

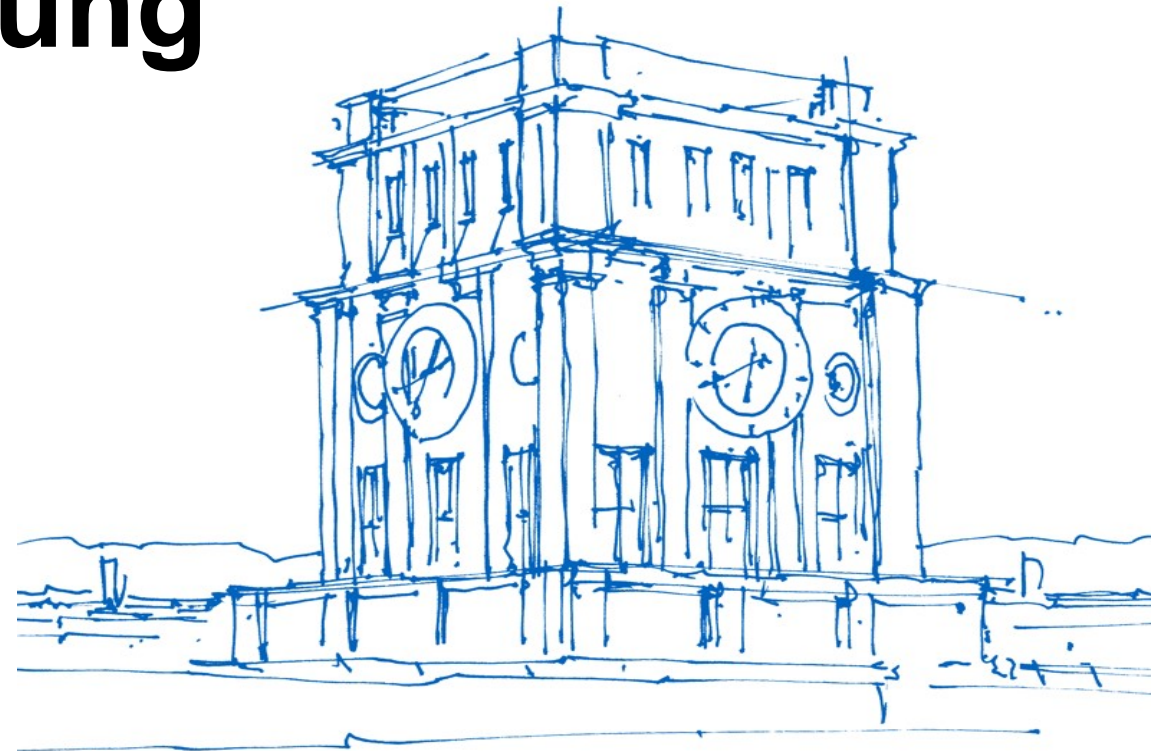
Möglichkeiten und Herausforderungen von 5G – eine Einführung

Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Kellerer
Technische Universität München
Lehrstuhl für Kommunikationsnetze

19. November, 2019

Münchner Kreis Konferenz

“5G: Visionen und Realitäten“



Uhrenturm der TUM

5G eine (besondere?) neue Generation Mobilkommunikation



- bisher etwa alle 10 Jahre eine neue Generation

2G: GSM/GPRS Mobile Telefonie

4G: LTE Datenkommunikation (Apps für Nutzer)

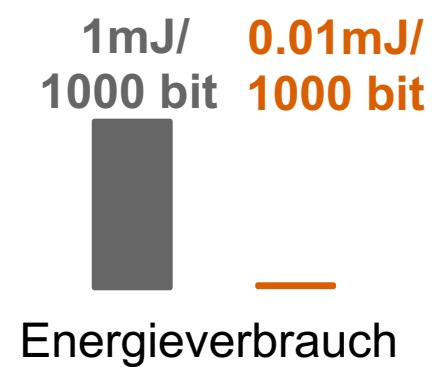
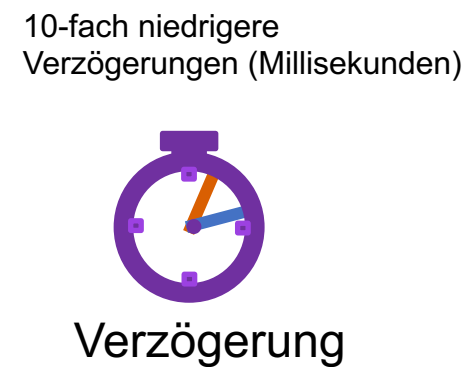
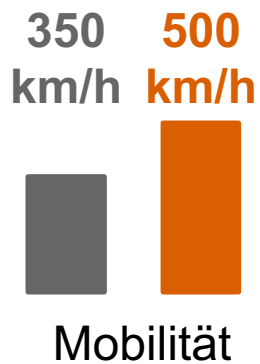
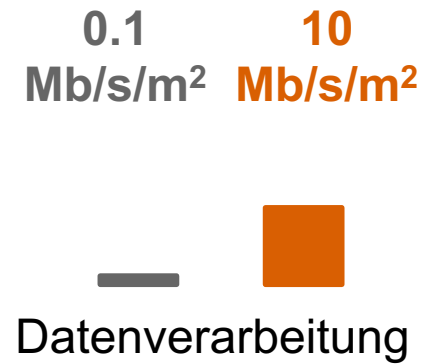
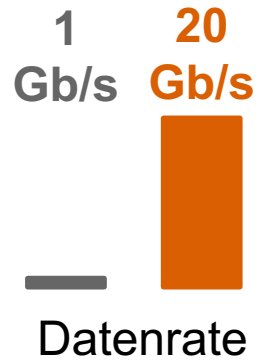
3G: UMTS Mobile Telefonie + ein wenig Daten

