
Bel insteltijd	<300 ms
Prestatieklassen	1, 3, 10 en 30 W.
Spraakcodec	7,2 kbit / s (ACELP)
Bitsnelheden	onbeschermd: 7,2 / 14,4 / 21,6 / 28,8 kbit / s beveiligd: 4,8 / 9,6 / 14,4 / 19,2 kbit / s sterk beveiligd: 2,4 / 4,8 / 7,2 / 9,6 kbit / s
Frequenties (BOS)	380 ... 385 MHz (uplink) 390 ... 395 MHz (downlink)
Frequenties (civiel)	385 ... 390 MHz 395 ... 400 MHz 410 ... 430 MHz 440 ... 470 MHz 870 ... 876 MHz 915 ... 921 MHz

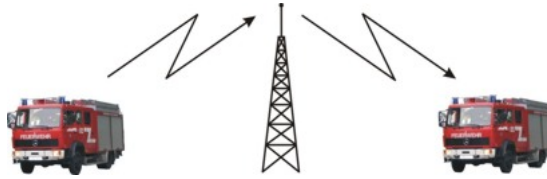
Met een kanaalafstand van 25 kHz zijn er 200 draaggolffrequenties voor de uplink en downlink. Deze 200 draaggolffrequenties zijn echter niet volle TMO. Omdat ook toepassingen als DMO, mobiele basisstations, luchtvaartcellen, testfrequenties en eigen voorziening moeten worden bediend draaggolffrequenties voor netwerkbedrijf (TMO) teruggebracht tot circa 150.

De bruto datatransmissiesnelheid is altijd 36 kbit / s per draaggolffrequentie, dus er zijn 9 kbit / s (bruto) voor vier tijdsleuven. Naast de gebruikersgegevens ook aanvullende stuurinformatie verzonden, zodat er een netto gegevensoverdrachtssnelheid van 7,2 kbit / s per tijdslot is. Het spraaksignaal wordt speciale codec. Dit comprimeert de spraakinformatie in datapakketten van 60 ms. De gecomprieeerde pakketten worden vervolgens verzonden in een Voor duplexwerking (tweerichtingscommunicatie) wordt de spraakinformatie in de tijd gecomprieeerd, zodat continue tweerichtingscommunicatie r offset tijdsleuven op dezelfde frequentie. Tegelijkertijd komt natuurlijk ook het in TMO gebruikelijke frequentiemultiplex in het spel, een tetra-terminal frequentie (uplink) en ontvangt met de hogere frequentie (downlink) van het kanaalpaar. Desondanks wordt de noodzaak van een duplexer in de tetra vanwege de zojuist genoemde tijdsverschuiving van de tijdsleuven voor verzending en ontvangst.

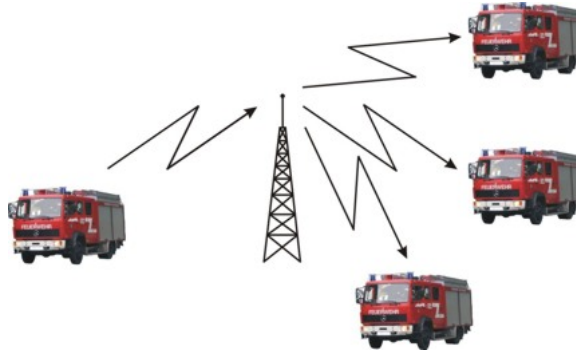
### Trunked Mode Operation (TMO)

Trunked Mode brengt radioverbindingen tot stand tussen twee of meer deelnemers via de netwerkinfrastructuur. Dit is de standaardmodus van een TMO en ook voor GSM. In analoge BOS-radio is dit vergelijkbaar met communicatie tussen voertuigen en de centrale via een eengolfs radionetwerk. De basis is de *Air Interface (AI)* als systeemradio-*interface*. De gestandaardiseerde AI is de basis voor de communicatie van de eindapparaten met de vaste netwerkinfrastructuur. Er zijn bij TMO twee bedrijfsmodi:

- **direct bellen**; gerichte oproepconfiguratie voor een deelnemer. In half duplex (tweerichtingscommunicatie) wordt deze bedieningsmodus 'individuele full duplex (tweerichtingscommunicatie) als 'bestemmingsoproep' of telefonie. Vanwege de grote behoefte aan middelen moet de bestemmingsoproep gebruikt, of het aantal deelnemers waarmee deze functie wordt geactiveerd, moet vrij klein zijn.



