

# New RAN

## O-RAN, vRAN, Cloud RAN, RAN im 5G Campus

Der Mobilfunk ist ein weltweiter Wachstumsmarkt. Eine Schlüsselbedeutung kommt dem Radio Access Network (RAN) zu, dessen Design, Aufbau und Betrieb überraschend verschieden zu 4G ist.

Es gilt, die Chancen und Risiken des Open RAN und Sicherheitsrisiken des RAN Intelligent Controllers (RIC) zu beurteilen. Virtualisierung und Automation führen zu virtual RANs (vRAN) und Cloud-basierten RAN, die als Container-basierte Microservices mit Kubernetes verwaltet werden.

Das Time Error Budget (G.8271.1) von 1,5 µs fordert Zeit-Synchronität mit Full Timing Support (G.8275.1). Hier kommen Precision Time Protocol (PTP) und Time-Sensitive Networking (TSN) zum Einsatz, die gegen Angriffe geschützt werden müssen.

### Kursinhalt

- Open RAN Framework aus Sicht der O-RAN Alliance und anderer
- RAN Intelligent Controller (RIC): non-real Time RIC und near-real Time RIC
- RAN Aufbau: RU, DU, CU, Core und vDU, vCU, vCore
- Aufbau Fronthaul, Midhaul und Backhaul für hohe Bitraten und Low Latency
- RAN in 5G Campus Netzen
- Unterschied zw. virtual RANs und Cloud RANs
- Virtualisierung – welche Komponenten: vDU, vCU, vCore
- Virtual Machines vs Container – wo liegen die Unterschiede?
- Automation: Einblick in Ansible, Docker und Kubernetes
- xApps und rApps – wer kümmert sich?
- Radio Base Station Split (IEEE 802.1CM) und Protokollsplit
- Klassen und Profile (IEEE 802.1CM)
- Schnittstellen: CRPI vs eCPRI – kleiner Buchstabe, große Wirkung
- Hollow Core Fiber für Ultra Low Latency
- Störungen durch Slot- und Cell-Interferenzen
- Coordinated Multi Point (CoMP) in Campus Netzen
- Beamforming
- Network Slicing im RAN
- Time Error Budget (G.8271.1): im RAN nur 400 ns!
- Strategien zur Zeit-Sync. der Basis Stationen (gNodeB)
- Vor- und Nachteile von Global Navigation Satellite Systems (GNSS)
- Precision Time Protocol (PTP) im Mobilfunk: GM, BC (T-BC), TC, TSC
- RAN mit Full Timing Support (FTS), G.8275.1
- Nachteile bei Partial Timing Support (PTS) und Assisted Timing Support (APTS)
- Time-Sensitive Networking (TSN) und RAN
- 5G und TSN für Automatisierung in Industrie, Fertigung, Logistik und Atomotive
- TSN: Zeit verteilen, Queueing und Forwarding
- TSN: neue Wege bei Seamless Redundancy

**E-Book** Das ausführliche deutschsprachige digitale Unterlagenpaket, bestehend aus PDF und E-Book, ist im Kurspreis enthalten.

### Zielgruppe

Das 5G RAN ist von zentraler Bedeutung für Netzbetreiber, 5G Campus Betreiber, Hersteller sowie Anwender der Automatisierung von Prozessen.

Der Kurs wendet sich an Personen, die die Chancen und Risiken von Open RAN beurteilen, 5G evaluieren, designen, aufbauen oder betreiben und gibt ihnen einen tieferen Einblick in die Zusammenhänge.

### Voraussetzungen

Aufbauend auf guten Vorkenntnissen im Bereich 5G, wie sie z. B. die Kurse 5G Mobilfunk oder Private 5G Netzwerke vermitteln, werden die genannten Themen vertieft.

### Dieser Kurs im Web



Alle tagesaktuellen Informationen und Möglichkeiten zur Bestellung finden Sie unter dem folgenden Link: [www.experteach.de/go/NRAN](http://www.experteach.de/go/NRAN)

### Vormerkung

Sie können auf unserer Website einen Platz kostenlos und unverbindlich für 7 Tage reservieren. Dies geht auch telefonisch unter 06074 4868-0.

### Garantierte Kurstermine

Für Ihre Planungssicherheit bieten wir stets eine große Auswahl garantierter Kurstermine an.

### Ihr Kurs maßgeschneidert

Diesen Kurs können wir für Ihr Projekt exakt an Ihre Anforderungen anpassen.

