

**tfk technologies**

# Kurs-Curriculum 2024



## Technische Grundlagen Öffentlicher Sicher- heitsnetze für BOS

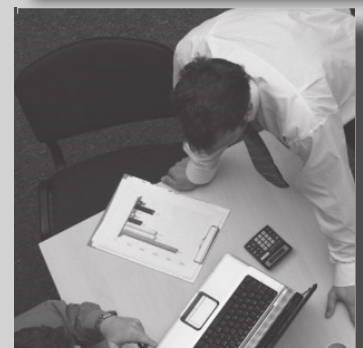
**tfk training**



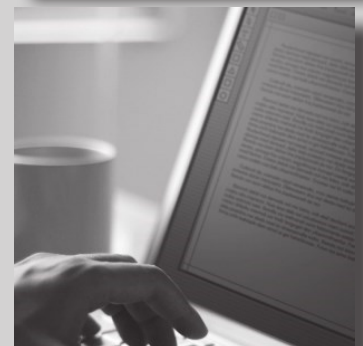
**tfk operation**



**tfk consulting**



**tfk documentation**



# Kurs-Curriculum BOS 2024

## Inhalt

1	Einleitung	4
2	tfk Trainingscenter in München	5
3	Allgemeine Hinweise zu den Schulungen	7
4	Kurs-Curriculum BOS und Kurspfade	8
5	Kursübersicht	11
6	Detaillierte Kursbeschreibungen	13
6.1	NB1000 TETRA Grundlagen	13
6.2	NB1001 TETRA Vertiefung	14
6.3	NB1002 TETRA Signalisierung	15
6.4	NB1003 TETRA Objektversorgung im Digitalfunknetz BOS	16
6.5	NB1004 NeM Objekt Management	17
6.6	NB1005 HF Grundlagen	18
6.7	NB1007 Transportnetz Grundlagen	19
6.8	NB1008 TCP/IP Grundlagen	20
6.9	NB1009 TETRA Funknetzplanung	21
6.10	NB1011 Richtfunk und Datenevolution	23
6.11	NB1012 DWDM & OTN	25
6.12	NB1013 Datennetzwerke	26
6.13	NB1021 LTE Grundlagen	27
6.14	NB1022 LTE Vertiefung	29
6.15	NB1023 LTE Funknetzplanung	31
6.16	NB1024 LTE Parameter & Signalisierung	33

6.17	NB1025 Evolved Packet Core (EPC) Grundlagen	35
6.18	NB1026 VoIP & IMS Grundlagen	36
6.19	NB1030 5G Grundlagen	37
6.20	NB1031 5G Vertiefung	38
6.21	NB1032 5G NR Funknetzplanung	39
6.22	NB1033 NR Optimierung	41
6.23	NB1034 5G Sicherheit	42
6.24	NB1040 Mission Critical Services Grundlagen	43
6.25	NB1041 MCX Sicherheit	44
6.26	NB1050 IPv6 – Delta zu IPv4	45



# 1 Einleitung

tfk technologies GmbH ist Trainingspartner der weltweit führenden Telekommunikationsausrüster. Diese schätzen unsere technische und didaktische Kompetenz sowie unsere langjährigen Branchenkenntnisse.

Systemhersteller schätzen unsere Trainingskompetenz, wenn es um die Erarbeitung und Umsetzung von Schulungskonzepten für ihre Produkte geht. Die Gründe, diese Tätigkeiten an uns zu übergeben, sind vielfältig und reichen von Ressourcenengpässen über Gewinn neuer Märkte außerhalb des Heimatlandes bis hin zur überzeugenden Kompetenz unserer Trainer. Wir stellen je nach Bedarf Know-how, Experten und Infrastruktur zur Verfügung.



**tfk technologies seit über 25 Jahren**

Wir haben Hunderte von Projekten in allen Bereichen der Informations- und Telekommunikationstechnologie betreut.



Die Geschichte der tfk zeigt, wie sich ein Unternehmen im Einklang mit dem technologischen Wandel dynamisch entwickeln kann. Seit der Gründung 1997 begeistern wir uns für „Information & Communication“ in allen Ausprägungen und bringen unser Wissen von München in die ganze Welt.

Zu unseren Kunden zählen heute viele herausragende Unternehmen und wir arbeiten immer in spannenden Projekten. Darum entwickeln wir uns auch stetig weiter, mit neuen Technologien, neuen Kunden und neuen Aufgaben. Immer auch auf die Ziele der Kunden fokussiert.

Als eigentümergeführtes, mittelständisches Unternehmen wissen wir auch, dass es die Menschen sind, die mit ihrer Leidenschaft Großes leisten. Vielleicht können wir auch Sie mit unserem technischen Wissen und geschäftlichem Know-how begeistern.

**Martin A. Uhl**  
Geschäftsführer

## TRAINING FÜR HÖCHSTE ANSPRÜCHE

- Wir erstellen bzw. ändern Kursinhalte und Abläufe nach Ihren Wünschen.
- Unsere pädagogisch geschulten Dozenten sind mehrsprachig und verfügen über praktische Erfahrungen mit Netzen verschiedener Betreiber.
- Wir gestalten die Schulungen interaktiv, wenn möglich mit praktischen Übungen und in kleineren Gruppen.

## 2 tfk Trainingscenter in München

tfk technologies GmbH unterhält ein modernes Trainingscenter in München, welches die Schulungsteilnehmer sehr gerne begrüßen möchte. Für Kursanmeldungen kontaktieren Sie uns bitte bzw. besuchen Sie unsere Internet-Seite: [www.tfk.de](http://www.tfk.de).

### Adresse:

Baierbrunner Straße 33  
81379 München

### Telefon:

Tel.: +49 89 189 43 54-0  
Fax: +49 89 189 43 54-15

### E-Mail:

Tfk-BOS-training@tfk-technologies.de

Sie erhalten von uns umgehend eine Bestätigung Ihrer Anmeldung oder können sich bei der Zusammenstellung der Kursinhalte beraten lassen.



### Anreise:

Der Hauptsitz der tfk technologies GmbH befindet sich in München.

Mit der S-Bahn (S7, Richtung Wolfratshausen) bzw. U-Bahn (U3, Richtung Fürstenried West) kommen Sie mit öffentlichen Verkehrsmitteln zu uns.

Sie benötigen etwa 5 Minuten von der S-Bahn-Station „Siemenswerke“ oder von der U-Bahn-Station „Obersendling“ bis zu unserem Bürogebäude.

Sie finden unsere Büroräume und das tfk-Training Center im Gebäude der Continentale-Versicherung in der Baierbrunner Straße 33, 81379 München.

### 3 Allgemeine Hinweise zu den Schulungen



Alle Kurse wurden auf die in den Kursbeschreibungen genannten Zielgruppen abgestimmt und bauen aufeinander auf, können aber jederzeit bei Bedarf angepasst werden.

Die Schulungen werden als Präsenzveranstaltungen bei Ihnen vor Ort, im Trainingscenter der tfk in München oder auch als online-Schulungen angeboten, wobei im online-Format aus didaktischen Gründen halbe Kurstage empfohlen werden. Die angegebenen Kursdauern beziehen sich auf Präsenztrainings. So bieten wir einen 1-Tageskurs, von 9-16 Uhr, als 2 online-Kurstage von 9-12 Uhr an.

Die Trainer haben langjährige Praxiserfahrung sowohl in der Telekommunikation als auch in der Netzwerktechnik. Die Kurssprache ist in der Regel Deutsch und die Schulungsunterlagen werden in Deutsch oder Englisch zur Verfügung gestellt und unterliegen kontinuierlichen Anpassungen.

#### Zertifizierung

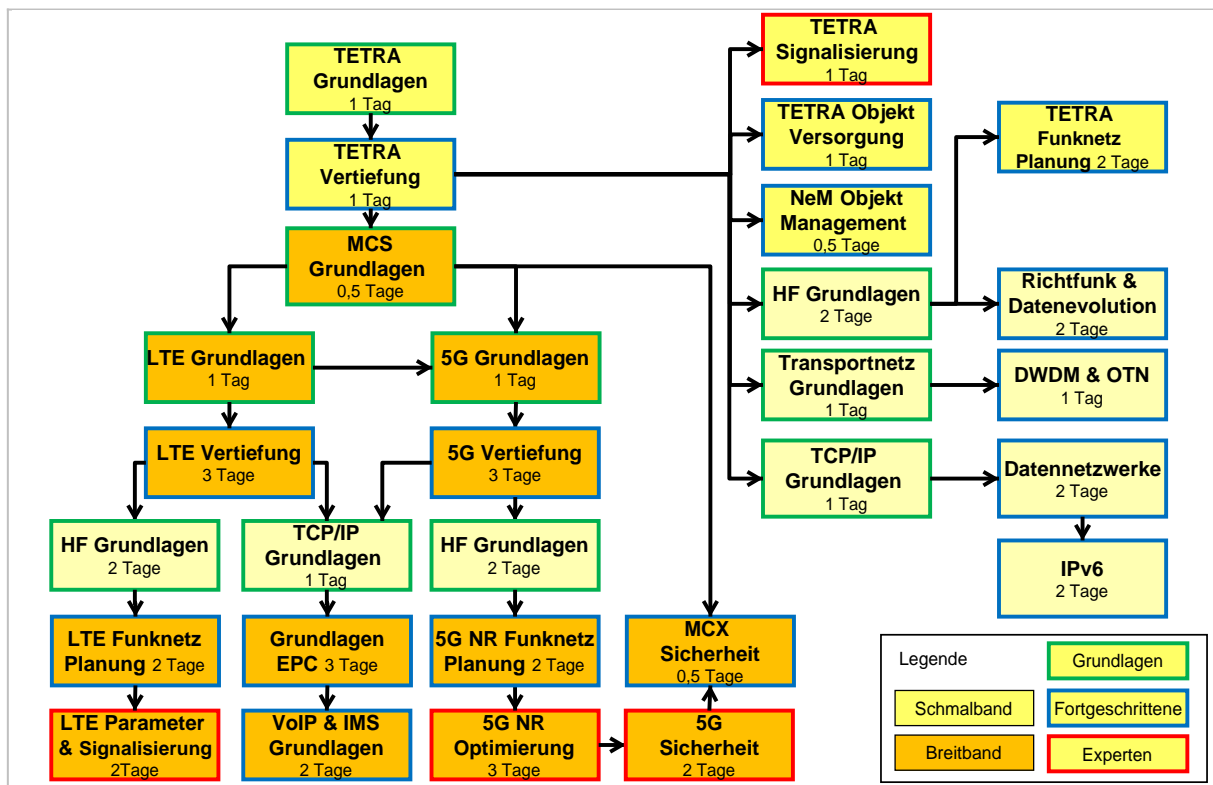
Jeder Teilnehmer erhält ein Zertifikat über die erfolgreiche Kursteilnahme.