5G: + Maschinen kommunizieren



Was ist neu? - Systemparameter von 5G im Vergleich zu 4G

4G – 5G Vergleich



5G Anwendungsfelder der NGMN

DL: 50 Mbps
UL: 25 Mbps
Latency: 10 ms

DL/UL: low
~ 1 – 100 kbps
Latency: 1 sec – 1 h

Breitbandzugang
bei hoher Teil-
nehmerdichte

**HD Video
Sharing**

DL: 1 Gbps
UL: 500 Mbps
Latency: 10 ms

Breitbandzugang
überall

**> 50 Mbit/s
flächen-
deckend**

Hohe
Teilnehmer-
mobilität

**Hochgeschwin-
digkeitszüge**

Massives
Internet
der Dinge

**Sensor- und
Aktuatornetze**

➤ **Sehr diverse teilweise sich widersprechende Anforderungen für dasselbe 5G Netz!**

Extreme
Realzeit-
kommunikation

**Taktiler
Internet**

Lifeline
Kommunikation

**Katastrophen-
einsatz**

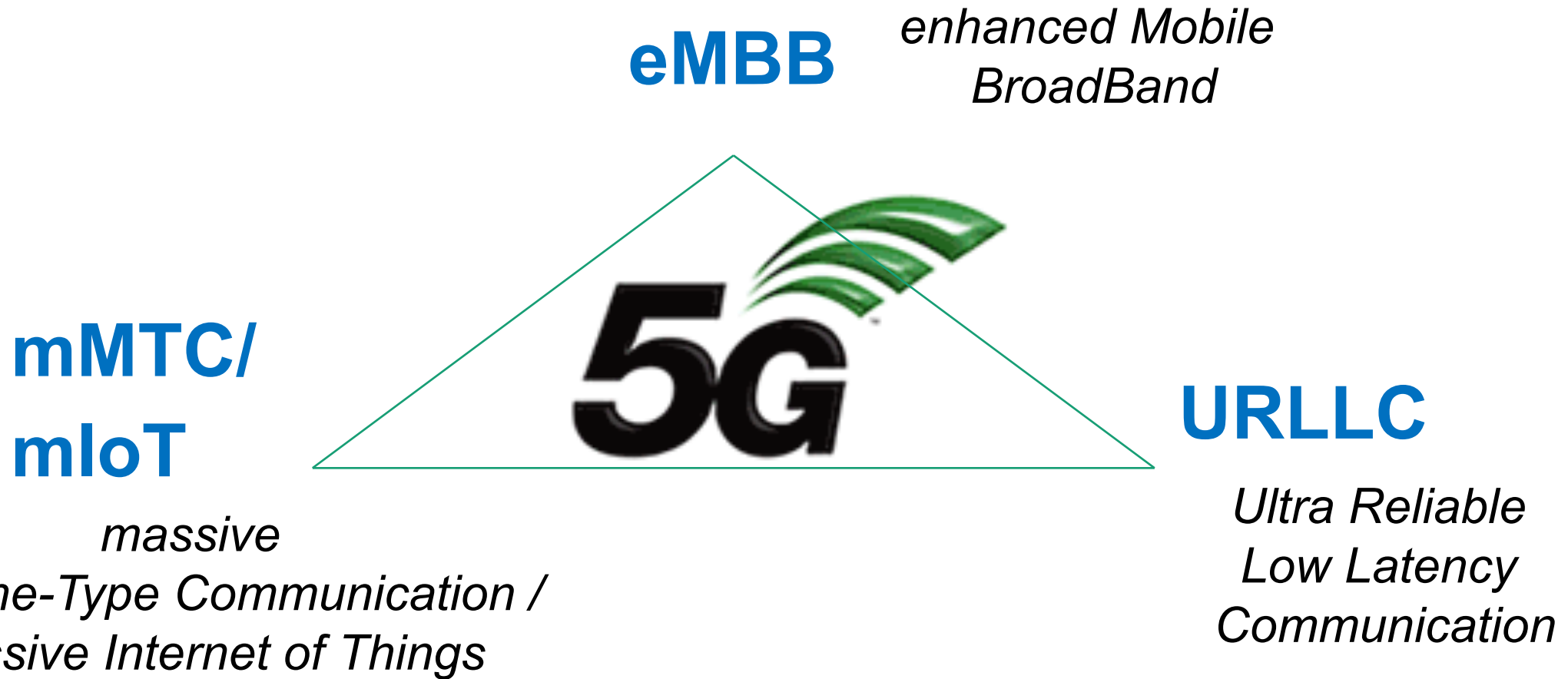
Hoch
ausfallsichere
Kommunikation

Telemedizin

Broadcast-
ähnliche
Dienste

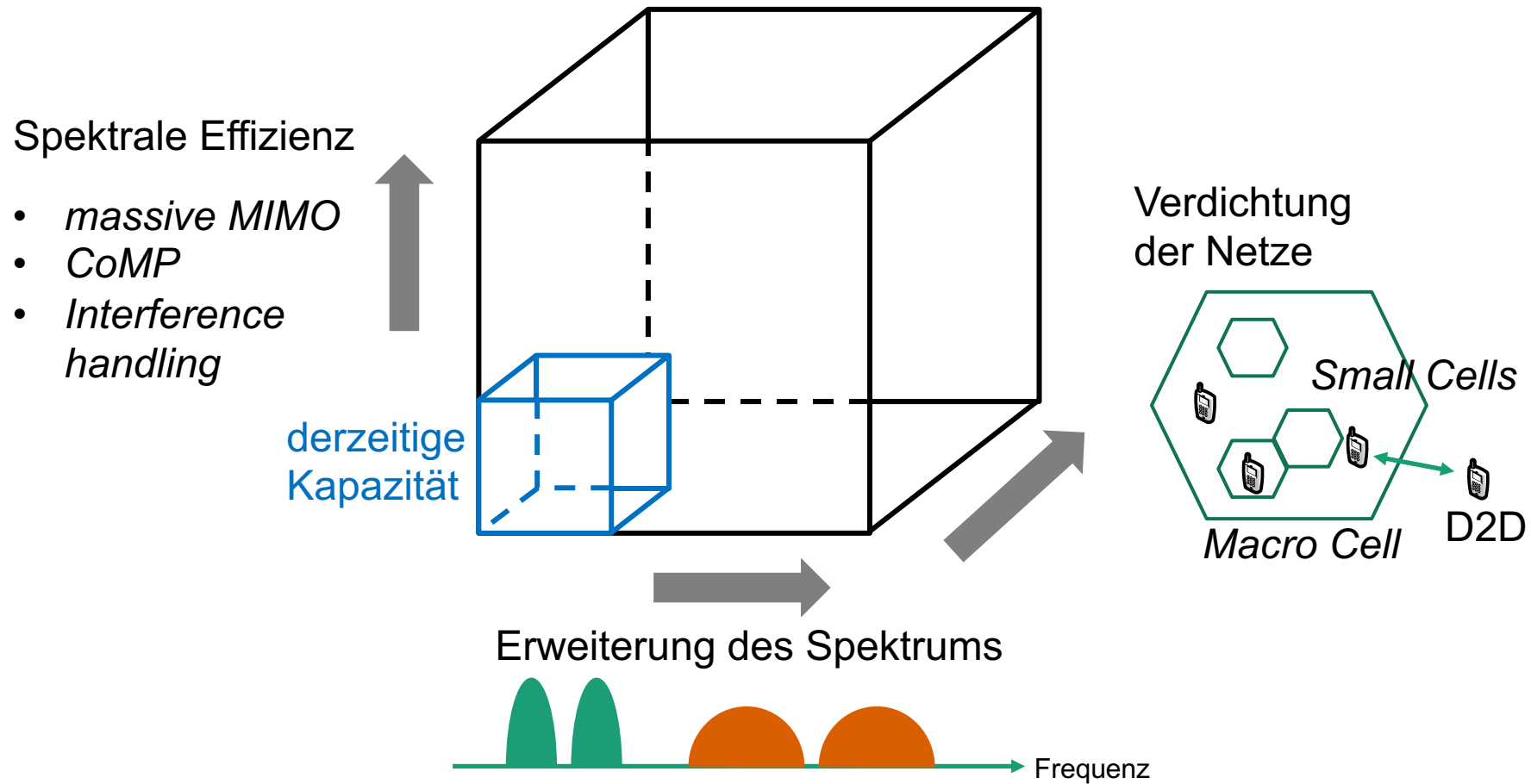
**Rundfunk-
dienste**

DL: 200 Mbps
UL: 500 kbps
Latency: < 100 ms



Für 5G benötigte Leistungsfähigkeit: Funknetz

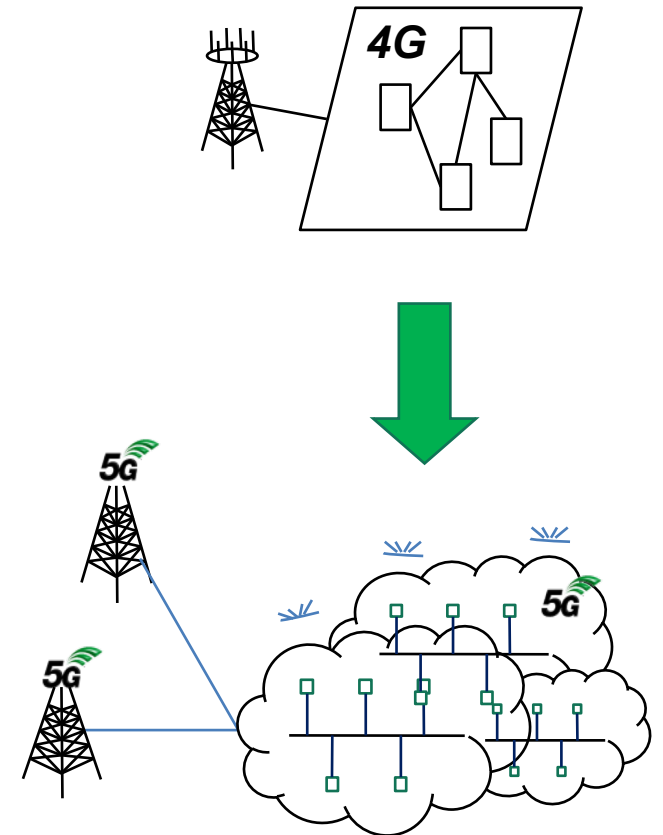
(Radio Access Network, RAN)



