

5G – Möglichkeiten und Herausforderungen, insbesondere für den ländlichen Raum

Sitzung der Breitbandbeauftragten der Kreise in NRW – zusammen mit Mitgliedern des Ausschusses für Wirtschaft und Verkehr (21. Mai 2019)

Prof. Dr. C. Lüders, Prof. Dr. S. Breide, S. Helleberg (M.Eng)

FH Südwestfalen, Breitbandkompetenzzentrum NRW – BBCC.NRW

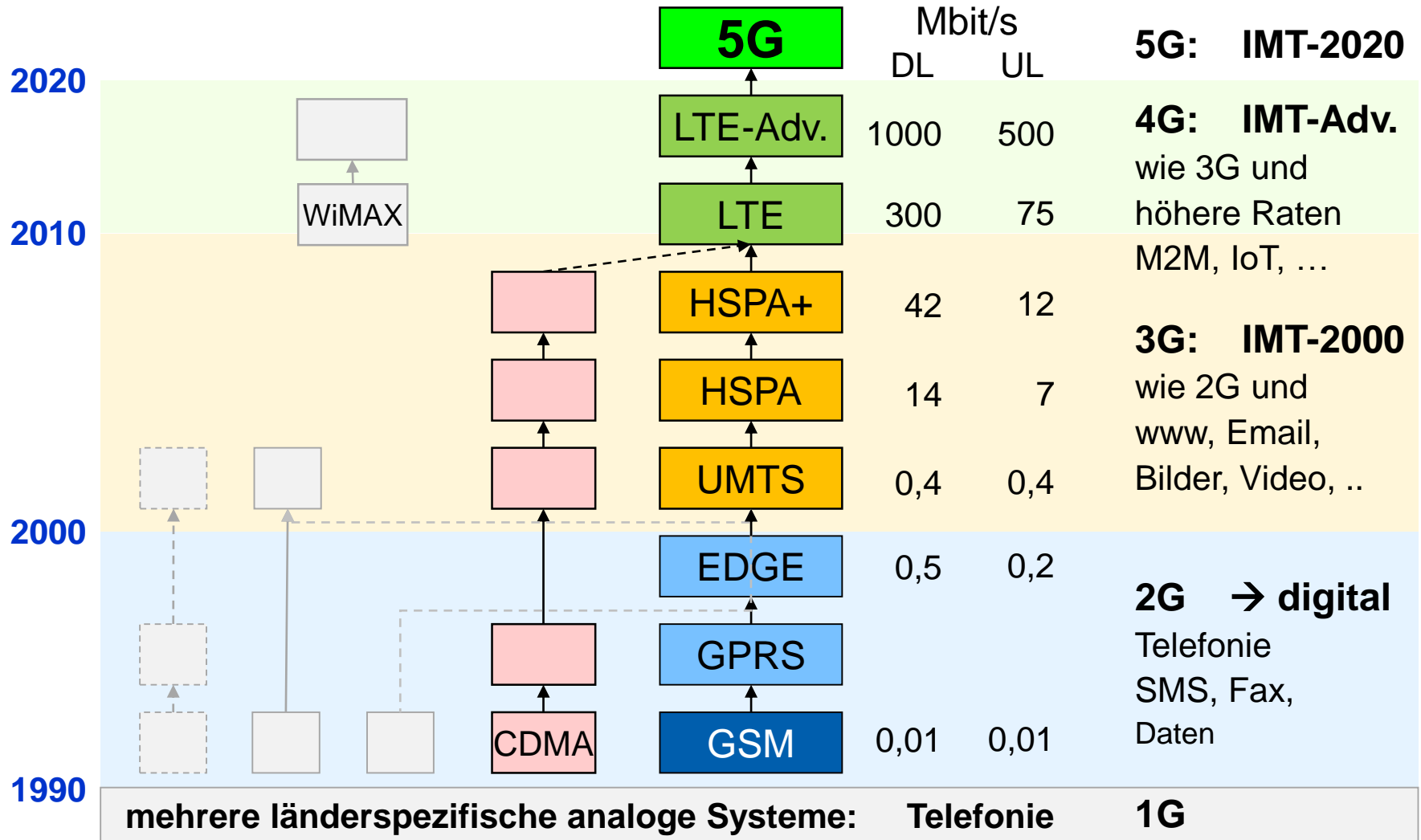
Lindenstr. 53, 59872 Meschede

Email: lueders.christian@fh-swf.de

Inhalt

- Einleitung
- Auf dem Weg zur 5. Generation Mobilfunk
- 5G – Besonderheiten und Anwendungen
- Frequenzbänder im Mobilfunk
- Derzeitige LTE-Versorgung und Migration zu 5G
- Zusammenfassung und Fazit

Generationen von Mobilfunksystemen



Globale Mobilfunk-Standards

globale Steuerung des Prozesses:

