

5G.NRW

Competence Center



Impulsvortrag: Cloud RAN, vRAN, Open RAN – Virtuelle Netze, echte Lösungen?



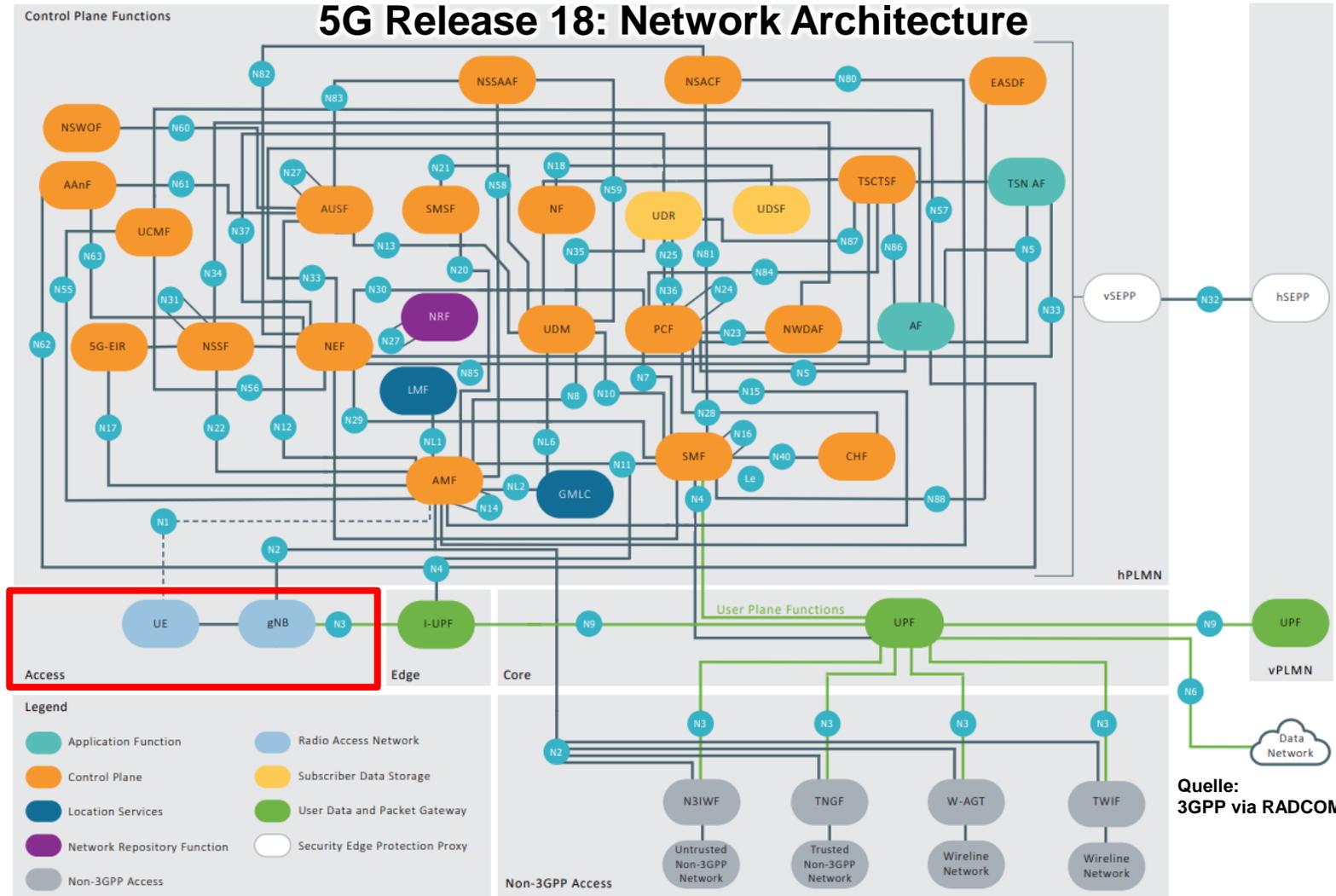
5G.NRWWeek, 21.11.2024
Dr.-Ing. Fabian Kurtz, TU Dortmund

gefördert durch

Ministerium für Wirtschaft,
Industrie, Klimaschutz und Energie
des Landes Nordrhein-Westfalen



Moderne Mobilfunknetze verfügen über eine hohe Komplexität



Fokus auf Realisierungsvarianten des Funkzugangnetzes

Realisierungsoptionen für Radio Access Networks

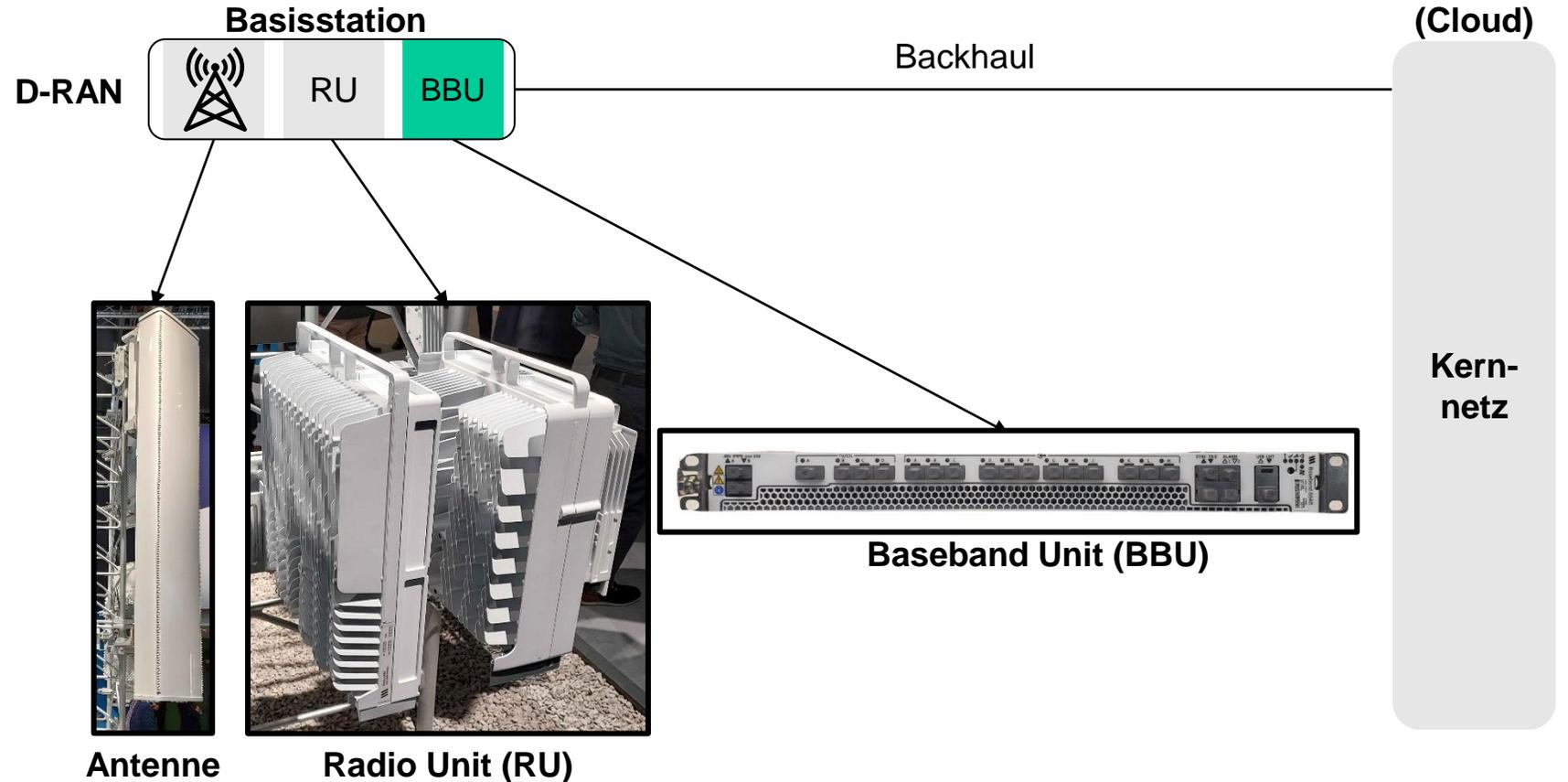
BBU: Base Band Unit
COTS: Commercial Off The Shelf
CU: Central Unit
DU: Distributed Unit
RU: Radio Unit
v: virtual
O: Open