# 4 Kurs-Curriculum BOS und Kurspfade



In der folgenden Abbildung finden Sie die Kurspfade im Kurs-Curriculum BOS. Alle Kurse sind einer der drei Kompetenzstufen zugeordnet:

- Grundlagen (grüner Rand),
- Fortgeschritten (blauer Rand),
- Expert (roter Rand).

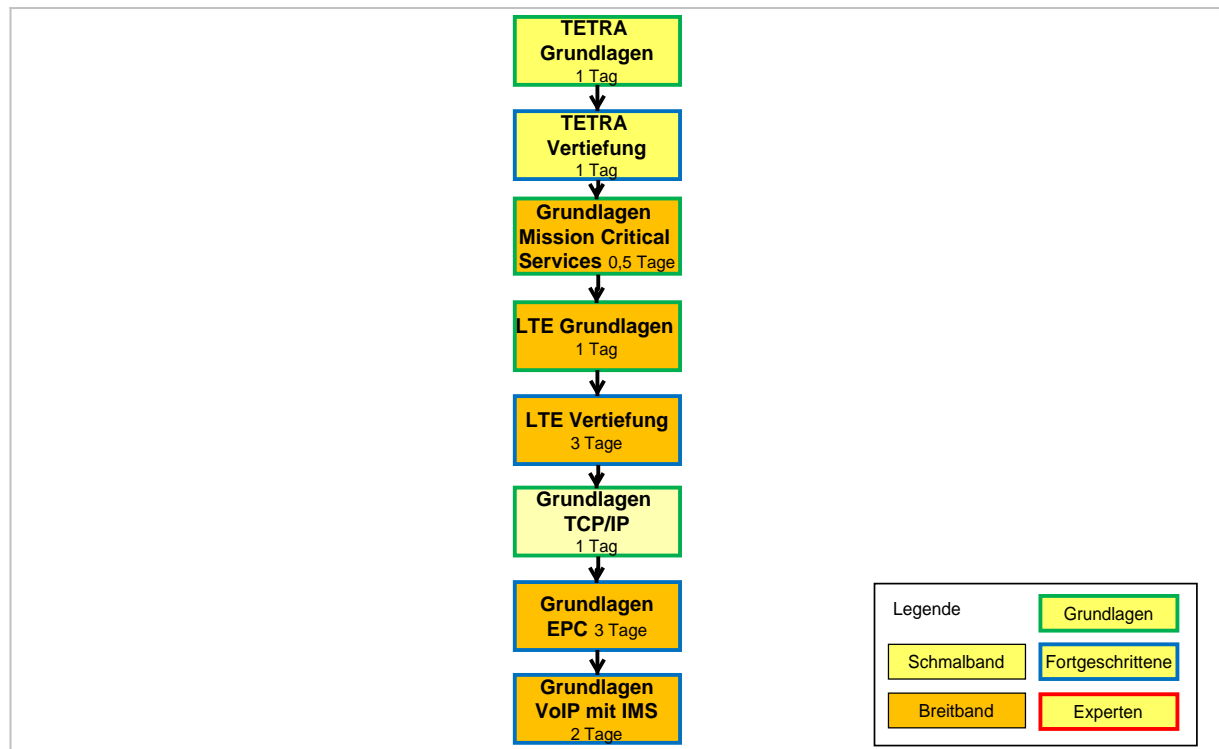




Der Einstiegskurs der Ausbildung ist hierbei der TETRA Grundlagenkurs, welcher als Schmalbandkurs (gelb) mit einem grünen Rand (Grundlagen) dargestellt wurde. Die Inhalte des folgenden Kurses LTE Vertiefung (Schmalbandkurs und Fortgeschritten) bauen auf den Inhalten des TETRA Grundlagenkurses auf, usw. ...

So ergibt sich, je nach Zielgruppe ein eigener Pfad im Curriculum.

So empfehlen wir z.B. einem EPC-Experten folgende Ausbildungspfad:



Sollten Sie darüber hinaus Wissen zu aktuell eingesetzter Systemtechnik im BOS-Digitalfunknetz in Deutschland benötigen, dann empfehlen wir Ihnen, sich an das Training Center der Airbus Secure Land Communications GmbH in Sulzbach ([training.deutschland@airbus.com](mailto:training.deutschland@airbus.com)) zu wenden. Hier finden Sie eine sehr gute Trainingsumgebung, in der Sie in Kursen mit vielen praktischen Übungen an den verschiedensten Anlagen und Systemen Erfahrung sammeln können.

**AIRBUS**

## 5 Kursübersicht

Kurs-Nummer	Kurstitel	Level G/F/E	Dauer Tage
NB1000	TETRA Grundlagen	G	1
NB1001	TETRA Vertiefung	F	1
NB1002	TETRA Signalisierung	E	1
NB1003	TETRA Objektversorgung	F	1
NB1004	NeM Objekt Management	G	0,5
NB1005	HF Grundlagen	G	2
NB1007	Transportnetz Grundlagen	G	1
NB1008	TCP/IP Grundlagen	F	1
NB1009	TETRA Funknetzplanung	F	1
NB1011	Richtfunk und Datenevolution	G	2
NB1012	DWDM & OTN	F	1
NB1013	Datennetzwerke	G	2

Kurs-nummer	Kurstitel	Level G/F/E	Dauer Tage
NB1021	LTE Grundlagen	G	1
NB1022	LTE Vertiefung	F	3
NB1023	LTE Funknetzplanung	F	2
NB1024	LTE Parameter & Signalisierung	E	2
NB1025	EPC Grundlagen	F	3
NB1026	VoIP mit IMS Grundlagen	F	2
NB1030	5G Grundlagen	G	1
NB1031	5G Vertiefung	F	3
NB1032	5G NR Funknetzplanung	F	2
NB1033	5G NR Optimierung	E	3
NB1034	5G Sicherheit	E	2

Kurs-nummer	Kurstitel	Level G/F/E	Dauer Tage
NB1040	Mission Critical Services Grundlagen	G	0,5
NB1041	MCX Sicherheit	F	0,5
NB1050	IPv6 – Delta zu IPv4	F	2

# 6 Detaillierte Kursbeschreibungen

## 1.1 NB1000 TETRA Grundlagen

Dieser Kurs bietet einen Überblick über die Grundlagen und Zusammenhänge Öffentlicher Sicherheitsnetze für Behörden & Organisationen mit Sicherheitsaufgaben (BOS) mit TETRA als schmalbandige Mobilfunktechnologie. Dieser Kurs dient als Grundlage des gesamten Curriculums.

### Zielgruppe / Voraussetzungen

Dieser Kurs richtet sich an alle Beteiligten des Digitalfunk BOS, sowohl Techniker und Ingenieure, die Aufgaben im Bereich Deutschen Behördennetzes übernehmen als auch Anwender der Behörden oder Manager und Planer.

### Kursinhalt

#### Einführung

- Überblick Entwicklung des Mobilfunks
- Grundlagen der Mobilfunksysteme
- Prinzip der Bündelung
- Was ist TETRA? Unterschiede zum kommerziellen Mobilfunk
- TETRA Standard & Interessensverbände

#### Netzelemente

- Grundbegriffe der mobilen Kommunikation
- Aufbau und Unterschiede des TETRA Netzes zu kommerziellen Mobilfunknetzen
- Aufbau und Netzelemente des BOS Digitalfunknetzes sowie Schnittstellen

#### TETRA-Kommunikationsdienste

- Betriebsarten
- Rufaufbauvorgang
- Einzel- und Gruppenrufe
- Datendienste
- Zusatzdienste
- Vergleich: Analog- und Digitalfunk

#### Einführung der Luftschnittstelle

- Frequenzen, FDD, Multiplex
- Simplex, Halb-, Duplex

#### Sicherheit

- Ausfallsicherheit
- Redundanz, Netz-Topologien
- Sicherheitsmechanismen in TETRA

#### Verwaltung von Teilnehmern & Gruppen

- Nummern, Einrichten von Teilnehmern

#### Ausblick

tfk technologies GmbH

© 2024 tfk

#### Kursdauer:

1 Tag

#### Kursnummer:

NB1000

#### Voraussetzungen:

Anwenderkenntnisse im Bereich Mobilfunk

- TETRA2 und TEDS

## 1.2 NB1001 TETRA Vertiefung

Dieser Kurs bietet eine Vertiefung der Grundlagen und Zusammenhänge im Bereich Digitalfunk BOS. Insbesondere wird das technische Grundverständnis der Netz-Infrastruktur sowie der Netzelemente aufgebaut. Nach einer Vertiefung der TETRA Luftschnittstelle werden Prozeduren sowie TETRA-Kommunikationsdienste erläutert.

