

5G und Anwendungsbeispiele am 5G Playground

Claudia Prügler, Christian Raffelsberger
(Lakeside Labs)

Hermann Hellwagner
(AAU Klagenfurt)

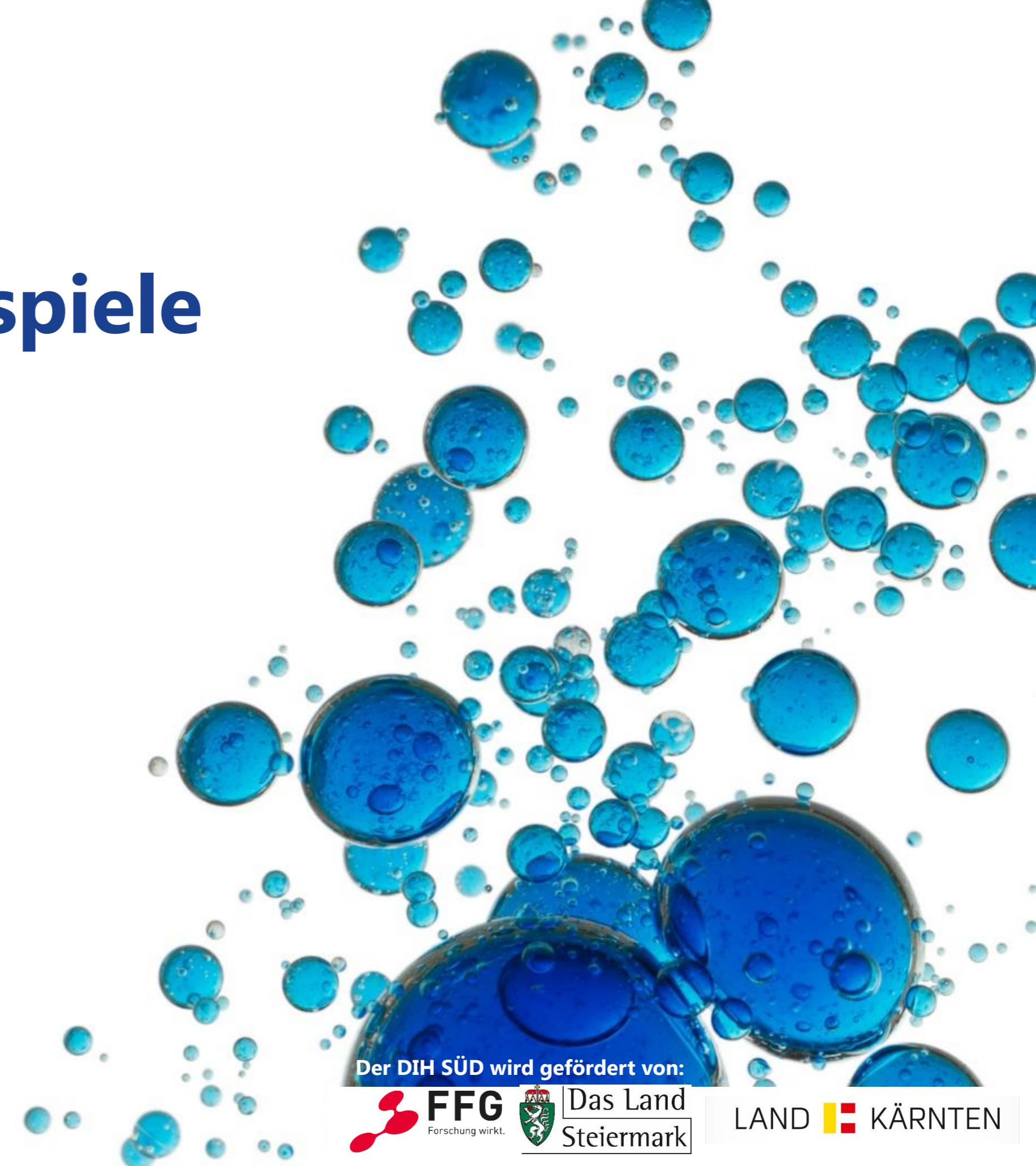
Martina Eckerstorfer
(BABEG)

Helmut Wöllik, Christoph Uran
(FH Kärnten)

Bernhard Dieber
(Joanneum Research)



Der DIH SÜD wird gefördert von:



Allgemeines und Ablauf des Workshops

Mag. Claudia Prügler
Lakeside Labs GmbH

Agenda

Zeit	Inhalt
09:00	Begrüßung, Vorstellungsrunde
09:15	5G und 5G Playground Vorstellung: <ul style="list-style-type: none">• Leistungen des 5G Playgrounds für Unternehmen (BABEG)• Erfahrungen/Erwartungen der TeilnehmerInnen (LSL)• 5G Technologie und Infrastruktur des 5G Playgrounds (FH)
10:15	Pause
10:30	Präsentation der 5G Playground Use Cases: <ul style="list-style-type: none">• Virtual Realities (AAU)• Smart Cities (FH)• Industrial Robotics (JR)• Communication in Swarms (LSL)
11:30	Pause
11:45	Individuelle Beratung und Diskussion mit den Use Cases
12:30	Fazit, offene Punkte und Ideen/Bedarf für Nachfolgeveranstaltungen

Leistungen des 5G Playgrounds

Martina Eckerstorfer
BABEG

5G Playground Carinthia



- Testlabor für universitäre und außeruniversitäre Forschungs- und Entwicklung unter Anwendung der 5G Technologie
- Test von Produkten, Prozessen sowie Applikationen
- Partner:



5G Playground Ziele



- I. Durch Bereitstellung eines **offenen 5G-Testbeds** für Forschung, Bildung und Unternehmen können 5G-Anwendungen und Services unter Realbedingungen erforscht, getestet und erprobt werden.
- II. Das 5GPG stützt den **Innovationsprozess** von der Grundlagenforschung bis zur Erprobung von neuen und marktfähigen Services und Geschäftsmodellen.
- III. Im Rahmen **kooperativer Forschungsprojekte** werden bestehende Kompetenzen des Innovationssystems aufgegriffen und die 5G-relevante Forschung entwickelt.
- IV. Der 5GPG entwickelt sich in der Folge zum offenen **5G-Service-Provider** für Unternehmen, KMUs und Startups.

5G Playground Use Cases



**Joanneum Research
Robotics Institut**
Wireless Industrial
Robotics



Universität Klagenfurt
Virtual Realities



Fachhochschule Kärnten
Smart City



Lakeside Labs
Communication in Swarms



Universität Klagenfurt
Kärnten Fog







5G
Playground
Carinthia



5G Playground

Geschäftsmodell für Unternehmen

SERVICES:

- Öffnung des 5G Playgrounds für Unternehmen
- Nutzung des 5G Playgrounds für Tests von Produkten, Prozessen, Applikationen
- Entwicklung von eigenen Use Cases

INFRASTRUKTUR:

- Räumlichkeiten/
Testlabor indoor
- Outdoor-Flugfeld

www.5gplayground.at



Kontakt

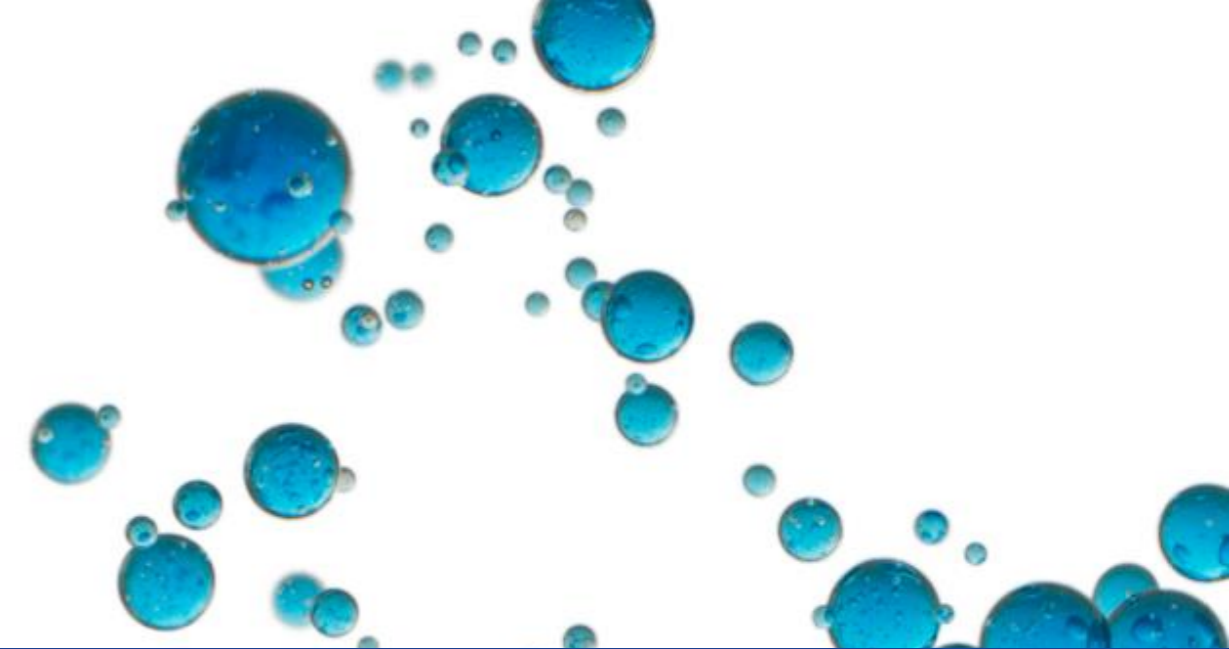


Michael Russling, MAS
Beteiligungsmanagement
russling@babeg.at
+43.463.90 82 90.15
+43.664.5434840



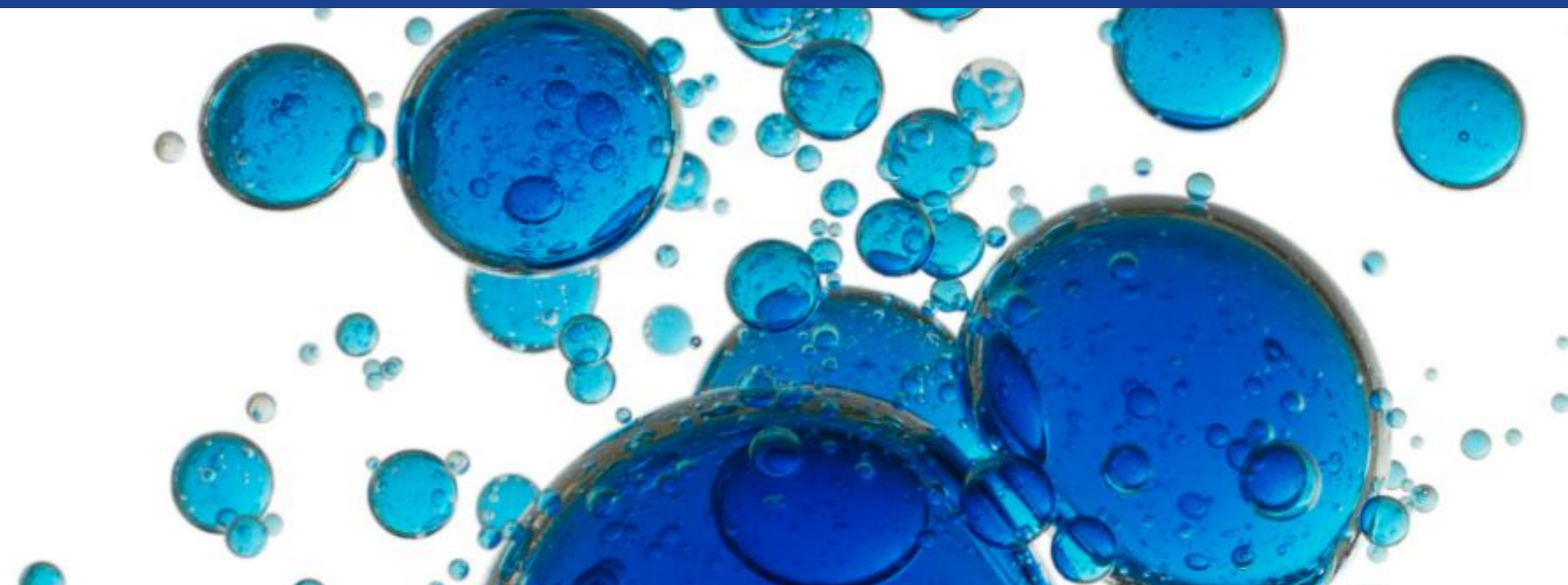
Martina Eckerstorfer
Forschung, Technologie & Innovation
eckerstorfer@babeg.at
+43.463.90 82 90.25
+43.664.2578747

www.5gplayground.at 



Fragerunde

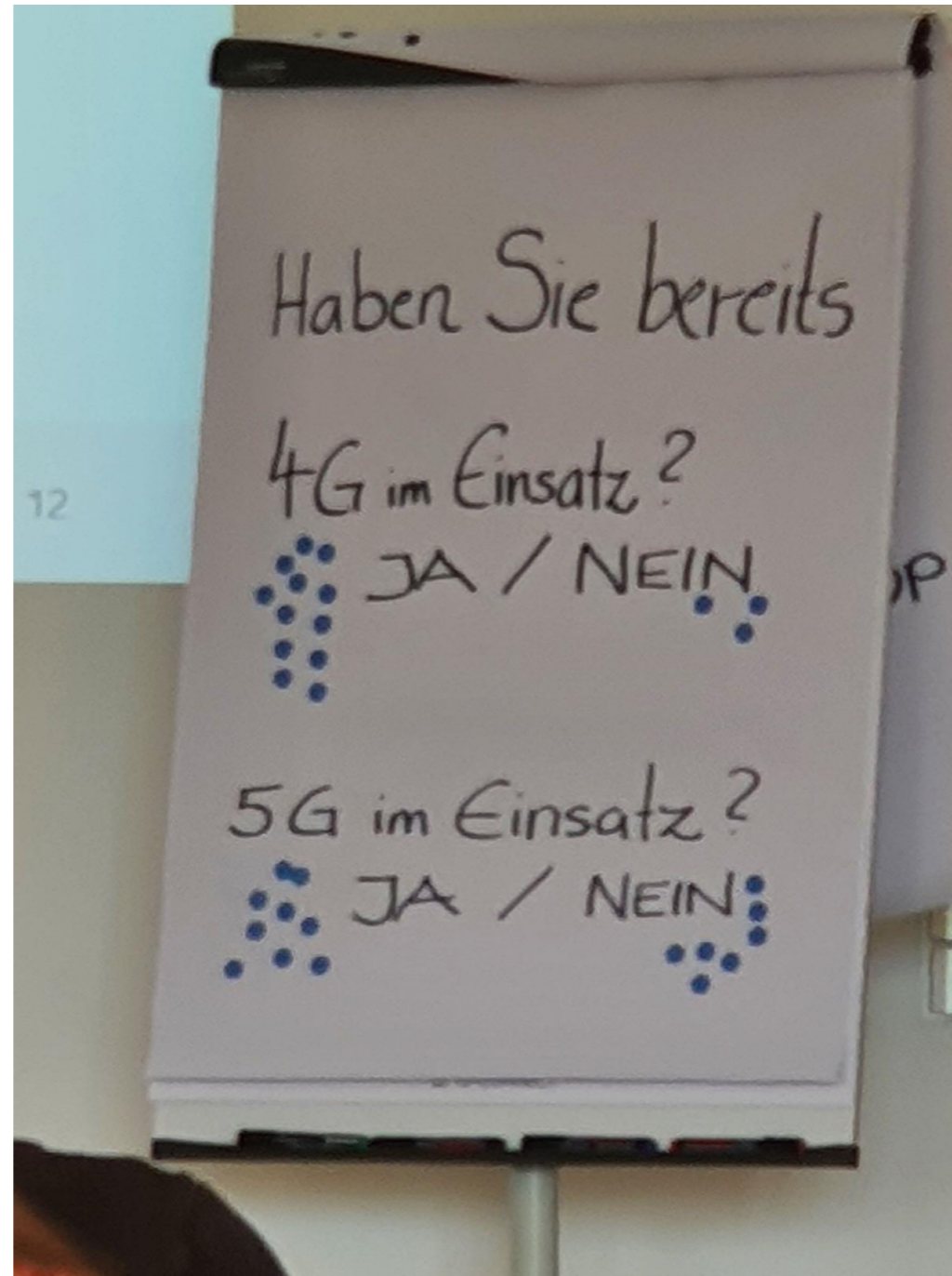
Mag. Claudia Prügler
Lakeside Labs GmbH



Fragerunde

- F1: Haben Sie bereits Erfahrungen mit Mobilfunk
 - 4G im Einsatz: Ja/Nein
 - 5G im Einsatz: Ja/Nein
- F2: Was erwarten Sie sich vom heutigen Workshop?
- F3: Welche konkreten Leistungen würden Sie sich vom DIH Süd wünschen, um besser für das digitale Zeitalter gewappnet zu sein?

Antworten der Teilnehmenden (Post Workshop Edit)



Antworten der Teilnehmenden (Post Workshop Edit)

F2:

- Einen groben Überblick zum Thema 5G verschaffen um zukünftige Anwendungsbeispiele besser verstehen zu können.
- Neue Anwendungsfälle aus Industriesicht
- Überblick und Möglichkeiten im 5G Playground
- Ausblick: Was kommt nach 5G?
- Neue Ideen für Projekte
- Wie ist der aktuelle Stand bei 5G?
- Einsicht in die Use-Cases
- Welche Infrastruktur wünschen sich Anwendungsentwickler für 5G Apps?
- Neue und interessante Kooperationsmöglichkeiten
- Austausch von Erfahrungen d. 5G Playground (Nutzer mit den Unternehmen)
Was funktioniert schon? Wo gibt es entwicklungsbedarf? Wie kann man zusammenarbeiten um neue Use-Cases zu entwickeln?