D-RAN – Distributed RAN

- Die Ausrüstung zum Netzbetrieb ist **über die Standorte verteilt**
- **Klassische Architektur**

- Vorteile
 - Jede Funkstation ist weitgehend unabhängig

- Nachteile
 - Die Ausrüstung muss **von einem Hersteller** stammen
 - Ressourcen werden nicht geteilt → ggf. ineffizient



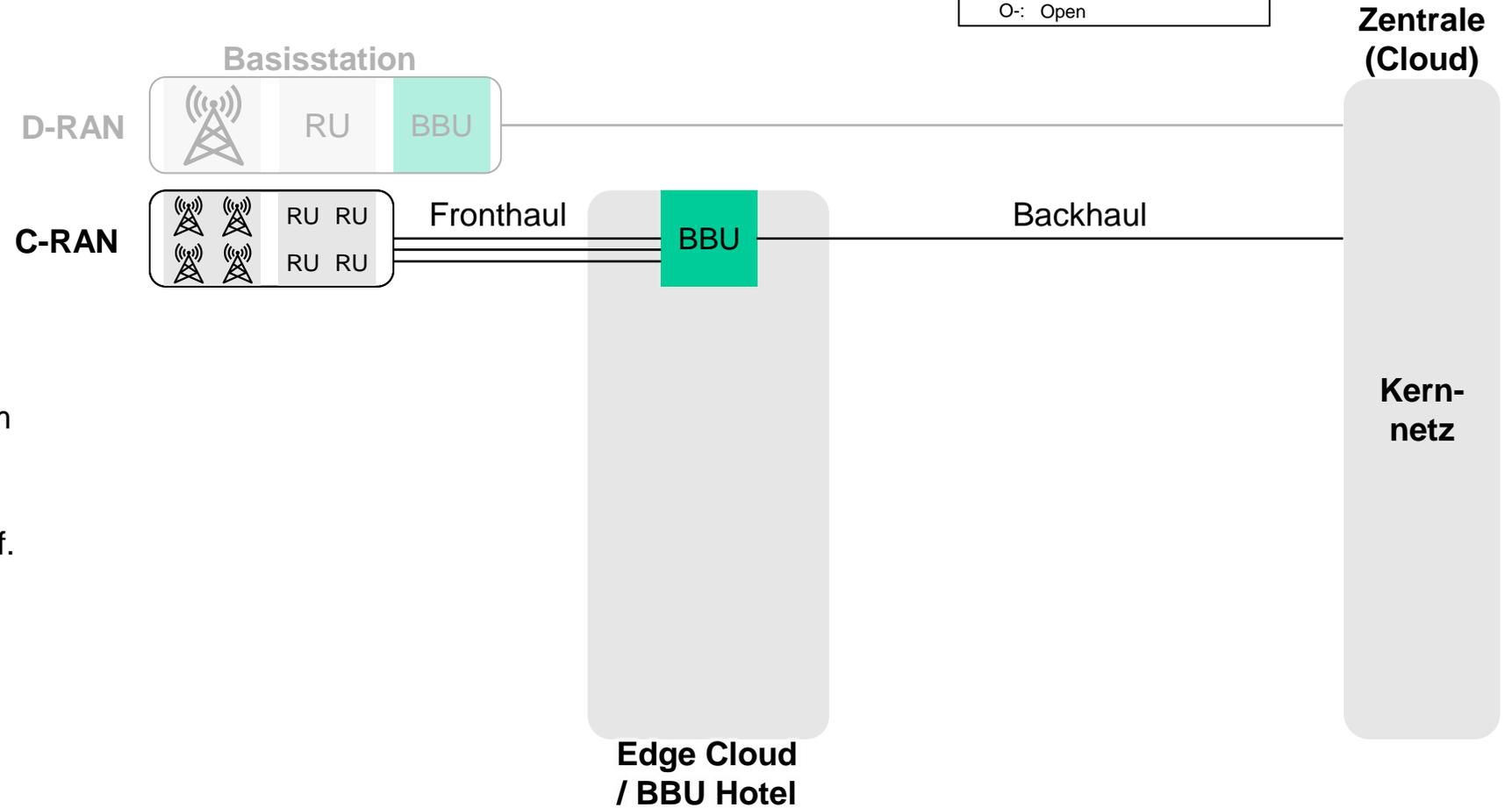
Überlappende Lösungen möglich,
kein Anspruch auf Vollständigkeit

Realisierungsoptionen für Radio Access Networks

BBU: Base Band Unit
COTS: Commercial Off The Shelf
CU: Central Unit
DU: Distributed Unit
RU: Radio Unit
v: virtual
O-: Open