### Zielgruppe / Voraussetzungen

Dieser Kurs baut auf den Grundlagen auf und richtet sich besonders an Techniker und Ingenieure, die Aufgaben im Bereich des Deutschen Behördennetzes übernehmen.

### Kursinhalt

#### Einführung

- Zusammenfassung der TETRA Grundlagen
- Wo findet man Details des TETRA-Standards
- Wo findet man weitergehende Informationen

#### Netz-Infrastruktur und Endgeräte

- TETRA Basisstationen & Vermittlungsstellen
- Struktur des Digitalfunknetzes BOS
- IP-Netzkomponenten
- TETRA Endgeräte
- Leitstellen

#### Vertiefung der Luftschnittstelle

- Frequenzkanäle
- Frequenzplanung
- Kanal- und Burststruktur
- Rahmenstruktur

#### Mobilitätsmanagement

- Erstmalige Zellwahl
- Registrierung
- Zell-Neuwahl
- Rufaufbau
- Reichweite einer Funkzelle

#### TETRA-Kommunikationsdienste

- Gruppenruf & -gebiete
- Prioritätsscanning
- Late Entry
- Gruppenarten
- IP Paketdienste
- Weitere Anwendungen

#### Sicherheit im TETRA Netz

- Authentifizierung & Verschlüsselung
- Schlüsselvarianten und deren Einsatz

#### Kursdauer:

1 Tag

#### Kursnummer:

NB1001

#### Voraussetzungen:

Technisches Verständnis und TETRA Grundlagen

## 1.3 NB1002 TETRA Signalisierung

Dieser Kurs bietet nach einer allgemeinen Einführung in die Signalisierung einen umfassenden Überblick über die von ETSI standardisierten TETRA-Protokolle sowie die Signalisierungs-Prozeduren.

Die dargebotenen Inhalte werden durch Beispiele aufgelockert. Die Teilnehmer sind am Ende dieses Kurses in der Lage, die verschiedenen TETRA-Protokolle sowie deren Funktionen zu erklären und darüber hinaus weiterführende Quellen zu diesem Thema zu verstehen.

### Zielgruppe / Voraussetzungen

Dieser Kurs richtet sich an alle technischen Mitarbeiter, die ein tieferes TETRA-Verständnis für ihre tägliche Arbeit benötigen. Fundierte TETRA-Grundlagen werden vorausgesetzt.

### Kursinhalt

#### Einführung

- TETRA System-Architektur
- Schnittstellen im TETRA-Netzwerk
- Grundlagen der Signalisierung und eines Schichtenmodells
- Das OSI-Modell, Datenverschachtelung
- Überblick über alle TETRA-Protokolle

#### Luftschnittstelle (AI)

- Schicht 1 – physikalische Schicht
- Schicht 2 – MAC & LLC
- Schicht 3 – Mobile Link Entity
- Prozeduren

#### Einführung in CCSS7

- SS7 Netzwerkkomponenten
- Protokollstapel
- MTP & ISUP
- SCCP
- Prozeduren

**Kursdauer:**

1 Tag

**Kursnummer:**

NB1002

**Voraussetzungen:**

TETRA Grundlagen  
TETRA Vertiefung

## 1.4 NB1003 TETRA Objektversorgung im Digitalfunknetz BOS

Dieser Kurs bietet einen Überblick über die Begriffe und technische Hintergründe zum Thema Objektversorgung mit TETRA für BOS. Dabei stehen Planungsgrundlagen, Realisierungsmöglichkeiten sowie der Betrieb von OV-Anlagen im Fokus.

### Zielgruppe / Voraussetzungen

Dieser Kurs richtet sich an alle Techniker und Ingenieure, die Objektversorgungen planen bzw. im Bereich der Objektversorgung arbeiten sollen.

### Kursinhalt

#### Einführung

- Begriffsdefinitionen
- Technische Hintergründe

#### Planungsgrundlagen für OV-Anlagen

- Rechtliche Vorgaben
- Anforderungen
- Richtlinien

#### Realisierungsmöglichkeiten

- Passive Einkopplung
- HF-Auskopplung
- Repeater-Ankopplung über Luftschnittstelle oder LW-Leiter
- Eigene TBS (mit oder ohne Anbindung an die Freifeldversorgung)
- DMO-1A-Repeater
- DMO-1B-Repeater

#### Betrieb von OV-Anlagen

- Messungen
- Alarmüberwachung

**Kursdauer:**

1 Tag

**Kursnummer:**

NB1003

**Voraussetzungen:**TETRA Grundlagen  
TETRA Vertiefung

## 1.5 NB1004 NeM Objekt Management

Dieser Kurs bietet einen Überblick über die Grundlagen und Zusammenhänge der Objekte mit dem Nutzereigenen Management (NeM). Kursinhalt ist nicht die Schulung im Umgang der NeM-Lösung von Airbus „Tactilon“.

### Zielgruppe / Voraussetzungen

Dieser Kurs richtet sich an alle Anwender der Behörden, Planer oder Manager des Digitalfunk BOS / NeM, als auch an Techniker und Ingenieure, die Aufgaben im Bereich Deutschen Behördennetzes übernehmen.

### Kursinhalt

#### Einführung

- Überblick über die NeM-Lösung
- Leistungsmerkmale
- NeM-Architektur

#### Organisationen

- Funktionsweise und Zusammenhang mit anderen Objekten
- Basic Parameter der Organisationen

#### BOS-Sicherheitskarten

- Funktionsweise und Zusammenhang mit Funkteilnehmern und Funkgeräten
- Basic Parameter der BOS-Sicherheitskarten

#### Funkgeräte

- Funktionsweise und Zusammenhang mit BOS-Sicherheitskarten und Funkteilnehmern
- Basic Parameter der Funkgerätprofile
- Basic Parameter der Funkgeräte

#### Funkteilnehmer

- Funktionsweise und Zusammenhang mit BOS-Sicherheitskarten und Funkgeräten
- Basic Parameter der Funkteilnehmerprofil
- Basic Parameter der Funkteilnehmer

#### Distrikte

- Funktionsweise und Zusammenhang mit Funkteilnehmern und Rufgruppen
- Basic Parameter der Distrikte
- GIS

#### Rufgruppen

- Funktionsweise und Zusammenhang mit Funkteilnehmern und Distrikten
- Basic Parameter der Rufgruppenprofile
- Basic Parameter der Rufgruppen
- Funktionsweise Gruppenoverlays

**Kursdauer:**

0,5 Tag

**Kursnummer:**

NB1004

**Voraussetzungen:**

Anwenderkenntnisse im Bereich Digitalfunk BOS



## 1.6 NB1005 HF Grundlagen

Dieser Kurs richtet sich an alle Quereinsteiger, die im Mobilfunk mit Kommunikationssystemen aller Art konfrontiert werden, ohne bislang Gelegenheit gehabt zu haben, sich intensiv mit der Hochfrequenztechnik auseinanderzusetzen. Es werden die Grundlagen der elektromagnetischen Wellen, Frequenz- und Zeitraum, Wellenausbreitung, Modulation und Messmethoden behandelt. In diesem Zusammenhang werden Verhalten und Messwerte in Mobilfunknetzen erklärt. Dieser Kurs stellt die Grundlage aller Funknetzplanungskurse dar.

### Zielgruppe / Voraussetzungen

Dieser Kurs richtet sich an Techniker und Ingenieure, die Sende- und Empfangsanlagen sowie Messgeräte in Mobilfunknetzen einsetzen. Voraussetzung für den Kurs ist ein allgemeines technisches Grundverständnis sowie die TETRA Grund- & Vertiefungskurse.

### Kursinhalt

#### Elektromagnetische Wellen

- Zeitraum vs. Frequenzraum
- Elektromagnetische Wellen
- Wellenausbreitung:
- Dämpfung, Beugung, Brechung, Reflexion, Abschattung, Fading

#### Antennen

- Grundfunktion
- Anpassung und Stehwellen
- Richtwirkung und Antennengewinn
- Antenna-Diversity und MIMO

#### Modulation

- Analoge Modulationen: AM, FM, PM
- Digitale Modulationen, IQ-Diagramm, MSK, xPSK, xQAM
- PAR und Crest-Faktor

#### HF-Bauteile

- Kabel, Verbinder, Filter
- Abschwächer, Verstärker
- Koppler, Combiner, Divider, Zirkulatoren

#### Rauschen

- Thermisches Rauschen
- Interferenz
- Signal-Rausch-Verhältnis im Frequenzraum und im IQ-Diagramm
- Eye-Diagramm
- Kennzahlen, S/N, Ec/Io, RxLev

#### Messmethoden

- Leistungsmessung via Messkopf
- Frequenzselektive Messung (Mischer)
- Kanalleistung, ACLR

#### Kursdauer:

2 Tage

#### Kursnummer:

NB1005

#### Voraussetzungen:

Technisches Verständnis  
TETRA Grundlagen  
TETRA Vertiefung

## 1.7 NB1007 Transportnetz Grundlagen

Datenraten explodieren. Carrier und Provider werden nicht erst seit Homeoffice und Streaming mit Anforderungen konfrontiert, die die aktuellen Netze überfordern. Auch im Mobilfunk wird mit 5G die Datenübertragung weiter anwachsen.