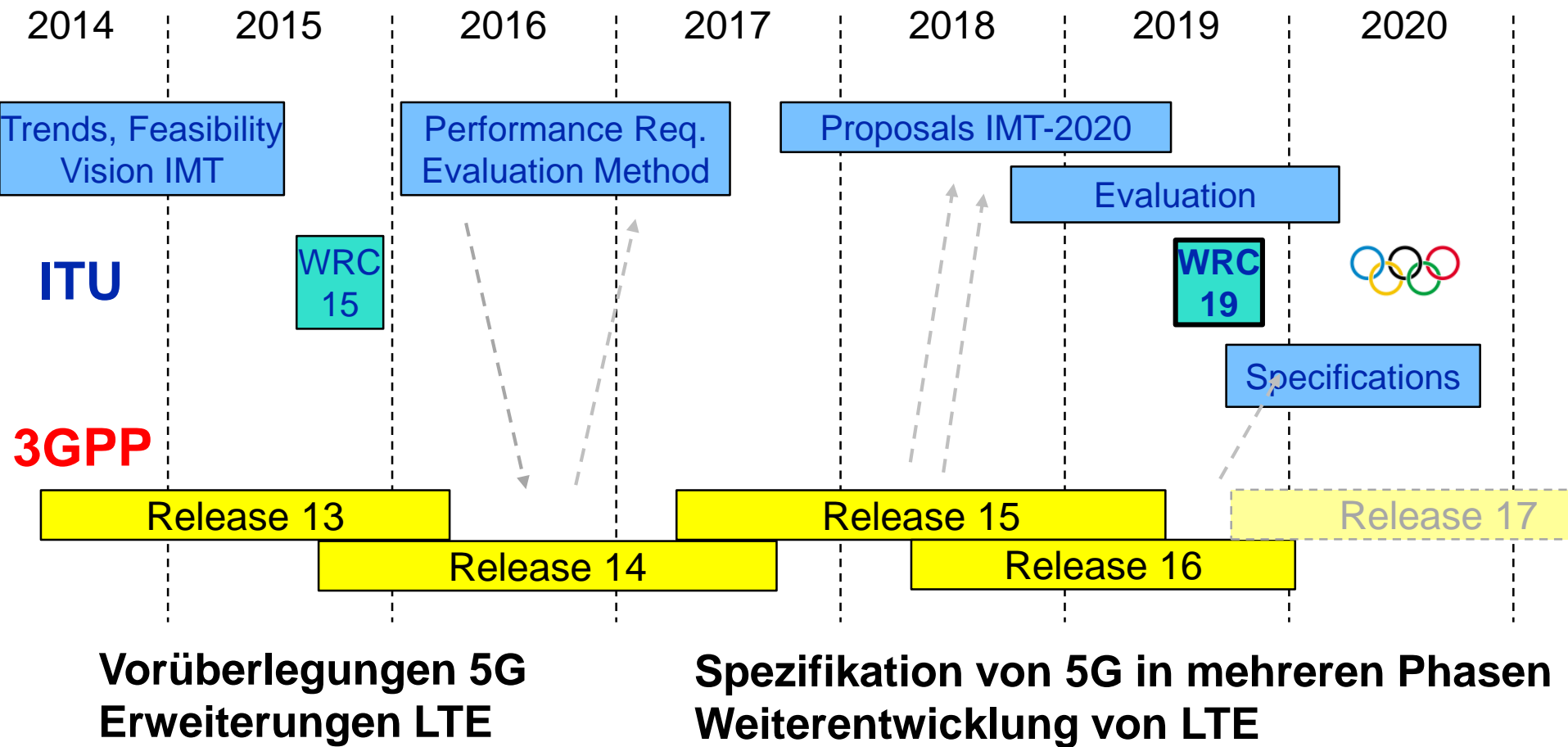
→ **International Telecommunications Union (ITU)**

konkrete Standards: (GSM), UMTS, LTE, 5G

→ **3rd Generation Partnership Project (3GPP)**

- ETSI Europa: European Telecommunication Standards Institute
- ARIP Japan: Association of Radio Industries and Businesses
- ATIS USA: Alliance for Telecommunications Industry Solutions
- TTA Korea: Telecommunications Technology Association
- TTC Japan: Telecommunications Technology Committee
- CCSA China: China Communications Standards Association
- TSDSI India: Telecommunications Standards Development Society