C-RAN – Centralized RAN

- Die Baseband Units (BBUs) werden **zentral** in “Hotels” **gebündelt**
- Vorteile
 - Standorte **teilen BBUs**
→ Bessere **Koordinierung** und **Effizienzgewinnen**
 - **Vereinfachte Wartung:**
mehrere Zellen können von einem Standort aus bedient werden.
 - **Geringerer Platz und Energiebedarf** an jeder Zelle, ggf. geringere Standortkosten
- Nachteile
 - Bindung an **einen Ausrüster**
 - **Hohe Last** auf Fronthaul



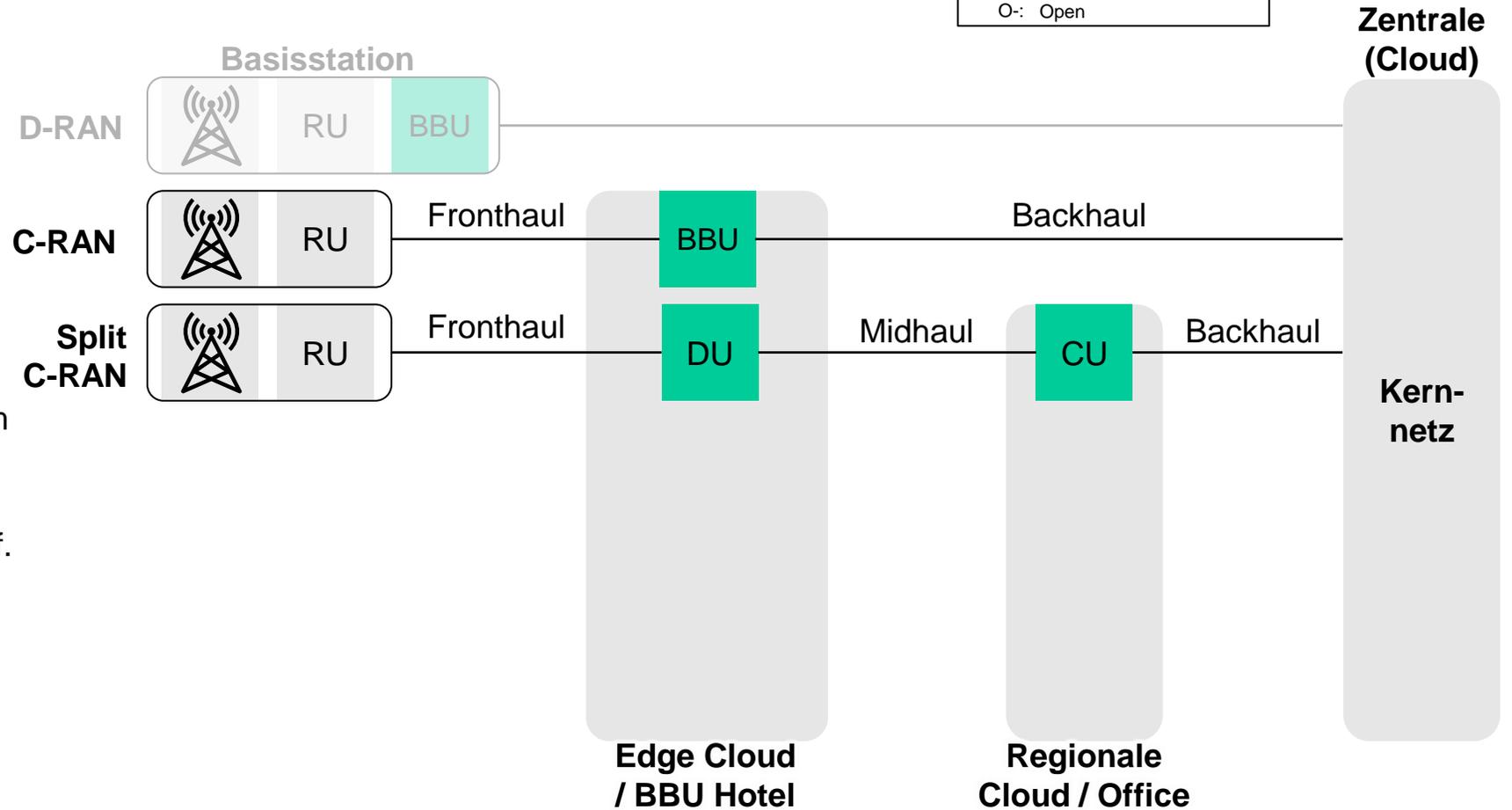
Überlappende Lösungen möglich,
kein Anspruch auf Vollständigkeit

Realisierungsoptionen für Radio Access Networks

BBU: Base Band Unit
 COTS: Commercial Off The Shelf
 CU: Central Unit
 DU: Distributed Unit
 RU: Radio Unit
 v: virtual
 O-: Open

C-RAN – Centralized RAN

- Die Baseband Units (BBUs) werden **zentral** in “Hotels” **gebündelt**
- Vorteile
 - Standorte **teilen BBUs**
→ Bessere **Koordinierung** und **Effizienzgewinnen**
 - **Vereinfachte Wartung:**
mehrere Zellen können von einem Standort aus bedient werden.
 - **Geringerer Platz und Energiebedarf** an jeder Zelle, ggf. geringere Standortkosten
- Nachteile
 - Bindung an **einen Ausrüster**
 - **Hohe Last auf Fronthaul**
 - Lösungsansatz der 3GPP: **functional split** zu Distributed Unit (DU) und Central Unit (CU)