F3:

- Welche Unterschiede in der Anwendungsentwicklung gibt es zwischen 4G und 5G?
- Erfahrungsaustausch / Blick in die Zukunft
- Beispiele 5G – mehr über 5G erfahren
- Smart-City Projekt
- Genereller Überblick über die Infrastruktur
- Welche Erwartungen an 5G gibt es?
- Überblick 5G Playground. Welche Möglichkeiten gibt es für Firmen?
- Einblick in den aktuellen Forschungsstand
- Reale Use-Cases für die Industrie/Fertigung?
- Neue Ideen für Use-Cases
- Interessante Diskussionen



5G Technologie und Infrastruktur des 5G Playgrounds

DI Dr. Helmut Wöllik
FH Kärnten

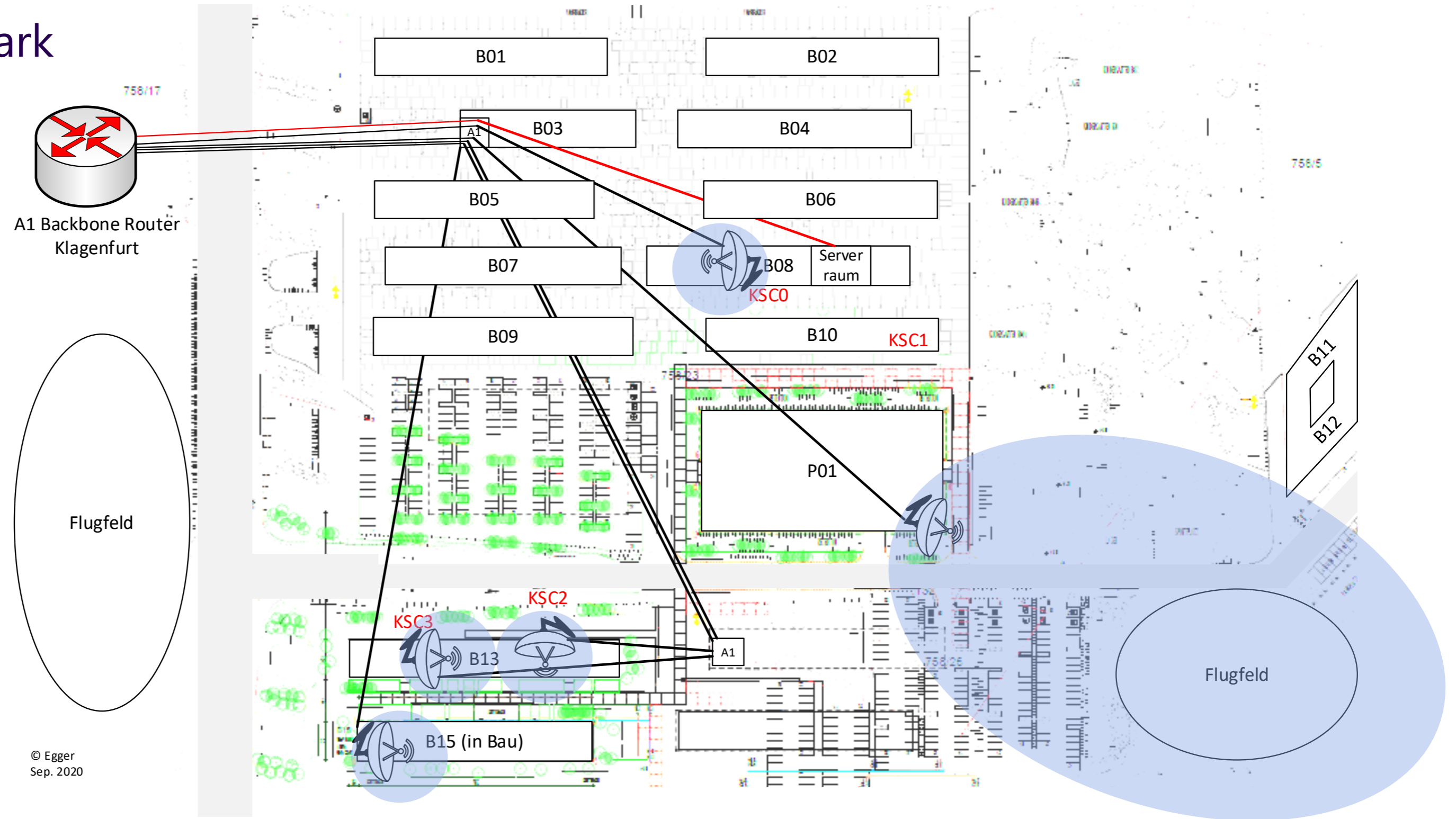
5G Playground Präsentation

Überblick

- **System Infrastruktur**
- Core Network
- Radio Network
- Test Szenarien

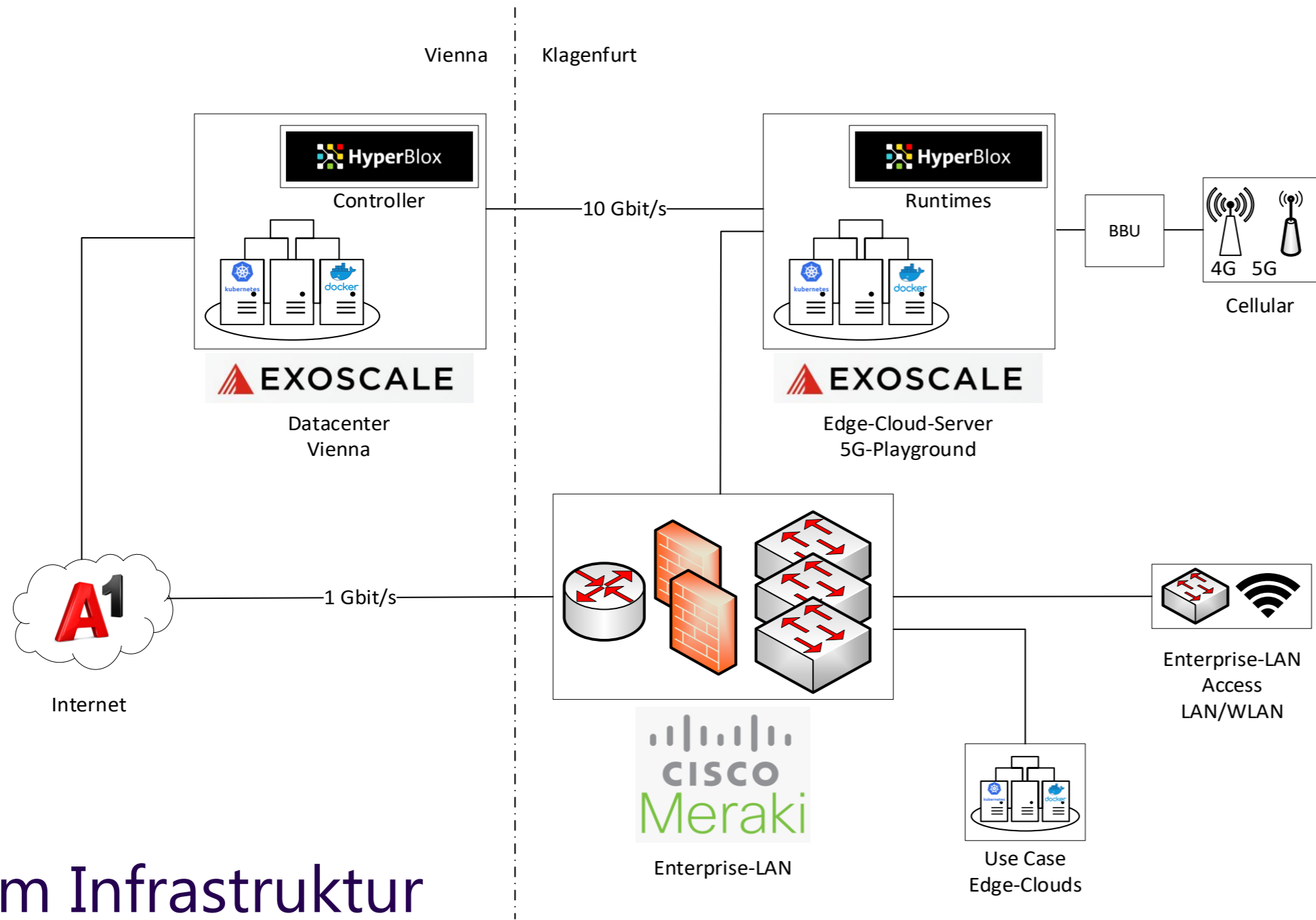
5G Playground Präsentation

5G @ Lakeside Park



© Egger
Sep. 2020

5G Playground Präsentation



System Infrastruktur

- Use Case 1: Drones (Lakeside Labs)
- Use Case 2: Robotics (JOANNEUM RESEARCH ROBOTICS)
- Use Case 3: Smart City (KÄRNTEN University of Applied Sciences)
- Use Case 4: Virtual Reality (UNIVERSITÄT KLAGENFURT)
- Use Case 5: Kärntner Fog (UNIVERSITÄT KLAGENFURT)

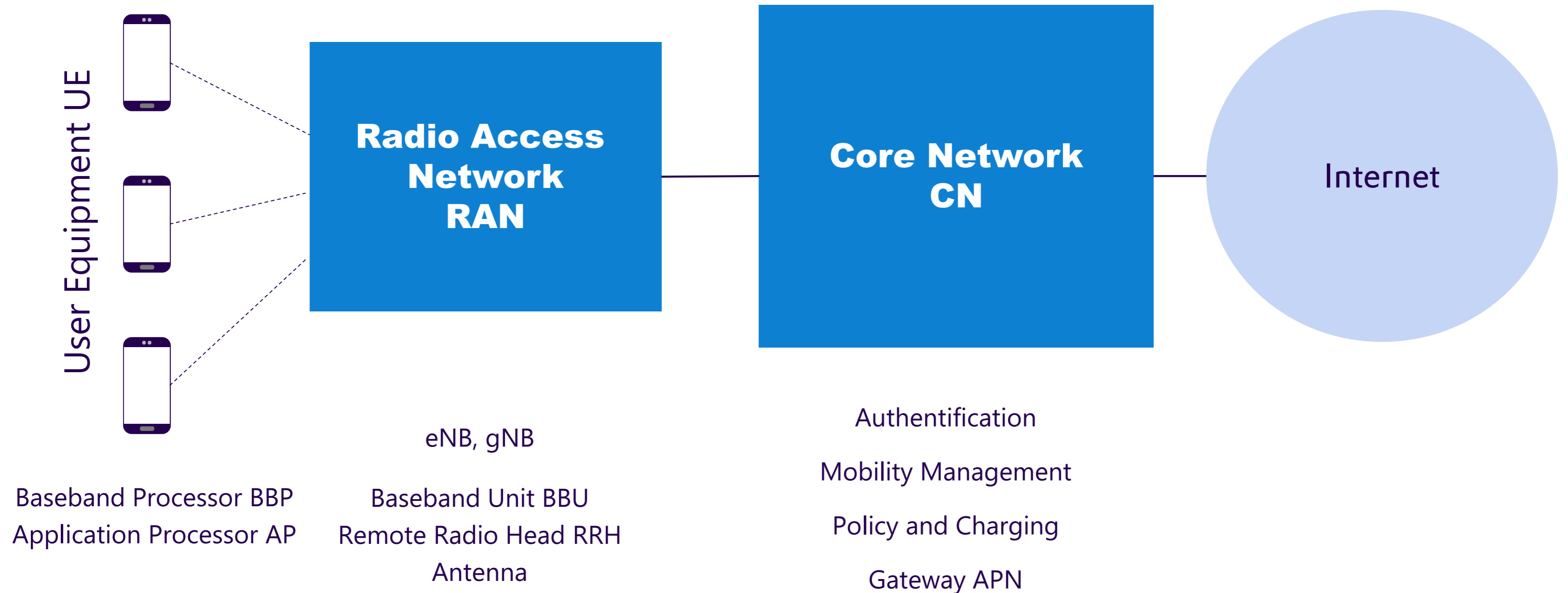
5G Playground Präsentation

Überblick

- System Infrastruktur
- **Core Network**
- Radio Network
- Test Szenarien

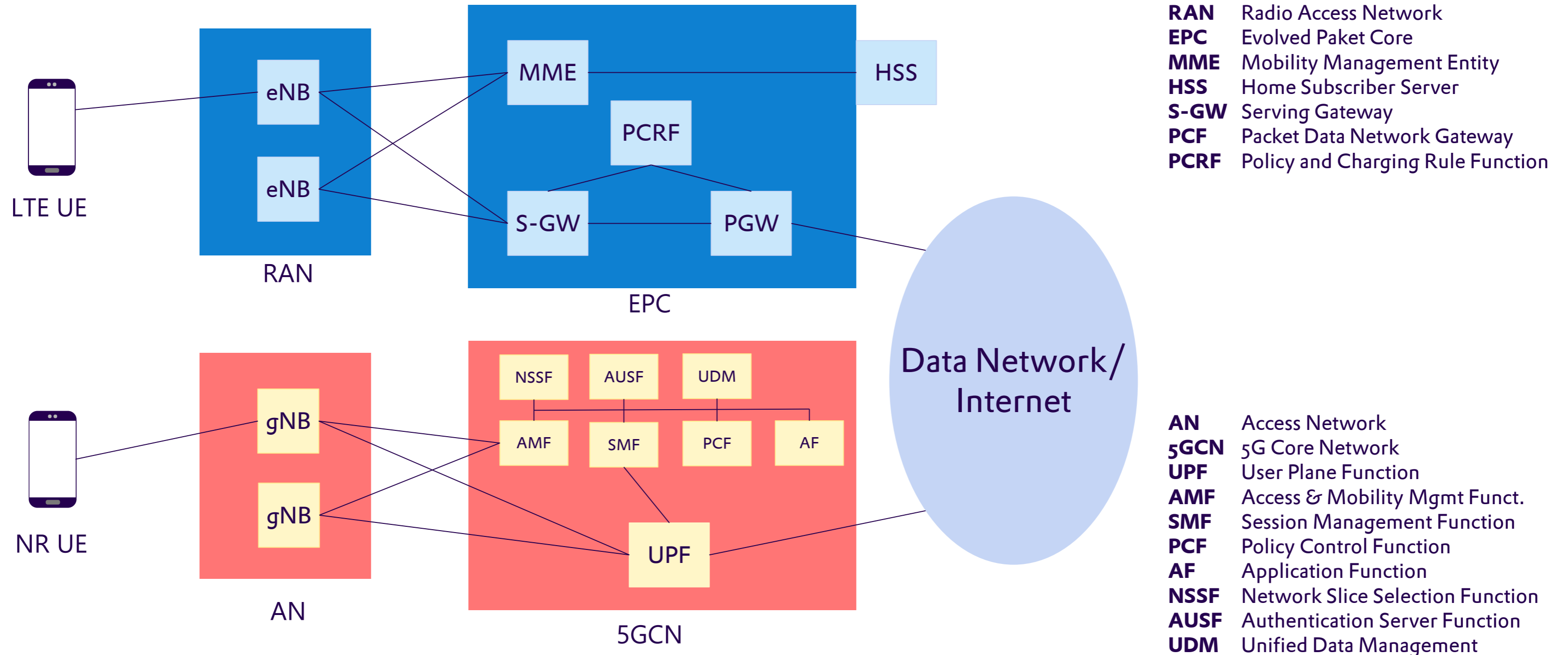
5G Playground Präsentation

Mobile Network Architektur



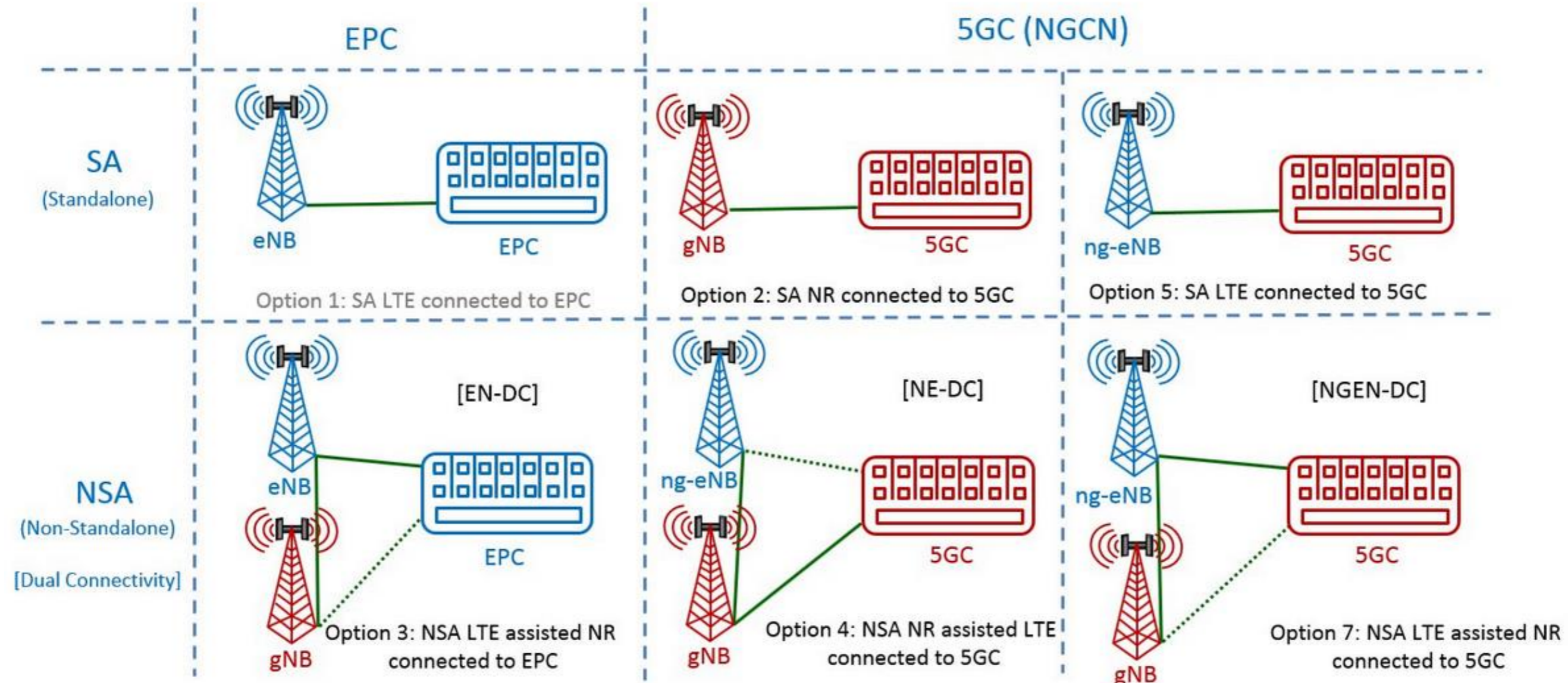
5G Playground Präsentation

Differences between 4G and 5G (Core)