Zeitpläne für 5G

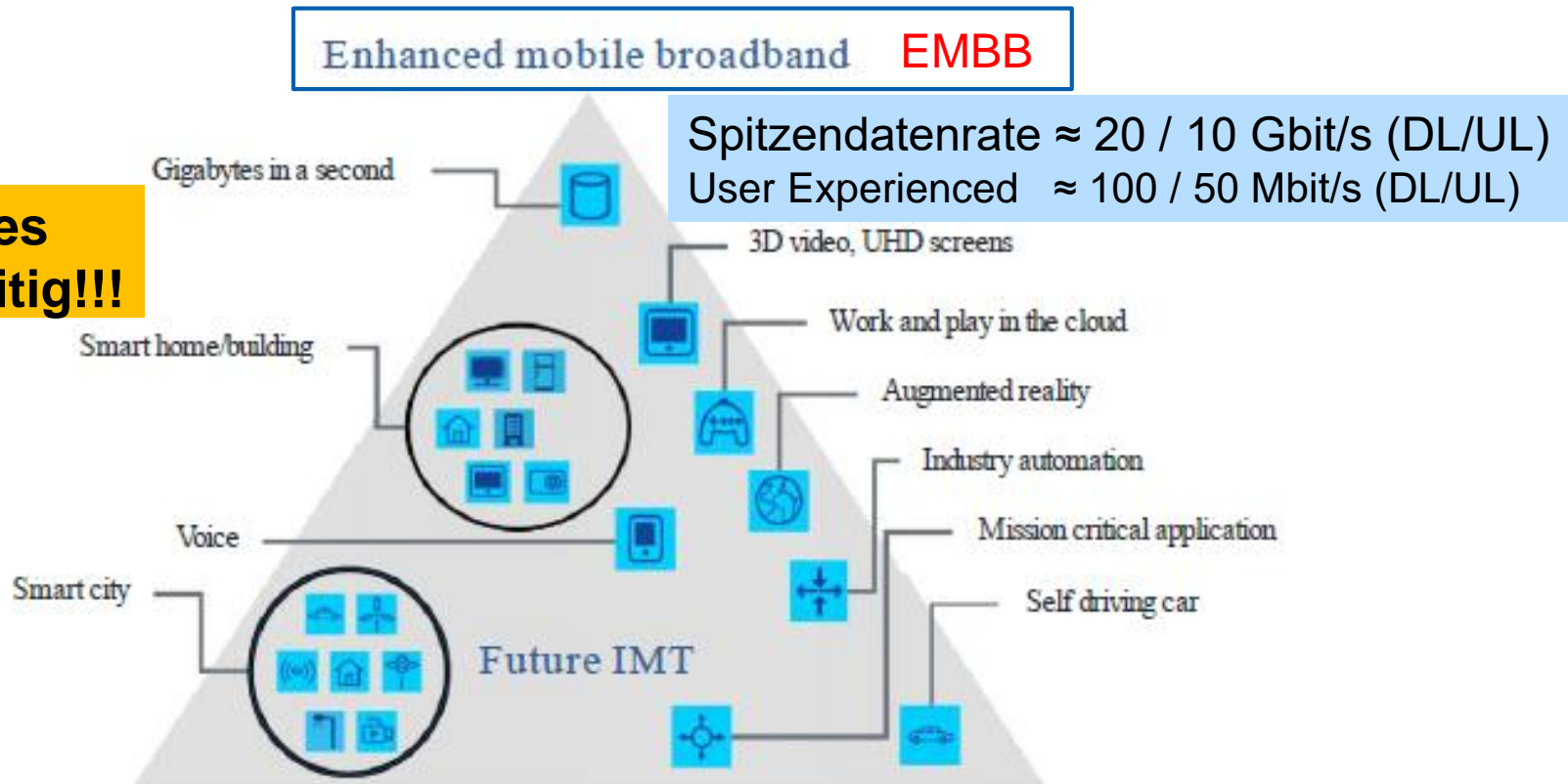


Inhalt

- Einleitung
- Auf dem Weg zur 5. Generation Mobilfunk
- **5G – Besonderheiten und Anwendungen**
- Frequenzbänder im Mobilfunk
- Derzeitige LTE-Versorgung und Migration zu 5G
- Zusammenfassung und Fazit

Nutzungsszenarien IMT 2020 (5G) gemäß ITU

Nicht alles gleichzeitig!!!



Massive machine type communications **MMTC**

≈ 1 Mio. Geräte pro km^2
viele kleine Datenpakete

Ultra-reliable and low latency communications **URLLC**

Latenz ≈ 1 ms (z. Vgl.: LTE ≈ 20 ms)
Übertragungssicherheit $\approx 99,999\%$

Betriebsarten für 5G

öffentliches landesweites/globales Mobilfunknetz

privates lokales Mobilfunknetz

- Device-to-Device Communication (D2D); z.B. Fahrzeug-Fahrzeug-Kom.
 - ohne Infrastruktur (ähnlich wie Bluetooth)
 - durch Infrastruktur koordiniert (z.B. Kanalzuteilung)

→ weniger Störungen

- **Network Slicing:**
 - **mehrere** logisch getrennte Netze für unterschiedliche Anforderungen (vertikale Industrien und deren Anwendungen, s.u.)
 - über **eine** physikalische Infrastruktur

Geschäftsfelder und Anwendungen

Vertikale Industrien

- Produz. Industrie, I4.0
- Energieversorger
- Automobilbranche
- Logistik und Transport
- Landwirtschaft
- Smart Cities
- Gesundheit/Wellness, ...

Anwendungen

- Maschinensteuerung, Augmented Reality
- Zählerauslesung, Netzsteuerung, ...
- Diagnose, Verkehrssteuerung, autonom. Fahren
- Flottenmanagement, autonome Gabelstapler
- Steuerung Landmaschinen, Sensoren im Feld, ...
- Verkehrssteuerung, Umweltsensoren
- Fitnesstracker, Tele-Medizin (bei Unfall), ...

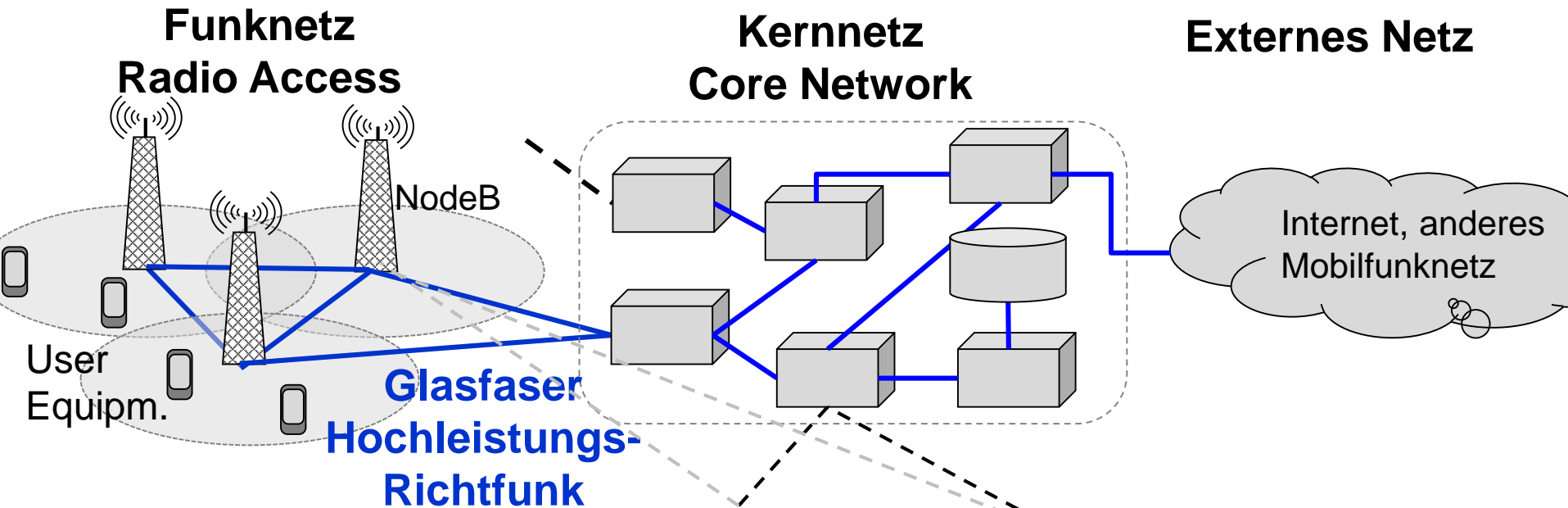
Network Slicing: Service Level Agreements (Qualität, Funktionalität, Preis, ...) zwischen Netzbetreiber und Vertikaler Industrie
→ neue Einnahmequellen für Netzbetreiber