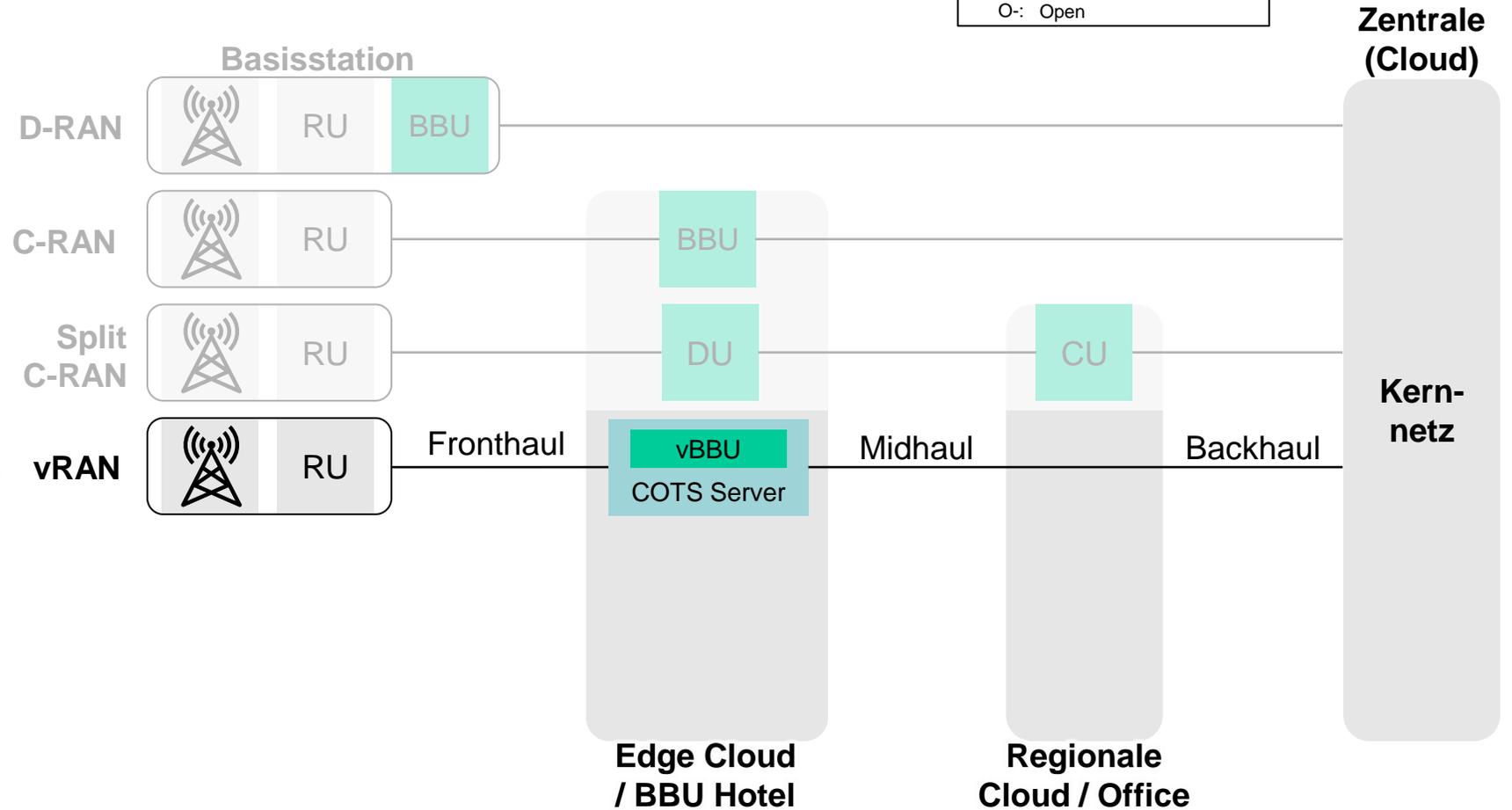
Überlappende Lösungen möglich, kein Anspruch auf Vollständigkeit

Realisierungsoptionen für Radio Access Networks

vRAN – Virtualized RAN

- Transfer der Netzfunktionen in **Softwarekomponenten auf Basis von Commercial-Off-The-Shelf (COTS) Hardware** (z.B. x86/ARM/RISC-V)
- Einsatz dedizierter Beschleuniger (z.B. ASIC/FPGA/GPU)
- Vorteile
 - Flexibilität durch **Entkopplung von Hard- und Software**
 - **Vereinfachte Migration** auf neue Software und leistungsstärkere / effizientere Hardware
 - Das Netz kann mit der Last "Atmen" → **Effizienzgewinne**
- Nachteile
 - Keine offenen Schnittstellen sondern **proprietäre Lösungen** → Bindung an einen Ausrüster

BBU: Base Band Unit
COTS: Commercial Off The Shelf
CU: Central Unit
DU: Distributed Unit
RU: Radio Unit
v: virtual
O-: Open



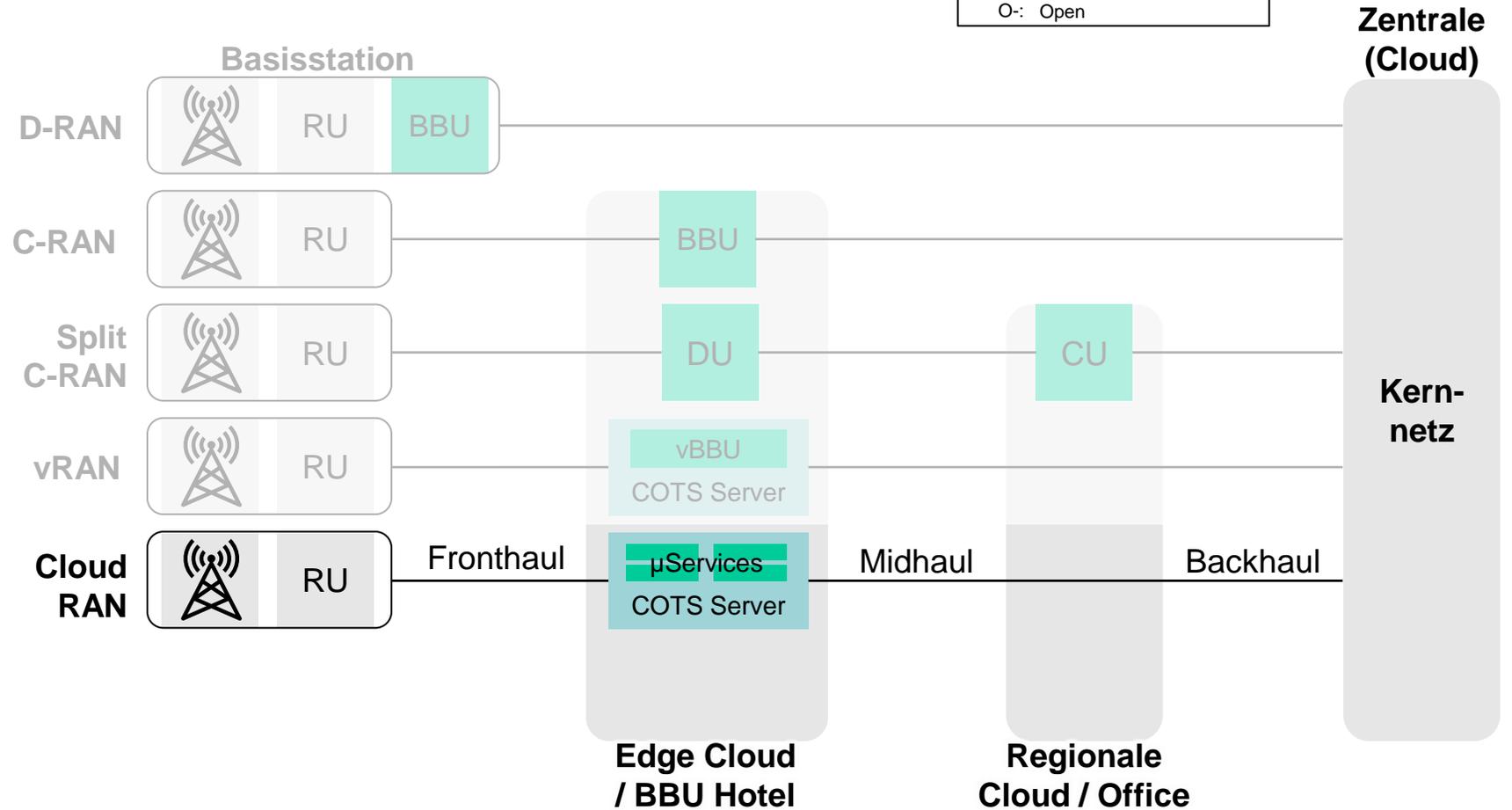
Überlappende Lösungen möglich, kein Anspruch auf Vollständigkeit