Stand 22.03.2025

Training		Preise zzgl. MwSt.	
<b>Termine in Deutschland</b>	<b>4 Tage</b>	<b>€ 2.595,-</b>	
<b>Online Training</b>	<b>4 Tage</b>	<b>€ 2.595,-</b>	
<b>Termin/Kursort</b>	Kurs Sprache Deutsch		
19.05.-22.05.25	10.11.-13.11.25		
19.05.-22.05.25	10.11.-13.11.25		



# Inhaltsverzeichnis

## New RAN – O-RAN, vRAN, Cloud RAN, RAN im 5G Campus

<b>1 RAN im Wandel</b>	<b>2.7.5</b> Passives WDM	<b>4.10.1</b> Einfaches Konzept
<b>1.1</b> Centralized RAN	<b>2.8</b> DWDM – Dense WDM für Midhaul und Backhaul	<b>4.10.2</b> Zeitoptimiert
<b>1.2</b> Distributed RAN	<b>2.8.1</b> DWDM Komponenten	<b>4.10.3</b> Protection: Konzept 2
<b>1.2.1</b> Distributed Unit (DU)	<b>2.8.2</b> Aufbau eines DWDM Muxes	<b>4.10.4</b> Ausfall des Masters – wie erkennen?
<b>1.2.2</b> Central Unit (CU)	<b>2.8.3</b> Aufbau einer WDM-Strecke	<b>4.10.5</b> Was ist wenn ...?
<b>1.2.3</b> Lower-Layer Split und Higher-Layer Split	<b>2.8.4</b> Wichtige Vorteile	<b>4.10.6</b> Protection: PTP + SyncE
<b>1.2.4</b> Basis Station und Protokolle	<b>2.8.5</b> DWDM Kanalabstände	
<b>1.2.5</b> Radio Base Station Split (RBS), IEEE 802.1CM	<b>2.8.6</b> Fixed Grid Spacing	<b>5 Time-Sensitive Networking im RAN</b>
<b>1.2.6</b> Function Splits im Überblick	<b>2.8.7</b> Flexible Grid Spacing	<b>5.1</b> Time Sensitive Networking – IEEE 802.1 TSN
<b>1.2.7</b> 802.1CM - Klassen und Profile	<b>2.8.8</b> CWDM und DWDM in der Gegenüberstellung	<b>5.1.1</b> Überblick wichtiger Standards
<b>1.3</b> Open RAN (O-RAN)	<b>2.8.9</b> CWDM und DWDM kombiniert	<b>5.1.2</b> TSN Basiswissen
<b>1.3.1</b> O-RAN Alliance Frame Work	<b>2.8.10</b> Licht und Schatten – Nachteile von WDM	<b>5.1.3</b> Ein Beispiel
<b>1.4</b> Virtualized RAN (vRAN)	<b>2.9</b> Optical Transport Networks (G.709) im Front- und Midhaul	<b>5.2</b> Basis: Precise Synchronization IEEE 802.1AS
<b>1.4.1</b> vCU Funktionen	<b>2.9.1</b> Überwachen der Netzabschnitte	<b>5.3</b> Zeit und Präzision
<b>1.4.2</b> Intra-gNodeB Handover	<b>2.9.2</b> Die Struktur von OTN	<b>5.4</b> Redundante Synchronität, 802.1ASbt
<b>1.4.3</b> vDU Containerized Network Function	<b>2.9.3</b> OTN – Rahmenaufbau	<b>5.4.1</b> Transmission Order
<b>1.4.4</b> VNF Infrastruktur mit Container as a Service	<b>2.9.4</b> FEC nach RS (255, 239)	<b>5.5</b> Traffic Types des Industrial Internet Consortium (IIC)
<b>1.4.5</b> Virtualized Core mit MEC	<b>2.9.5</b> OTN Multiplexbildung	<b>5.5.1</b> Isochronous (Traffic Type I)
<b>1.4.6</b> Micro Services und Container Struktur	<b>2.9.6</b> Alarmer und Fehlerquellen	<b>5.5.2</b> Cyclic (Traffic Type II)
<b>1.4.7</b> RAN Intelligent Controller (RIC)	<b>2.9.7</b> Fehlerkaskade – wer schickt wem was?	<b>5.5.3</b> Alarms & Events (Traffic Type III)
<b>1.5</b> Cloud RAN (cRAN)	<b>2.10</b> Protection Mechanismen	<b>5.5.4</b> Configuration & Diagnostics (Traffic Type IV)
<b>1.6</b> RAN in 5G Private Networks	<b>2.10.1</b> Equipment Protection	<b>5.5.5</b> Network Control (Traffic Type V)
<b>1.6.1</b> 5G Frequenzen in Deutschland	<b>2.10.2</b> Punkt-zu-Punkt Verbindungen	<b>5.5.6</b> Best Effort (Traffic Type VI) und weitere
<b>1.6.2</b> Campus Netze im Überblick	<b>2.10.3</b> Optischer Schutz in Ringen	<b>5.6</b> TSN Netze
<b>1.6.3</b> Wer nutzt Campus Netze?		<b>5.7</b> Forwarding und Queueing
<b>1.6.4</b> Ortung	<b>3 Von MIMO zum Beamforming</b>	<b>5.7.1</b> Cyclic Queueing and Forwarding (CQF)