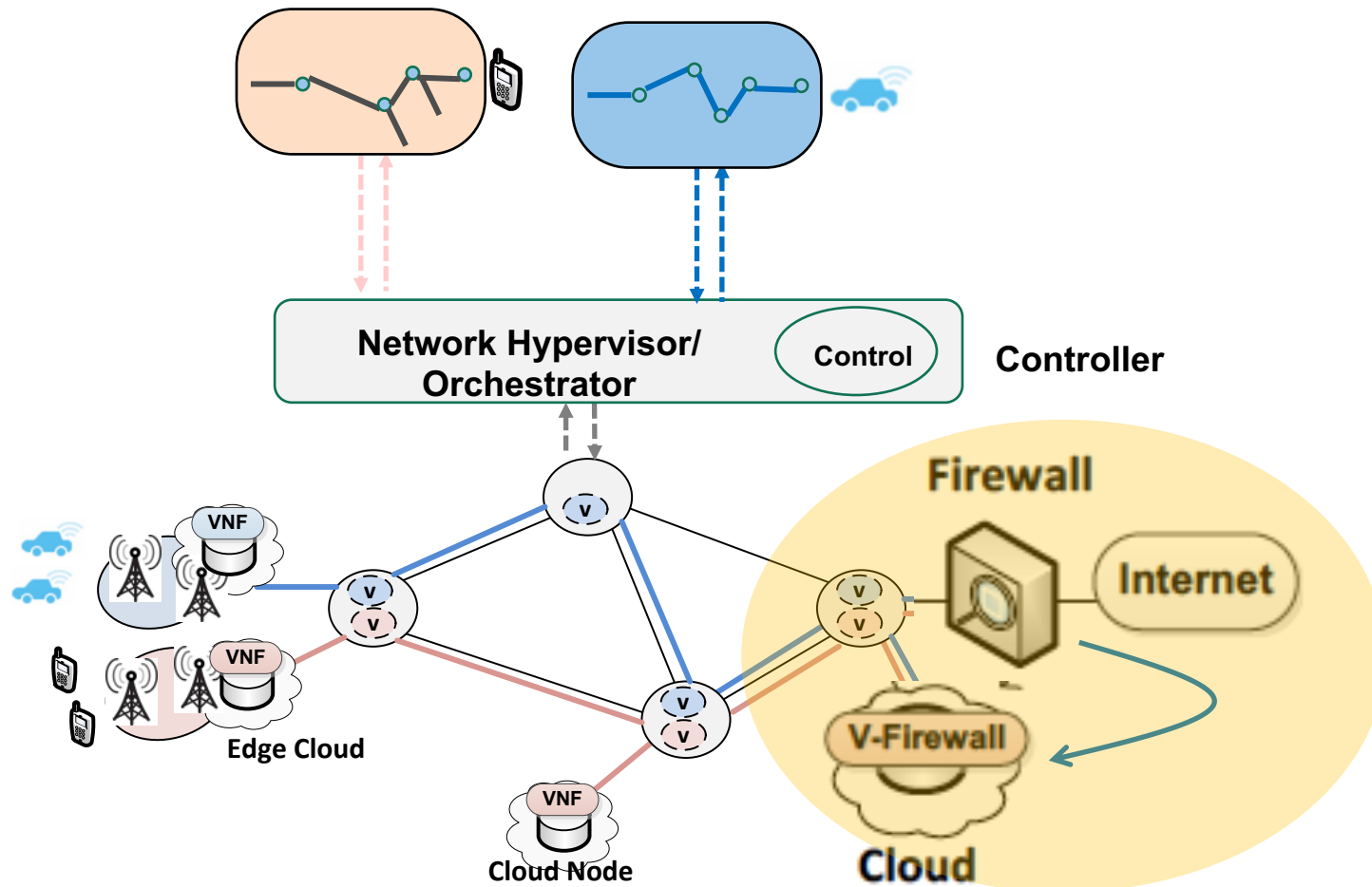
Für 5G benötigte Leistungsfähigkeit: Festnetz

(Core Network, CN)

- Sogenannte „Software and service centric transformation“
(gilt teilw. auch fürs RAN)
- Flexible Unterstützung unterschiedlicher Stakeholder
- On-demand Ressourcen (vs. statische Planung)
- Orchestrierung und Virtualisierung:
Entkopplung der logischen Funktionen von der Hardware
- Slicing: massgeschneiderte logische Ende-zu-Ende Netze
- Edge Computing: Ressourcen dort, wo sie benötigt werden