Realisierungsoptionen für Radio Access Networks

BBU: Base Band Unit
 COTS: Commercial Off The Shelf
 CU: Central Unit
 DU: Distributed Unit
 RU: Radio Unit
 v: virtual
 O-: Open

Cloud RAN / CRAN

- Aufbrechen der virtualisierten RAN-Funktionen in **cloud-native Architekturen bzw. μ Services**
- Vorteile / Nachteile
 - Analog zu **vRAN**
 - Mitunter gesteigerte Komplexität aber auch Flexibilität durch **Einbindung von Cloud-Services**



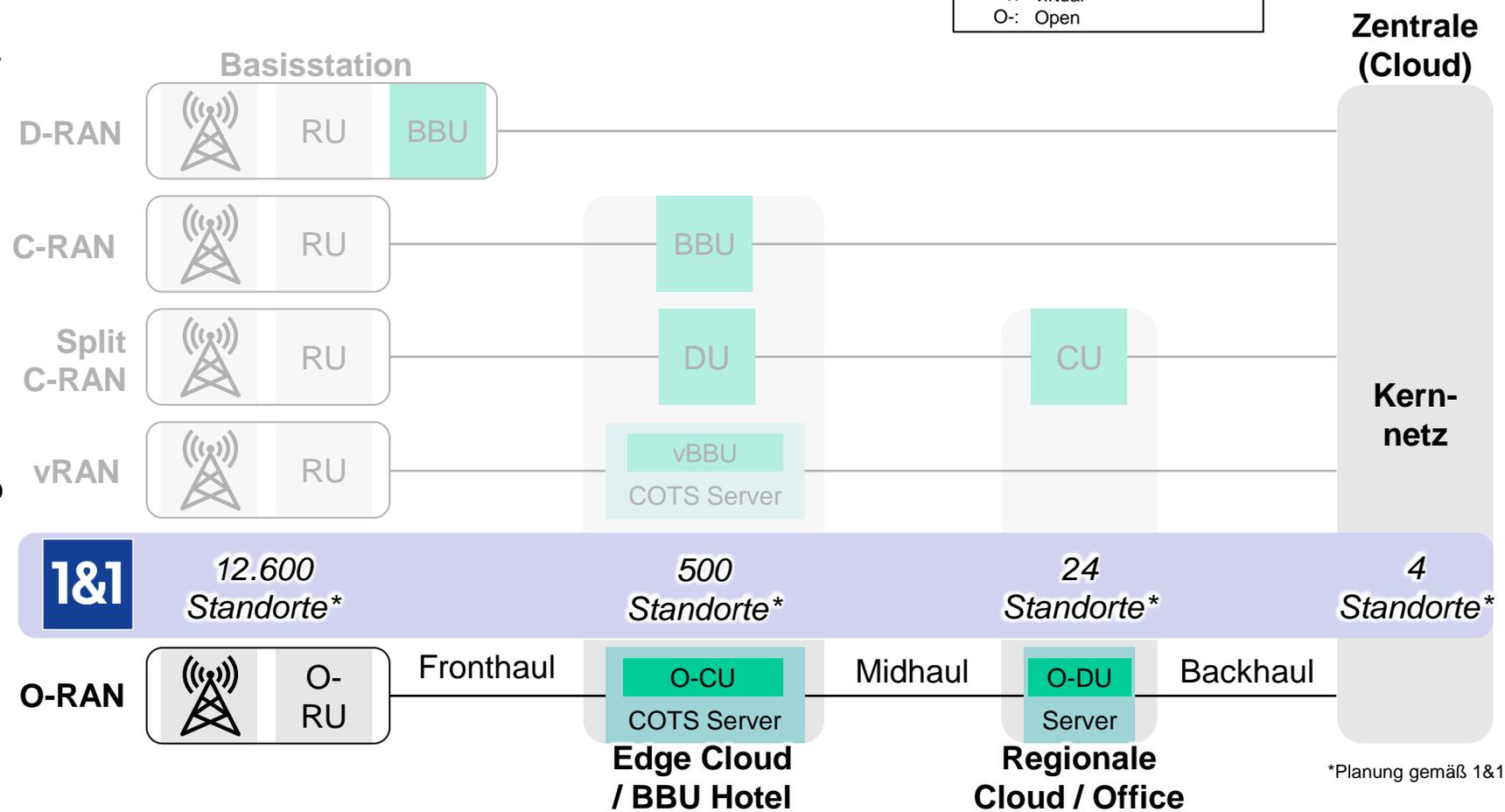
Überlappende Lösungen möglich, kein Anspruch auf Vollständigkeit

Realisierungsoptionen für Radio Access Networks

O-RAN – Open-RAN

- **Standardisierung** bisher proprietärer **Schnittstellen** → Abbau von Markteintrittsbarrieren
- Einbringung **innovativer Konzepte:** Real-Time (RT) und non-RT **RAN Intelligent Controller (RIC)** als Netz-App (x/r/dApps) Plattform
- Vorteile
 - **Hohe Flexibilität und Netz-Apps**
 - **Potentiell gestärkter Wettbewerb** für geringere Ausrüstungskosten
- Nachteile
 - Mitunter **komplexe Vielzahl an Realisierungsoptionen**
 - **Herausfordernde Integration** der einzelnen Komponenten
 - Vergleichsweise **junges Ökosystem** → **Unsicherheiten**