Aufbau eines Mobilfunknetzes

Agriculture Slice Slice

Automotive Slice

Smartphone Slice



NodeB

- eNB: 4G-Basisstation
- gNB: 5G-Basisstation

2G, 3G, 4G/LTE

- spezielle HW mit
- zugehöriger SW

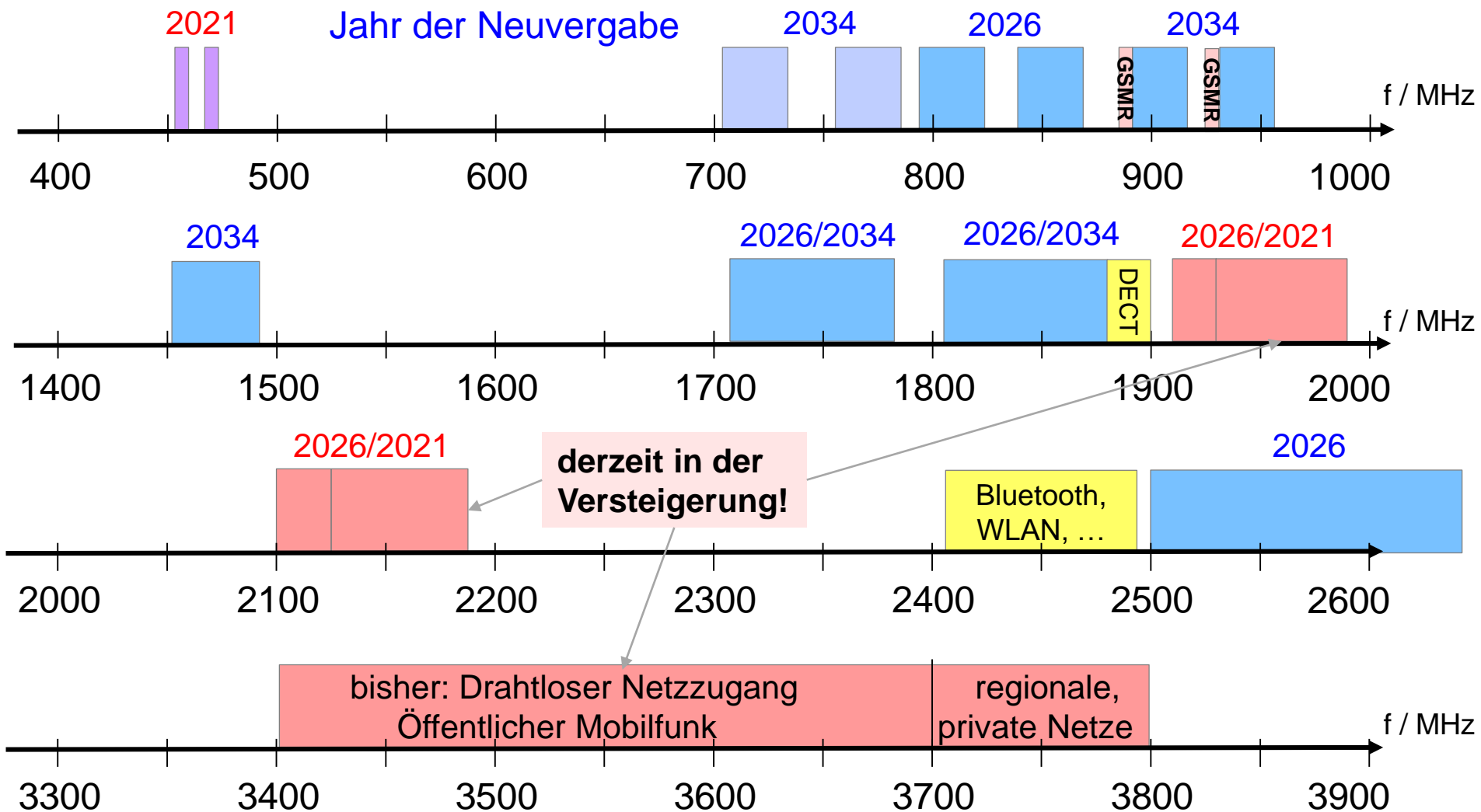
5G

- Universelle HW
- Network Function Virtualization

Inhalt

- Einleitung
- Auf dem Weg zur 5. Generation Mobilfunk
- 5G – Besonderheiten und Anwendungen
- Frequenzbänder im Mobilfunk
- Derzeitige LTE-Versorgung und Migration zu 5G
- Zusammenfassung und Fazit

Frequenzbänder im Mobilfunk



Weitere Frequenzbänder für den Mobilfunk 5G

Zur Entscheidung auf World Radio Conference WRC19 (Nov.)

24,3	...	27,5	GHz
37,0	...	40,5	GHz
42,5	...	43,5	GHz
45,5	...	47,0	GHz
47,2	...	50,2	GHz
50,4	...	52,6	GHz
66,0	...	76,0	GHz
81,0	...	86,0	GHz

- Anbindung Basisstationen & Remote Radio Heads
- Versorgung von Mobilstationen in Mikro-/Pikozellen
- für Device-to-Device-Kommunikation (D2D)
- **Nachteil:** ungünstige Ausbreitungsbedingungen
→ daher eher für kürzere Entfernungen
- **Vorteil:** viel Frequenzspektrum → hohe Kapazität
kleine Antennen
- Zusätzlich: Verbesserung Zusammenspiel mit WLAN
- Nutzung von WLAN-Bändern durch LTE und 5G

Frequenzauktion April/Mai 2019

- **Versteigerung:** 3,4 GHz ... 3,7 GHz & 2 GHz Band **für bundesweite Nutzung**
- 3,4 –3,7 GHz: 10 MHz Blöcke – ungepaart
- 2 GHz (früher UMTS): gepaarte 5 MHz Blöcke, Nutzung ab 2021 bzw. 2026
- **Vergabe** von Frequenzen im Antragsverfahren **für regionale/private Nutzung**
 - nach Abschluss der Versteigerungen: 3,7 – 3,8 GHz
 - ausgeschlossen: alle, die bei 3,4 ... 3,7 GHz Frequenzen zur bundesweiten Nutzung ersteigert haben
 - weiterhin: 26 GHz Band
- Befristung bis Ende 2040
- Vergabe technologieneutral: nicht nur 5G, auch anderen Techniken möglich