5G Playground Präsentation

4G → 5G Migrationstrategien (Optionen)



Migration Strategy

Option 1 ↗ Option 2
↘ Option 3

Option 3 ↗ Option 7
↘ Option 5

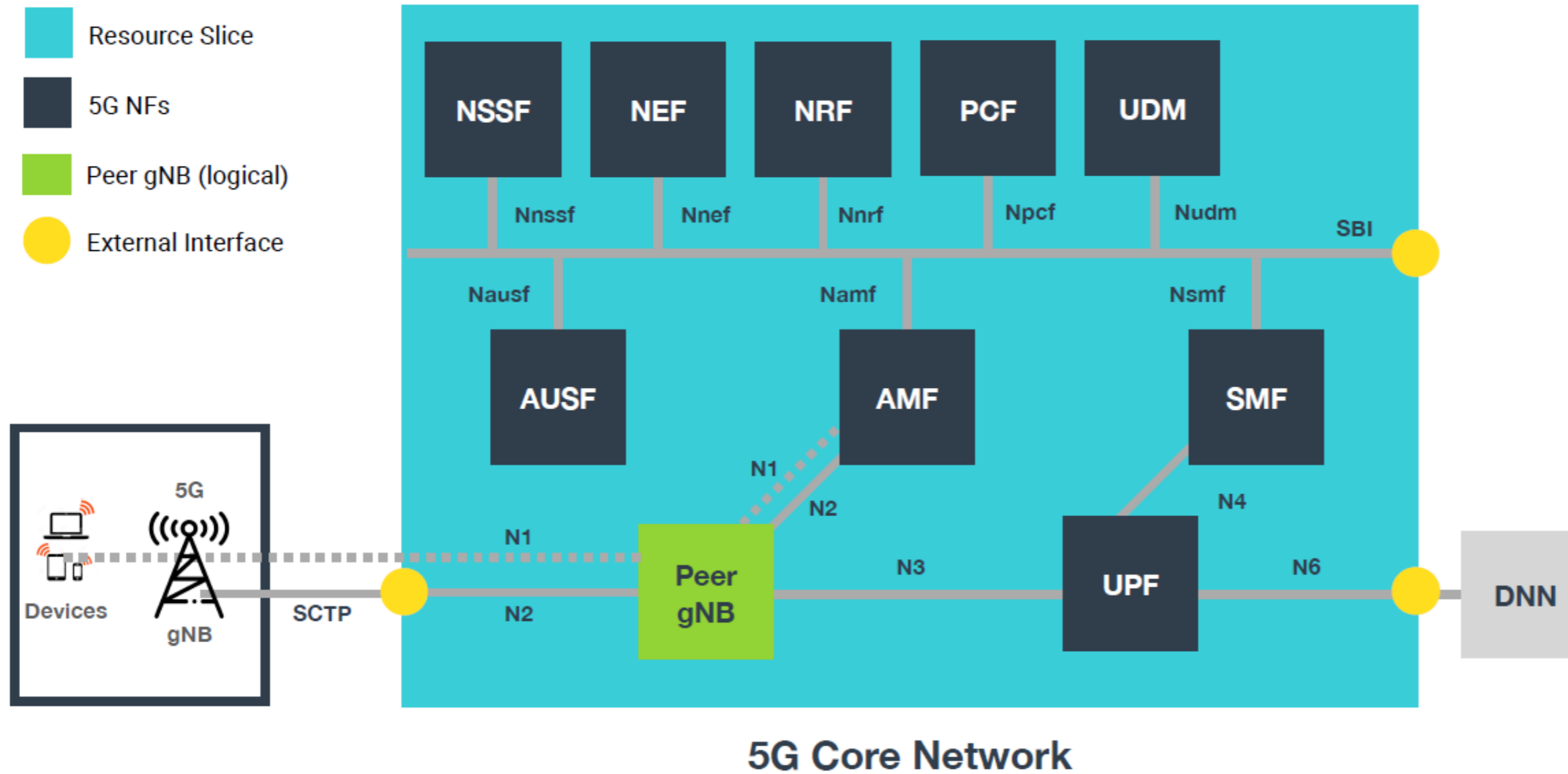
Option 3 ↗ Option 3
↘ Option 2

Option 3 ↗ Option 4
↘ Option 2

www.gsma.com

5G Playground Präsentation

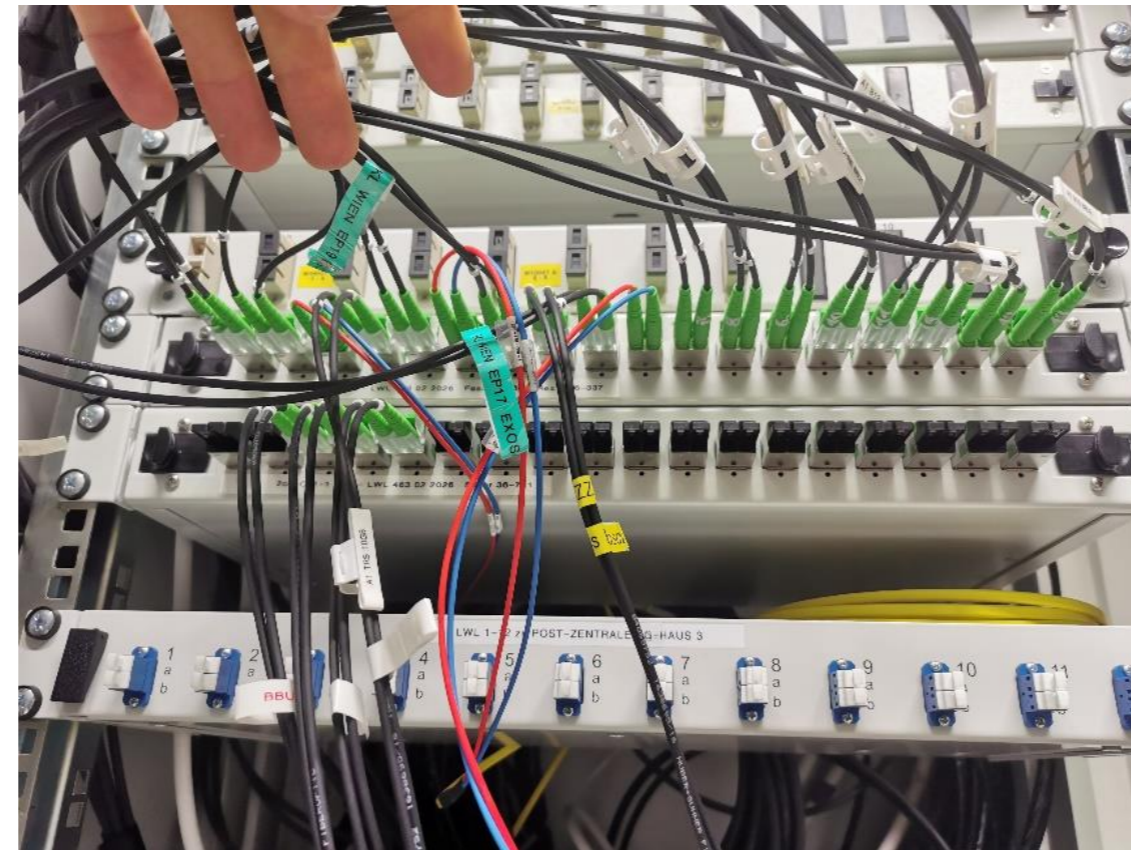
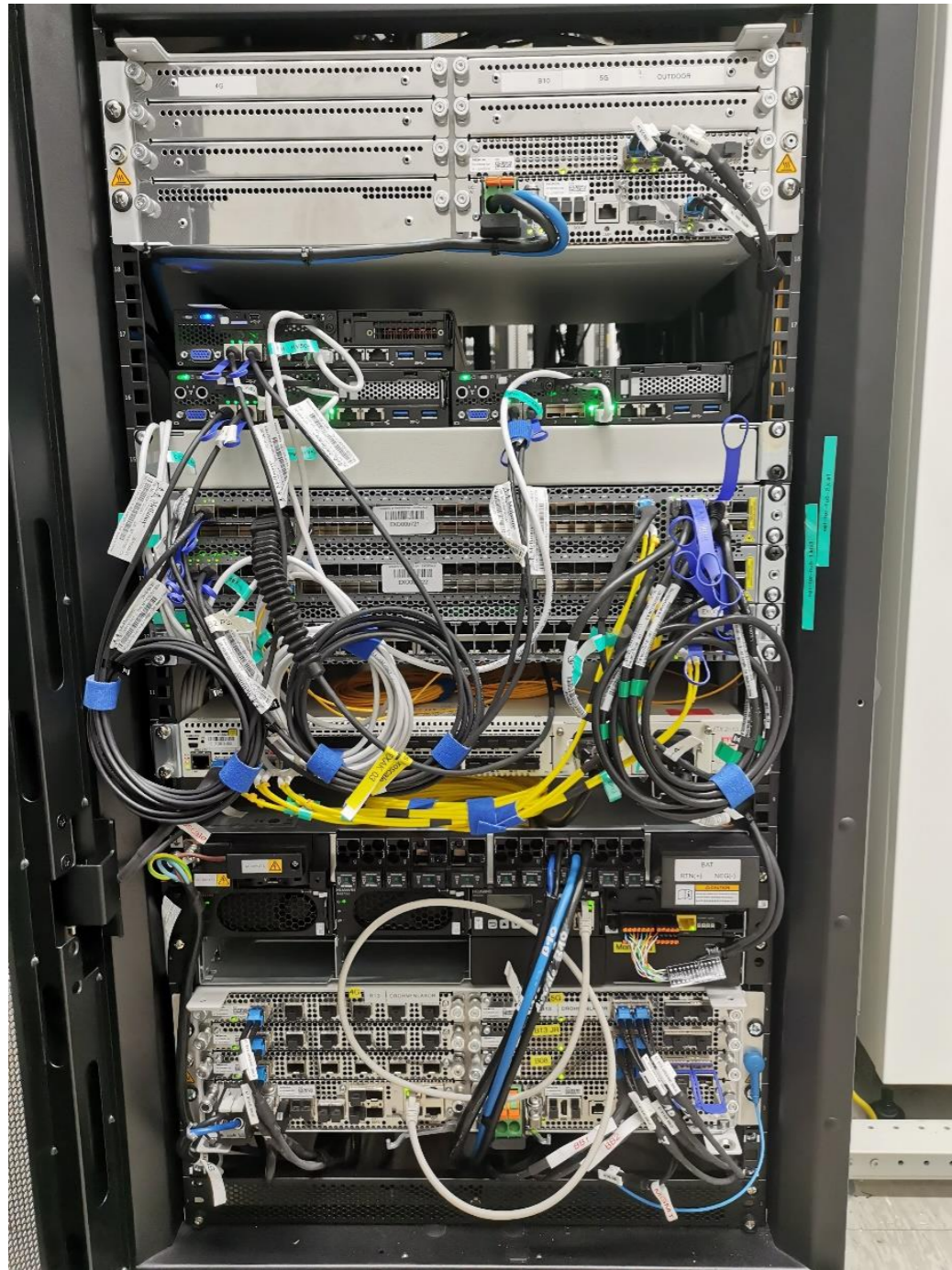
Playground 4G/5G Core Network



„Blueprint“ Konzept

5G Playground Präsentation

Data Center mit Core Network



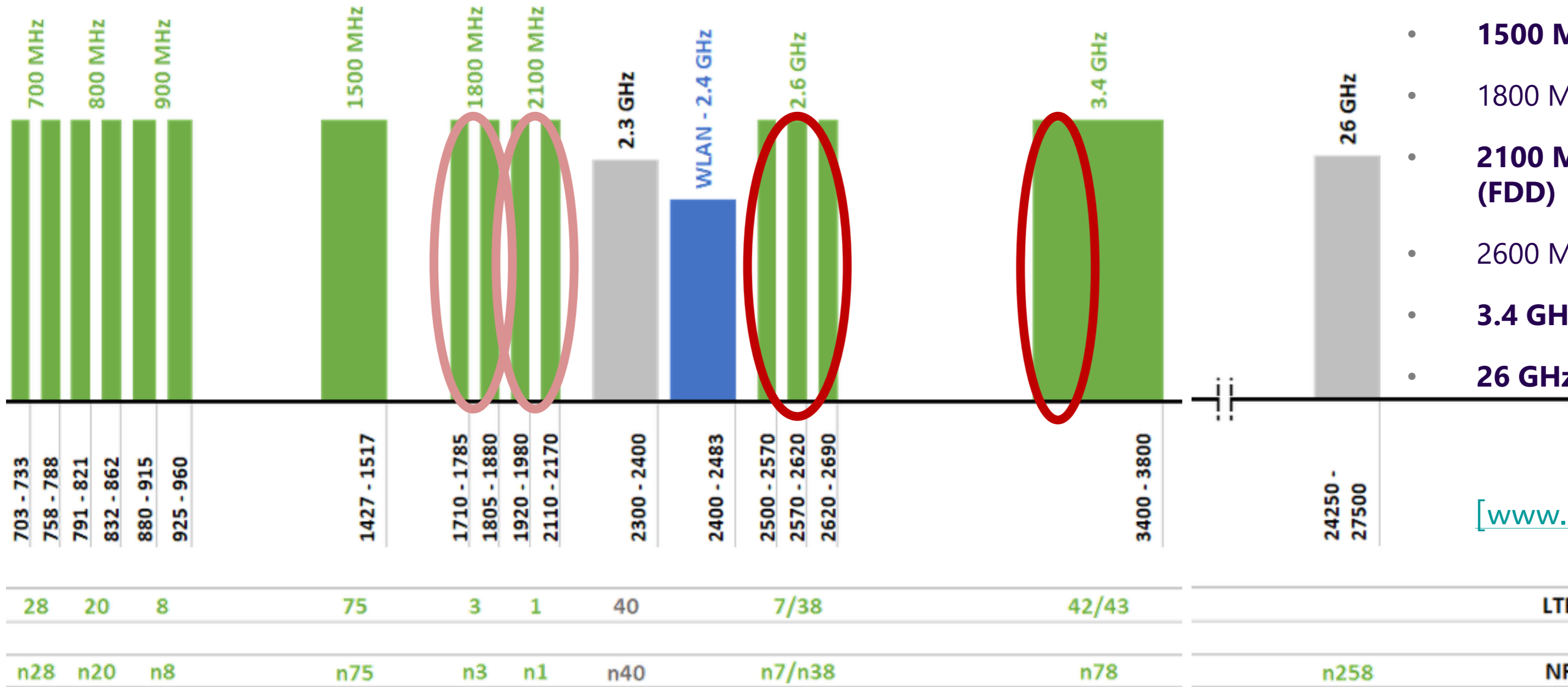
5G Playground Präsentation

Überblick

- System Infrastruktur
- Core Network
- **Radio Network**
- Test Szenarien

5G Playground Präsentation

Frequenzbereiche/frequency bands



- **700 MHz: seit 2020 – LTE/NR (FDD)**
- 800 MHz: LTE (FDD)
- 900 MHz: GSM/LTE (FDD)
- **1500 MHz: seit 2020 – LTE/NR (SDL)**
- 1800 MHz: GSM/LTE (FDD)
- **2100 MHz: UMTS/LTE – LTE/NR (FDD)**
- 2600 MHz: LTE (FDD, TDD)
- **3.4 GHz: seit 2019 NR (TDD)**
- **26 GHz: ab 2023 (?) – NR (TDD)**

[www.rtr.at/de/tk/FRQ_spectrum]



5G Playground Präsentation

Frequenzbereiche des 5G Playgrounds

Indoor (B8/B15, B13):

4G-Public: FDD Band 1, 2100 MHz für A1 Kunden

4G-Private: FDD Band 7, 2600 MHz, 20 MHz Bandbreite exklusiv (von A1)

5G-Private: TDD Band n78, 3410-3470 MHz, 60 MHz Bandbreite exklusiv (von BMLRT)

4x4 MIMO, 4x 250mW $P_{\text{eirp max}}$

Outdoor (Parkhaus, Drohnen Flugzone):

4G-Public: FDD Band 3, 1800 MHz für A1 Kunden

4G-Private: FDD Band 7, 2600 MHz, 20 MHz Bandbreite exklusiv (von A1)

5G-Private: TDD Band n78, 3410-3470 MHz, 60 MHz Bandbreite exklusiv (von BMLRT)