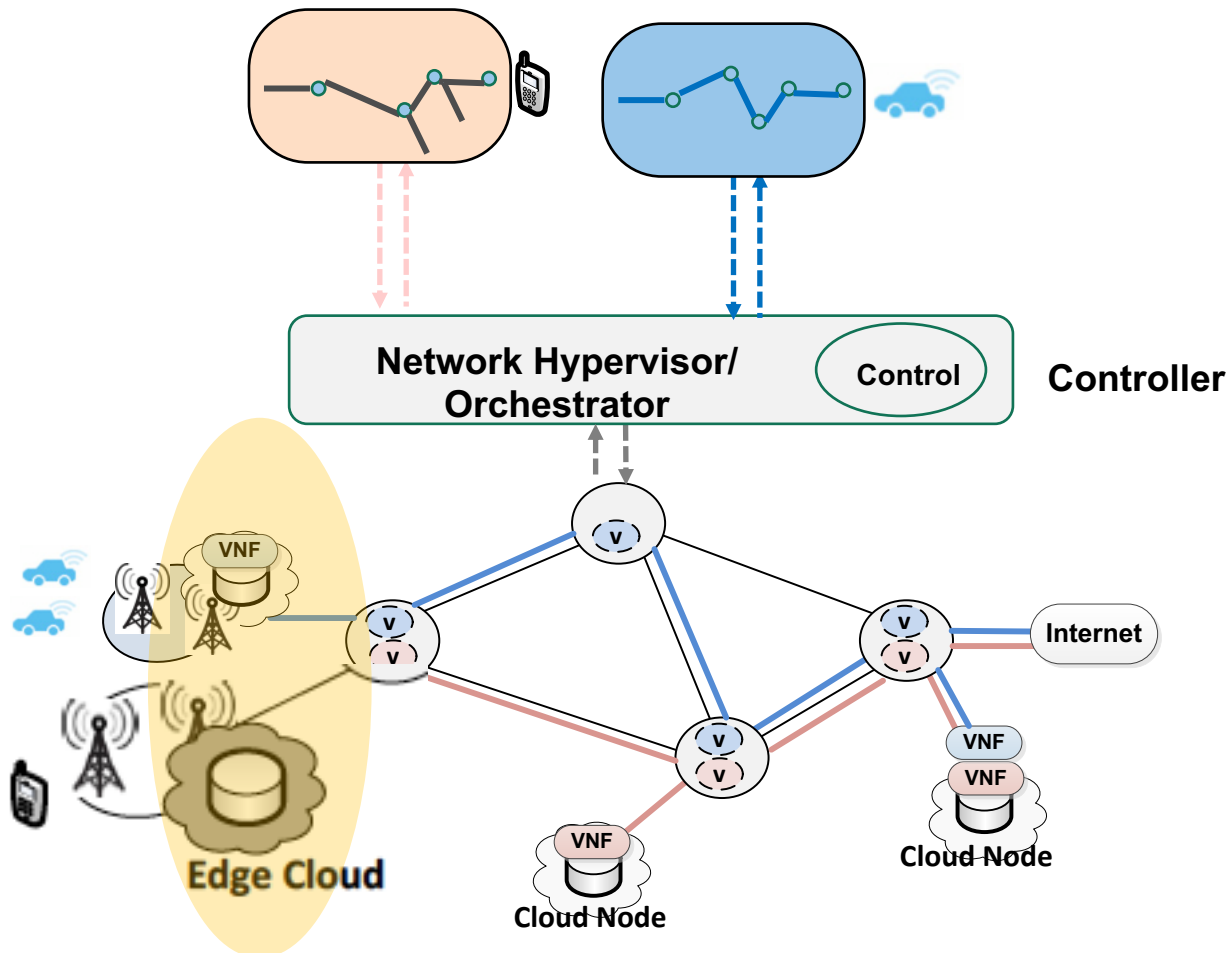


Konzepte für 5G: Network Function Virtualization (NFV)



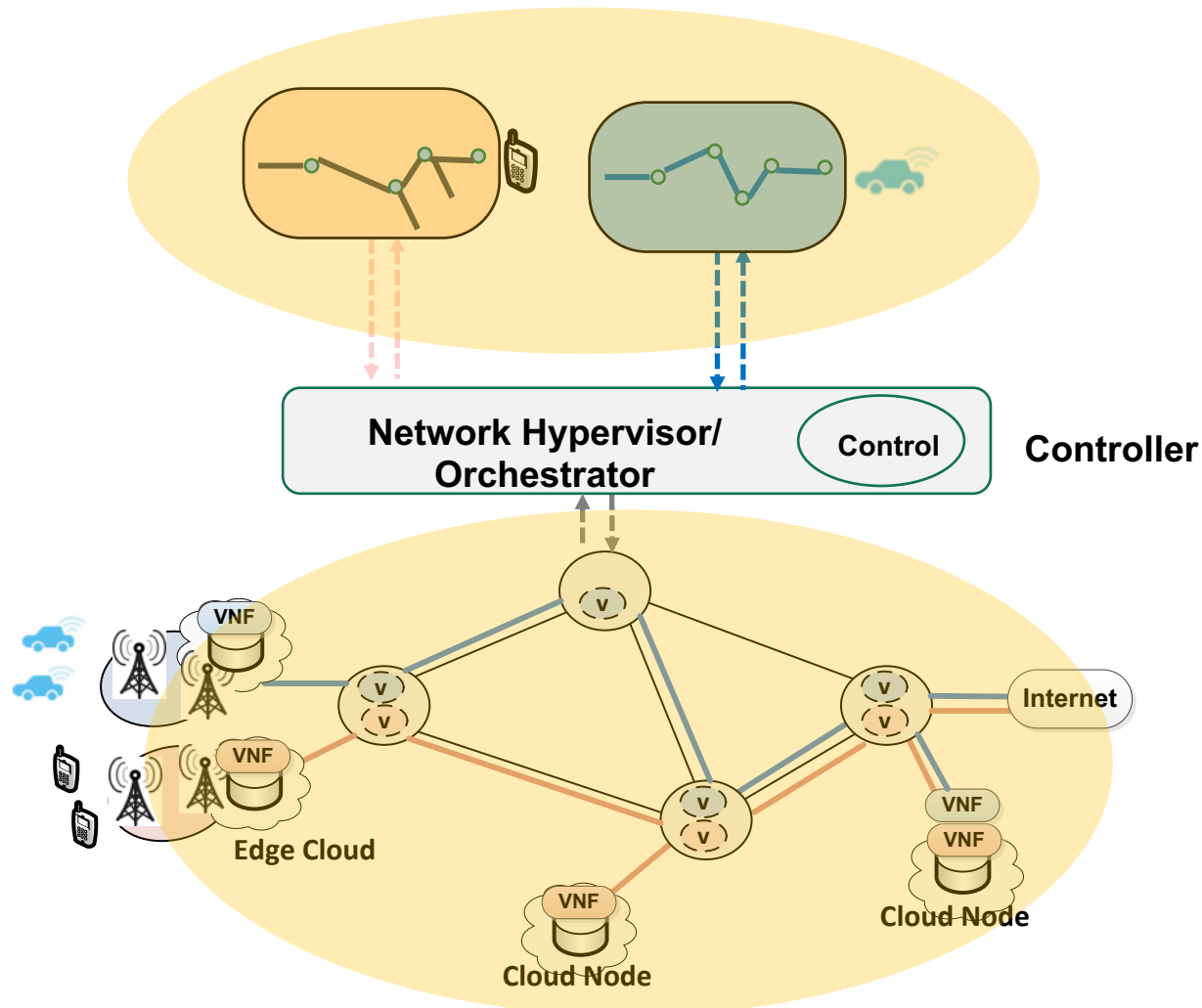
- Netzfunktionen → Auslagerung in Cloud
- *Virtual Network Functions* (VNF): Firewall, Caching,...
- Kosteneinsparung durch Virtualisierung (Skalierung)
- Flexible Zuordnung