Frequenzauktion April/Mai 2019: Auflagen

- E 22: mindestens 98% der Haushalte je Bundesland mit ≥ 100 Mbit/s
- E 22: alle Bundesautobahnen ≥ 100 Mbit/s und ≤ 10 ms Latenz
- E22/24: ähnlich für Bundes-/Landstraßen, Wasserwege, Schienenwege
 - Versorgungsaufgaben für Verkehrswege: Versorgung durch andere Mobilfunknetze werden angerechnet
- E 22: ≥ 1.000 „5G-Basisstationen“ und
- E 22: ≥ 500 Basisstationen mit mindestens 100 Mbit/s in „weißen Flecken“
- geringere Auflagen für Neueinsteiger
- Empfehlung: Infrastruktur-Sharing, National Roaming

- **Datenraten Downlink**
- **außen**
- **ohne Konkurrenz**

Versorgung muss nicht mit 5G und versteigerten Frequenzen erfolgen

Inhalt

- Einleitung
- Auf dem Weg zur 5. Generation Mobilfunk
- 5G – Besonderheiten und Anwendungen
- Frequenzbänder im Mobilfunk
- **Derzeitige LTE-Versorgung und Migration zu 5G**
- Zusammenfassung und Fazit

LTE-Ausbau und –Versorgung (2017)

Telekom: 94% der Haushalte

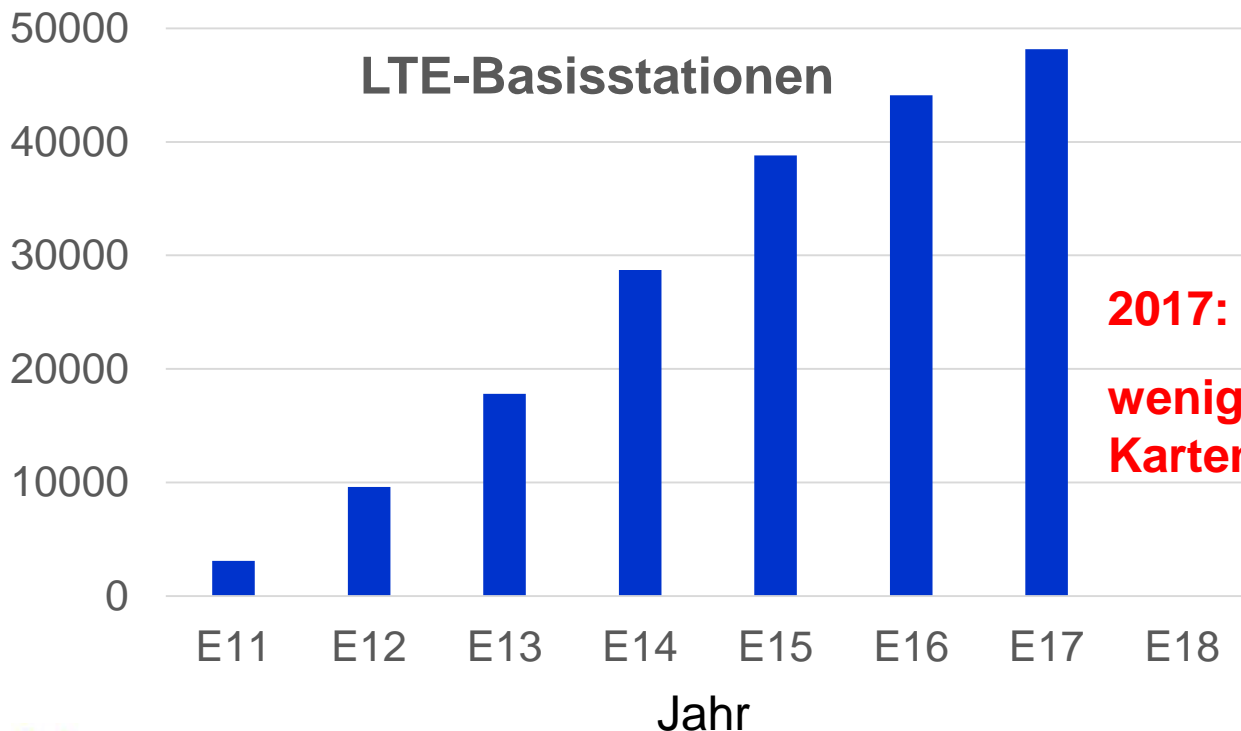
Vodafone: 91% der Haushalte

Telefonica: 82% der Haushalte

Bundesautobahnen: 72% ... 96%

Bundesstraßen: 46% ... 88%

Landstraßen: 39% ... 82%



Quelle:
Jahresberichte
BNetzA

2017:

weniger als 40% aller SIM-Karten mit LTE-Nutzung!!!