4x4 MIMO, 4x 10W $P_{\text{eirp max}}$

5G Playground Präsentation

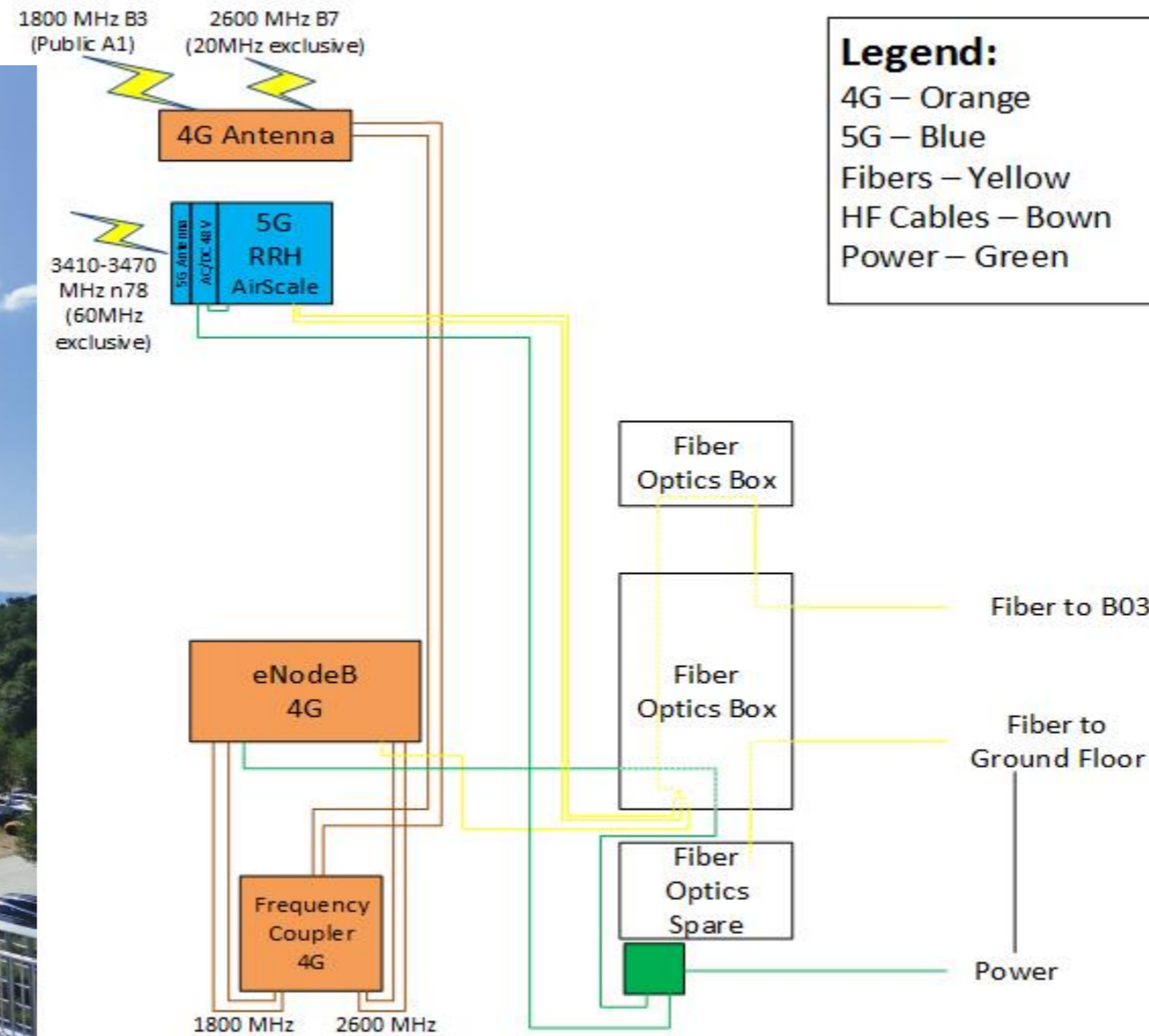
Smart Cells für den Innenbereich



5G Playground Präsentation

eNB/gNB Setup für Außenbereich

Parking House

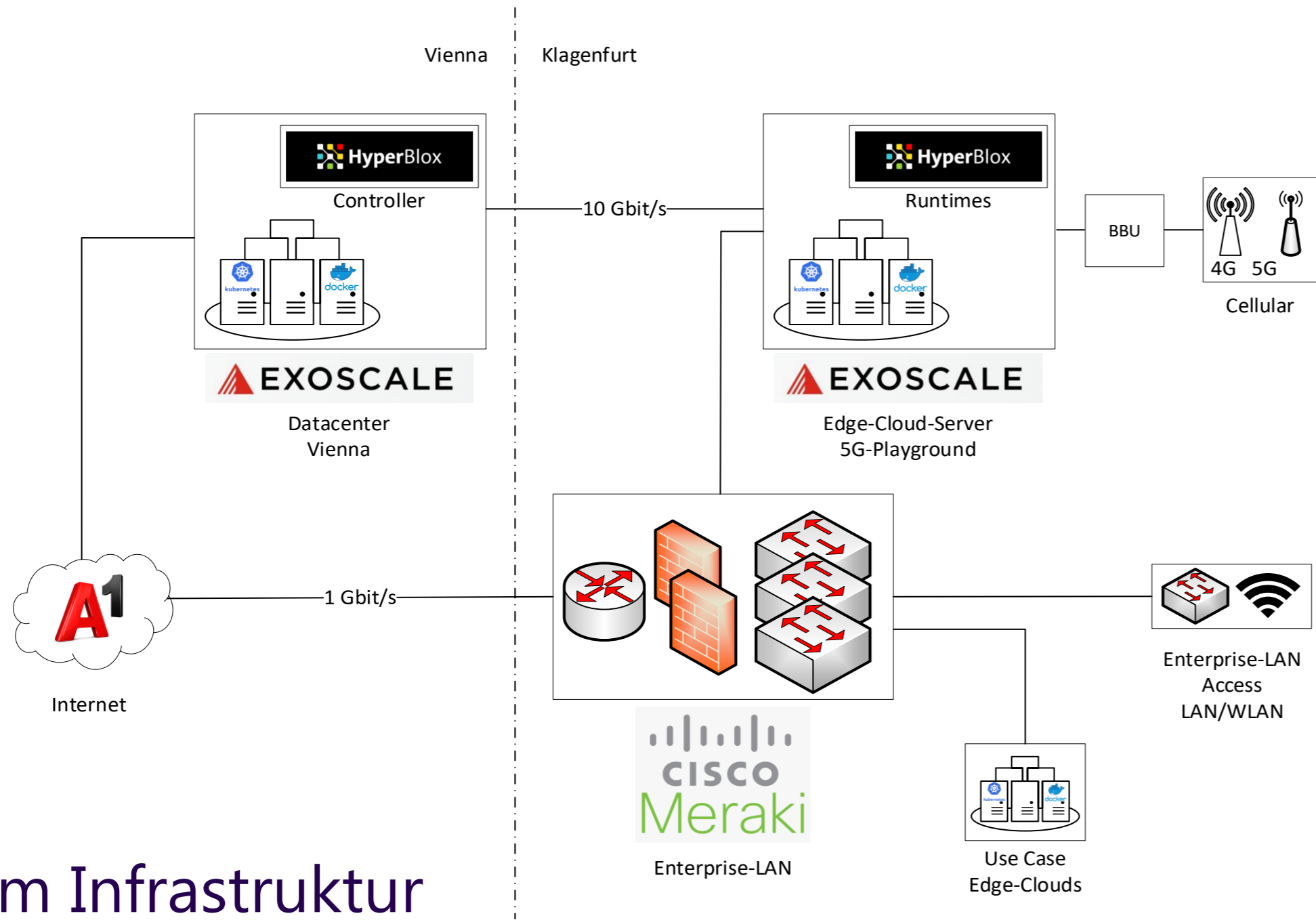


5G Playground Präsentation

Überblick

- System Infrastruktur
- Core Network
- Radio Network
- **Test Szenarien**

5G Playground Präsentation



System Infrastruktur

- Use Case 1
Drones

Lakeside Labs
SELF-ORGANIZING NETWORKED SYSTEMS
- Use Case 2
Robotics

JOANNEUM RESEARCH
ROBOTICS
- Use Case 3
Smart City

KÄRNTEN
University of Applied Sciences
- Use Case 4
Virtual Reality

UNIVERSITÄT KLAGENFURT
- Use Case 5
Kärntner Fog

UNIVERSITÄT KLAGENFURT

5G Playground Präsentation

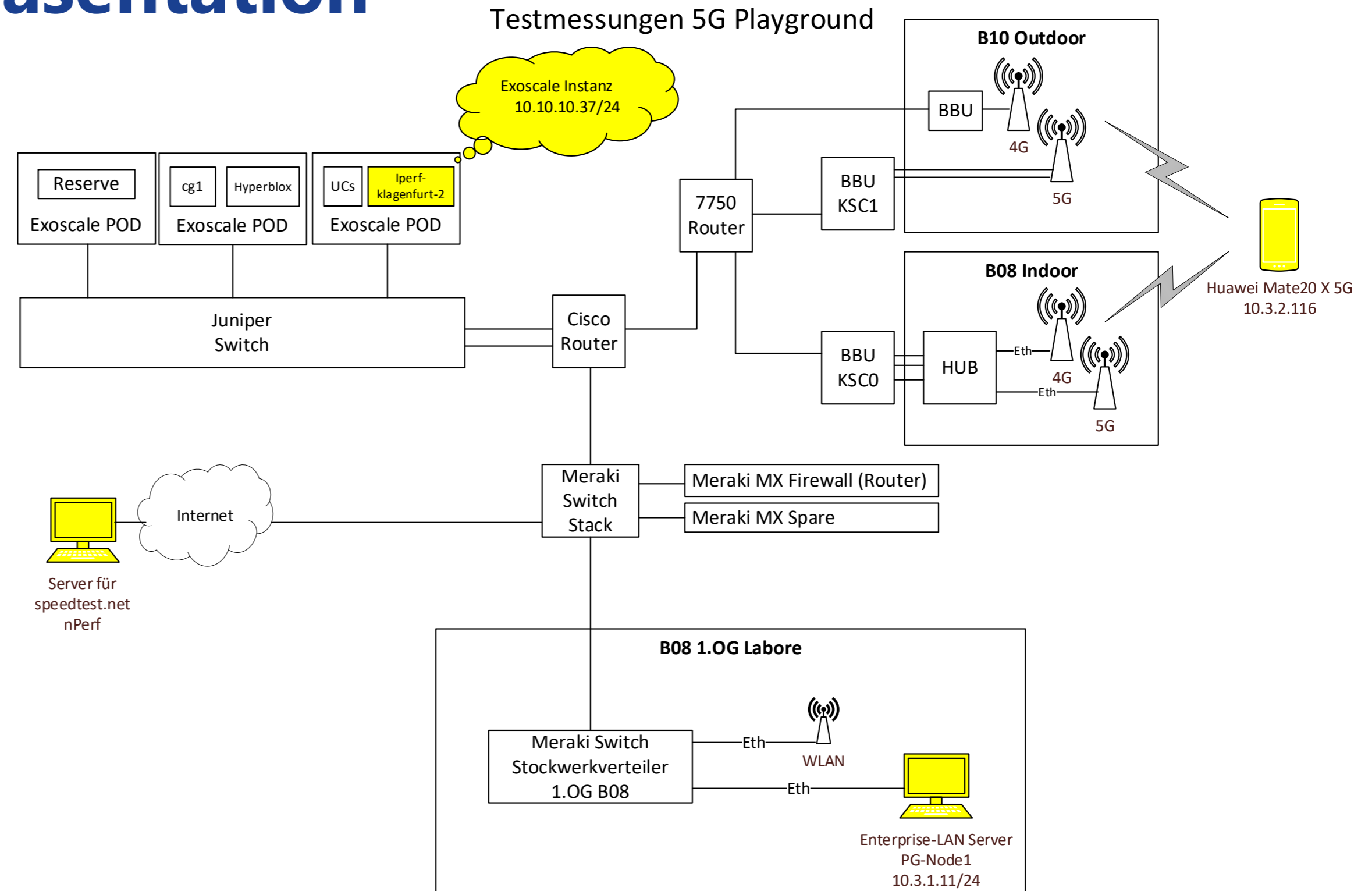
Performanz Tests

Permanent:

- iPerf-Server/Client

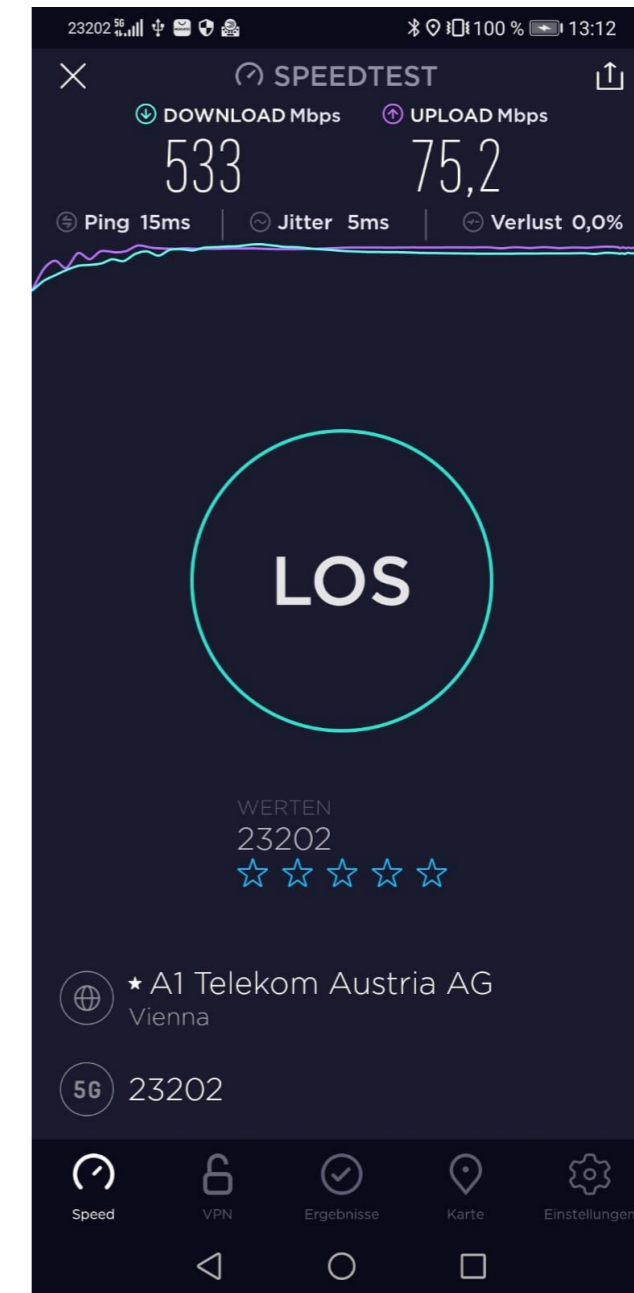
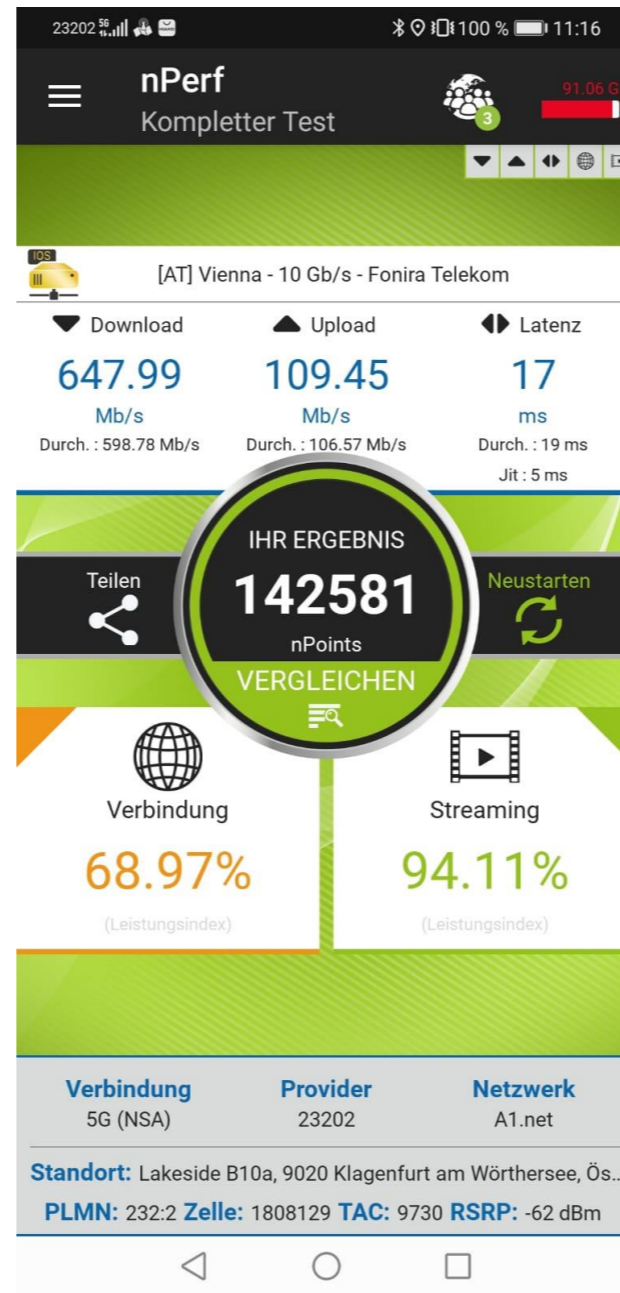
On-Demand:

- Ping -i (!)
- Speedtest via Vienna
- Wireshark (local or remote)
- Tcpdump
- Hyperblox-Dashboard
- Meraki-Dashboard
- Meraki-Tracing



5G Playground Präsentation

Beispiel Messergebnisse



5G Playground Präsentation

Datenrate

600 MBit/s Download
110 MBit/s Upload

Latenz

6 ms zu Edge Cloud (Enterprise-LAN)

Netzwerk-Anbindung

10 GBit/s (up/down) Core Network
1 Gbit/s (up/down) Internet

Vergübares Equipment

5G Smartphones
(Huawei, Samsung)

5G Modems
(Onda TLC DM-100)

5G Module &
Entwicklerboards
(MeiG 5G EVB)

zukünftig:

SDR gNodeB
RF Abschirmbox

5G Playground Präsentation

Herausforderungen

- MTU Größe
- SCTP-Protokoll
- Single vs. Multi TCP/IP
- RCV-Buffer Einstellungen
- TDD UL/DL Konfiguration

- **Intensive Koordination unterschiedlicher Teams**

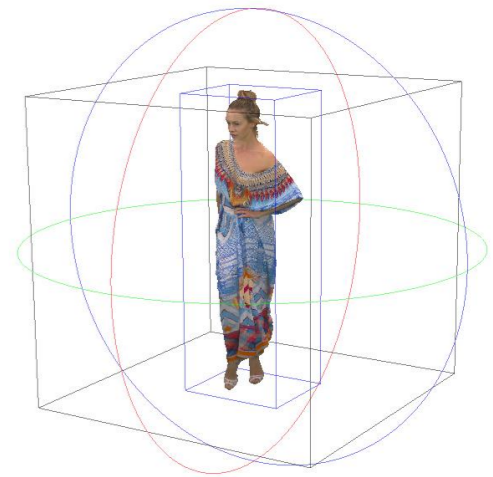
Use Case: Virtual Realities

DI Dr. Hermann Hellwagner
Universität Klagenfurt

Ziele des Use-Case-Projekts „Virtual Realities“

Erforschung, Entwicklung, Erprobung und Evaluierung **ausgewählter VR-Anwendungen über 5G-Netze:**

- **360°-Video-Streaming** (Panorama-Videos)
- **Point-Cloud-Streaming** (immersive, volumetrische Medien)



Fordern, Testen und Messen der 5G-Infrastruktur ...