- **Groepsoproep** (groepsoproep (half duplex)), gericht op een specifieke groep deelnemers, die organisatorisch is toegewezen aan een opdracht. Dit type oproep wordt het meest gebruikt in het Duitse digitale BOS-radionetwerk (toewijzing van de terminals aan statische of dynamische oproepgroepen).



### Direct Mode Operation (DMO)

Als er geen netwerkinfrastructuur beschikbaar is, is communicatie ook mogelijk tussen twee of meer radioapparaten. Dit proces wordt de directe analoge BOS-radio is dit vergelijkbaar met de site-radio die 2m-portofoons gebruikt. Als radio-interface is de *Air Interface Direct Mode Operation* voor communicatie tussen eindapparaten zonder toegang tot het netwerk. Om het radioverkeer via DMO te organiseren, neemt de eerste radio, door drukken, de controle over; het wordt daarom de *meester* genoemd. Alle volgende apparaten hebben dan de aanduiding *Slaaf*.

De masterradio mag echter geen frequenties gebruiken die door het radionetwerk worden gebruikt, dus het is noodzakelijk om afzonderlijke DMO-frequenties die vooraf in de radio moeten worden ingesteld.

Er zijn verschillende bedrijfsmodi bij DMO:

- **Directe oproep** (enkele oproep in half duplex), zie onder TMO. Een bestemmingsoproep (full duplex) is niet mogelijk met DMO.



- **Groepsoproep**, zoals TMO



- **dubbel horloge**; Bij bepaalde radioapparaten is de verbinding met het radionetwerk (TMO) en de communicatie met andere deelnemers via DMO. Dit betekent bijvoorbeeld dat een operations manager via TMO in contact kan blijven met het controlecentrum en tegelijkertijd - ongeacht het netwerk - afhandelen op de operation site (DMO). Dual watch is alleen mogelijk als de radio een antenneschakelaar heeft die gelijktijdig radioverkeer in beide frequentiebereiken mogelijk maakt.

Digitale BOS-radio



- **Beheerde directe modus** ; netwerkondersteunde DMO-kanaaltoewijzing. Vergelijkbaar met de release van extra 2m-kanalen op verzoek van het cor

- **Directe modus repeater** ; de repeater werkt als een repeater om het bereik te vergroten; vergelijkbaar met het analoge relaiscircuit RS 1. Er wordt tussen repeatertypes 1A en 1B. Type 1A gebruikt een DMO-kanaal met twee tijdslots (master slot en slave slot) voor uplink en downlink. Variant 1 kanalen, één voor de verbinding tussen master en repeater en tussen repeater en slave.



- **gateway** ; Via een gateway-radioapparaat is bijvoorbeeld communicatie met de centrale mogelijk vanaf een punt waar geen TMO-verbinding is. Van TMO-verbinding) is contact met het voertuig (DMO) mogelijk met een gateway-radio, die via TMO contact maakt met de centrale. In analoge technologi met een gateway (ÜLE).



- **Directe modus repeater / gateway** ; Repeater- en gatewayfuncties gecombineerd in één radio.

- **Managed Direct Mode Repeater / Gateway** ; zoals voorheen, DMO-kanaaltoewijzing via het netwerk

**Apparaten**

Hier zijn enkele voorbeelden van TETRA-apparaten (HRT) van EADS en Sepura:



Links een THR 880i van [EADS](#) (links op de foto in DMO-modus), rechts een SRH3500 van [Sepura](#) ; ook met laadstation.