Kombinierte Konzepte für 5G: **Edge Clouds**



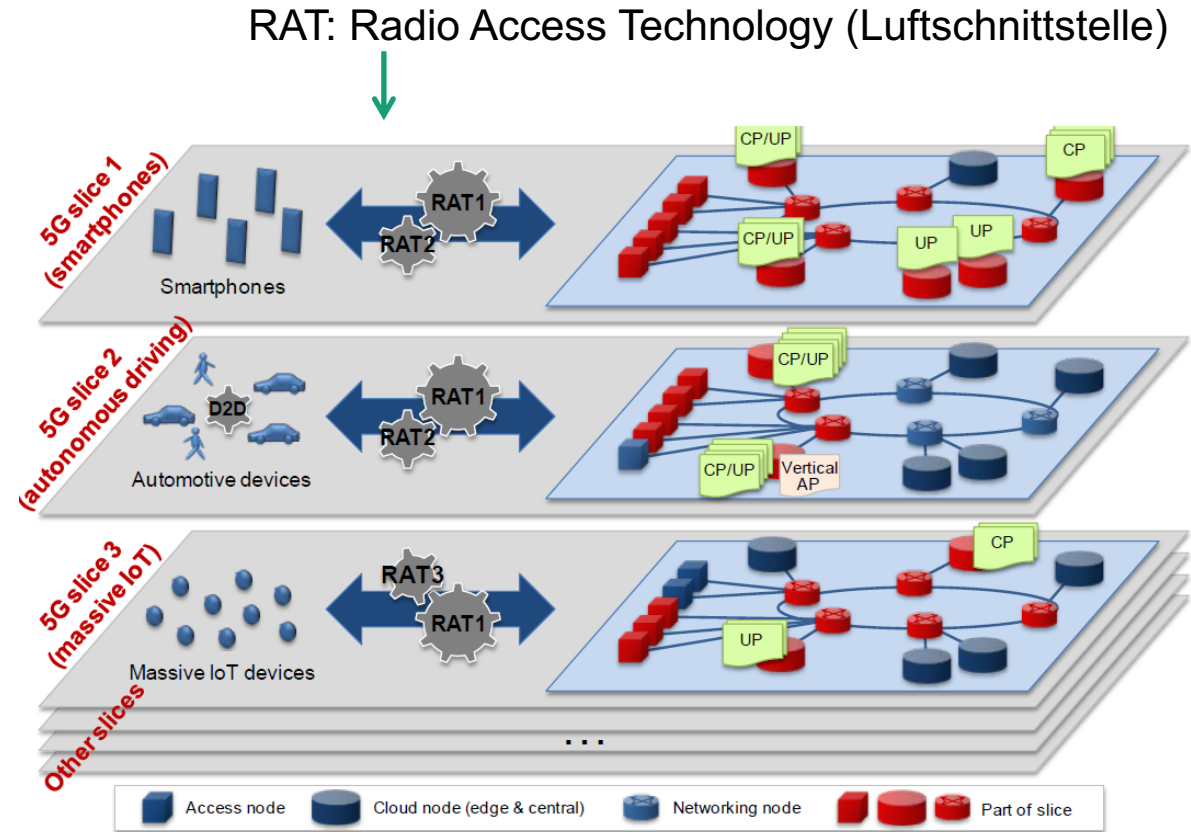
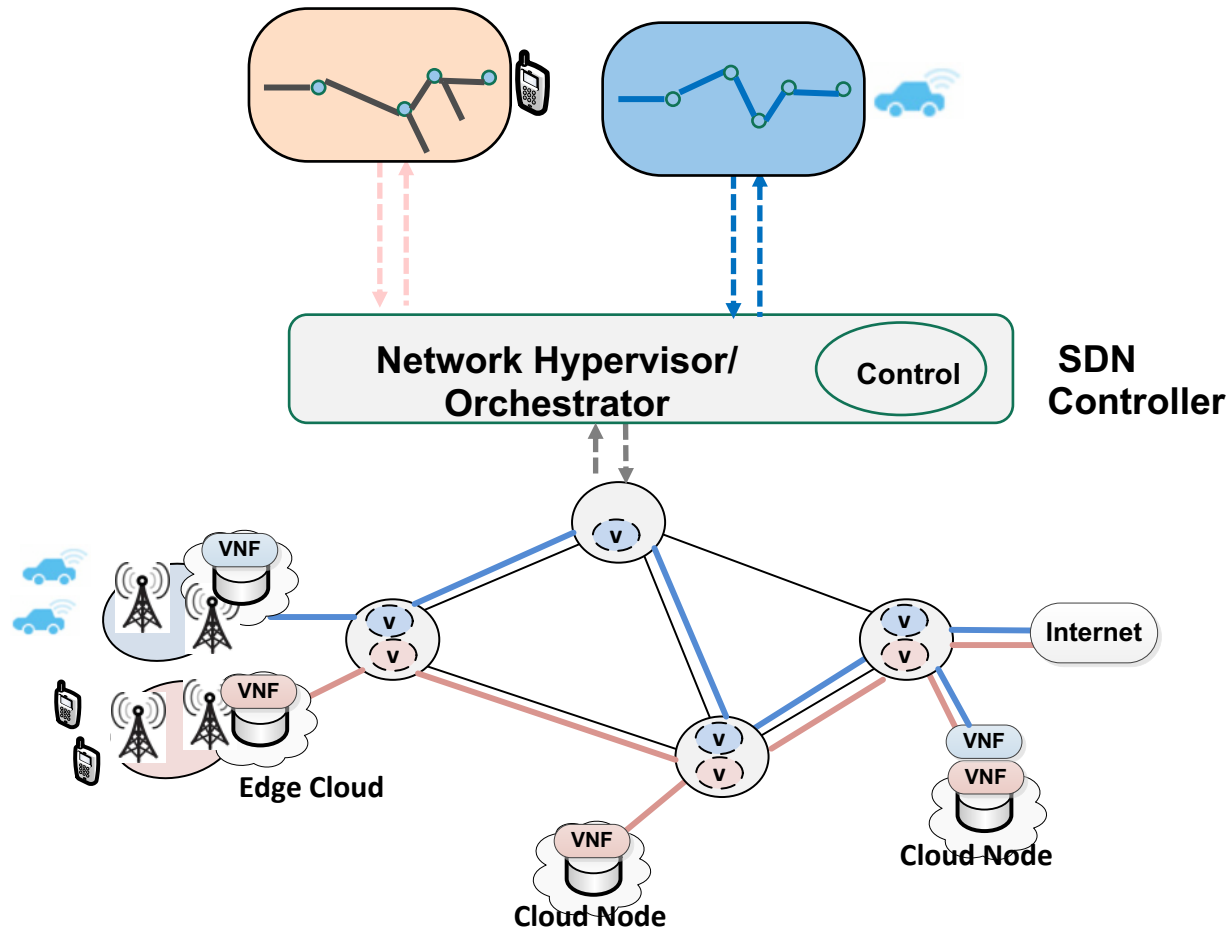
- Flexible Platzierung von Funktionen im Netz nahe an den Endgeräten, z.B. Basisstation
- Geringere Verzögerungen
- Lokale Dienste: Datenanalyse, Steuerung, Datenverarbeitung (Video)