- ... bzgl. **hoher Datenraten** und **geringer Latenzzeiten**
- ... im **Downlink** (zur VR-Brille) und im **Uplink** (von der Kamera)
- ... inkl. spezifischer 5G-Konzepte, vor allem **Edge Computing**

360°-Video-Streaming: Anforderungen

Nur Bildausschnitt
(Viewport) ist
sichtbar, aber
nicht sichtbare
Daten werden
häufig mitübertragen

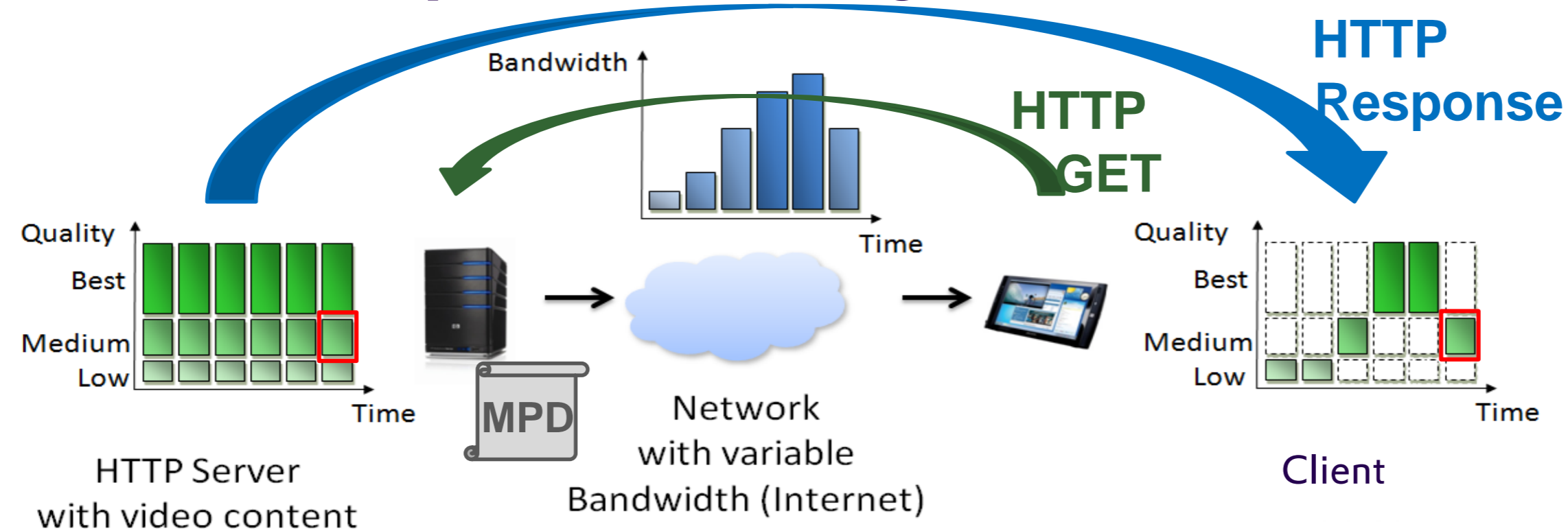


“Monolithische” Videoübertragung (gleiche Qualität im ganzen Bild – ideal: 8K-Auflösung je Auge) erfordert **hohen Durchsatz** des Netzwerks

NutzerIn kann rasch/unvorhergesehen den **Viewport durch Kopfbewegungen ändern** (3DoF)

Heute im Einsatz: HTTP Adaptive Streaming (HAS)

Ziel: effizientes, **adaptives** Streaming von Medien über **HTTP/TCP**



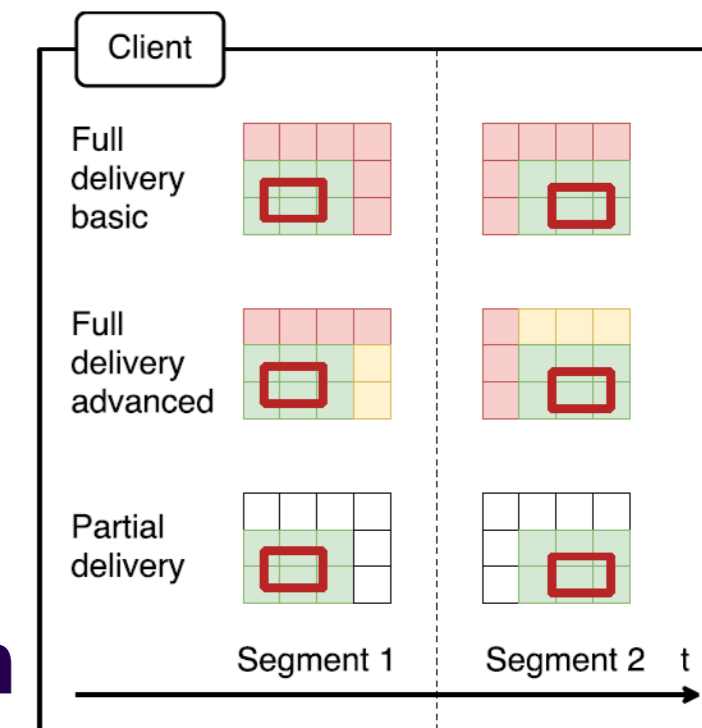
Dominierende Standards / Implementierungen:

- **MPEG-DASH** (Dynamic Adaptive Streaming over HTTP)
- **Apple's HLS** (HTTP Live Streaming; RFC 8216)

Verbesserung: Tile-based Streaming (mittels HAS)

Tiles:

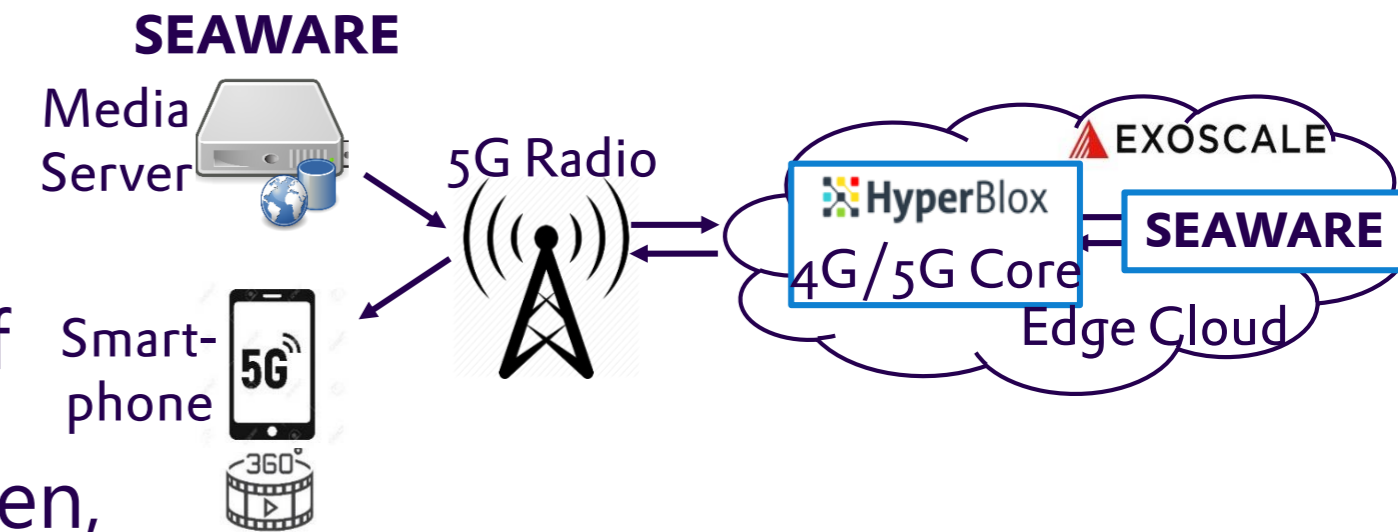
- Blöcke im Bild (Video), die unabhängig voneinander codiert werden
- Nur **Tiles im Viewport** müssen in **hoher Qualität** übertragen werden
- Verbessern/erweitern Möglichkeiten der Qualitätsadaption
- + Einsparung an Bandbreite (bis ca. 50% gemessen)
- Geringere Kompressionseffizienz, hohe Komplexität
- Bei Änderung des Viewport: Nachladen von HQ-Tiles mit (sehr) **geringer Latenz** (ideal: 20 ms) → **Viewport-Prädiktion**



Viewport-Prädiktion an der 5G Edge

SEAWARE (Semantic Aware Viewport Prediction):

- Software und Publikation [*] von UMass. und UIUC
- Server analysiert 360°-Videos (Machine Learning) auf **wichtige Objekte und Ereignisse** hin und erzeugt Datenstrukturen zu deren Positionen und Bewegungen, um dem Client Viewport-Prädiktion zu erleichtern
- Kooperation zur Portierung/Demonstration von SEAWARE @ 5G Edge



SEAWARE an der 5G Edge:

- Edge-Instanz führt Viewport-Prädiktion durch, lädt prädizierte Tiles in HQ vor und überträgt sie (mit kurzer Latenz) zum Client (auf Anfrage)

[*] J. Park, M. Wu, K.-Y. Lee, B. Chen, K. Nahrstedt, M. Zink, R. Sitaraman. „SEAWARE: Semantic Aware View Prediction System for 360-degree Video Streaming“. *Proc. IEEE Int'l. Symp. on Multimedia 2020*. **Best Paper Award**.

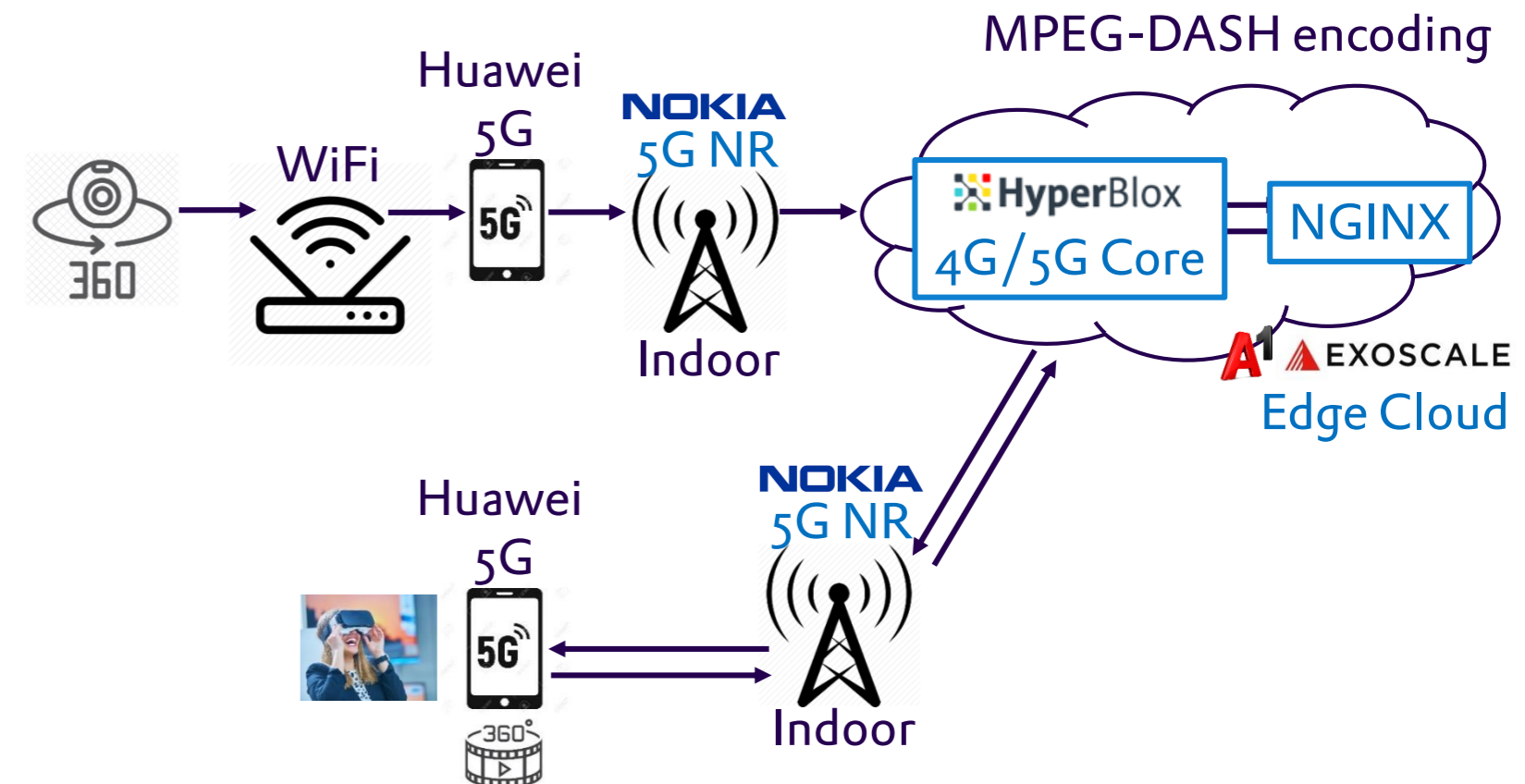
Status und weitere Arbeiten

Status:

- 360°-Video-Streaming-Systeme für VoD- und Live-Inhalte
- „Monolithisches“ und Tile-basiertes (nur VoD) 360°-Streaming
- **„Adaptives Live-360°-Video-Streaming“**
- Systematische Performance-Messungen
- Viewport-Prädiktion in 5G-Edge-Instanz

Weitere Arbeiten:

- Messungen und Evaluierungen im voll ausgebauten 5G-Netz
- Live-360°-Video-Streaming von einer Drohne
- Point-Cloud-Streaming (6DoF)



Lessons Learned

- Hohe **Downlink-Datenraten** „*out of the box*“ und auch für (relativ) **kleine Datentransfers** wünschenswert (HTTP Adaptive Streaming)
- Hohe **Uplink-Datenraten** erforderlich (360°-Kamera)
- Stärken und enorm zunehmende Bedeutung von **Edge Computing** (Viewport Prediction, Prefetching, Caching von Tiles)
- Großer Nutzen der **geringen Latenzzeiten** von 5G-Netzen (Client → Edge: Viewport-Änderungen)
- **Schwierigkeit**, diese geringen Latenzzeiten auch voll in der **Anwendung** zu nutzen (Segment- und Tile-basiertes 360°-Streaming mittels HAS)



Use Case: Smart Cities

DI Christoph Uran
FH Kärnten

Anforderungen an Smart Cities

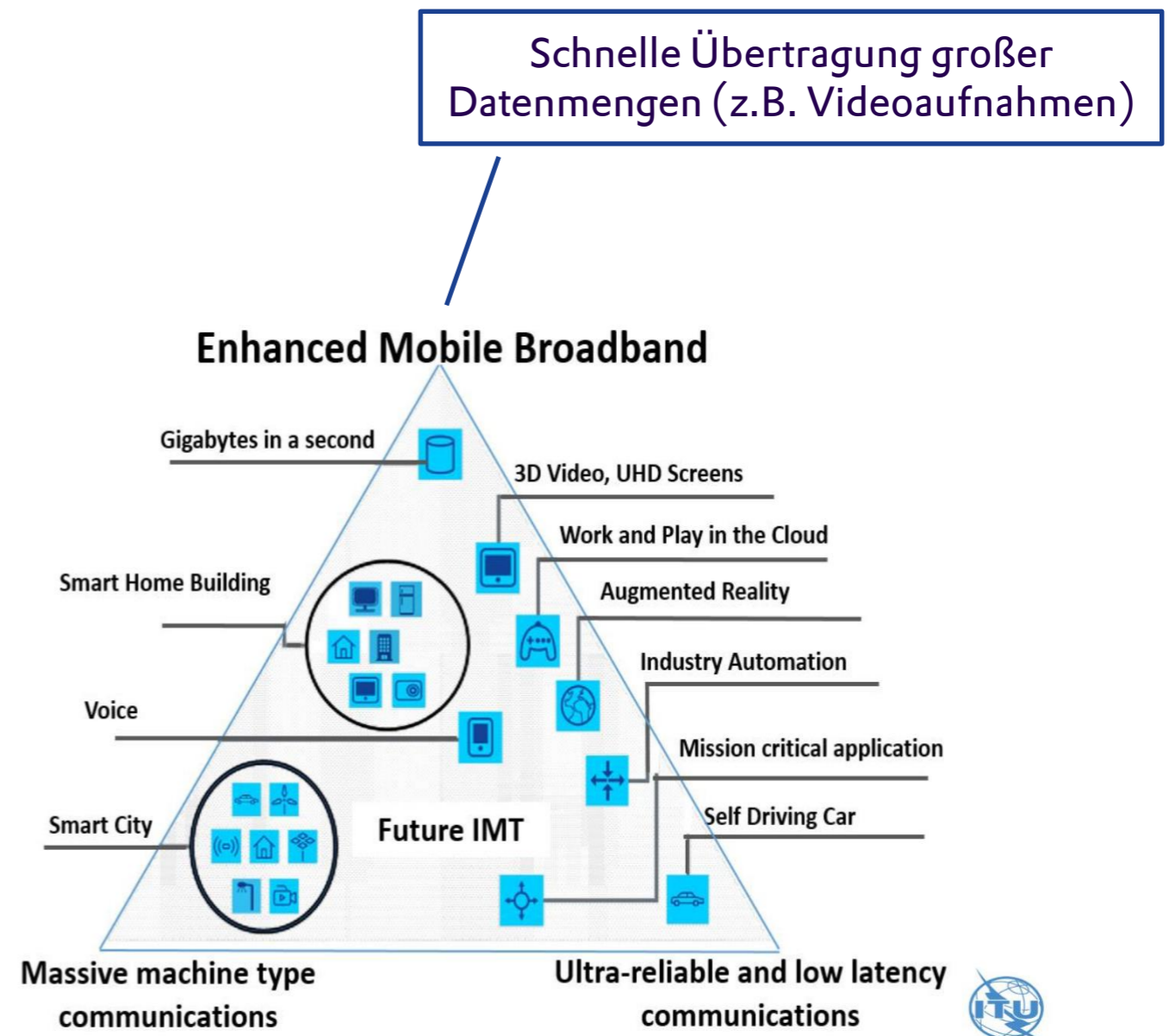
- A1. Ansteuerung tausender Sensoren/Aktoren
- A2. Verschiedenartige Kommunikationsanforderungen
- A3. Möglichst effiziente und sichere Auswertung
- A4. Ableitung von sinnvollen Entscheidungen
- A5. Einführung offener Datenschnittstellen