E: Ende

(LTE-)Versorgung und Zahl der Standorte

Telekom: 94% der Haushalte

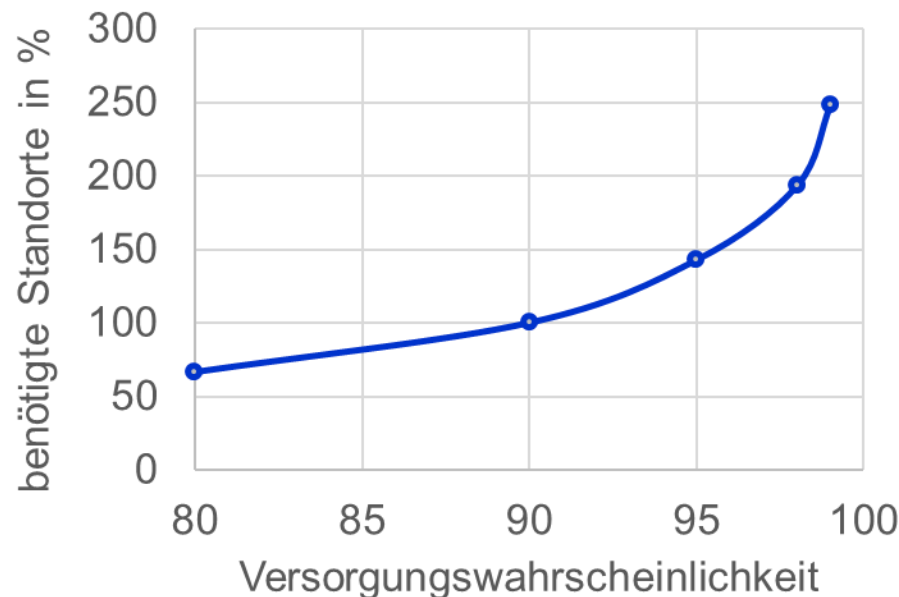
Vodafone: 91% der Haushalte

Telefonica: 82% der Haushalte

mit zusammen

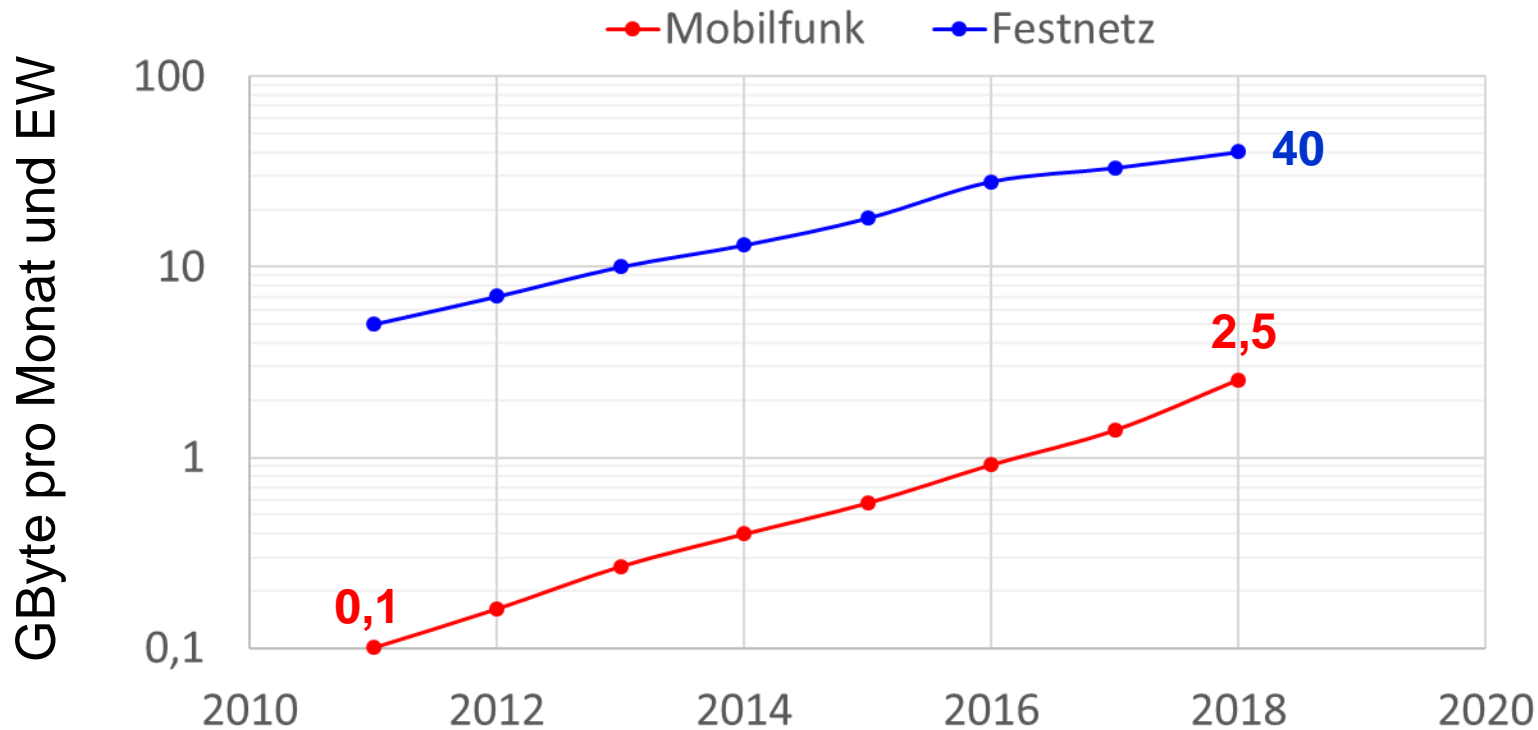
48000 LTE-Standorten (E2017)

Quelle: Bundesnetzagentur



Anzahl benötigter Standorte wächst überproportional mit der Versorgungswahrsch.

Datenverkehr in Deutschland



Extrapolation auf **2030**: 300 GByte pro Einwohner und Monat !!!
60% des Verkehrs durch Videos
25% des Verkehrs durch M2M, IoT, ...

Umgang mit dem drastischem Anstieg

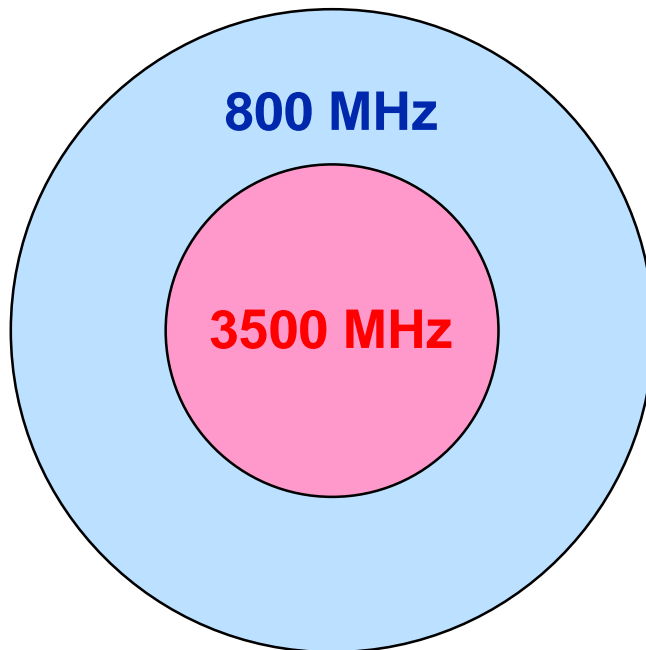
Anstieg der Datenmenge um den Faktor ≈ 120 gegenüber heute