Links een STP8000 van [Sepura](#) met een gereduceerd toetsenbord (prototype FHRT), in het midden de standaard versie STP8000, rechts een FT4 PS van [Funkwerk](#). Op de rechter foto de STP8000 in het laadstation; de oranje noodknop aan de bovenkant is hier duidelijk zichtbaar.

### Datatransmissie

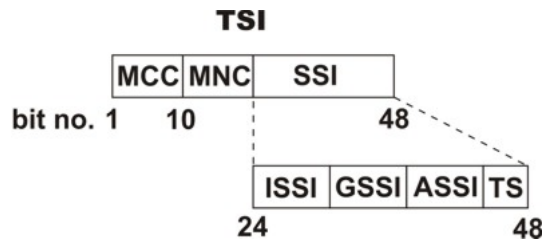
Er kunnen tot vier tijdsleuven (multislot pakketgegevens) worden gebundeld voor datatransmissie; dit maakt datasnelheden tot 28,8 kbit / s mogelijk toepassingen voor gegevensoverdracht, waarvan sommige al klaar zijn voor serieproductie:

- Short Data Service (SDS); Overdracht van statusberichten ("FMS") en korte berichten (vergelijkbaar met SMS voor GSM)
- Ademhalingsbewaking (in combinatie met een bijbehorende interface op de SCBA)
- Online barcode-opname (minder relevant voor BOS)

Aangezien de Tetra-standaard in de jaren negentig werd gedefinieerd, zijn de haalbare datasnelheden al verouderd in vergelijking met andere mobiele [EDGE](#), UMTS, LTE en WLAN).

### Adressering

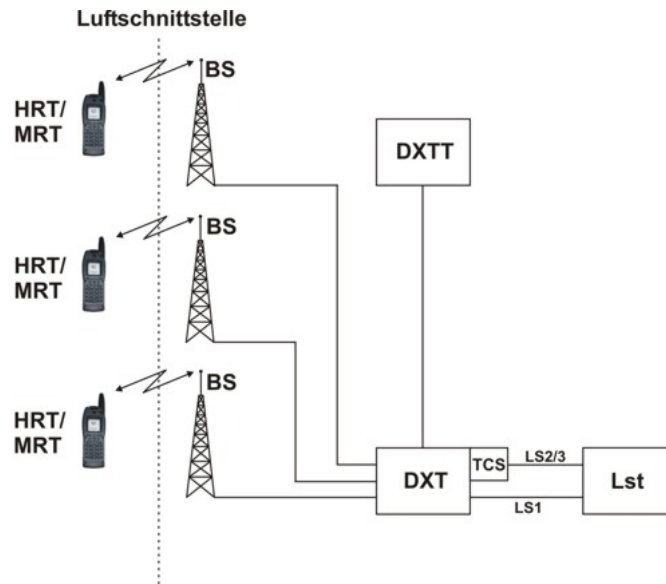
Elk Tetra-apparaat heeft een of meer TSI's ( *Tetra Subscriber Identity* ; vergelijkbaar met de [IMSI](#) voor GSM). De TSI bestaat uit een 48-bits eindapparaat een unieke TSI is toegewezen, waardoor deze uniek is in het netwerk. Een verder onderscheid wordt gemaakt tussen ITSI ( *Individual Identity* ) en GTSI ( *Group Tetra Subscriber Identity* ), die een groeps- en individuele oproepoptie toewijzen aan de Tetra-radio. Net als bij de IMSI is c in drie gebieden; *Mobile Country Code* (MCC), *Mobile Network Code* (MNC) en *Short Subscriber Identity* (SSI).