Das Rückgrat (Backbone) unserer Informationsgesellschaft steht nicht still und ist durch fortlaufende Änderungen und Erweiterungen geprägt.

Erleben und verstehen Sie, wie man aus einfachen Bauteilen komplexe photonische Netzwerke konstruiert und überwacht. Verstehen Sie die zahllosen herstelllerspezifischen Bezeichnungen und ordnen Sie diese in klare Kategorien.

### Zielgruppe / Voraussetzungen

Dieser Kurs richtet sich an Planer, Projektmanager und Techniker mit unterschiedlichem Hintergrundwissen. Quereinsteiger mit Grundkenntnissen im Bereich Übertragungsnetze.

### Kursinhalt

#### Motivation der DWDM-Technik

- Bandbreiten, Skalierbarkeit, Datenraten
- Vereinfachung der Netzarchitektur
- Übertragungsvielfalt (SDH, Ethernet, dark fiber)

#### Aufbau eines Telekommunikationsnetzes

- Historie, Gegenwart und aktuelle Trends
- Prinzipieller Aufbau
- Netzwerkhierarchien, Begriffe, Datenraten, Protokolle

#### Grundlagen der Übertragungstechnik

- Multiplexverfahren, optisch/elektrisch
- Lichtwellenleiter, Multimode vs. Singlemode
- Physikalische Effekte, Chromatische Dispersion, PMD, kohärente Übertragung

**Kursdauer:**

1 Tag

**Kursnummer:**

NB1007

**Voraussetzungen:**

TETRA Grundlagen  
TETRA Vertiefung

## 1.8 NB1008 TCP/IP Grundlagen

Dieser Kurs bietet einen Einstieg in die vielfältigen Prinzipien und Mechanismen, die in der Datentechnik Anwendung finden. Besondere Berücksichtigung findet dabei der Einsatz dieser Prinzipien im TETRA Netz.

Die umfangreichen theoretischen Betrachtungen werden dabei unterstützt durch die Auswertung von zahlreichen Wireshark-Traces. Es besteht insbesondere die Möglichkeit, dass die Kursteilnehmer auf Wunsch ihre eigenen praktischen und projektspezifischen Erfahrungen mit einfließen lassen können.

### Zielgruppe / Voraussetzungen

Dieser Kurs richtet sich an technische Mitarbeiter aus dem Bereich Digitalfunk BOS, die sich in die Grundlagen der Netzwerktechnik einarbeiten möchten.

### Kursinhalt

#### Einführung Referenzmodelle

- Referenzmodelle und ihre Aufgabe (Vergleich TK/IT)
- Das OSI-Referenzmodell und Bezug zur Netzwerktechnik
- Aufgaben und Funktionen der Schichten
- TCP/IP Protocol Suite

#### Lokale Netze

- Grundbegriffe LAN
- Übertragungsmedien, elektrisch/optisch
- Ethernet-Technik in lokalen Netzen
- Netzwerk-Komponenten (Router, Switch, Host)

#### Protokolle der Netzwerkschicht

- Einführung in IP
- IP-Adressierung
- Address Resolution und IP-Routing

**Kursdauer:**

1 Tag

**Kursnummer:**

NB1008

**Voraussetzungen:**TETRA Grundlagen  
TETRA Vertiefung

## 1.9 NB1009 TETRA Funknetzplanung

Aufgrund der Systemeigenschaften von TETRA spielt die Funknetzplanung für die Gesamtqualität des Netzes eine entscheidende Rolle. Zudem muss das Netz – aufgrund des erforderlichen Ausbaus, sowie durch wechselnde bzw. zunehmende Nutzung – stetig angepasst, optimiert und erweitert werden. Dieser Kurs bietet eine Einführung in die Grundlagen der Funknetzplanung und ihre System- und Hardwareabhängigkeiten. Zusätzlich beschäftigt sich ein Teil des Kurses mit den Möglichkeiten zur Netzwerkoptimierung. Es werden Aspekte der Planung und Optimierung hinsichtlich Abdeckung, Kapazität und Frequenzen erläutert.

Nach Teilnahme kennt und versteht der Kursteilnehmer die Hintergründe der Funknetzwerkplanung. Er trifft fundierte Entscheidungen, nach deren Vorgaben Softwaretools zum Einsatz kommen können. Der Kurs vermittelt planungsrelevante Kenntnisse und Techniken unabhängig von einem bestimmten Planungstool.

### Zielgruppe / Voraussetzungen

Dieser Kurs richtet sich an alle Techniker und Ingenieure aus dem Bereich Digitalfunk BOS, die mit Planungsaufgaben betraut sind. Die Kursteilnehmer sollten den TETRA-Standard, insbesondere die Luftschnittstelle, gut kennen?

### Kursinhalt

#### TETRA System Eigenschaften

- TETRA Architektur
- FDMA, TDMA Rahmenstruktur bei TETRA, Synchronisation
- genutztes Spektrum sowie Bandbreiten
- Kanalstruktur in TETRA

#### Geräteeigenschaften

- RT (Endgeräteklassen, Power Classes,...)
- TBS (Signalpfad, ...)

#### Abdeckungsplanung

- Empfindlichkeit
- Ausbreitungsmodelle
- Link Budget in TETRA

#### Kapazitätsplanung

- Verkehrsmodell
- Verkehrssimulation
- Kapazitätsbeschränkungen in TETRA
- Anbindungsplanung in TETRA
- Drive Tests & Optimierung
- Messungen in TETRA
- Antenneneigenschaften

#### Frequenzplanung

- Aspekte der Frequenzplanung

#### Kursdauer:

2 Tage

#### Kursnummer:

NB1009

#### Voraussetzungen:

TETRA Grundlagen  
TETRA Vertiefung  
HF Grundlagen

## 1.10 NB1011 Richtfunk und Datenevolution

Dieser Kurs richtet sich an alle Techniker, Projektmanager und Planer, die mit der rasanten Entwicklung im Umfeld von Mobilfunk und Festnetz mithalten wollen. Richtfunk, in der Vergangenheit das Mittel der Wahl für Weitverkehrsverbindungen, wurde hier praktisch verdrängt von der Glasfaser. Dann kam der Mobilfunkboom mit 3G, 4G und 5G. Die Datenraten explodieren förmlich, längst über die Glasfaserstandorte hinaus.

Es werden die Grundlagen von Wellen/Frequenz- und Bändern sowie die aktuellen Trends und Entwicklungen besprochen. Datenverarbeitung, beginnend beim SDH CrossConnect, über einen Switch, bis hin zum Latenzoptimierten L3-Router für 5G werden ebenso wichtig wie eine Multiband mit der Möglichkeit 20Gigabit über die Luft zu transportieren.

### Zielgruppe / Voraussetzungen

Dieser Kurs richtet sich an alle Techniker, Planer und Projektmanager mit Aufgaben im Mobilfunk und Festnetz. Die Kursteilnehmer sollten SDH und/oder Ethernet grundlegend kennen. Gezielte Netzwerkanalysen anhand von High-Level-Designs sind möglich.

### Kursinhalt

#### Einführung Richtfunktechnik

- Klassische Einsatzgebiete, Definitionen, Evolution, PtP, PtMP
- Adaptive Modulation, Frequenzbandentwicklung
- Zusammenhang u. Entwicklung von Kanalbreite – Modulation - Datenrate
- Schutzschaltungen in PDH, SDH, Ethernet, Loadsharing, L1 LAG, MPLS.
- Dual-Band, Multiband, Carrier Aggregation, E-Band, XPIC, MIMO, CCIC
- Frequenznutzungsparameter gemäß Bundesnetzagentur

#### Richtfunk und Daten

- Die Anfänge mit E1
- Richtfunknetzwerke mit CrossConnect, SNCP und Ersatzschaltungen
- Mobilfunk als Treiber der Entwicklung
- 2G, 3G, 4G und 5G gibt die Daten vor
- Hybride Netzwerke, die Datenrate wird flexibel
- E1 über Ethernet und umgekehrt
- Dual-Band, Totalverlust wird akzeptiert
- 5G-Topologie und Richtfunk
- Fronthaul vs. Backhaul
- Technische Integration, ein Gerät für alles
- Richtfunk als Glied einer Kette zwischen Router und DWDM
- Linkstatus im Service Defined Network

#### Kursdauer:

2 Tage

#### Kursnummer:

NB1011

#### Voraussetzungen:

TETRA Grundlagen  
TETRA Vertiefung  
HF Grundlagen

### Richtfunk und 5G

- Was bedeuten mMTC, uRLLC und eMBB für den Richtfunk
- Was bedeutet Latenz von 3ms
- Synchronisation: Takt und Uhrzeit
- Intelligentes OAM
- Slicing und differenzierte SLA
- Explosion der Datenraten
- Entwicklung zu einem vermaschten Netzwerk
- Flexibilisierung des Frequenzplans: C-Band, mmWave
- Wettbewerb zwischen Glasfaser und Richtfunk

## 1.11 NB1012 DWDM & OTN

Datenraten explodieren. Carrier und Provider werden nicht erst seit Homeoffice und Streaming mit Anforderungen konfrontiert, die die aktuellen Netze überfordern. Auch im Mobilfunk wird mit 5G die Datenübertragung weiter anwachsen.