Kommunikationseigenschaften bei 5G

3 Kommunikationseigenschaften:

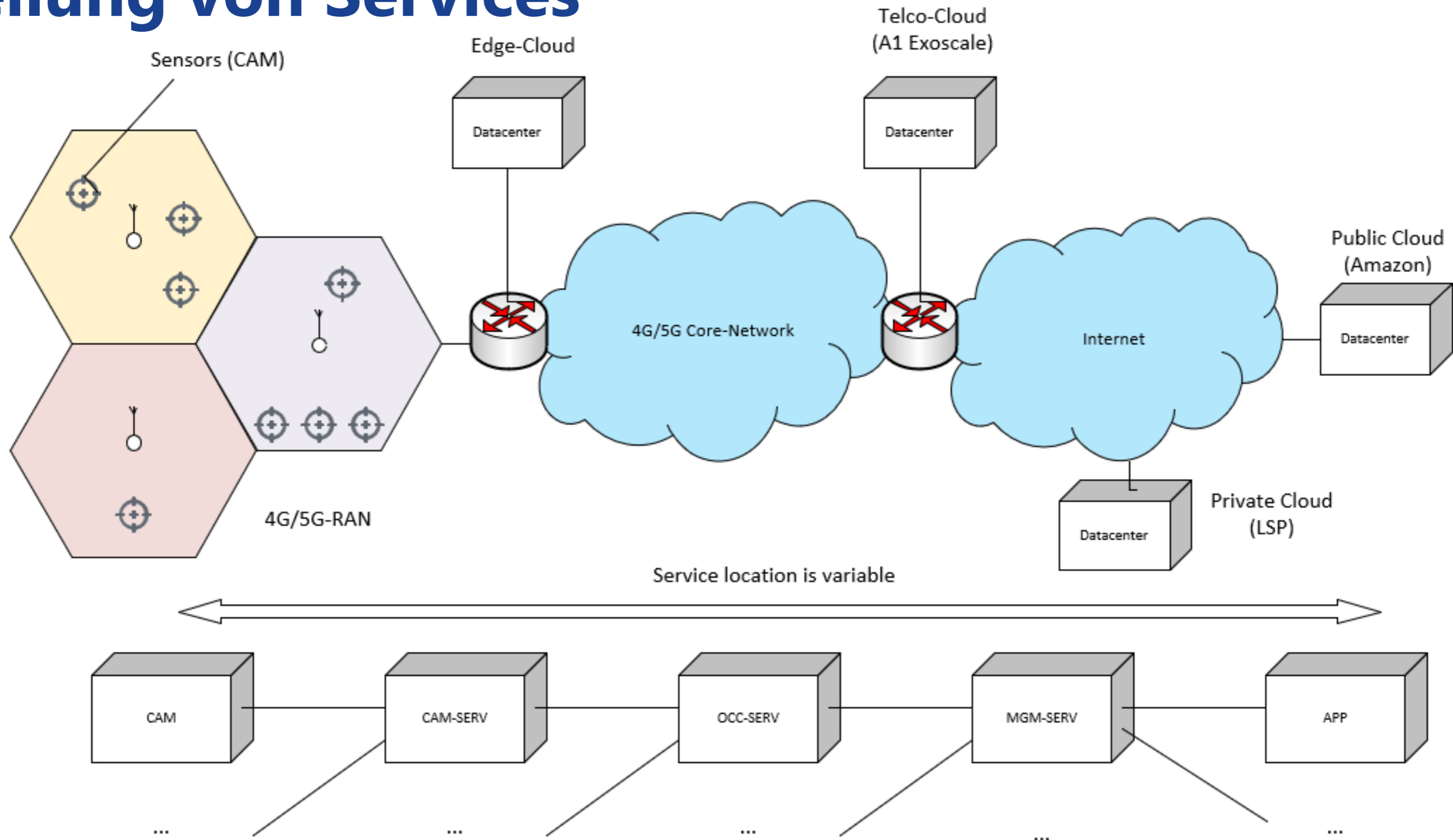
1. Enhanced Mobile Broadband (**eMBB**)
2. Ultra-Reliable and Low Latency Communication (**URLLC**)
3. Massive Machine Type Communications (**mMTC**)

→ **A2**



„Usage Scenarios of IMT 2020 and beyond“ [ITU.org]

Verteilung von Services



→ A₃


Ableiten von Entscheidungen




```
▼ 2:  
  name:      "r1_s2"  
  lat:       46.61291392431473  
  lon:       14.26462091679993  
  occupied:  false  
  metric:    2.1765321223954714  
  error_code: 0  
  error_message: null  
▼ 3:  
  name:      "r1_s3"  
  lat:       46.61293373089571  
  lon:       14.264623599008845  
  occupied:  false  
  metric:    1.7806292309223526  
  error_code: 0  
  error_message: null  
▼ 4:  
  name:      "r1_s4"  
  lat:       46.61295445870525  
  lon:       14.26462762232221  
  occupied:  false  
  metric:    1.8598243853736427  
  error_code: 0  
  error_message: null
```

Smart Lakeside Parking

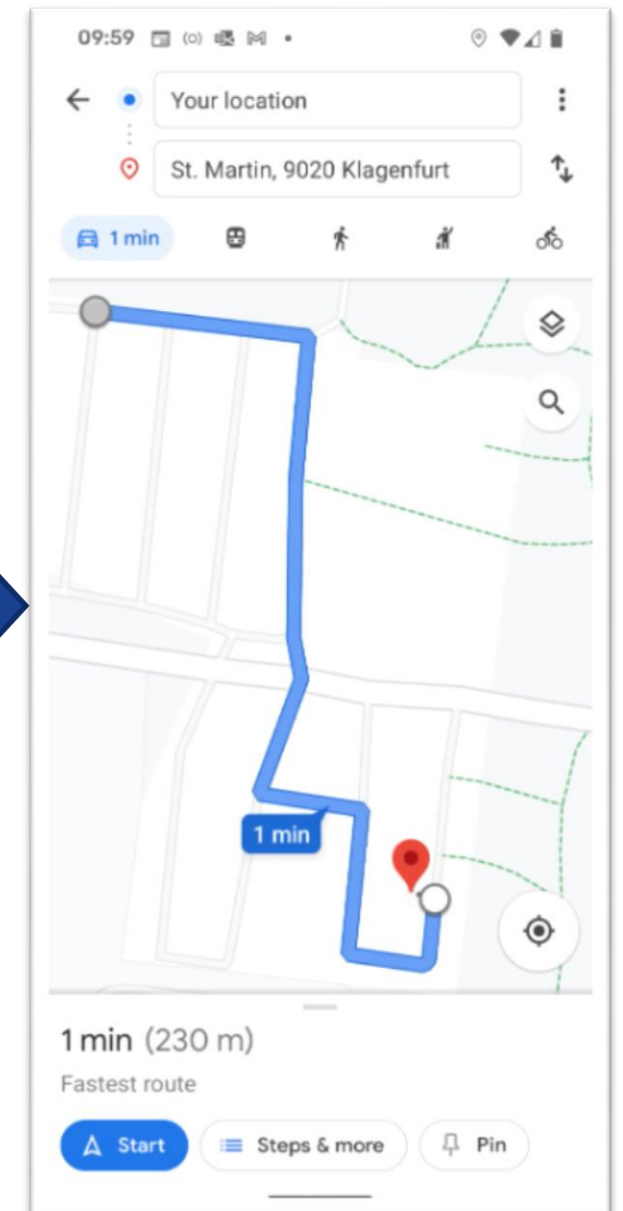
Click the picture below to get the directions to your parking space.



 **KÄRNTEN**
University of Applied Sciences

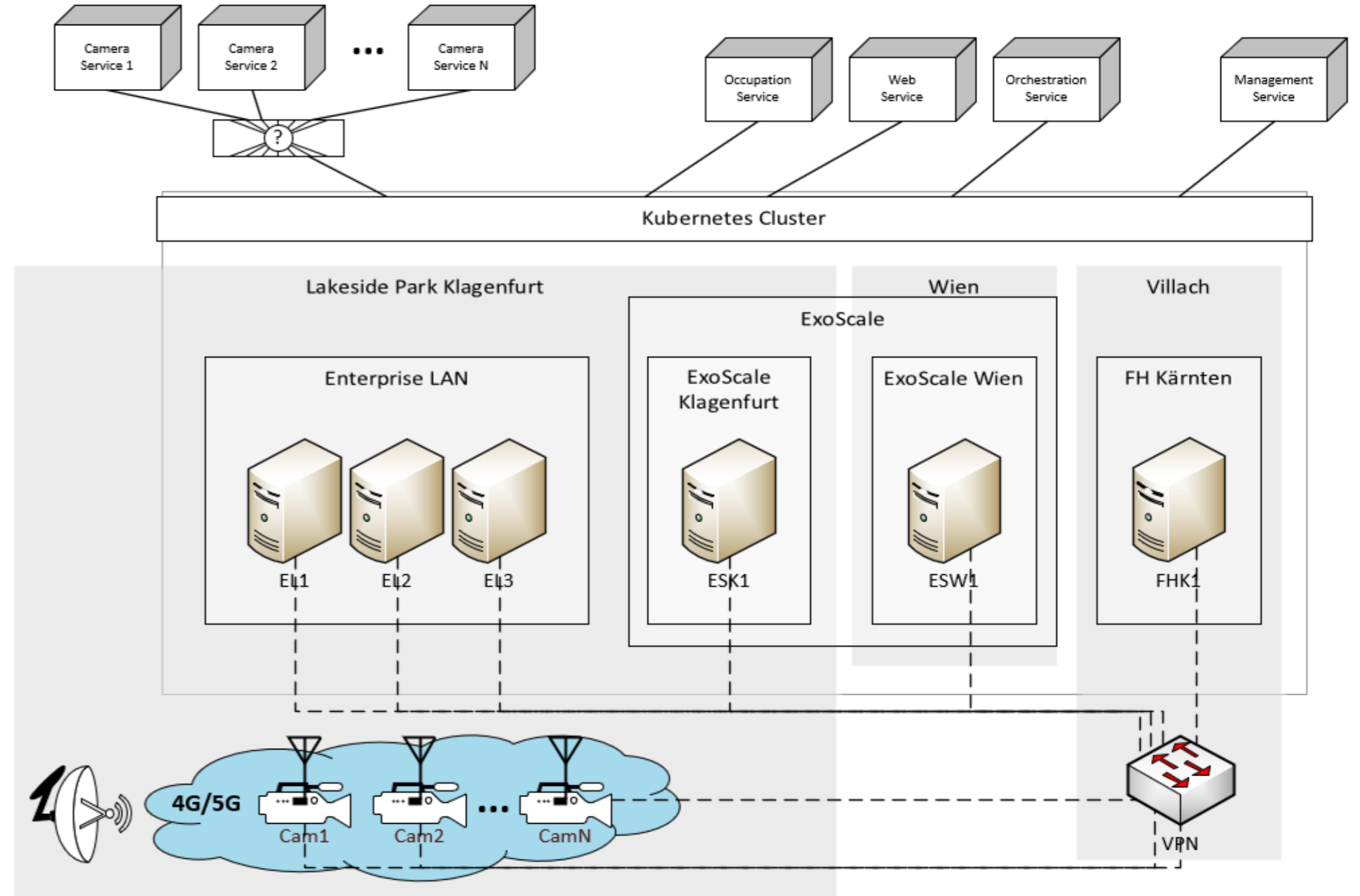
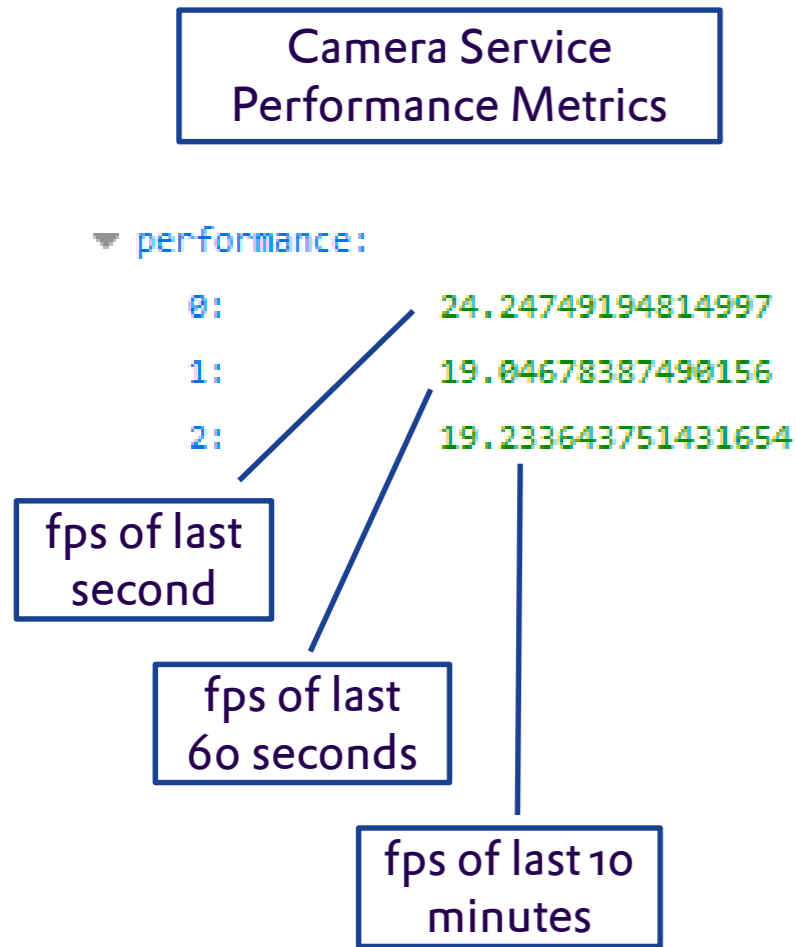
@

5G
Playground
Carinthia



→ A4

Offene Datenschnittstellen



→ A5

Lessons Learnt

- Smart City hat breit gefächerte Kommunikationsanforderungen
- Nicht alle Daten müssen/sollen/dürfen in die „Cloud“
- Identifikation „sinnvoller“ Daten ist sehr domänenspezifisch
- Offene Schnittstellen fördern Austausch

Use Case: Wireless Industrial Robotics

DI Dr. Bernhard Dieber
Joanneum Research

Motivation

Roboter werden zukünftig ...

- ... mit einer großen Anzahl Sensoren ausgestattet sein
- ... untereinander und nach außen hin vernetzt sein
- ... ihre rechenintensiven Berechnungen nach außen verlagern müssen
- ... zeitkritische Signale untereinander und mit ihrer Umgebung drahtlos austauschen

Ziele der Initiative Next Generation Robotics Networks

Erheben von Anforderungen an Netzwerktechnologien für die zukünftige Robotergeneration

Auswählen einer Technologie

Ausarbeiten und Umsetzen von Evaluierungs Use-Cases

Etablieren von ROBOTICS als Kompetenzzentrum für die Robotik Netzwerke der nächsten Generation und deren Anwendungen

Kandidaten-Technologien

4G

- Keine M2M Kommunikation, Bandbreiten und Latenzen nicht ausreichend

5G

- Multiple Modi, M2M, niedrige Latenzen (mit Edge-Computing) oder hohe Bandbreiten

Time Sensitive Networking

- Fokussiert primär auf Latenzen

WLAN

- Zu wenig Garantien ohne Erweiterungen

Untersuchungen zu hohen Bandbreiten

- Die Rechenleistung auf (speziell mobilen) Robotersystemen wird mit den immer größeren anfallenden Datenmengen (Sensordaten,...) nicht mithalten können
- Die Rechenaufgaben müssen externalisiert werden. Dabei müssen aber die Rohdaten und Berechnungsergebnisse übertragen werden können
- Wir untersuchen die Externalisierung von Sensordatenauswertung unter Verwendung von 5G
 - Streaming großer Datenmengen zu einem Server in der Edge-Cloud
 - Rückübertragung von Ergebnissen und fusionierten Daten

Untersuchungen zu niedriger Latenz

- Wie weit kann Kontrolle von Robotern externalisiert werden ohne Verlust von Zuverlässigkeit und Sicherheit?
- Externalisierung einer Regelung
- Externalisierung von Sicherheitsfunktionen (E-Stop over 5G)
- M2M low-latency Signale nützen (Domino E-Stop?)