De MCC bestaat uit 10 bits en wordt gebruikt om het land van herkomst te identificeren. De MNC bestaat uit 14 bits en identificeert de netwerken bin identificeert deelnemers en systeemcomponenten binnen een netwerk; Het bestaat uit 24 bits en is verder onderverdeeld in: De *Individual Short Sub* wordt gebruikt om een terminal uniek te identificeren, de *Group Short Subscriber Identity* (GSSI) identificeert een gespreksgroep binnen het radionet zie *hieronder* ). De *Alias Short Subscriber Identity* (ASSI) wordt gebruikt voor het aanspreken van buitenlandse abonnees. Ze zijn ook geïntegr *systeemadressen* (hier afgekort met TS).

Naast de ISSI of ITSI speelt het **operationele tactische adres (OPTA)** vanuit tactisch oogpunt een belangrijke rol. Vergelijkbaar met het FMS-coder OPTA ook de identificatiegegevens voor de federale staat (twee cijfers), de organisatie (drie cijfers), de regio (drie cijfers), de eigenlijke tactische voertuig (acht cijfers) en nog eens vijf cijfers voor aanvullende informatie ( bijvoorbeeld differentiatie tussen autoradio's en portofoons). In tegenstell worden geen hexadecimale getallen gebruikt, maar is de volledige alfanumerieke tekenset beschikbaar.

### Netwerkarchitectuur



Componenten vergelijkbaar met die in het [GSM-systeem](#) zijn te vinden binnen het Tetra-netwerk, hoewel de interfaces binnen de vaste netwerk basisstations (BS) en schakelcentra *Digital Exchange for Tetra* (DXT) niet openlijk gestandaardiseerd zijn.

De Tetra-terminals (HRT, MRT en / of FRT) zijn via de etherinterface verbonden met de verantwoordelijke BS. Verschillende BS binnen een reg verbonden door een DXT (ook wel DXTip genoemd), waarbij de verbinding is ontworpen als een lijnring. Beide ringuiteinden eindigen op twee versch een lijnfout nog minimaal één verbindingspad beschikbaar is.

De DXT verlopen onderling via het transit-schakelniveau (*Digital Exchange for Tetra Transit Type*, DXTT) genetwerkt. In het BRD digitale radionetw en 64 DXT als schakelniveau. Van de 64 DXT zijn er 62 bedoeld voor normaal gebruik, twee dienen als reserve (nood-DXT).

De controlecentra (inclusief hun cryptoserver; zie hieronder) zijn verbonden met de DXT via drie interfaces:

**LS1** voor het verzenden van de end-to-end versleutelde spraakinformatie; E1-verbinding (2 Mbit / s)

**LS2** voor besturingsinformatie, systeemadressen (ISSI) en SDS (IP-gebaseerde verbinding)

**LS3** voor netwerkbewaking en gegevensoverdracht (IP-gebaseerd)

De interfaces LS2 en LS3 zijn via de *Tetra Connectivity Server* (TCS) geleverd aan de DXT. Naast de mogelijkheid om een controlecentrum rechtstree een DXT met behulp van de bovengenoemde interfaces en lijnen (E1 en IP), zijn er ook andere verbindingsvarianten, bijvoorbeeld het gebruik v interfaces te bundelen en de cryptoserver te verplaatsen om een uniforme te creëren Interface ("digitale radio-connector") zodat controlec verschillende fabrikanten kunnen worden aangesloten. De deelstaten hebben hiervoor verschillende aansluitconcepten ontwikkeld, waaronder de (stadstaat vs. gebied),

## Groepsvorming Een

essentieel kenmerk van Tetra is het gebruik van radiogroepen die op missiespecifieke basis met elkaar kunnen communiceren. Dit betekent dat m parallel kunnen worden uitgevoerd, waarvan de communicatie onafhankelijk van elkaar plaatsvindt. Ook radio-oproepen van verschillende gebruikers brandweer) hebben hier geen invloed op. Tot nu toe is dit alleen bereikt via verschillende operationele kanalen.