Kombinierte Konzepte für 5G: **Network Slicing**



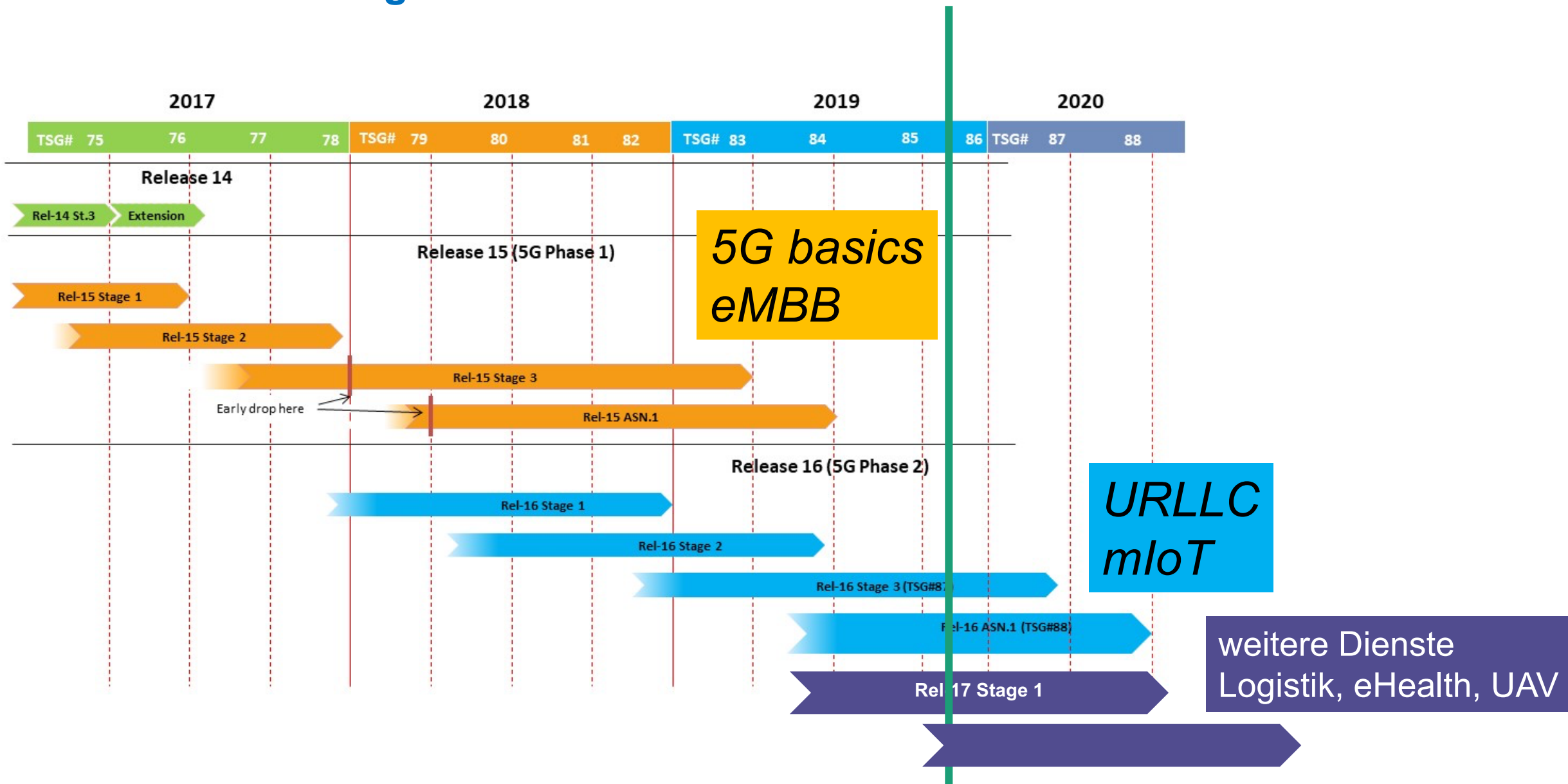
- Virtuelle, logische Netze im selben physikalischen Netz
- Unterschiedliche Betreiber

Kombinierte Konzepte → 5G Architektur



Quelle: 5G Initiative Team, NGMN 5G White Paper, 2015, <https://www.ngmn.org/uploads/media/NGMN-5G-White-Paper-V1-0.pdf>

5G Standardisierung



Deutschland: Frequenzauktion und Frequenzvergabe

- Parallel zum Vergabeverfahren durch Auktion:
 - Antragsverfahren für Frequenzzuteilungen im Bereich 3,7 GHz – 3,8 GHz
 - zur lokalen und regionalen Nutzung
 - Ziel: regionale Netzbetreiber, kleine und mittlere Unternehmen, Start-Ups, Gemeinden und Vertreter der Land- und Forstwirtschaft → Potenzial von 5G nutzen