- Kapazitätsreserve: Faktor 1 ... 2
- technischer Fortschritt (5G): Faktor 3 ... 5
- neue Frequenzbereiche: Faktor 4 ... 5
 - in Bereichen oberhalb 6 GHz verfügbar, schlechtere Funkausbreitung
 - Zusammenspiel mit WLAN optimieren
- mehr Standorte: Faktor 2 ... 5
 - zum Teil Netzverdichtung Makrozellen
 - hauptsächlich Mikro-, Piko-, Femto-Zellen / WLAN
 - in Gebäuden, Bahnhöfe, Fußgängerzonen: niedrige Sendeleistungen

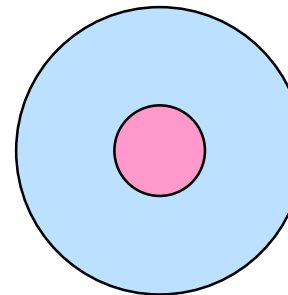
Reichweite

bei gleicher Datenrate

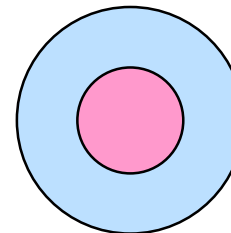
Downlink, außen



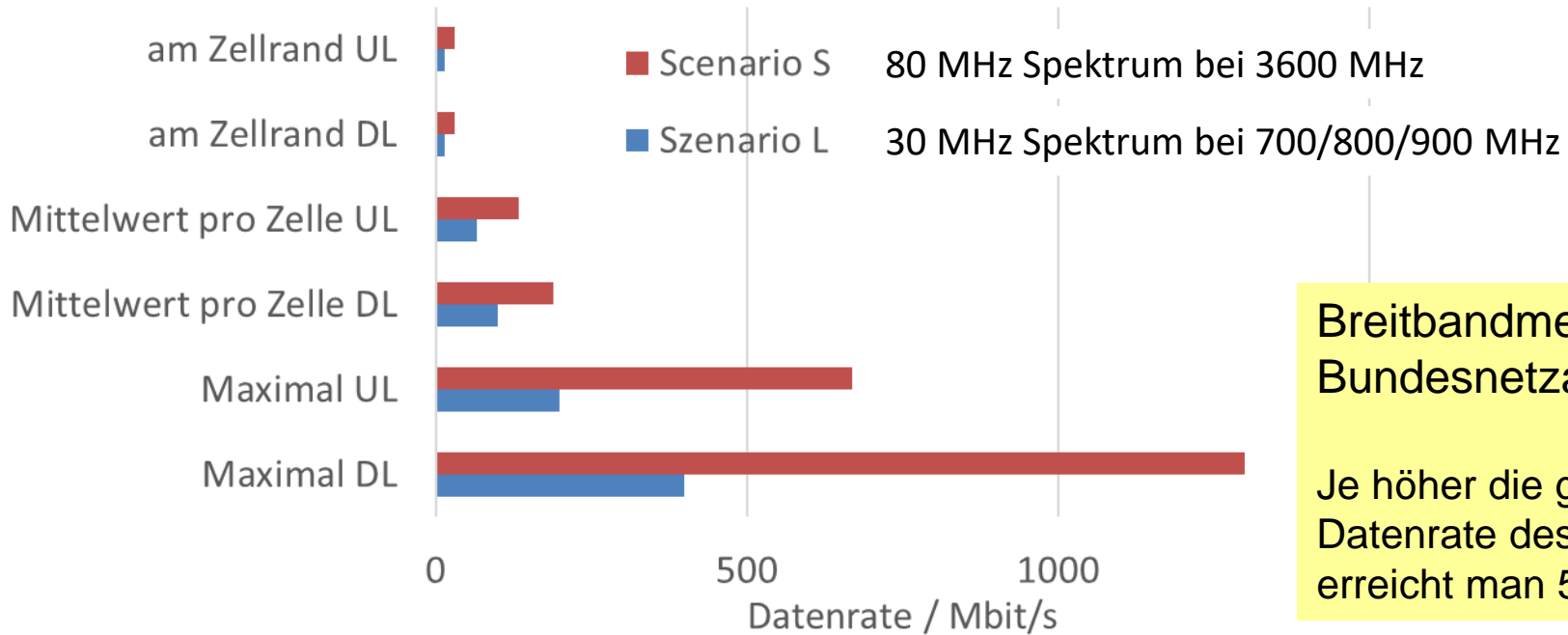
Downlink
im Gebäude



Uplink,
außen



Mögliche Datenraten (derzeitige Technologie)



Breitbandmessungen
Bundesnetzagentur

Je höher die gebuchte
Datenrate desto seltener
erreicht man 50% davon.

- durch verbesserte LTE-Technologie: ca. Faktor 2
- durch 5G-Technologie (< 6 GHz): ca. Faktor 3 ... 4

Was heißt „versorgt“?