Das Rückgrat (Backbone) unserer Informationsgesellschaft steht nicht still und ist durch fortlaufende Änderungen und Erweiterungen geprägt.

100 Gigabit pro Wellenlänge ist die aktuelle Standardrate, 80 Kanäle pro Faser sind heute schon weit verbreitet.

200 und 400 Gigabit auf 120 Wellenlängen sind kommerziell verfügbar. Verwaltet, verschaltet und geordnet werden die einzelnen Datenströme mittels Optischer Transport Hierarchie (OTH/OTN). Erleben und verstehen Sie, wie man aus einfachen Bauteilen komplexe photonische Netzwerke konstruiert und überwacht. Verstehen Sie die zahllosen herstellereigenen Bezeichnungen und ordnen Sie diese in klare Kategorien.

### Zielgruppe / Voraussetzungen

Dieser Kurs richtet sich an Planer, Projektmanager und Techniker aus dem Bereich Digitalfunk BOS mit unterschiedlichem Hintergrundwissen. Quereinsteiger mit Grundkenntnissen im Bereich Übertragungsnetze.

### Kursinhalt

#### Motivation der DWDM-Technik

- Bandbreiten, Skalierbarkeit, Datenraten
- Vereinfachung der Netzarchitektur
- Übertragungsvielfalt (SDH, Ethernet, „Dark Fiber“)

#### Funktionsprinzip DWDM

- Begriffsklärung, Optisches Multiplexen
- Einteilung der Wellenlängen, Bänder, ITU-T Normen
- Netzwerkarchitektur CWDM/DWDM, Netzelemente, Multiplexer und Optische Verstärker, OTDR, OSC, VOA, Splitter, Combiner, WSS
- Ausfallsicherheit (Optical line protection, ODU-SNCP)
- C-Band, Extended C-Band, Super C-Band

#### Optical Transport Network (OTN)

- Optical Transport Hierarchy (OTH) & Optical Transport Network (OTN)
- Struktur und Rahmenaufbau - Verschachtelung
- ODU-Verschaltungen in einem DWDM-Netz
- Kombination von OTN und DWDM an Beispielen und mit Übungen

#### Kursdauer:

1 Tag

#### Kursnummer:

NB1012

#### Voraussetzungen:

TETRA Grundlagen  
TETRA Vertiefung  
Transportnetz Grundlagen

## 1.12 NB1013 Datennetzwerke

Dieser Kurs gibt einen Einstieg in die vielfältigen Prinzipien und Mechanismen, die in der Datentechnik Verwendung finden. Besondere Berücksichtigung findet dabei der Einsatz dieser Prinzipien im TETRA Netz.

Die umfangreichen theoretischen Betrachtungen werden dabei unterstützt durch die Auswertung von zahlreichen Wireshark-Traces. Es besteht insbesondere die Möglichkeit, dass die Kursteilnehmer auf Wunsch ihre eigenen praktischen und projektspezifischen Erfahrungen mit einfließen lassen können.

### Zielgruppe / Voraussetzungen

Dieser Kurs richtet sich an technische Mitarbeiter aus dem Bereich Digitalfunk BOS, die sich in die Grundlagen der Netzwerktechnik einarbeiten möchten.

### Kursinhalt

#### Vertiefung Protokolle der Netzwerkschicht

- Routing-Protokolle (RIP, OSPF, BGP)
- Auswertung von IP-Paket Traces

#### Protokolle der Transportschicht

- Eigenschaften von TCP und UDP
- Funktionen der Transportschicht (port, sequence, window)
- Funktionen des User Datagram Protocol (UDP)
- Funktionen des Transmission Control Protocol (TCP)
- Auswertung von Traces zu TCP und UDP

#### Protokolle der Anwendungsschicht

- Dynamic Host Configuration Protocol (DHCP)
- VoIP, Voice Codecs, MOS, RTP, RTCP

#### Advanced Ethernet und IP

- VLAN, 802.1Q, VLAN-Stacking
- Spanning Tree Protocol STP
- Carrier Ethernet
- MPLS
- IPv6

#### Quality of Service (QoS)

- Delay, Jitter, Packet Loss
- Ethernet Priorisierung, 802.1p
- IP Priorisierung, DiffServ

#### Netzwerksicherheit

- VPN, IPsec
- L2-Verschlüsselung

#### Netzwerkmanagement

- FCAPS, SNMP

#### Kursdauer:

2 Tage

#### Kursnummer:

NB1013

#### Voraussetzungen:

TETRA Grundlagen  
TETRA Vertiefung  
TCP/IP Grundlagen



## 1.13 NB1021 LTE Grundlagen

Dieser Kurs bietet eine Einführung in die heutzutage weitverbreitetste Breitbandtechnologie der 4. Generation, welche man auch unter dem Namen „Long-Term Evolution (LTE)“ kennt. LTE wurde im Jahr 2008 standardisiert und seit der Einführung immer weiterentwickelt. In 3GPP Release 13 - 16 wurden viele Funktionen für die Anwender professionellen Mobilfunks ergänzt wie z.B. Group Call, Mission Critical PTT und D2D-Kommunikation. Somit wird LTE eine interessante Alternative zur bisherigen Schmalbandtechnologie TETRA, die gegenwärtig für öffentliche Sicherheitsnetze zum Einsatz kommt. Dieser Kurs gibt einen ausführlichen Überblick über die Technik des LTE-Netzes und dessen Funktionen zur Unterstützung der neuen „Mission-Critical“-spezifischen Features.

### Zielgruppe / Voraussetzungen

Dieser Kurs richtet sich an alle Techniker, Ingenieure und technisches Management, die mit Aufgaben im Mobilfunk betraut sind. Die Kursteilnehmer sollten TETRA oder eine andere Mobilfunktechnologie grundlegend kennen.

### Kursinhalt

#### Einführung

- Mobilfunkgrundlagen von 2G (GSM vs. TETRA) und 3G
- Was ist LTE? Begrifflichkeiten
- Anforderungen an LTE/EPS
- LTE-Schlüsselparameter und -konzepte
- Timeline für MC-Dienste und 3GPP-Releases

#### Netzwerkarchitekturen

- EPS Netzwerkarchitektur im Vergleich zu TETRA/GSM und UMTS
- Service Level Parameter und QoS
- Sprachübertragung in LTE
- RAN Sharing Optionen (Stand Entwicklung BDBOS und Breitband)
- QoS in E-UTRAN
- Sprache und CS Dienste im EPS

#### Wie funktioniert LTE? Die Luftschnittstelle

- Spektrum Zuweisung und Zuteilung der Frequenzen in Deutschland
- Flexible Bandbreite
- OFDM: Die neue Luftschnittstelle in LTE
- Ressourcen bei LTE: Zeit- und Frequenzdomäne
- Abschätzung der Datenraten

#### Direktkommunikation

- Device-to-Device (D2D) und Proximity Service (ProSe)
- Netz-Architektur und Szenarien
- Frequenzen
- Entwicklung in den 3GPP Standards

#### Mission Critical Services

- Typen von Mission Critical Services

#### Kursdauer:

1 Tag

#### Kursnummer:

NB1021

#### Voraussetzungen:

TETRA Grundlagen  
TETRA Vertiefung  
MCS Grundlagen

- Entwicklung in den 3GPP Standards
- Mission Critical Netze und Endgeräte

### **Internet der Dinge (IoT) und eMTC**

- Beispielanwendungen

### **Ausblick auf 5G**

## 1.14 NB1022 LTE Vertiefung

Dieser Kurs setzt auf dem LTE-Grundlagen-Kurs auf und liefert eine technische Vertiefung. Es wird das grundlegende Verständnis der LTE-Luftschnittstelle und der Prozeduren auf den verschiedenen Ebenen gelehrt. Des Weiteren werden Sicherheit in LTE-Netzen sowie die neuen „Mission-Critical“-Leistungsmerkmale, wie z.B. Group Call, Mission Critical PTT und D2D-Kommunikation erklärt. Ebenso werden die Grundbegriffe und Mechanismen der LTE-Advanced-Leistungsmerkmale Carrier Aggregation und Heterogene Netzwerke erklärt.

### Zielgruppe / Voraussetzungen

Dieser Kurs richtet sich an alle Techniker, Ingenieure und technisches Personal, die mit Aufgaben im Mobilfunk betraut sind. Die Kursteilnehmer sollten TETRA grundlegend kennen und den LTE-Grundlagen-Kurs besucht haben bzw. entsprechende Kenntnisse besitzen.