<b>1.6.5</b> CoMP - Coordinated Multi Point im Campus	<b>3.1</b> Was müssen 5G Antennen können?	<b>5.7.2</b> Preemption und Interspersing Express Traffic 802.3br
<b>1.7</b> Network Slicing im RAN	<b>3.1.1</b> TDD und Transmission Periodicity	<b>5.7.3</b> Fine-Aware Shaper, IEEE 802.1Qbv
<b>1.7.1</b> End-to-End Slicing	<b>3.1.2</b> OFDMA Verfahren	<b>5.7.4</b> Guard Band
<b>1.7.2</b> Network Slice Instance – Life Cycle	<b>3.1.3</b> Modulationsverfahren	<b>5.7.5</b> Zeitlich gesteuerte Gates, 802.1Qbv
<b>1.8</b> Hollow Core Fibers im RAN	<b>3.1.4</b> Adaptive Modulation & Kodierung	<b>5.7.6</b> Per Stream Filtering and Policing (PSFP)
<b>1.8.1</b> Beispiel NKT Photonics: HC-1550	<b>3.1.5</b> MIMO bei 5G	<b>5.7.7</b> TSN Streams identifizieren
<b>1.8.2</b> Beispiel Lumenicity: SmartCore	<b>3.1.6</b> Massive MIMO	<b>5.8</b> Path Control and Redundancy, 802.1Qca
<b>1.8.3</b> Hollow Core Fiber im Front- und Midhaul	<b>3.2</b> Antennen – von 4G zu 5G	<b>5.9</b> Seamless Redundancy, IEEE 802.1CB
<b>1.9</b> Topologien für MEC	<b>3.3</b> Vom massive MIMO zum Beamforming	
	<b>3.3.1</b> So funktioniert Beamforming	<b>6 Security</b>
	<b>3.3.2</b> Aufbau eines 5G Antennen Array	<b>6.1</b> Security im Open RAN
	<b>3.3.3</b> Array und Antennengewinn	<b>6.1.1</b> Security Risiken nach O-RAN Alliance
	<b>3.3.4</b> Analoges Beamforming	<b>6.1.2</b> Security Risiken nach Open RAN MoU Group
	<b>3.3.5</b> Digitales Beamforming	<b>6.1.3</b> Schutz des RAN Intelligent Controllers (RIC)
	<b>3.3.6</b> Hybrides Beamforming	<b>6.2</b> Security im Cloud RAN
		<b>6.2.1</b> Open RAN: Sicherheitsanalyse
	<b>4 Synchronisation im RAN</b>	<b>6.2.2</b> Welche Angriffsvektoren gibt es?
	<b>4.1</b> Coordinated Multi Point (CoMP) und Sync.	<b>6.2.3</b> Schutz des RAN
	<b>4.2</b> 5G und PTP (IEEE 1588)	<b>6.3</b> Synchronisation schützen
	<b>4.2.1</b> Uhren und Aufgaben	<b>6.3.1</b> Security und Synchronität
	<b>4.2.2</b> Uhren und Netzdesign	<b>6.3.2</b> Beispiel: GPS
	<b>4.3</b> Abläufe im Überblick	<b>6.3.3</b> GNSS Jammer
	<b>4.4</b> PTP Telecom Profile, G.8265	<b>6.3.4</b> Assisted Partial Timing Support (APTS), G.8275.2
	<b>4.4.1</b> Korrektur des Offset	<b>6.3.5</b> Full Timing Support (FTS), G.8275.1
	<b>4.4.2</b> Messen des Delay	<b>6.4</b> Angriffe über PTP
	<b>4.4.3</b> Delay-Request-Response, Teil 1	<b>6.4.1</b> Sicherheit bei PTP
	<b>4.4.4</b> Delay-Request-Response, Teil 2	
	<b>4.4.5</b> Peer-Delay	<b>7 Übungen</b>
	<b>4.4.6</b> Transparent Clock End-to-End	<b>7.1</b> Laufzeit
	<b>4.4.7</b> Boundary Clock (BC)	<b>7.2</b> Fronthaul: PON Reichweite
	<b>4.5</b> PTP im Detail	<b>7.3</b> Größe eines Antennen Array
	<b>4.6</b> Takt-Topologien	<b>7.4</b> Größe der Resource Blocks (RB)
	<b>4.6.1</b> Hierarchische Topologie	<b>7.5</b> Nutzbandbreite
	<b>4.6.2</b> Lineare Topologie	<b>7.6</b> Bitrate und Funkgüte
	<b>4.6.3</b> Quality Level für PTP, G.781	<b>7.7</b> Maximale Bitrate!
	<b>4.7</b> PTP Domains	<b>7.7.1</b> Maximale Bitrate: Telekom, Vodafone
	<b>4.8</b> PTP Monitoring – Ein Beispiel	<b>7.7.2</b> Maximale Bitrate: Telefónica
	<b>4.9</b> Security und Synchronität	<b>7.7.3</b> Maximale Bitrate: 1&1 Versatel
	<b>4.9.1</b> Gefahren für die Slaves	<b>7.7.4</b> Maximale Bitrate: SBB, Schweiz
	<b>4.9.2</b> Gefahren für den Master	<b>7.7.5</b> 5G gigantisch: Frequency Range 2
	<b>4.9.3</b> Gefahren für Boundary und Transparent Clocks	
	<b>4.10</b> Synchronisation und Protection	