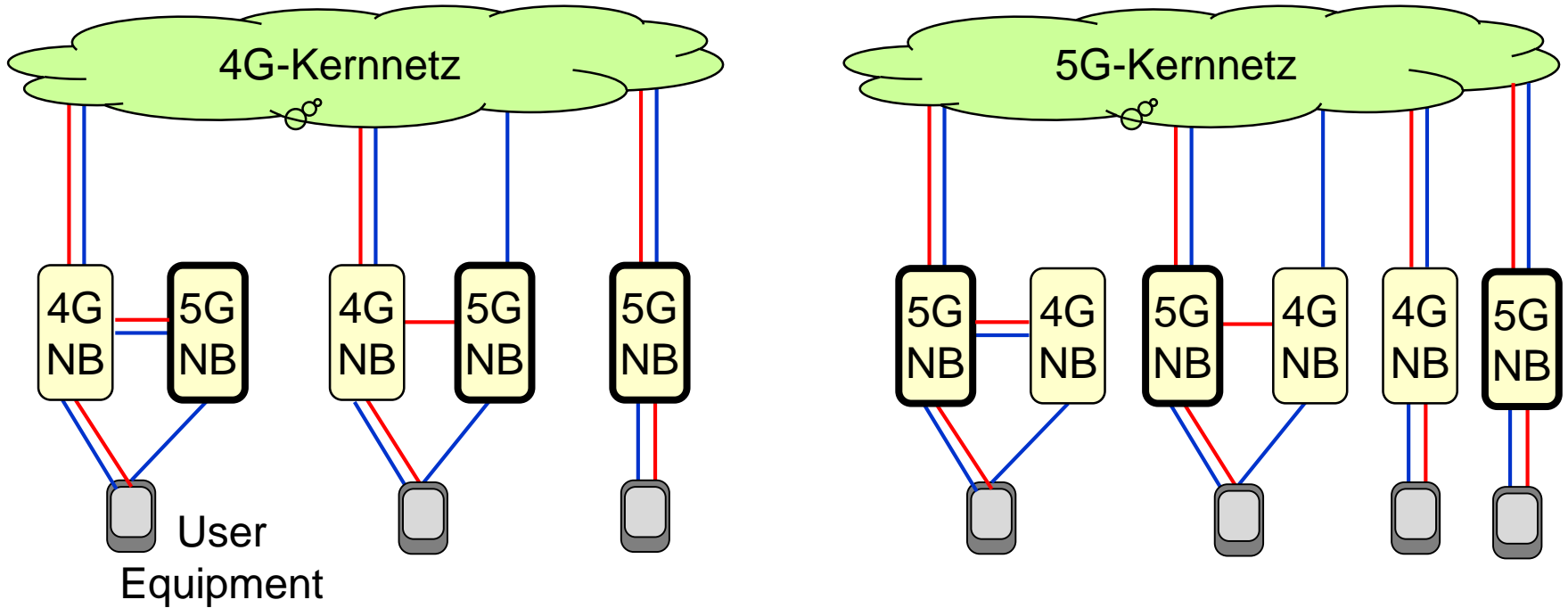
Datenrate (Maß für die Versorgung) hängt ab von

- Abstand zur Basisstation, Topografie, Bebauung, Bewuchs
- genauen Ort:
 - Keller, EG, DG, Balkon, Garten, Fahrzeug, externe Antenne, ...
- Auslastung der eigenen Funkzelle: Kapazität wird geteilt!!!
- Störungen aus anderen Funkzellen
- Uplink / Downlink
- Leistungsfähigkeit des Endgeräts

Einfluss der Endgeräte

- Wann gibt es Endgeräte, die die neue Technologie unterstützen?
- Zu einer Technologie: mehrere Klassen / Kategorien von Endgeräten
- Welcher Leistungsumfang der neuen Technologie wird unterstützt?
 - Alle Frequenzbänder, die der Netzbetreiber einsetzt?
 - Welche Frequenzträger können gebündelt werden?
 - Welche Antennentechnik (MIMO) wird unterstützt?
 - Wie ist die Empfängerempfindlichkeit des Endgeräts?
- **Rückbau einer alten zugunsten einer neuen Technologie**
 - **Versorgungslage für Besitzer alter Endgeräte wird schlechter!**

Migration: LTE → 5G



NB: Node B – Basisstation

- eNB: 4G
- gNB: 5G

www.gsma.com/futurenetworks/wp-content/uploads/2018/04/Road-to-5G-Introduction-and-Migration_FINAL.pdf

Anmerkung zu „Umweltaspekten“

- deutlich höhere Datenmengen → deutlich höherer Energiebedarf
- kann **nicht** vollständig durch höhere Effizienz kompensiert werden
- zusätzliche Technologie / Standorte → mehr Strahlung
 - eventuell Rückbau alter Technologien (z.B. 3G) an Standorten
 - bei 5G bis 3,8 GHz nicht grundsätzlich anders als bei 4G
 - **Bundesamt für Strahlenschutz:** „Innerhalb der gültigen Grenzwerte ... und bei Einhaltung der ... an Mobiltelefone gestellten Anforderungen gibt es demnach keine bestätigten Belege auf eine schädigende Wirkung des Mobilfunks.“
 - weniger untersucht: Frequenzbereich über 10 GHz, aber dort geringere Eindringtiefen in Gewebe

Zusammenfassung und Fazit (1)

- 5G: äußerst leistungsfähige Mobilfunktechnologie
 - wesentliche Neuerungen bei industriellen Anwendungen und M2M
 - drei Hauptanwendungsszenarien
 - EMBB
sehr hohe Datenraten
 - MMTC
sehr viele Endgeräte
 - **URLLC**
äußerst hohe Zuverlässigkeit
sehr niedrige Latenz
- nicht
alles
gleichzeitig!**
- aber keine kurzfristige Lösung gegen mangelnde Versorgung
 - derzeitige Frequenzversteigerung: bestenfalls Einstieg in 5G
 - Anforderungen zur Verbesserung der Versorgung: technologieneutral
 - Aufbau 5G-Infrastruktur wird dauern, ebenso Verbreitung 5G-Endgeräte

Zusammenfassung und Fazit (2)

- Einführung einer neuen Technologie kann für Besitzer alter Endgeräte Verschlechterungen bedeuten (Rück-/Nichtausbau der alten Technologie)
- daher muss LTE weiter ausgebaut werden
- jeder **Nutzer** sollte eigene Möglichkeiten prüfen (Gerät, Vertrag, WLAN, ...)
- konstruktive Gespräche mit **Netzbetreibern** suchen
- keine pauschalen Maximalanforderungen, sondern:
- detaillierte Analyse: Welches Leistungsmerkmal wird wo benötigt?
- neue Prozesse (Network Slicing): **Vertikale Industrien** ↔ Netzbetreiber
- **Politik**: Rechtlicher und ordnungspolitischer Rahmen
- Mobilfunk ist Ergänzung, kein Ersatz für leitungsgebundene Infrastruktur