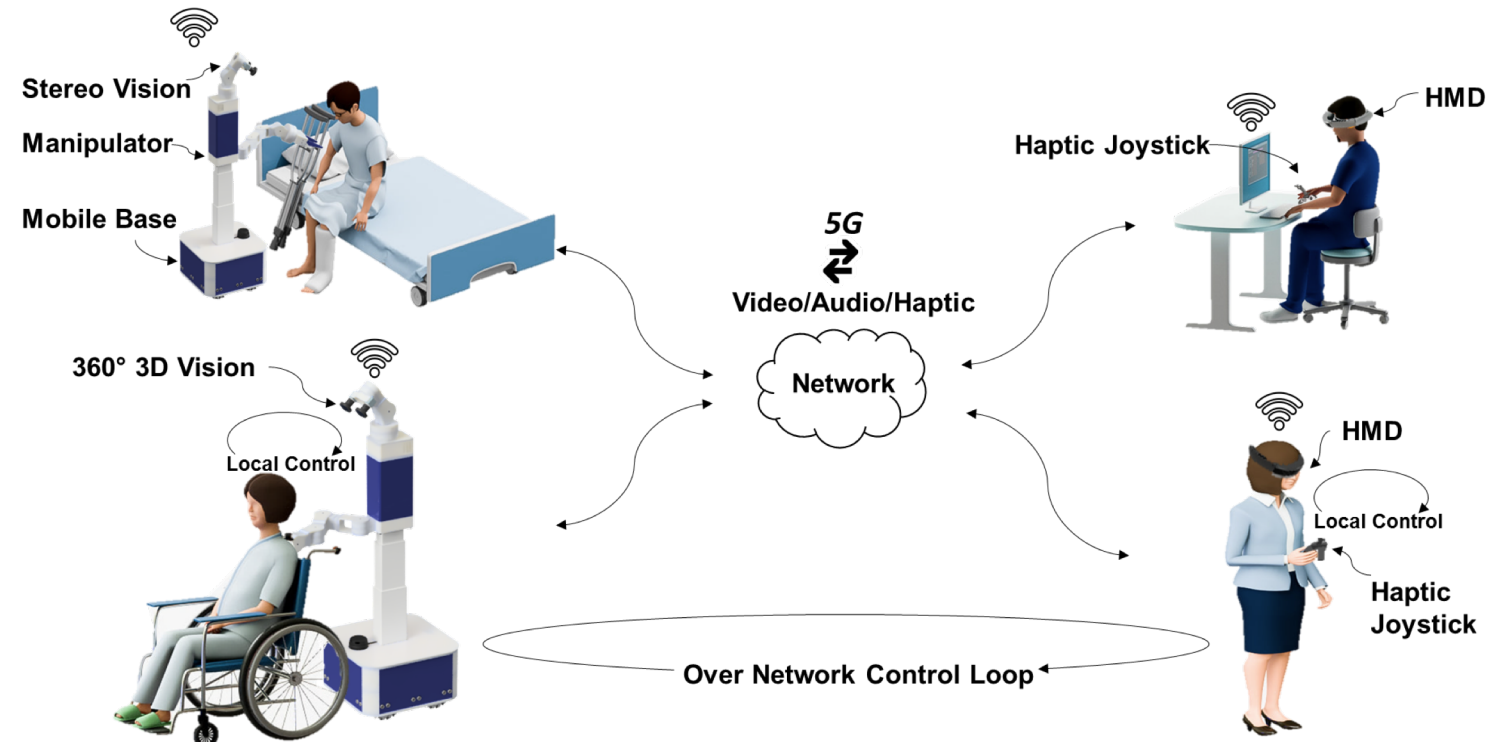


- Stichpunkte „Private 5G Netze“ – „*non public networks*“ – „Campus Networks“

Was machen wir an der TUM? → 5G Research Hub Munich

Ziele

- Aufbau/Erweiterung 5G Plattform
- Grundlagenforschung zu 5G
- Neue Anwendungen
- Möglichkeiten von 5G neuen Anwendern zugänglich machen
- Erste Anwendungsfelder: eHealth, Pflege, Telerehabilitation, Telemedizin



5G Anforderungen: minimale Verzögerung, hohe Ausfallsicherheit, Verarbeitung im Netz, Slicing, hohe Datenraten

www.5G-munich.de

gefördert vom Bayerischen Staatsministerium für Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie an der Technischen Universität München gefördert (Prof. W. Kellerer, Prof. E. Steinbach)

Zusammenfassung

- Hinsichtlich der zu unterstützenden Dienste unterscheidet sich 5G deutlich von der vorangegangenen Generationen
- Hauptmerkmale: Leistungsfähigkeit, Flexibilität, verschiedene Betreiber und Dienste
- Datendienste mit (noch) höheren Datenraten (eMBB)
- Industriekommunikation (Ultra Reliable Low Latency Com.)
- Internet of Things (Massive Machine Type Communication)
- sehr unterschiedliche Anforderungen an die Technik
- sind gleichzeitig in einem physikalischen Netz für unterschiedliche Betreiber zu unterstützen (→ *Slicing*)
- Standardisierung erstreckt sich über mehrere Releases (nur Rel-15 ist fertig)

Quellen

- W. Kellerer: Zukunft der Telekommunikationsnetze im Lichte technologischer Entwicklungen. In: Bernd Holznagel (Hrsg.) 20 Jahre Verantwortung für Netze – Bestandsaufnahme und Perspektiven, Beck Verlag, München, 2018, Seiten 253 – 272.
- A. Blenk, A. Basta, W. Kellerer. HyperFlex: An SDN virtualization architecture with flexible hypervisor function allocation. Integrated Network Management (IM), 2015 IFIP/IEEE International Symposium on. IEEE, 2015.
- HyperFLEX: <https://github.com/tum-lkn/HyperFLEX>
- 5G Research Hub Munich: <https://www.5g-munich.de>