### Kursinhalt

#### Einführung

- LTE als Alternative zu TETRA
- Timeline für MC-Dienste und 3GPP-Releases

#### Netzwerkarchitektur

- Evolved Packet System: All IP Network
- E-UTRAN: eNB
- Evolved Packet Core EPC (MME, S-GW, PDN-GW)
- Identifier im EPS
- LTE-Protokollstapel
- Zustände der Endgeräte

#### Luftschnittstelle von LTE

- OFDM: Die neue Luftschnittstelle in LTE
- Nutzung des Resource Grids: Physikalische Kanäle und Signale
- Leistungskontrolle und Timing Advance
- Zellsuch- und Zugangs-Prozeduren
- Techniken zur Verringerung von Interferenz
- MIMO

#### Prozeduren und SON

- Schnittstellen und Protokollstapel
- Layer 2- und Layer 3-Prozeduren
- Messungen in LTE
- Mobilität in LTE
- RRC Measurement Control und Events
- Self-Organizing Network (SON)

#### Sicherheit in LTE-Netzen

- Sicherheit in Zugangs- und Netzdomäne
- Sicherheitsmechanismen

#### Kursdauer:

3 Tage

#### Kursnummer:

NB1022

#### Voraussetzungen:

TETRA Grundlagen  
TETRA Vertiefung  
MCS & LTE Grundlagen

### **Direktkommunikation (ProSe & D2D)**

- Kanäle und Ressource Pool
- Prozeduren

### **LTE-A Carrier Aggregation (CA)**

- Einführung
- Prinzip von Carrier Aggregation
- UE Leistungsvermögen
- CA Einsatz-Szenarien
- CA Prozeduren
- Cross-Carrier Scheduling

### **LTE-A Heterogene Netzwerke (HetNets)**

- Überblick
- Last-Steuerung und Mobility Management
- Interferenz-Management
- Cross-Carrier Scheduling in HetNets

### **Neue Dienste im LTE-Netz**

- Gruppenruf, GCSE
- Mission Critical Push-to-Talk (MC-PTT)
- Mission Critical Data
- Mission Critical Video

## 1.15 NB1023 LTE Funknetzplanung

Aufgrund der Systemeigenschaften von LTE spielt die Funknetzplanung für Gesamtqualität und Datendurchsatzraten des Netzes eine entscheidende Rolle. Zudem muss das Netz – aufgrund des erforderlichen Ausbaus, sowie der wechselnden bzw. zunehmenden Nutzung – stetig angepasst, optimiert und erweitert werden. Dieser Kurs bietet eine Einführung in die Grundlagen der Funknetzplanung und ihre System- und Hardwareabhängigkeiten. Zusätzlich beschäftigt sich ein Teil des Kurses mit den Möglichkeiten zur Netzwerkoptimierung. Es werden Aspekte der Planung und Optimierung hinsichtlich Abdeckung, Kapazität und Netz-IDs erläutert.

Nach Teilnahme kennt und versteht der Kursteilnehmer die Hintergründe der Funknetzwerkplanung. Er trifft fundierte Entscheidungen, nach deren Vorgaben Softwaretools zum Einsatz kommen können. Der Kurs vermittelt planungsrelevante Kenntnisse und Techniken unabhängig von einem bestimmten Planungstool.

### Zielgruppe / Voraussetzungen

Dieser Kurs richtet sich an Personal in der Funknetzplanung und -optimierung mit gutem TETRA- bzw. LTE-Grundlagenwissen.

### Kursinhalt

#### LTE – System Eigenschaften

- E-UTRAN Architektur
- OFDM, Rahmenstruktur bei LTE, Synchronisation und Reference Signals in LTE
- genutztes Spektrum sowie Bandbreiten
- Kanalstruktur in LTE
- Frequency Re-Use und Intercell Interference Mitigation
- L2 Messungen als Input für MIMO und Frequency Selective Scheduling (CQI, RI, PMI)
- Link Adaption in LTE (Modulation and Coding Scheme)
- Überblick: LTE spezifische Parameter für Funknetzplanung

#### Geräteeigenschaften

- UE (Endgeräteklassen, Power Classes,...)
- eNB (Signalpfad, ...)

#### Abdeckungsplanung

- Sensibilität
- Ausbreitungsmodelle
- Link Budget in LTE

#### Kapazitätsplanung

- Verkehrsmodell
- Verkehrssimulation
- Kapazitätsbeschränkungen in LTE
- Anbindungsplanung in LTE

#### Drive Tests and -optimization

- Messungen in LTE
- SON – Self-Organizing and –Optimizing Networks

#### Kursdauer:

2 Tage

#### Kursnummer:

NB1023

#### Voraussetzungen:

TETRA Vertiefung  
LTE Vertiefung  
HF Grundlagen

### **Überlegungen zu Antennen**

- MIMO in LTE (Spatial Multiplexing und Diversity)

### **Identifizierung**

- Physical Cell Identifier
- Tracking Area

### **Handover- und Nachbarschaftsplanung in LTE**

- Intrafrequency, Interfrequency und Inter-RAT Mobilität in LTE
- Nachbarschaftsplanung in LTE

## 1.16 NB1024 LTE Parameter & Signalisierung

Dieser Kurs richtet sich an Mitarbeiter aus der Netzoptimierung, welche neben einem fundierten Einblick in die LTE Grundlagen Antworten auf die Fragen, wie man das Netz analysiert, optimiert und welche Stellschrauben sich bieten, bekommen möchten. Es werden zuerst die Systemeigenschaften auf der Physikalischen Schicht sowie deren Verwaltung dargestellt, um darauf aufbauend Ressourcenverwaltung und die erforderlichen Prozeduren auf Schicht 2 zu behandeln. Abgerundet wird der Kurs durch einen Block zu Schicht 3, in dem neben allgemeinen Prozeduren wie Attach und Service Request insbesondere das Thema Mobilität und Radio Resource Management behandelt wird.

### Zielgruppe / Voraussetzungen

Dieser Kurs richtet sich an alle Mitarbeiter im Bereich Netzoptimierung und –qualität, welche ein tieferes Verständnis der LTE-Luftschnittstelle sowie deren Parametrisierungsmöglichkeiten benötigen.

### Kursinhalt

#### LTE Netz- und Protokollarchitektur

- LTE Netzarchitektur
- LTE Protokollarchitektur

#### LTE – Physikalische Schicht

- Physikalische Kanäle und deren Konfiguration im Downlink
- Physikalische Kanäle und deren Konfiguration im Uplink
- Ressourcenallokierung in LTE
- MIMO

#### Prozeduren auf der Physikalischen Schicht

- Timing Advance
- Power Control
- Random Access Prozedur

#### Prozeduren auf Layer 2

- Scheduling
- L2 Messungen und deren Konfiguration
- ARQ und HARQ
- DRX (Discontinuous Reception)

#### Access Stratum und RRC

- RRC Prozeduren
- System Information
- Mobilität im Idle Mode (Intrafrequency, Interfrequency, Inter-RAT)
- Mobilität im Active Mode (Intrafrequency, Interfrequency, Inter-RAT)
- Paging
- L3 Messungen und deren Konfiguration
- Radio Resource Management

#### Kursdauer:

2 Tage

#### Kursnummer:

NB1024

#### Voraussetzungen:

Gute TETRA Kenntnisse  
LTE Grundlagen  
LTE Vertiefung

### **SON**

- Self-Organizing and Self-Optimizing Networks

### **QoS in LTE**

- QoS Konzept bei LTE
- QoS auf den jeweiligen Schnittstellen

### **Prozeduren in LTE**

- Attach / Detach
- S1 Release Procedure
- Service Request
- Bearer Activation
- Tracking Area Update
- Handover



## 1.17 NB1025 Evolved Packet Core (EPC) Grundlagen

Hinter dem Begriff EPC steht das Projekt der 3GPP zur Einführung eines neuen, IP basierten Cores, das sogenannte Evolved Packet Core. Dieser Kurs gibt eine detaillierte Einführung in die neue Netzarchitektur, Schnittstellen sowie Prinzipien und Nachrichtenflüsse innerhalb des EPCs. Ein weiterer Schwerpunkt bildet das QoS Konzept. Um einen Gesamtüberblick zu erhalten, werden ebenfalls die wesentlichen Neuerungen der Luftschnittstelle angesprochen, das Interworking zwischen Radio Access Network und Core Network spezifiziert, sowie eine detaillierte Darstellung der End-to-End Lösung gegeben.

### Zielgruppe / Voraussetzungen

Dieser Kurs richtet sich an Mitarbeiter aus den Bereichen Planung, Konfiguration und Troubleshooting/Tracing im Core, welche einen detaillierten Einblick in die neue Architektur des Evolved Packet Core sowie dessen Signalisierung erhalten möchten.

### Kursinhalt

#### EPS Überblick

- All IP Networks
- Packet Switched Architektur in 2G/3G
- Evolution der 3gpp Standards

#### EPC Netzarchitektur und Protokolle

- EPS Komponenten (eNB, MME, S-GW, PDN-GW, PCRF, HSS)
- EPS Schnittstellen und Protokollstruktur (S1, X2, S5, S11, S10, S6a)
- Architektur Modelle (Roaming, Non-roaming)

#### EPC Prozeduren

- Identifizierer
- EPS Mobility Management (EMM) Stati
- Attach, Detach, Tracking Area Update
- Dedicated Bearer Activation/Deactivation

#### Handover Szenarien

- Intra E-UTRAN Handover
- Inter RAT Handover

#### QoS Aspekte

- Generelles IP QoS Konzept
- QoS Konzepte bei EPC

#### CS Service Integration

- CS Service Integration Überblick
- IP Multimedia Subsystem (IMS)
- Voice over LTE Generic Access (VoLGA)
- CS fallback to 2G/3G
- CS Services over EPS

#### Kursdauer:

3 Tage

#### Kursnummer:

NB1025

#### Voraussetzungen:

TETRA Vertiefung  
LTE Vertiefung  
TCP/IP Grundlagen

## 1.18 NB1026 VoIP & IMS Grundlagen

Immer mehr Provider bieten Sprachübertragung über Datennetze (Voice over IP) an. Was steckt genau dahinter? Was sind Stärken und Schwächen dieser Technik? Dieser Kurs gibt eine kurze, aber zielgerichtete Einführung zu diesem aktuellen Thema. Dabei werden die für VoIP relevanten Protokolle, Besonderheiten und Applikationen besprochen. Darüber hinaus wird auf Quality of Service Aspekte für Sprachübertragung in IP-Netzen eingegangen.