BBU: Base Band Unit
 COTS: Commercial Off The Shelf
 CU: Central Unit
 DU: Distributed Unit
 RU: Radio Unit
 v: virtual
 O-: Open



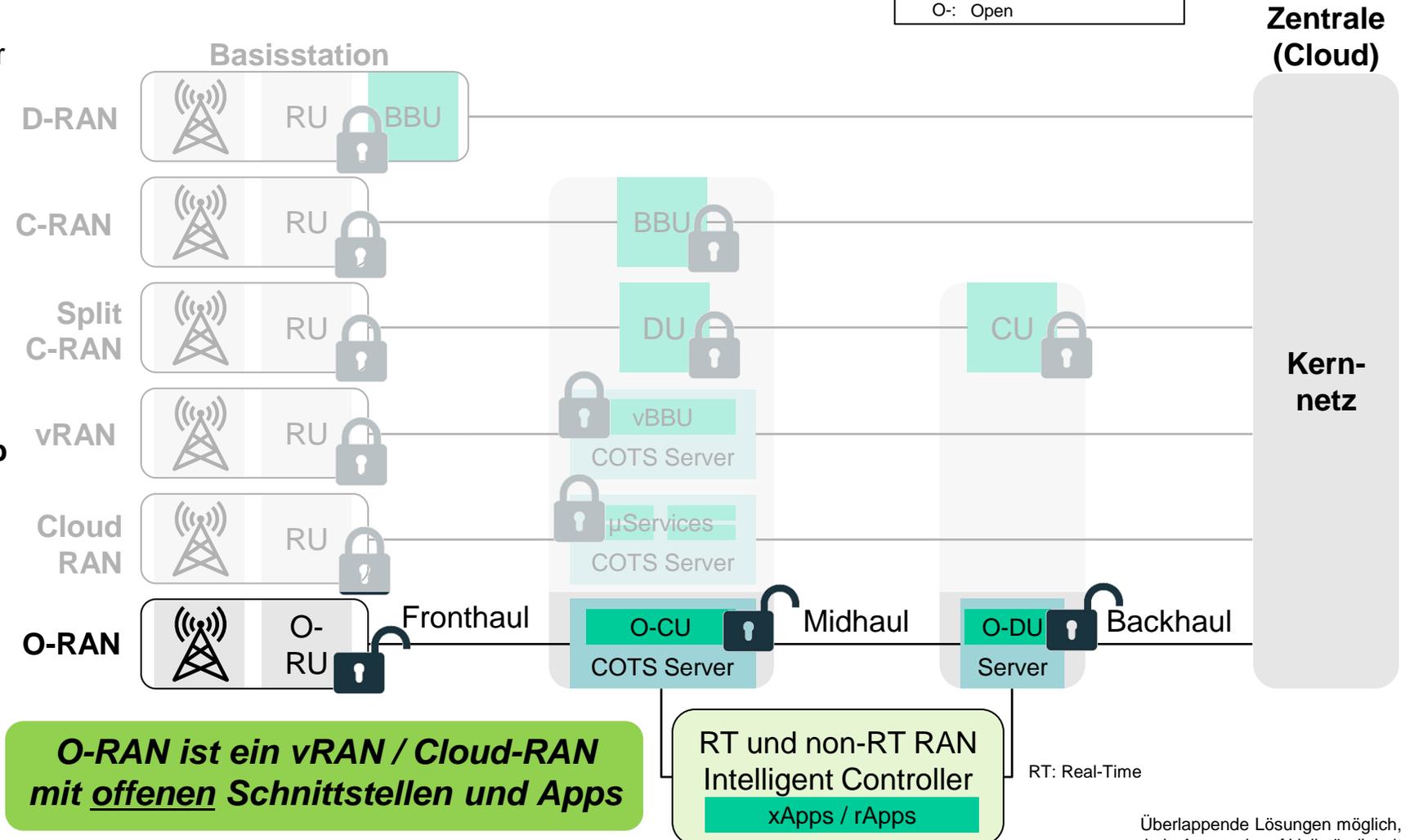
Überlappende Lösungen möglich, kein Anspruch auf Vollständigkeit

Realisierungsoptionen für Radio Access Networks

O-RAN – Open-RAN

- **Standardisierung** bisher proprietärer **Schnittstellen** → Abbau von Markteintrittsbarrieren
- Einbringung **innovativer Konzepte**: Real-Time (RT) und non-RT **RAN Intelligent Controller (RIC)** als Netz-App (x/r/dApps) Plattform
- Vorteile
 - **Hohe Flexibilität und Netz-Apps**
 - **Potentiell gestärkter Wettbewerb** für geringere Ausrüstungskosten
- Nachteile
 - Mitunter **komplexe Vielzahl an Realisierungsoptionen**
 - **Herausfordernde Integration** der einzelnen Komponenten
 - Vergleichsweise **junges Ökosystem** → **Unsicherheiten**

BBU: Base Band Unit
 COTS: Commercial Off The Shelf
 CU: Central Unit
 DU: Distributed Unit
 RU: Radio Unit
 v: virtual
 O-: Open



Überlappende Lösungen möglich, kein Anspruch auf Vollständigkeit

Open RAN, O-RAN und die O-RAN Alliance

Open RAN → Offene Schnittstellen, aber kein spezifischer Standard

O-RAN → Spezifischer Standard der O-RAN Alliance



O-RAN Alliance e.V.