De toewijzing door een terminal / voertuig wordt gedaan door het controlecentrum. Alle voertuigen / eenheden die op een locatie werken, worden vooraf gedefinieerde groep. Extra radiogroepen kunnen worden gebruikt voor verdere parallele operaties. Voertuigen zonder toewijzing blijven in ("algemeen kanaal").

**Statische groepen** permanent zijn ingesteld in het netwerk en opgeslagen in de radio's die deze groepen kunnen gebruiken (fleet mapping). Er scheiding tussen politiegroepen, niet-politiegroepen (brand- en rampenbescherming, hulpdiensten) en samenwerkingsgroepen / oproepgroepen, d beide gebieden vormen.

**Dynamische groepen** worden gegenereerd zoals vereist (door de bevoegde instanties) en de daarvoor bestemde radioapparatuur is geautoriseerd dynamische groepsvorming zijn voorspelbare, grotere inzetten, waarbij een veelheid aan krachten (lokaal en interlokaal) met elkaar moeten commun gebied (operationeel gebied). Dynamische groepen kunnen een "vervaldatum" krijgen, zodat ze zichzelf een paar uur na het einde van het gebruik v radio's verwijderen.

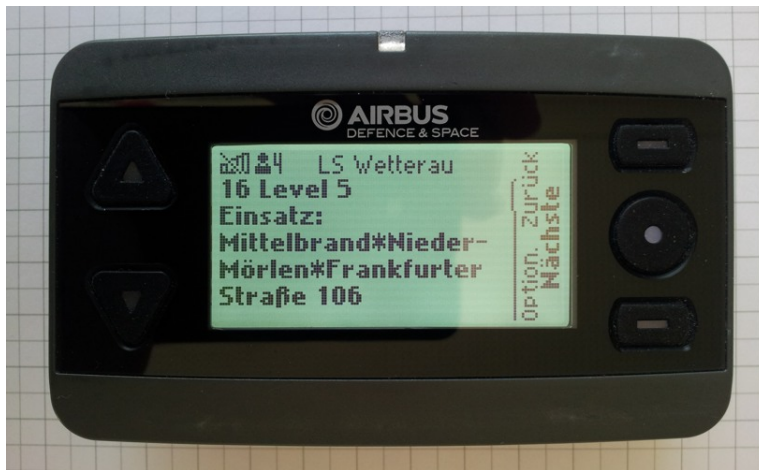
## Alerting

Let op: Tetra-alerting alsjeblijft niet met *POCSAG alarmering* in de war; de laatste vindt plaats op de analoge 2m-kanalen en maakt de verzending va digitale berichtontvangers (DME) mogelijk en wordt daarom ook wel "digitaal alarm" genoemd. Dit heeft echter niets met Tetra te maken!

Op [CeBIT 2006](#) presenteerde [Oelmann Elektronik](#) voor het eerst een tetra-signaalontvanger. Deze werd verder ontwikkeld en draagt nu de type: onderstaande figuur). De Fa. [TPL](#) heeft een Tetra-signaalontvanger ontwikkeld, die *Birdy* wordt genoemd. Op de [PMRExpo 2013](#) werd het model o [P8GR](#) ("pager") gepresenteerd. De handradio [TH1n](#) ("Thin") diende als basis voor de P8GR; Dit blijkt uit het feit dat TH1n en P8GR hetzelfde batte [PMRExpo 2016](#) presenteerde Motorola ook een tetra pager, het model [Advisor TPG2200](#).

Het alarm kan worden geactiveerd via het groepsoproepadres (GSSI), de GSSI met subadres (sen) en ook als individueel alarm met ISSI. Naast het SDS worden verzonden ter informatie. Als terugvalniveau kan de P8GR ook worden bestuurd via DMO. Gedetailleerde informatie over het Tetra-alarm [technologie](#) en [introductie](#).