### Zielgruppe / Voraussetzungen

Dieser Kurs richtet sich an Teilnehmer aus allen Bereichen, die ein grundlegendes Wissen über VoIP für ihre Arbeit benötigen. Grundlegende Kenntnisse über IP-basierte Netze sowie TETRA Grundkenntnisse werden vorausgesetzt.

### Kursinhalt

#### Einführung in VoIP

- Warum Voice over Packet?
- Anwendungen/Beispiele
- Architektur

#### Sprachübertragung in VoIP-Netzen

- Funktionalität von RTP/RTCP
- Voice Codecs

#### Verbindungsaufbau

- H.323, Session Initiation Protocol (SIP)
- Media Gateway Control Protocol (MGCP)
- MEGACO (H.248)

#### Quality of Service

- Resource Reservation Protocol (RSVP)
- Differentiated Services (DiffServ)
- Multi Protocol Label Switching (MPLS) und IPv6

#### SIP Grundlagen

- SIP-Architektur, Gateways, Endgeräte
- Proxy Server
- SIP-Adressierung
- SIP-Nachrichten und deren Struktur

#### Typische Signalisierungsabläufe

#### Session Description Protocol

- SDP zur Spezifizierung der Verbindung
- SDP-Parameter

#### SIP in IP-Netzen

- SIP im Mobilfunk

#### Kursdauer:

2 Tage

#### Kursnummer:

NB1026

#### Voraussetzungen:

TETRA Vertiefung  
LTE Vertiefung  
TCP/IP & EPC Grundlagen

## 1.19 NB1030 5G Grundlagen

Dieser Kurs bietet einen Überblick über die Weiterentwicklung der Mobilfunktechnik hin zu 5G, in die Konzepte der neuen Luftschnittstelle New Radio, des 5G Core und der Services. Es werden die derzeit absehbaren Anwendungsbeispiele und ihre Anforderungen an die Mobilfunktechnik 5G vorgestellt. Außerdem wird die neue Netzwerkarchitektur inklusive des service-basierten Cores vorgestellt, die neue Luftschnittstelle erklärt und die Prozeduren erläutert.

### Zielgruppe / Voraussetzungen

Dieser Kurs richtet sich an alle Techniker und Ingenieure, die mit Aufgaben im Mobilfunk betraut sind. Die Kursteilnehmer sollten die bisherigen Mobilfunkstandards, insbesondere TETRA, und nach Möglichkeit LTE grundlegend kennen.

### Kursinhalt

#### Einführung

- Entwicklung der Mobilfunkgenerationen
- 3GPP Standards und der Zeitplan für die Standardisierung von 5G
- Verkehrswachstum
- Standardisierung

#### Was soll 5G leisten?

- Anwendungsbeispiele und ihre Anforderungen
- ITU Zielvorgaben
- KPIs

#### Netzwerkarchitektur

- Service basierte Netzwerkarchitektur
- 5G SA and NSA Architecture
- Mobile Edge Computing, NFV, SDN
- Network Slicing und Cloud-RAN
- Dual Connectivity
- Migrationskonzepte von 4G zu 5G
- WLAN Offloading und unlicensed Access

#### Spektrum

- Eigenschaften von mm-Wellen
- Frequency Ranges und Frequenzbänder
- Bandbreiten und Bandwidth parts
- Carrier Aggregation, Supplementary Uplink

#### Luftschnittstelle

- Modulation und Coding
- Duplex- und Zugriffsverfahren
- Neue Numerologie
- NR Resource Grid

#### Weitere Standardisierung

- Features und Study Items für Rel. 16 und 17

#### Kursdauer:

1 Tag

#### Kursnummer:

NB1030

#### Voraussetzungen:

TETRA Vertiefung  
LTE & MCS Grundlagen

## 1.20 NB1031 5G Vertiefung

Dieser Kurs bietet einen Überblick über die Weiterentwicklung der Mobilfunktechnik hin zu 5G, in die Konzepte der neuen Luftschnittstelle New Radio, des 5G Core und der Services. Es werden die derzeit absehbaren Anwendungsbeispiele und ihre Anforderungen an die Mobilfunktechnik 5G vorgestellt. Außerdem wird die neue Netzwerkarchitektur inklusive des service-basierten Cores vorgestellt, die neue Luftschnittstelle erklärt und die Prozeduren erläutert.

### Zielgruppe / Voraussetzungen

Dieser Kurs richtet sich an alle Techniker und Ingenieure, die mit Aufgaben im Mobilfunk betraut sind. Die Kursteilnehmer sollten die bisherigen Mobilfunkstandards, insbesondere LTE, grundlegend kennen.

### Kursinhalt

#### Luftschnittstelle

- Logische, Transport und Physikalische Kanäle
- Synchronisations- und Referenz-Signale
- Synchronisation und Cell Search Prozedur
- System Information
- Random Access
- HARQ
- Power Control

#### Massive MIMO

- Antennensysteme, klassisches MIMO
- Massive MIMO
- Analoges, digitales und hybrides Beamforming
- Beam Switching

#### Protokolle und Prozeduren

- Protocol Stacks
- 5G Identities
- Prozeduren für Registrierung und Session Management
- Mobilität und Handover
- PLMN Selection

#### 5G QoS, Sprache und andere Services

- QoS Konzept in 5G
- VoNR, VoLTE, EPS und RAT Fallback

**Kursdauer:**

3 Tage

**Kursnummer:**

NB1031

**Voraussetzungen:**

TETRA Vertiefung  
Grundkenntnisse zu LTE  
5G Grundlagen

## 1.21 NB1032 5G NR Funknetzplanung

Aufgrund der Systemeigenschaften von 5G NR spielt die Funknetzplanung für Gesamtqualität und Datendurchsatzraten des Netzes eine entscheidende Rolle. Zudem muss das Netz – aufgrund des erforderlichen Ausbaus, sowie der wechselnden bzw. zunehmenden Nutzung – stetig angepasst, optimiert und erweitert werden. Dieser Kurs bietet eine Einführung in die Grundlagen der Funknetzplanung und ihre System- und Hardwareabhängigkeiten. Zusätzlich beschäftigt sich ein Teil des Kurses mit den Möglichkeiten zur Netzwerkoptimierung. Es werden Aspekte der Planung und Optimierung hinsichtlich Abdeckung, Kapazität und Netz-IDs erläutert.

Nach Teilnahme kennt und versteht der Kursteilnehmer die Hintergründe der Funknetzwerkplanung. Er trifft fundierte Entscheidungen, nach deren Vorgaben Softwaretools zum Einsatz kommen können. Der Kurs vermittelt planungsrelevante Kenntnisse und Techniken unabhängig von einem bestimmten Planungstool.

### Zielgruppe / Voraussetzungen

Dieser Kurs richtet sich an alle Techniker und Ingenieure, die mit Planungsaufgaben im Mobilfunk betraut sind. Die Kursteilnehmer sollten den 5G-Standard und den bisherigen Mobilfunkstandard LTE, insbesondere die Luftschnittstelle, gut kennen?

### Kursinhalt

#### Einführung

- Basiswissen für die Funknetzplanung
- Workflow

#### Spektrum

- Eigenschaften von cm- und mm-Wellen
- Frequency Ranges FR1/FR2 und Frequenzbänder
- Bandbreiten
- Carrier Aggregation, Supplementary Uplink

#### Antennensysteme

- Massive MIMO
- Eigenschaften aktiver Antennen

#### Luftschnittstelle

- Numerologie und NR Ressource Grid
- Logische, Transport und Physikalische Kanäle
- Synchronisations- und Referenz-Signale
- Messungen in NR: RSRP, SINR etc.

#### Abdeckungsplanung

- Ausbreitungsmodelle
- Beiträge zum Link Budget
- Berechnung von Zellgrößen

#### Kapazitätsplanung

- Services in 5G
- Anforderungen an den Datendurchsatz

#### Kursdauer:

2 Tage

#### Kursnummer:

NB1032

#### Voraussetzungen:

TETRA Vertiefung  
5G Vertiefung  
HF Grundlagen

- Radio und Transport Kapazität

### Weitere Planungsaspekte

- PCI Planung
- PRACH-Planung
- Nachbarschaftsplanung
- Sendeleistung

**Kursdauer:**

2 Tage

**Kursnummer:**

NB1032

**Voraussetzungen:**

TETRA Vertiefung  
5G Vertiefung  
HF Grundlagen

## 1.22 NB1033 5G NR Optimierung

Dieser Kurs bietet einen Überblick über die Grundlagen der Funknetzoptimierung im Allgemeinen und über die Ansätze zur Optimierung eines 5G Funknetzes im Speziellen. Hierbei werden sowohl die „Non-Standalone“ Architektur (NSA) als auch die „Stand-Alone“-Architektur (SA) betrachtet.

### Zielgruppe / Voraussetzungen

Dieser Kurs richtet sich an alle Techniker und Ingenieure, die mit Optimierungsaufgaben im Mobilfunk betraut sind. Die Kursteilnehmer sollten den 5G-Standard und den bisherigen Mobilfunkstandard LTE, insbesondere die Luftschnittstelle und die Signalisierung, gut kennen.