- 33+ Netzbetreiber
- >260 Mitglieder
- 19 Test- & Integrationszentren
- >65 Netze und Testinstallationen
- Ein **exklusiv O-RAN basiertes Netz** in Deutschland

O-RAN – Global Deployments and Trials



Quelle: MAVENIR inkl. Daten der O-RAN Alliance

Mobilfunknetze als Plattform für innovative Applikationen dank offener APIs

Zugänglichmachung der Fähigkeiten der Netze über offene, global harmonisierte Schnittstellen

→ Open Gateway Initiative & CAMARA Projekt

- Definition der Service APIs
- **Support durch fast 400 Unternehmen** und Mobilnetzbetreiber mit 65% aller Verbindungen



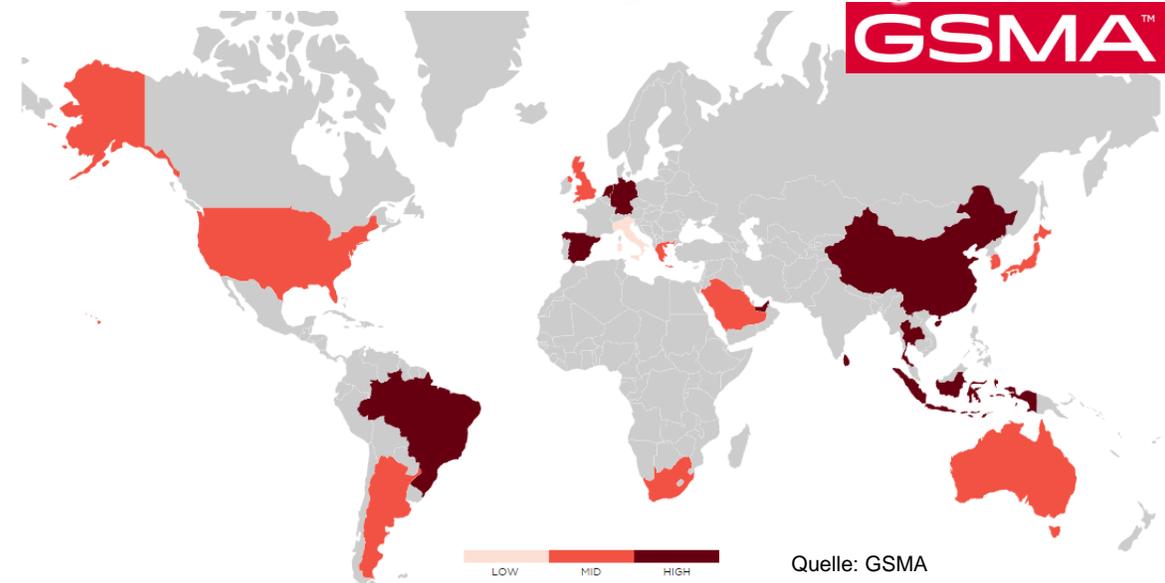
Support durch die großen Ausrüster der EU

Erste in Deutschland verfügbare Open Gateway APIs – Fokus IT-Sicherheit

- *Sim Swap* → Stellt sicher, dass die SIM Karte nicht ausgetauscht wurde.
- *Number Verify* → Prüft ob die genutzte Rufnummer der vom Kunden bereitgestellten entspricht.
- Weitere APIs für *automatisiertes Parken*, *Quality-on-Demand für Energienetze*, *Teleoperation von Drohnen*

→ **Deutschland ist einer der Leitmärkte für die Einführung der Mobilfunknetz-APIs**

Mobilfunknetze mit Open Gateway APIs



6G Edge Cloud Computing für innovativen Logistikroboter evoBOT



6GEM

GEFÖRDERT VOM



Auslagerung komplexer KI-Regelung in die Edge Cloud:

- Nutzung extrem performanter KI-Prozessoren
- Skalierbar für viele Roboter (Flotten)

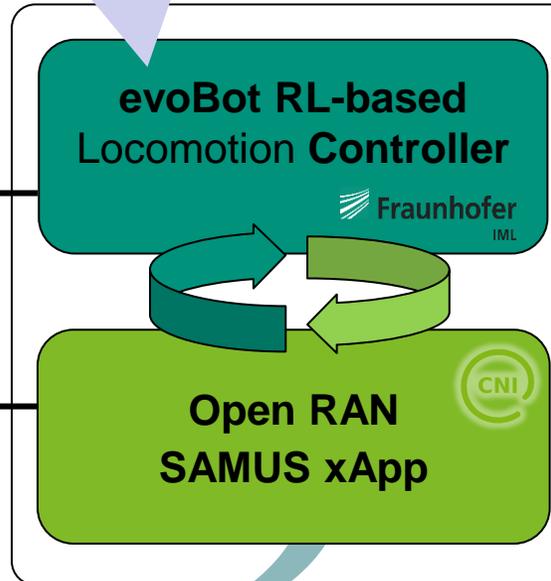


© Fraunhofer IML - Sebastian Beierl

6G



6G Evolved Open RAN



KI-gestützte prädiktive 6G Ressourcenzuweisung:

- Echtzeitfähig & Ressourceneffizient
- Innovative Network-App über offene Schnittstellen des Radiozugangsnetzes (Open RAN)