De Tetra-signaleringsontvangers ondersteunen passieve en actieve paging, dwz feedback is mogelijk via de actieve modus of de hulpdiensten daad zijn. Dit betekent dat het controlecentrum indien nodig onmiddellijk verdere krachten kan signaleren. Passieve paging (geen verzending) is vergelijkba analoge en digitale berichtontvangers.



Tetra [signaalgever P8GR](#) met alarmtekst



Groote vergelijking van de Oelmann Tetra signaalgever Viper (links) met analoge signaalontvangers van Swissphone

**Beveiliging**

Het gebrek aan beveiliging tegen af luisteren op het analoge BOS-radionetwerk was en is een van de belangrijkste argumenten voor de int radiotechnologie bij BOS. De Tetra-standaard biedt alleen codering voor de etherinterface, dat wil zeggen het hoogfrequente deel van de spraak- en de Interface Encryption heet *Tetra Encryption Algorithm* (TEA); In het Duitse BOS digitale radionetwerk wordt versie TEA2 met een statische sleutel ( *Sta* gebruikt. TEA1 is bedoeld voor commercieel-industrieel tetragebruik.

Om in te loggen op het radionetwerk, wordt de identiteitsinformatie van het apparaat ook versleuteld ( *authenticatiesleutel* ; K-sleutel). Om af luisteren van communicatie in het vaste netwerk te voorkomen, worden alle oproepen in het digitale radionetwerk end-to-end versleuteld. . controlecentrum is de digitale radiogateway ("cryptoserver") met meerkanaals cryptocomponent (MKK) het eindapparaat wat betreft encryptie. De s voor communicatie worden geleverd door het Crypto Variable Management Station (KVMS), een aparte computer in de buurt van de Crypto-serve inbelverbinding de huidige sleutels van het BSI Trust Center (TC) kan downloaden. De sleutel voor het eindapparaat wordt opgeslagen op de BSI-bev alleen de respectievelijk actieve sleutel wordt opgeslagen. Met behulp van verloren of gestolen kaarten is geen reconstructie van eerdere sleutels of ie mogelijk. De BDBOS en de deelstaten werken nauw samen met het Federaal Bureau voor Informatiebeveiliging (BSI), dat als aannemer van de BD algoritmen en hun beheer heeft gespecificeerd in alle vragen met betrekking tot encryptie.



BOS-beveiligingskaart, voor- en achterkant (ongecodeerde voorbeeldkaart)

Durch die [TSI](#) ist eine eindeutige Identifikation jedes Endgerätes möglich. Ein Ändern oder Löschen der TSI des Tetra-Funkgeräts ist nicht möglich, d gespeichert ist. Gestohlene oder abhanden gekommene Geräte sind daher für unbefugte Benutzer wertlos. Mit einer ungültigen oder gesperrten TSI i: Tetra-Netz möglich; damit ist auch das Beeinträchtigen des Funkverkehrs durch Absetzen falscher Meldungen o.ä. nicht möglich.

**Migratie**

De overgangsfase van analoge naar digitale technologie staat bekend als migratie. Wanneer de digitale radiotechnologie wordt geïnstalleerd in de deze fungeren als een "intermediair" tussen analoge en digitale radio en, indien nodig, digitale radiogroepen tijdelijk koppelen aan analoge kanalen. markt beschikbare afvraag- en schakelapparatuur maakt de aansluiting van analoge en digitale radiokanalen mogelijk.

Voor de periode van parallel bedrijf hebben verschillende bedrijven al oplossingen ontwikkeld zodat een soepele overgang mogelijk is. Zo bieden c [Radiodata](#) aan Combinatiebesturingen voor analoge radio-apparaten (bijv. FuG 8b) en Tetra-apparaten. Er is ook een Tetra FMS-switch in het portfolio, FMS-berichten van het controlecentrum omzet in Tetra-technologie. De desbetreffende bedrijven bieden ook antennekoppelingen en combinatiear radio (2m / 4m) en Tetra.