### Kursinhalt

#### Einführung

- Basiswissen für die Funknetzoptimierung
- Workflow
- Inputs: PM Counter, Drive Tests, Kundenbeschwerden
- „Signaling Tracing“

#### NR Abdeckungs- und Interferenz-Optimierung

- „New Radio Coverage“ Planung
- Definitionen der NR Messgrößen
- „New Radio Coverage“-Optimierung
- Fehlerszenarien

#### Zugangsproblem-Analyse

- 5G Netzarchitektur-Optionen (NSA & SA)
- Netzzugangsprozeduren (NSA & SA)
- PM Counter und KPIs
- Signalisierungsanalyse & Fehlerszenarien

#### Verbindungsabbruch-Analyse

- „Call Drop“-Prozeduren (NSA & SA)
- PM Counter und KPIs
- „Call Drop“ Analyse & Optimierungsmethoden
- „Call Drop“-Fehlerszenarien

#### Verbindungsübergabe-Analyse

- „Handover“ Prozeduren (NSA & SA)
- Gründe für „Handover“
- Problem-Analyse
- PM Counter und KPIs
- Signalisierungsanalyse

#### Datendurchsatz-Optimierung

- Abschätzung des Datendurchsatzes in 5G
- PM Counter und KPIs
- Ende-zu-Ende Betrachtungen

#### Kursdauer:

3 Tage

#### Kursnummer:

NB1033

#### Voraussetzungen:

TETRA Vertiefung  
5G Vertiefung,  
5G NR Planung

## 1.23 NB1034 5G Sicherheit

Dieser Kurs beschreibt die wichtigsten 5G-Sicherheitsmechanismen, wie sie in den 3GPP-Standards definiert sind mit Beispielen möglicher Angriffsszenarien. 5G Standalone-Implementierungen werden überall auf der Welt vorangetrieben, wobei neue Sicherheitsmechanismen implementiert werden müssen, um die Sicherheit in 5G zu gewährleisten, einschließlich 5G-Authentifizierung und Key Agreement und SBI-Sicherheit (Service Based Interface).

### Zielgruppe / Voraussetzungen

Dieser Kurs richtet sich an alle Techniker und Ingenieure, die den 5G-Standard und den bisherigen Mobilfunkstandard LTE gut kennen, sowohl im Radio als auch im Kernbereich und ein schnelles und prägnantes Verständnis der Sicherheit von Mobilfunknetzen erlangen möchten. Gute TETRA Kenntnisse sowie 5G Optimierungskennnisse sollten vorhanden sein.

### Kursinhalt

#### Einführung

- 5G Security Einführung
- Übersicht Sicherheitspezifikationen
- 5G-Sicherheitsarchitektur
- 5G Bedrohungen
- 3GPP 5G-Sicherheitspezifikation

#### 5G NR Sicherheit

- Schutz der Teilnehmeridentität
- AKA (Authentifizierungs- und Schlüsselvereinbarung) und Schutz
- Beispiele für Angriffe
- Sicherheit für die Verbindung mit LTE

#### 5GC Sicherheit

- Sicherheit bei Roaming Szenarien
- Slicing und nicht öffentliche Netzwerke (NPN)
- Authentifizierung und Verschlüsselungsalgorithmen (AKMA)
- Funktion des Service Communication Proxys (SCP)
- Netz- und Datenanalyse (NWDAF)

**Kursdauer:**

2 Tage

**Kursnummer:**

NB1034

**Voraussetzungen:**

TETRA Vertiefung  
5G Vertiefung  
5G Optimierung



## 1.24 NB1040 Mission Critical Services Grundlagen

Mission Critical Services sind Dienste, die bei Einsatzkräften und in infrastrukturkritischen Bereichen eingesetzt werden. Durch die hohen Vertraulichkeits-, Leistungs- und benötigte Zuverlässigkeitsanforderungen werden neue Funktionen und Netzelemente benötigt, die das Mission Critical (MC) Netz bilden.

In diesem Kurs werden die grundsätzlichen Einsatzmöglichkeiten, die Architektur inkl. Einbettung in vorhandene Kommunikationssysteme vorgestellt. Des Weiteren werden die Vorteile und Fortschritte mit dem existierenden Behördenfunksystem (TETRA) verglichen und zusätzliche Dienste sowie die grundsätzlichen Formen eines Rufaufbaus beschrieben.

### Zielgruppe / Voraussetzungen

Dieser Kurs richtet sich an alle Techniker, Ingenieure, Manager, IT-Personal der Mission Critical Services unterstützenden Hersteller und Netzbetreiber. Gute TETRA Kenntnisse sollten vorhanden sein.

### Kursinhalt

#### Motivation

- Mission Critical Services Einführung
- Kommunikationsarten in MCS
- Anwendungsszenarien zur Nutzung des On- und Off-network Modus

#### Gesamtüberblick

- Teilnetzwerk Mobilfunknetz (4G)
- Teilnetzwerk IMS
- Teilnetzwerk MC System
- Zusammenspiel der Teilnetzwerke

#### Architektur

- Benötigte Grundfunktionen in der MC Domäne
- Netzelemente, die die Funktionen ermöglichen
- Zusammenspiel der Netzelemente

#### Rufaufbau typischer Anwendungsfälle

- Rufaufbau Gruppenruf
- Rufaufbau Videoübertragung

**Kursdauer:**

0,5 Tage

**Kursnummer:**

NB1040

**Voraussetzungen:**

TETRA Vertiefung

## 1.25 NB1041 MCX Sicherheit

Mission Critical Services (MCS oder MCX) müssen hohen Vertraulichkeits- und Zuverlässigkeitsanforderungen erfüllen. In diesem Kurs wird der Schwerpunkt auf Absicherungen mit Hilfe von Verschlüsselungstechnologien auf Netzwerkebene (zwischen Netzelementen und interagierenden Teilnetzen) und Zugangsberechtigungen auf Benutzerebene (Anwender, Gruppen, etc.) gelegt.

Des Weiteren wird anhand ausgewählter Szenarien beschrieben, wie ein gesicherter Rufaufbau erfolgt.

### Zielgruppe / Voraussetzungen

Dieser Kurs richtet sich an alle Techniker, Sicherheitspersonal der Mission Critical Services unterstützenden Hersteller und Netzbetreiber. Gute TETRA Kenntnisse sowie MCS- und LTE-Grundlagen sollten vorhanden sein.

### Kursinhalt

#### Einführung

- Beteiligte Kommunikationsnetze bei Mission Critical Services
- Netzelemente und deren Funktion in der MC Domäne

#### Absicherungsaspekte

- Absicherung der Netzelemente
- Absicherung der Anwender
- Absicherung bei Netzübergängen

#### Schlüssel und Verschlüsselung

- Schlüsselverteilung im MC Netz
- Benutzerauthentifizierung und -authorisierung im Gesamtnetz
- Benutzerauthentifizierung und -authorisierung im MC Netz
- Schlüsselaustausch in der MC domain
- Schlüssel, Netzelemente, Contexts and Tokens

#### Gesicherter Rufaufbau ausgewählter Anwendungsfälle

- Rufaufbau Einzelruf und First-to-answer
- Rufaufbau Videoübertragung

**Kursdauer:**

0,5 Tage

**Kursnummer:**

NB1041

**Voraussetzungen:**

TETRA Vertiefung  
MCS Grundlagen  
LTE oder 5G Grundlagen

## 1.26 NB1050 IPv6 – Delta zu IPv4

Die Umstellung von IP-Netzen auf IPv6 ist bereits in vollem Gange. Früher oder später werden all diejenigen, die IP-Netze einsetzen und verwalten, auch mit IPv6 konfrontiert werden.

Dieser Kurs gibt einen verständlichen Überblick darüber, was sich durch IPv6 gegenüber IPv4 verändert.

Nach dem Besuch dieses Kurses sind sowohl Verantwortliche als auch Nutzer in der Lage, die Vorteile von IPv6 zu erkennen, sowie den Aufwand für eine Umstellung ihres Netzes auf IPv6 abschätzen zu können.

### Zielgruppe / Voraussetzungen

Verantwortliche und Mitarbeiter, die Kenntnisse über IPv6 erlangen möchten. Grundkenntnisse über IPv4 werden vorausgesetzt.

### Kursinhalt

#### Einführung in IPv6

- Gründe für IPv6
- Warum nicht IPv5?
- Was ist neu bei IPv6?
- IPv6 Header

#### IPv6 Adressierungskonzept

- Grundlagen der Adressierung
- Unicast-Adressen
- Interface Identifier
- Multicast-Adressen
- Anycast-Adressen
- Erforderliche Adressen

#### ICMPv6

- Neighbor Discovery (ND)
- Auto-Config
- Router Renumbering
- Multicast Listener Discovery (MLD)

#### Routing in IPv6

- Was ändert sich?
- RIPng, OSPFv3, IS-IS, BGP4+ im Überblick

#### Applikationen bei IPv6

- TCP/UDP
- DHCPv6
- DNS, FTP, http

#### Mobile IPv6

- Idee und Mechanismen von Mobile IPv6
- Mobility Header und Nachrichten

**Kursdauer:**

2 Tage

**Kursnummer:**

NB1050

**Voraussetzungen:**TCP/IP Grundlagen  
Datennetzwerke

### **Integration und Migration von IPv4 zu IPv6**

- Dual-Stack
- Tunneling
- IP/ICMP-Translation
- Provider-Lösungen



Baierbrunner Straße 33  
81379 München  
Tel.: +49 89 189 43 54-0  
Fax: +49 89 189 43 54-15  
[tfk-BOS-training@tfk-technologies.de](mailto:tfk-BOS-training@tfk-technologies.de)