Umgebung der JR Use-cases

- Das größte Robotik Labor in Österreich
- Nützen der hohen Bandbreiten in 5G zur Übertragung von Sensordaten
- Fusionieren von Bild- und Tiefendaten mobiler Roboter in der Edge Cloud
- Bereitstellen einer globalen Sensordaten-Karte für alle Roboter im Labor
- Entwickeln hybrider Ansätze zur Sensorfusion (computing power on-demand)
- Nützen der niedrigen Latenzen für zeitkritische Operationen (Regelung, Safety)



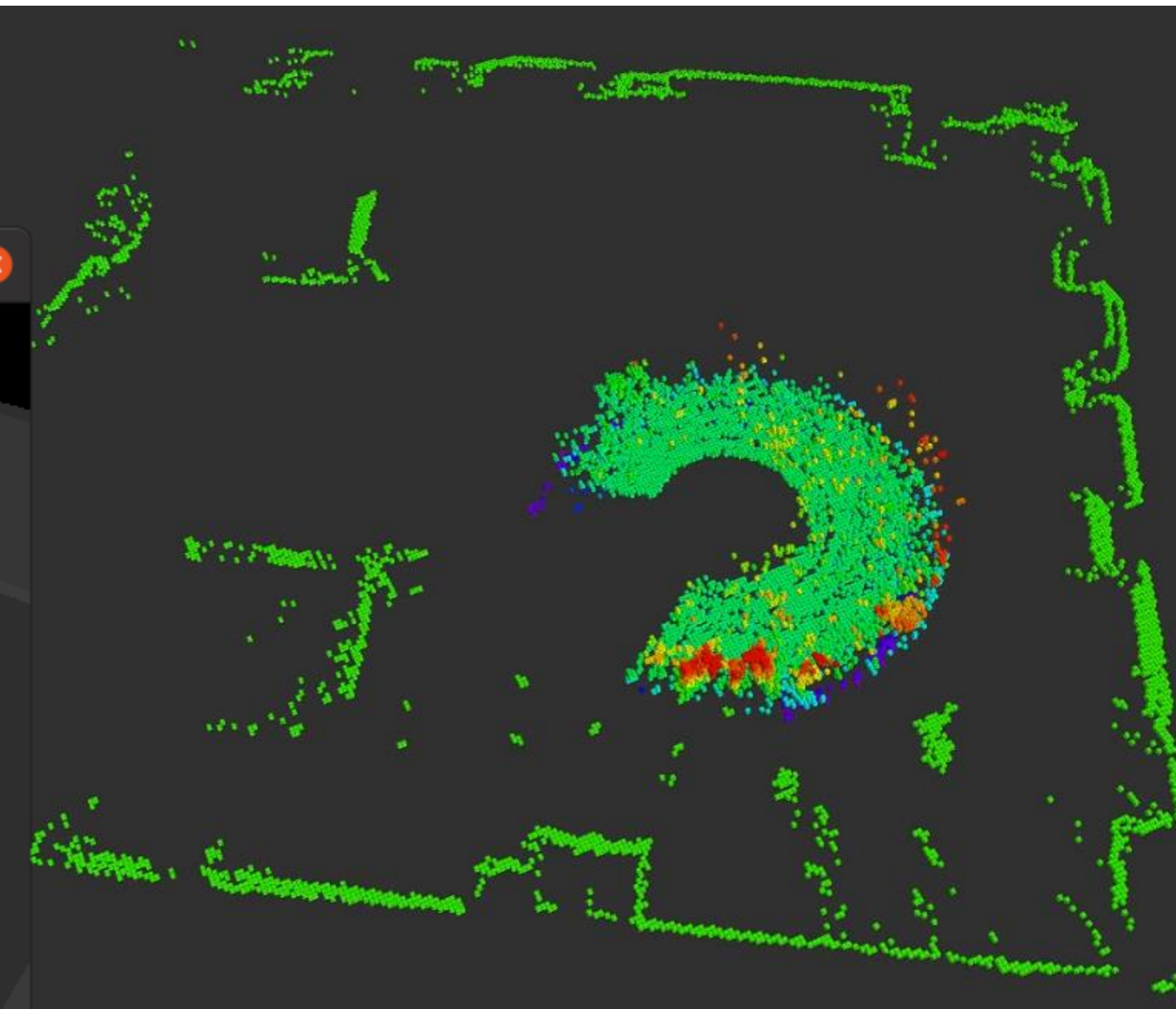
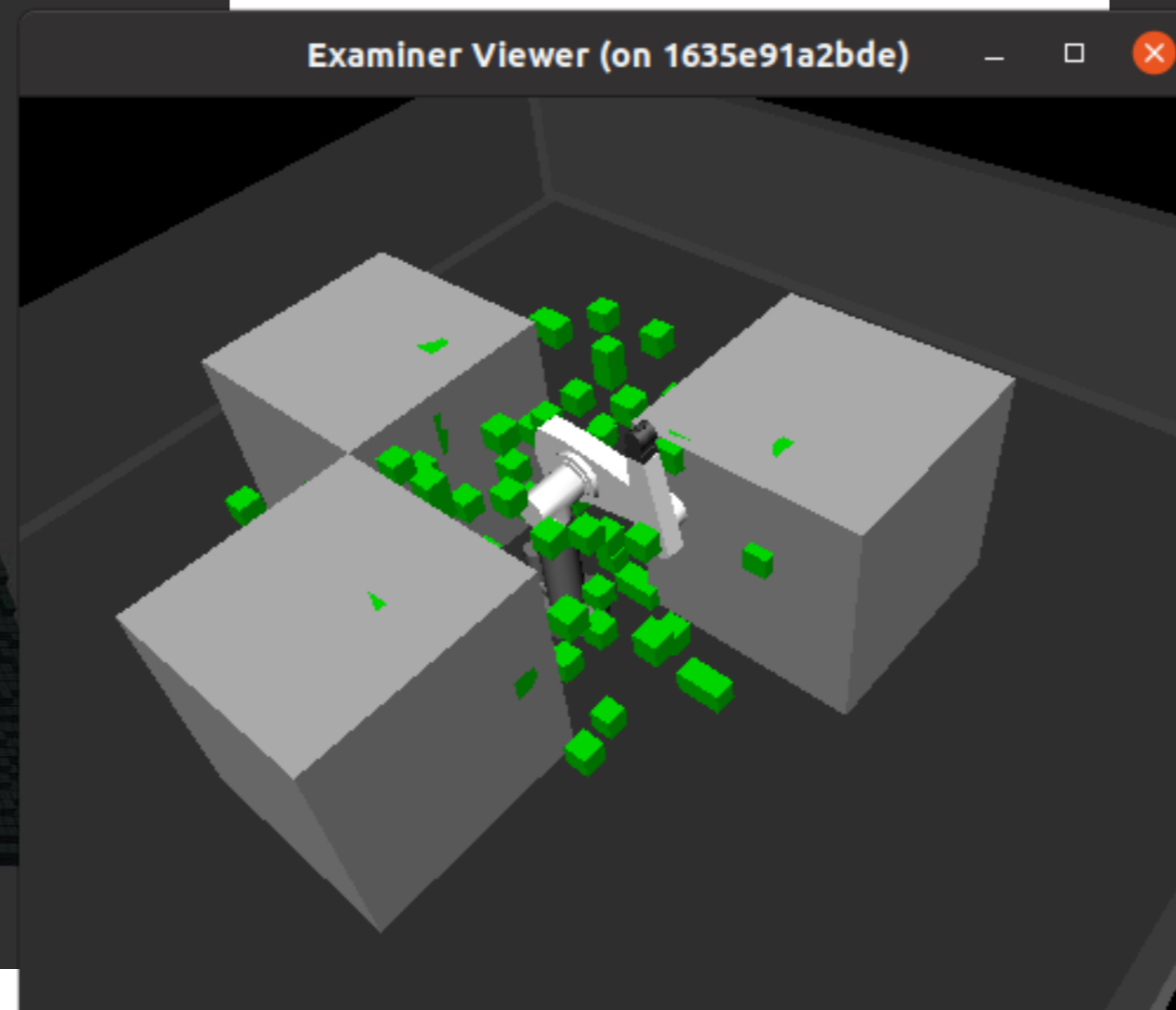
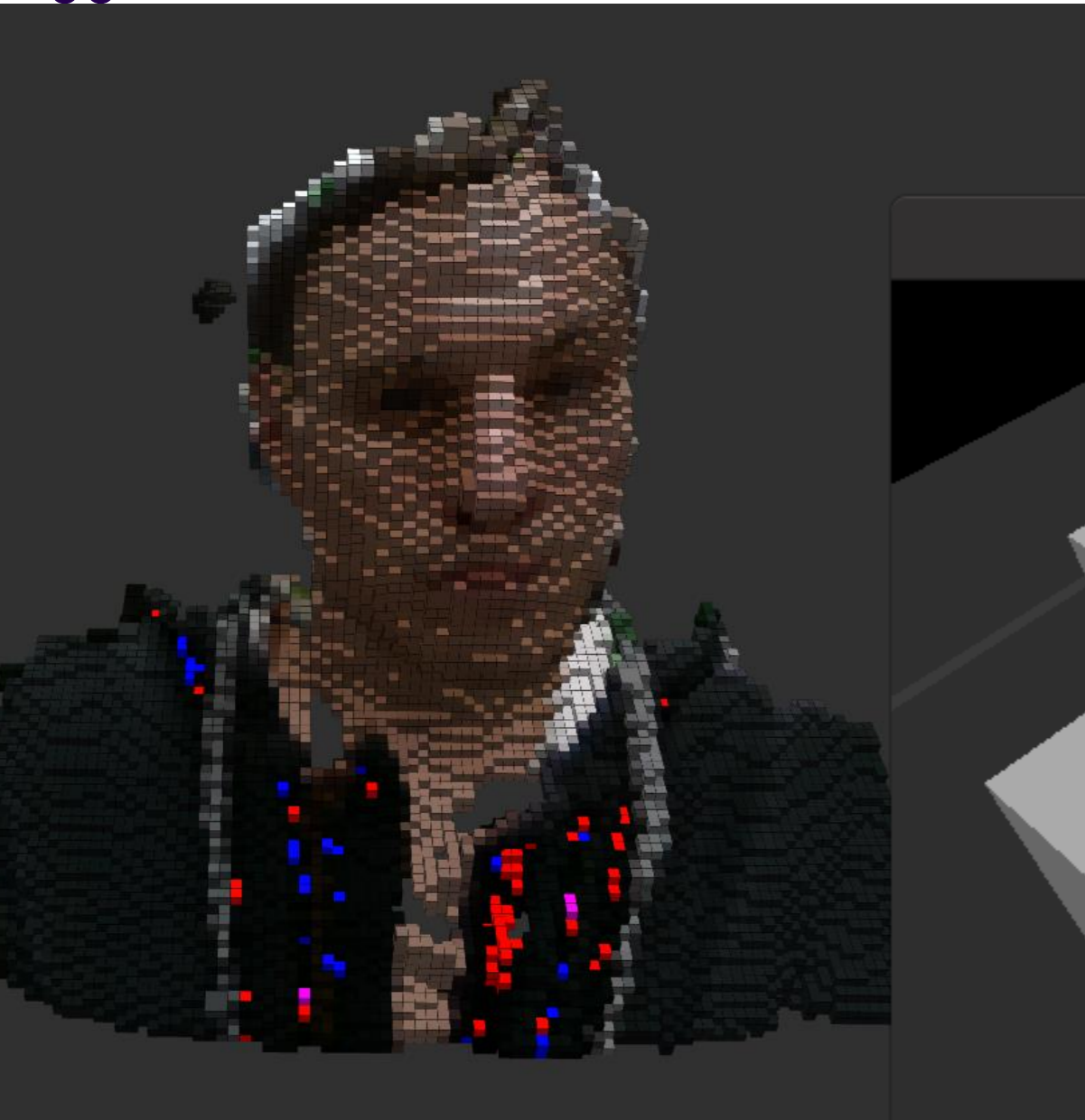
Wireless Industrial Robots Use-Cases

59

- Infrastruktur zur Fusion großer Sensordaten als Grundlage
- Verwenden eines Octomap Servers in der Edge-Cloud
- Verteilte Erfassung von räumlicher Sensorinformation und Streaming der Daten zum Octomap Server
- Streaming der fusionierten Octomap
- Auswerten der Sensordaten in der Edge-Cloud und Triggering von Aktionen über low-latency 5G

Octomaps

60



Aktueller Status 06/2021

- Grundlegender Use-Case auf 4G Basis demonstriert
- Migration auf 5G ist erfolgt
- Skalierbare Octomap-Server Implementierung
- Versuche für high-bandwidth Pointcloud Streaming über gRPC erfolgt
 - Verbesserte Version über QUIC/UDP in Arbeit

Nächste Schritte (2021/2022)

Untersuchung zu niedrigen Latenzen

Erweiterung der 5G Installation zur Unterstützung niedriger Latenzen

Sicherheitsgerichtete Verarbeitung der globalen Octomap

Tests zu Notstopp-Möglichkeiten über 5G

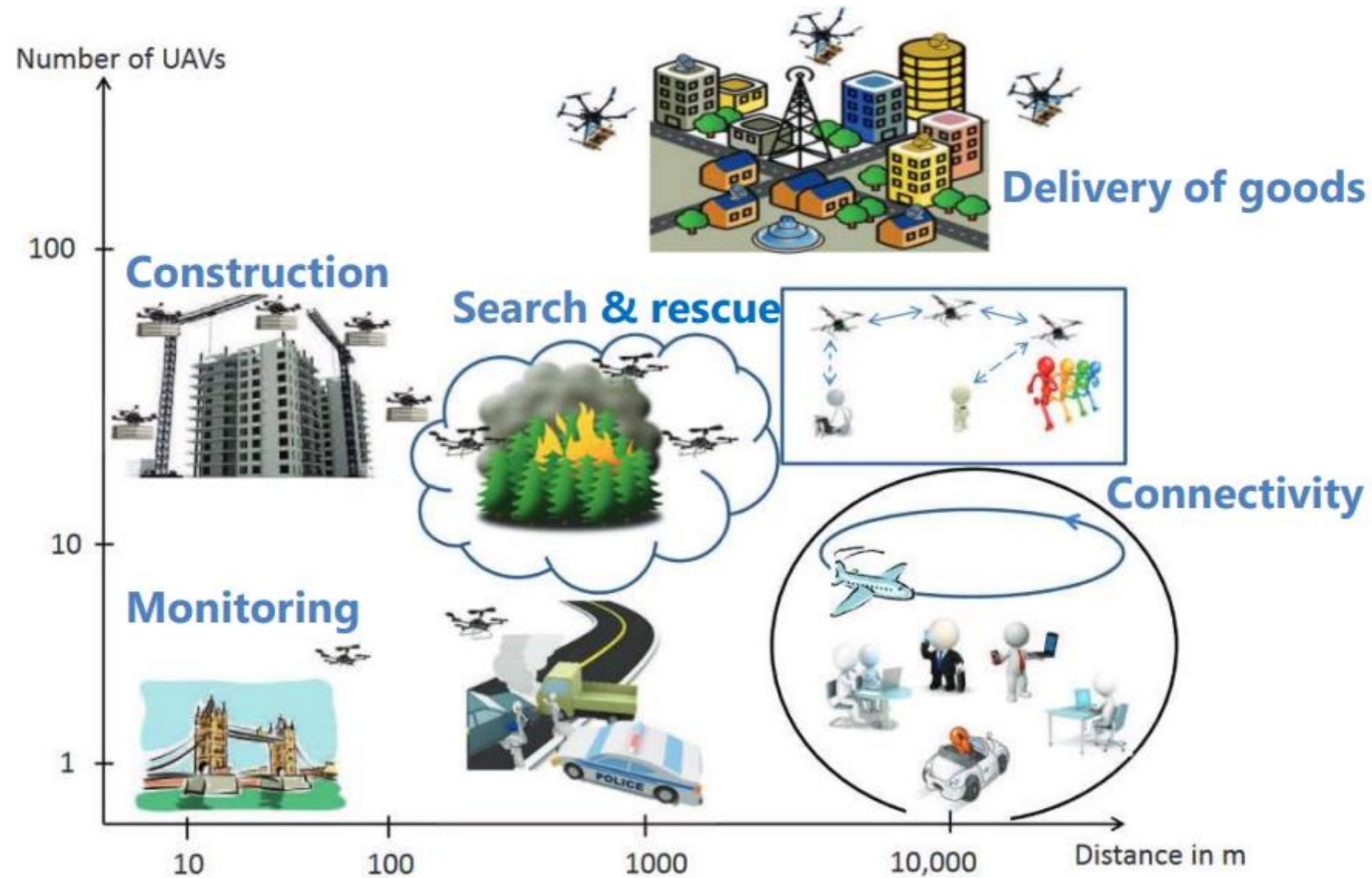
Experimentelle Regelung eines Industrieroboters über 5G

Hybride Szenarios mit hohen Bandbreiten für manche Devices und niedrigen Latenzen für andere

Use Case: Communication in Swarms

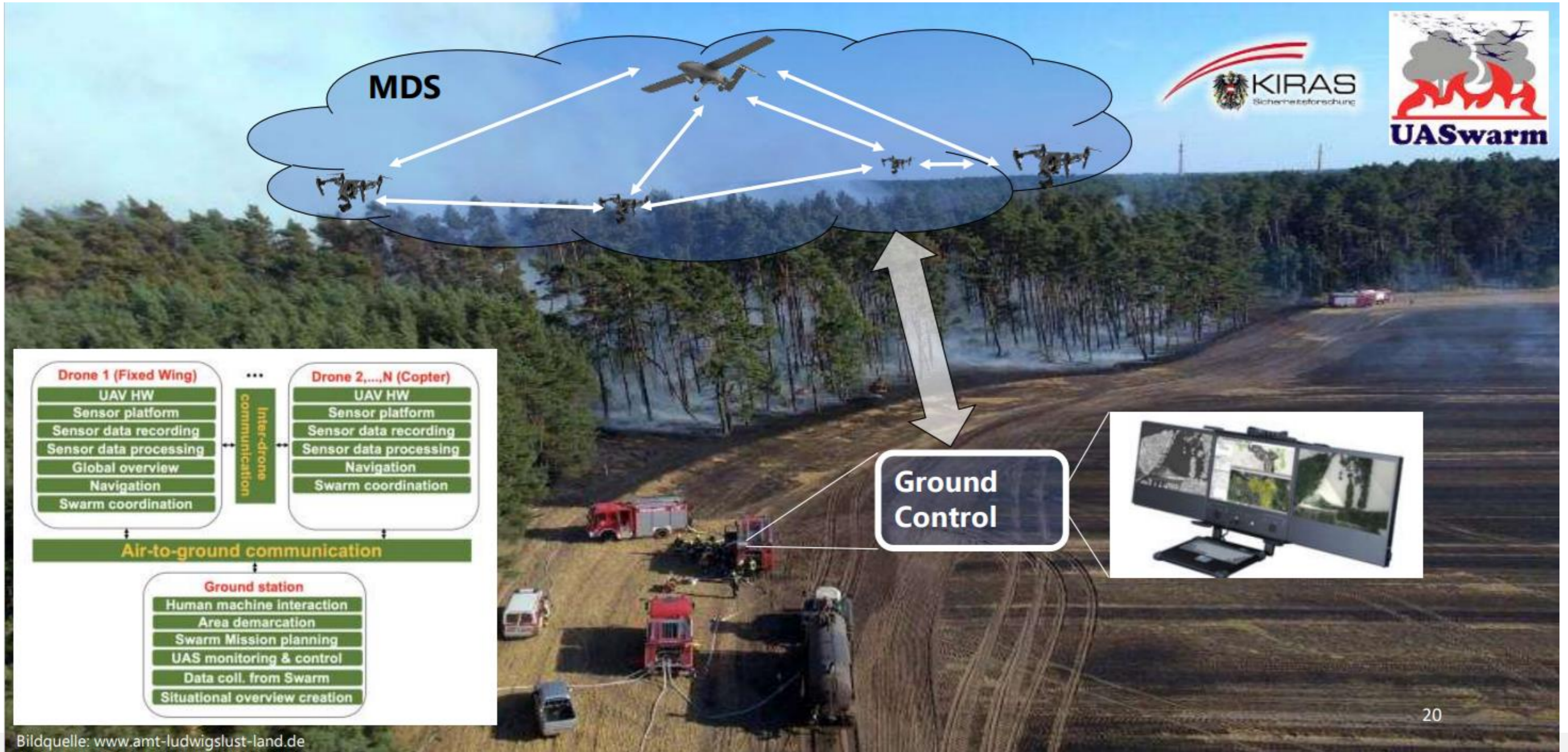
DI Dr. Christian Raffelsberger
Lakeside Labs GmbH

Anwendungsgebiete von Drohnen(-schwärmen)



Hayat. et al. "Survey on Unmanned Aerial Vehicle Networks for Civil Applications: A Communications Viewpoint", IEEE Communications Surveys and Tutorials, 2016.