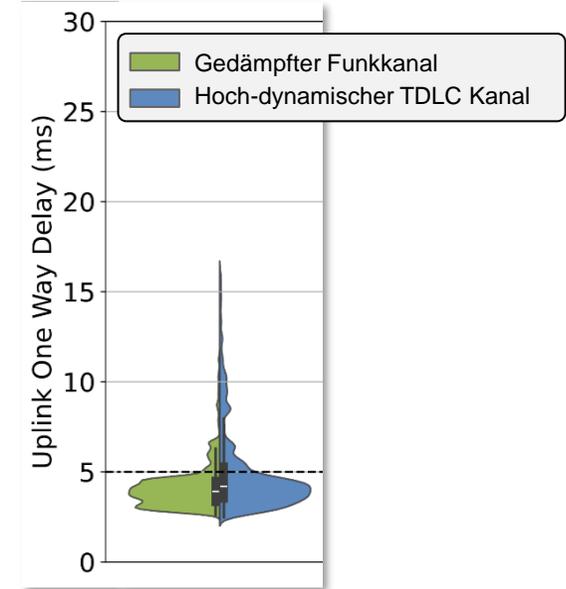
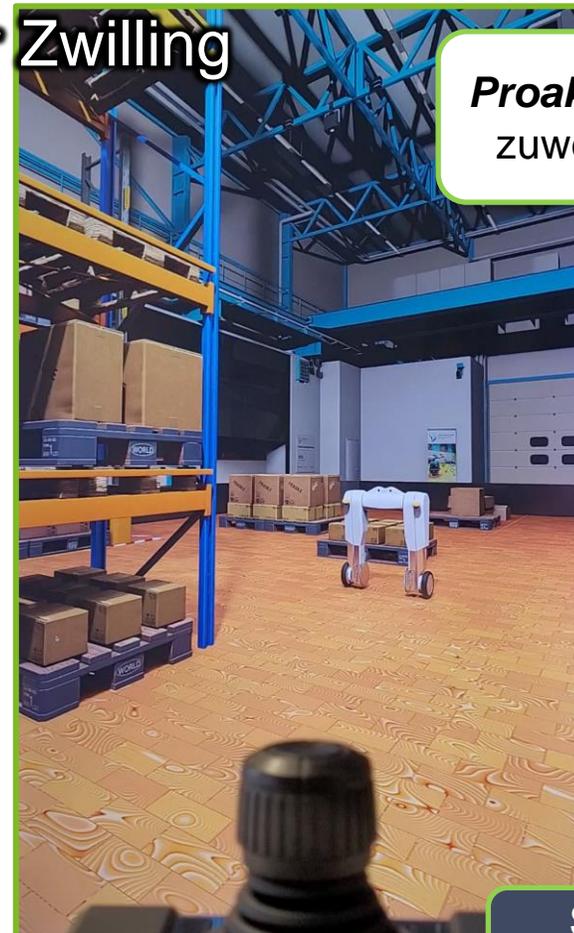
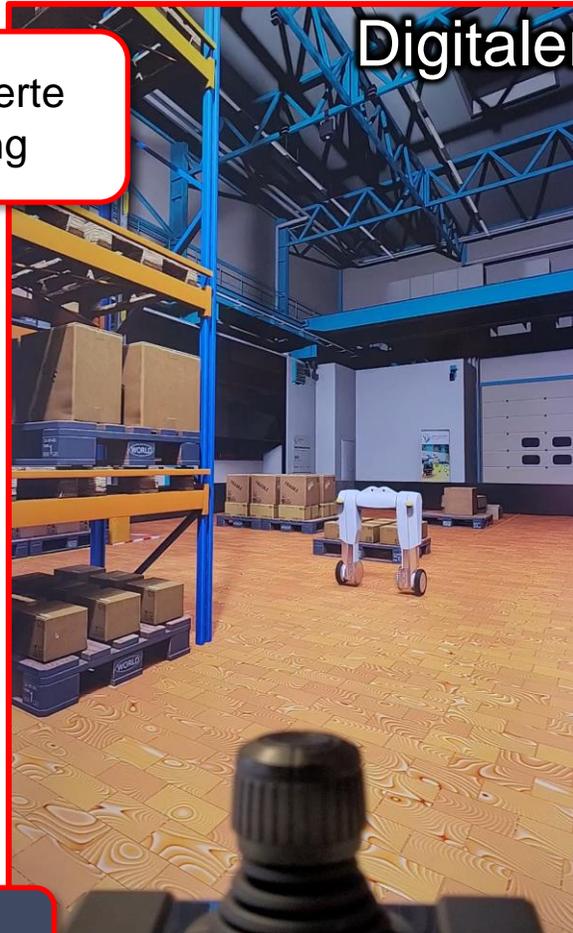
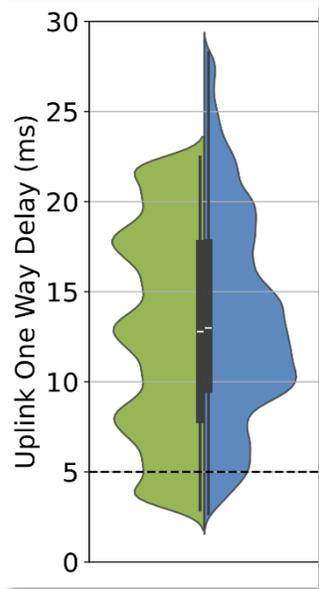
Stabilitätsregelung des Roboters via Open RAN-basierter SAMUS dApp



Digitaler Zwilling

Reaktive prioritätsbasierte Ressourcenzuweisung

Proaktive, KI-basierte Ressourcenzuweisung via dApp (Forschung)



Instabiles Balancieren
Sichtbares Oszillieren

Steuerung

Stabiles Balancieren
Kein Oszillieren

N. A. Wagner, J. Eßer, I. F. Priyanta, F. Kurtz, M. Roidl, C. Wietfeld, "Real-Time Predictive Scheduling for Networked Robot Control Using Digital Twins and OpenRAN," in IEEE Globecom Wks: Workshop on Digital Twins over NextG Wireless Networks, Cape Town, South Africa, December 2024.

Zusammenfassung



- Verschiedene **RAN-Architekturen** bedienen **individuelle Rahmenbedingungen**.
- Der **Trend der Virtualisierung** bzw. Software-basierter Mobilfunknetze nimmt Fahrt auf.
- 5G und 6G sind durch **offene APIs bzw. Apps** zunehmend **auf Anwendungen anpassbar**.
- Die **Verzahnung mit Anwendungen** der Industrie und darüber hinaus eröffnet Potentiale für **innovative Lösungsansätze**.

Ob öffentlicher Mobilfunk oder private Netze

Wir unterstützen gerne!

Kontakt aufnehmen

Dr.-Ing. Fabian Kurtz

Technische Universität Dortmund
Lehrstuhl für Kommunikationsnetze

Tel.: 0231 / 755 - 4520
fabian.kurtz@tu-dortmund.de

Lehrstuhlinhaber

Prof. Dr.-Ing. Christian Wietfeld

Technische Universität Dortmund
Lehrstuhl für Kommunikationsnetze

Tel.: 0231 / 755 - 4515
christian.wietfeld@tu-dortmund.de

Web: <https://cni.tu-dortmund.de/>



gefördert durch

Ministerium für Wirtschaft,
Industrie, Klimaschutz und Energie
des Landes Nordrhein-Westfalen



Web: <https://5g.nrw/>



CNI Website

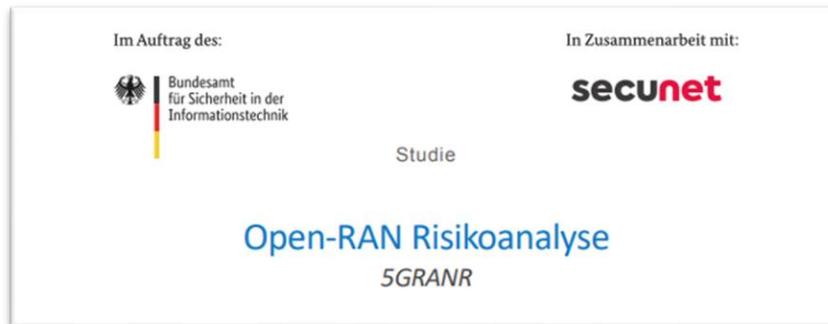


CNI YouTube

BACKUP

Offene Schnittstellen und APIs – Offene Einfallstore?

BSI: Forschung- und Entwicklung zu 5G/6G-Netzwerksicherheit und Open RAN



O-RAN Security Working Group als Reaktion auf BSI Risikoanalyse