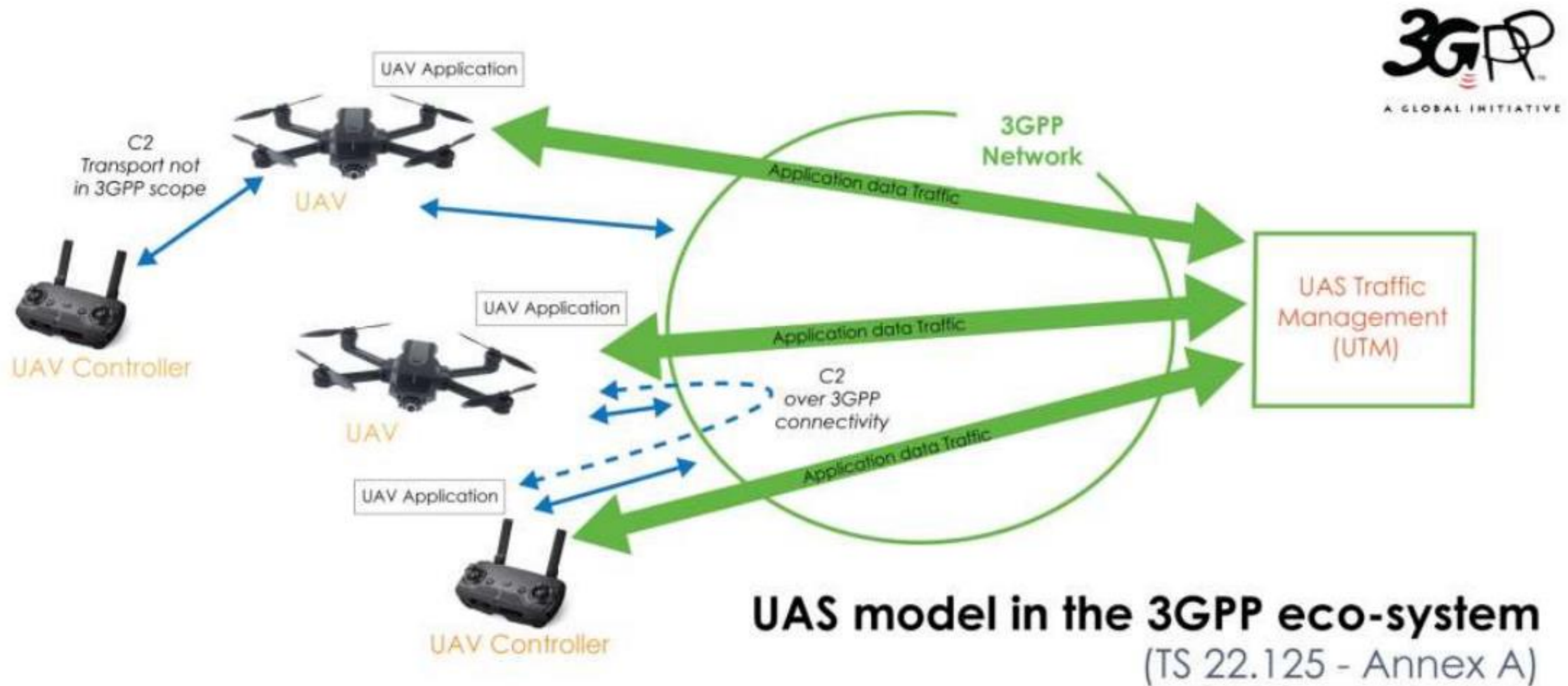
Anwendungsbeispiel



Bildquelle: www.amt-ludwigslust-land.de

20

Kommunikationsanforderungen



Nutzung von Mobilfunktechnologien

- + hohe räumliche Abdeckung
- + Skalierbarkeit
- + Sicherheit und Zuverlässigkeit
- Datenraten im Uplink
- Interferenzen
- Antennenausrichtung

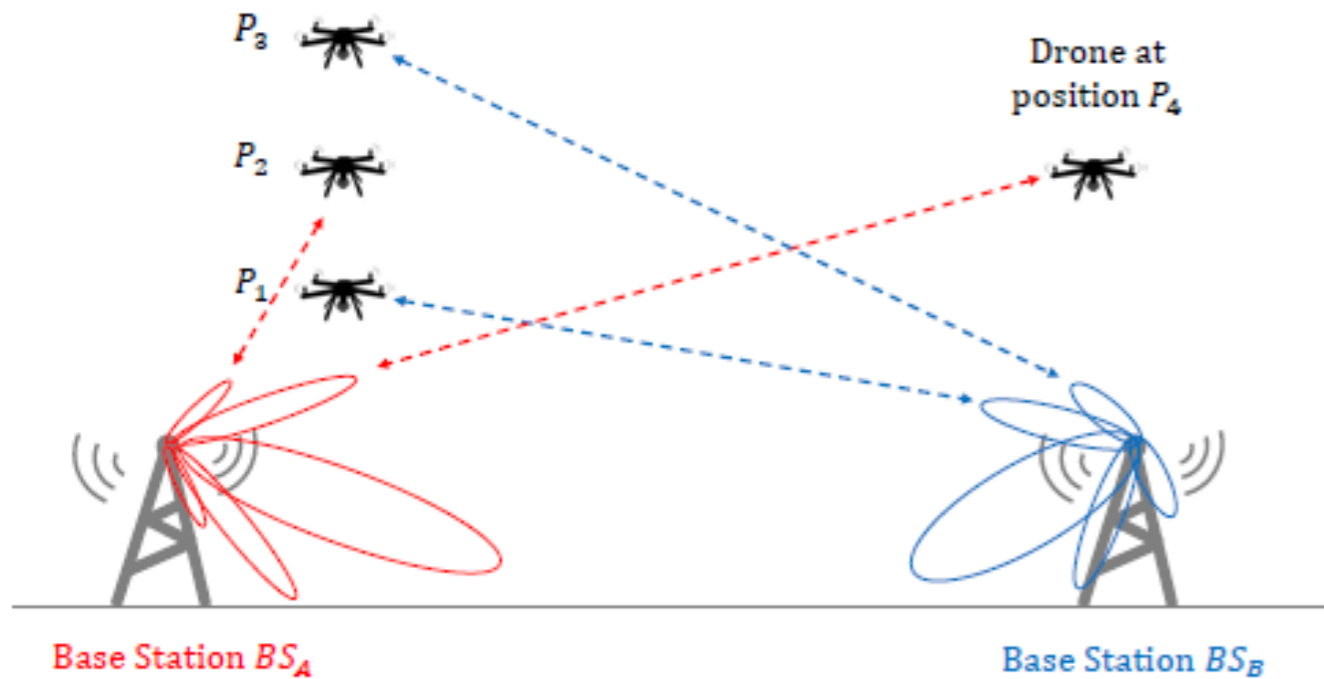


Cellular Drone Measurement Tool

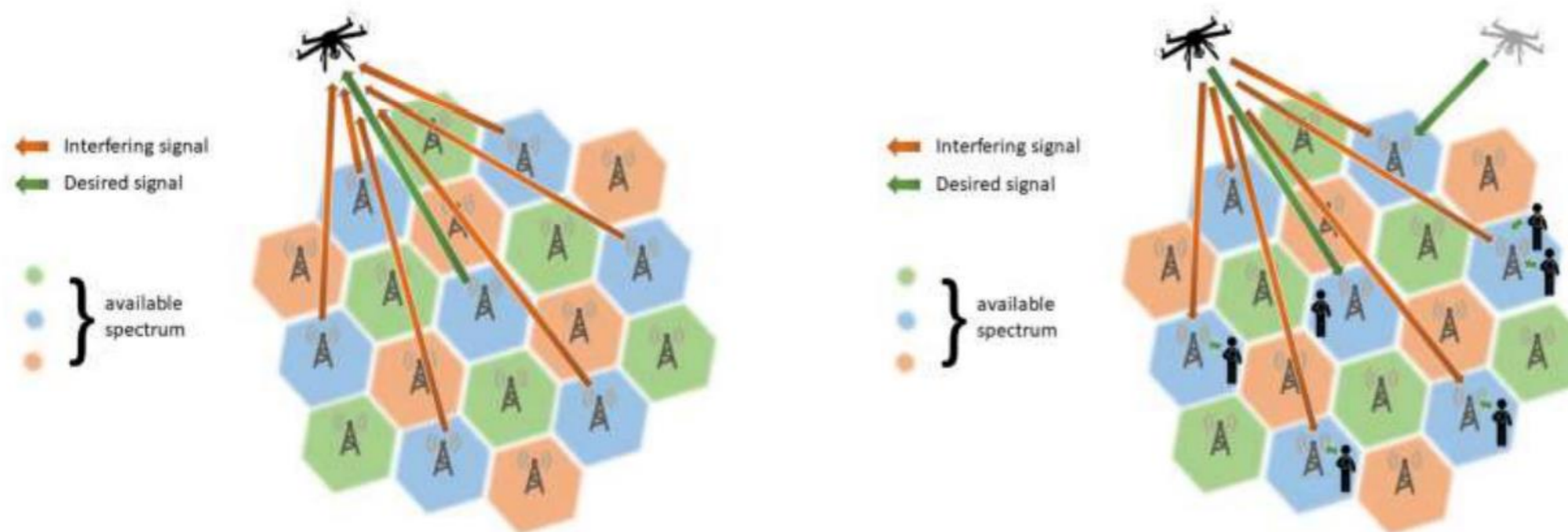
- Signalstärke/Interferenz
- Nachbarzellen
- Datenrate und Latenz
- GPS Position



Handover und Interferenz Problematik



Antennenausrichtung und Hauptkeule zum Boden, **häufige Wechsel der Zelle** durch Nebenkeulen



Je nach Flughöhe Sichtverbindungen zu weit entfernten Basisstationen, verursacht **erhöhte Interferenz** in Zellen mit gleicher Frequenznutzung

Arbeiten im 5G Playground

Vergleich von LTE/5G und WiFi

Luft \leftrightarrow Luft

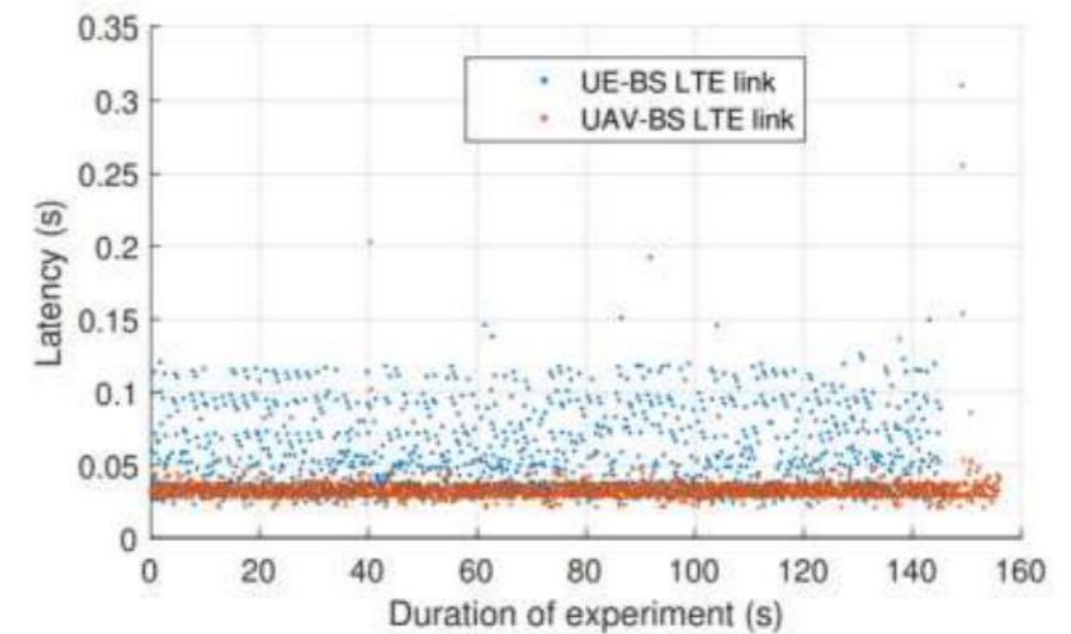
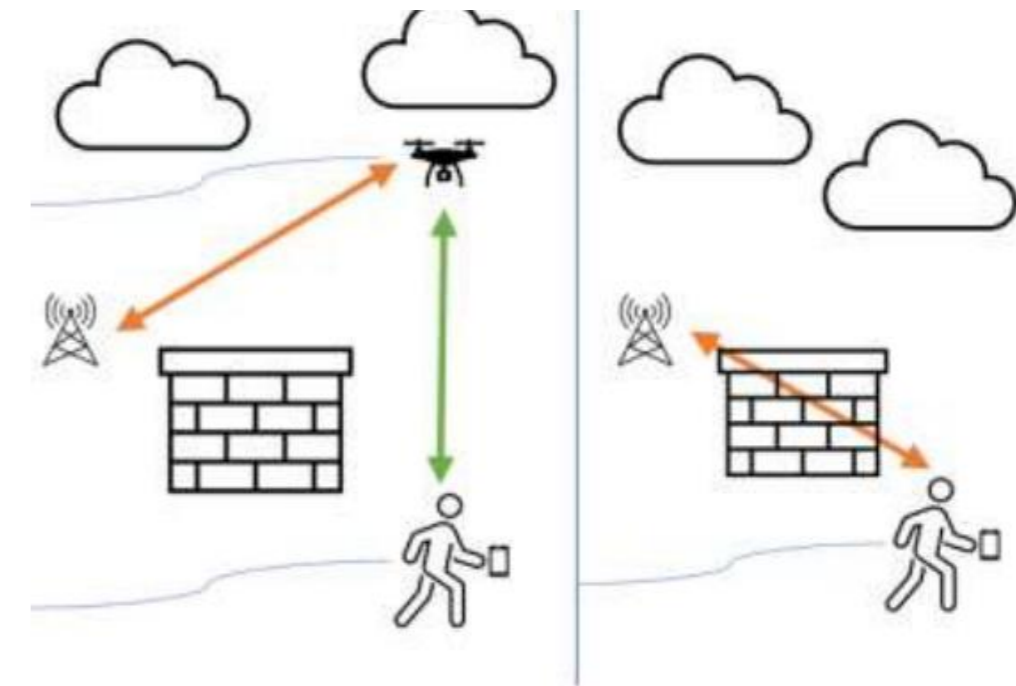
Boden \leftrightarrow Luft



Arbeiten im 5G Playground

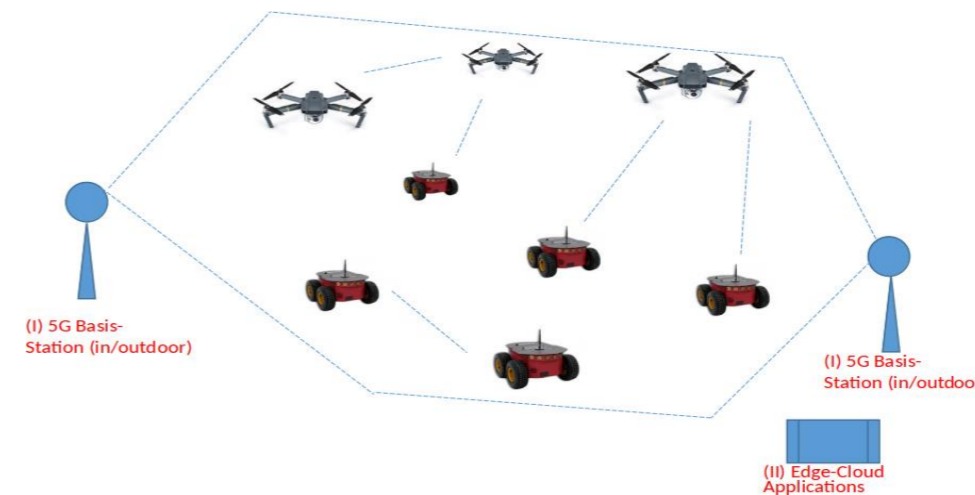
Drohne als Relay

Verbesserung von Konnektivität und Latenz



Lessons Learnt

- Drohnenanwendungen haben spezielle Herausforderungen an Mobilfunk → Handover/Interferenz
- Fokus auf Multi-Drohnen Systeme / Multi-Roboter Systeme → Uplink und D2D-Kommunikation
- Kombination mit anderen Drahtlos-Technologien sinnvoll





Diskussion und Fragen an die Use Cases



Abschlussdiskussion

5G und Anwendungsbeispiele am 5G Playground

Claudia Prügler, Christian Raffelsberger
(Lakeside Labs)

Hermann Hellwagner
(AAU Klagenfurt)

Martina Eckerstorfer
(BABEG)

Helmut Wöllik, Christoph Uran
(FH Kärnten)

Bernhard Dieber
(Joanneum Research)



Der DIH SÜD wird gefördert von:

