



C15 – Energie-Mehrverbrauch in Rechenzentren bei Einführung des 5G Standards

Tim Höfer, Sebastian Bierwirth, Reinhard Madlener

Forschungsthemen

- 1) **Energiebedarf von Rechenzentren**
- 2) **Abwärmenutzung in Rechenzentren**
- 3) **5G-Standard – Überblick und neue Dienste in Rechenzentren**
- 4) **Energiebedarf und Abwärmenutzung in Rechenzentren nach Einführung des 5G Standards**
- 5) **Mögliche Auswirkungen von Outsourcing und Nutzung von Cloud-Systemen**

Forschungsthemen

- 1) Energiebedarf von Rechenzentren**
- 2) Abwärmenutzung in Rechenzentren
- 3) 5G-Standard – Überblick und neue Dienste in Rechenzentren
- 4) Energiebedarf und Abwärmenutzung in Rechenzentren nach Einführung des 5G Standards
- 5) Mögliche Auswirkungen von Outsourcing und Nutzung von Cloud-Systemen

Energiebedarf von Rechenzentren - Aktuell

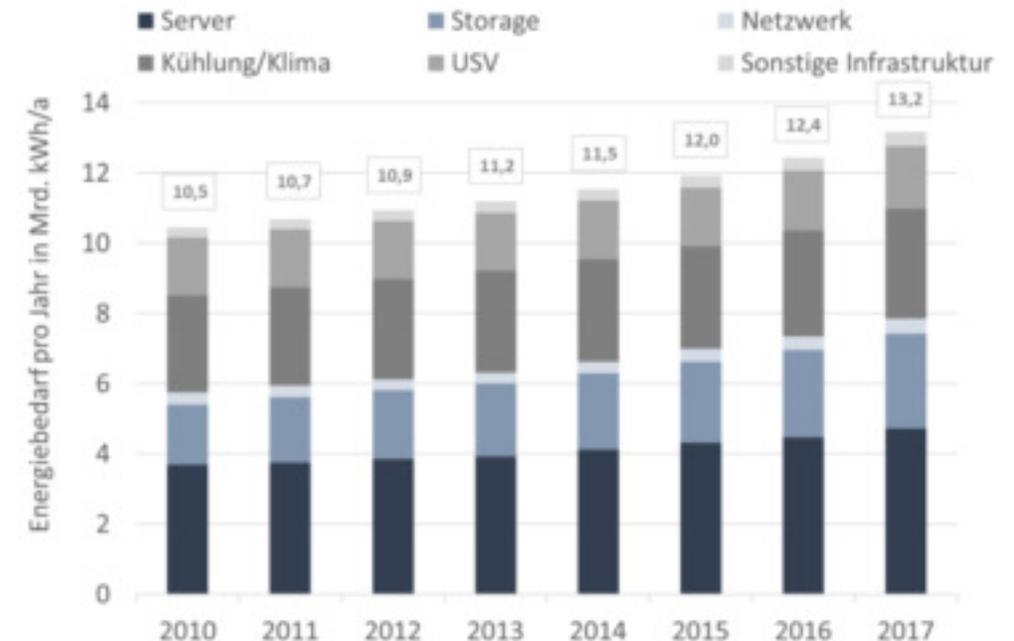
Erläuterungen

- Jährliche Zunahme des elektrischen Energiebedarfs von Rechenzentren, insbesondere von Servern, Speichern und Netzwerk.
- Steigende Nachfrage nach Rechenleistung und Speicherkapazität übersteigt die Effizienzgewinne aller Systeme, vor allem bei der Rechenzentrumsinfrastruktur (v.a. Kühlung/Klima und Unterbrechungsfreie Stromversorgung, USV).
- Reduktion des Anteils am Stromverbrauch der Rechenzentrumsinfrastruktur von 50% auf 34% zwischen 2008-2015.
- Im Neubau ist der Anteil der Infrastruktur am Gesamtstromverbrauch nur 25% (anstatt 40-50% wie im Bestand).

Details

- **Koomey's Law:** Alle 18 Monate verdoppelt sich die Anzahl der Rechenschritte pro Joule.
- Durchschnittlicher Energieverbrauch pro Server: 1,96 MWh/a (2016).

Historische Entwicklung in D, 2010-2017



Quelle: Borderstep Institut (2018). Boom führt zu deutlich steigendem Energiebedarf der Rechenzentren in Deutschland im Jahr 2017.

Verbesserung der Energieeffizienz in Rechenzentren

Status Quo

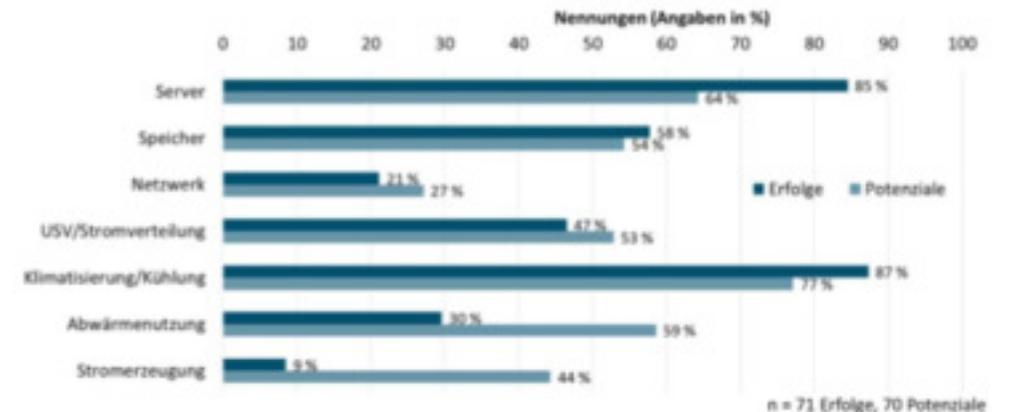
- In der Vergangenheit wurden vor allem die Klimatisierung/Kühlung und die Server modernisiert.
- Die häufigsten Einzelmaßnahmen waren dabei die Virtualisierung bzw. Beschaffung energieeffizienter Server, sowie die Einhausung von Kalt- oder Warmgang und die Nutzung einer freien Kühlung.
- Je größer die IT-Fläche ist, desto effizienter ist ein Rechenzentrum (geringerer Power Usage Effectiveness, PUE).

Prognose

- In Zukunft werden sehr hohe Effizienzsteigerungen in fast allen Rechenzentrums-Bestandteilen erwartet.
- Die höchste Steigerung wird dabei bei der Abwärmenutzung und bei der Stromerzeugung erwartet.

Energie-Einsparpotentiale

Fragen: An welchen Stellen konnten Sie in den vergangenen Jahren Energieeinsparungen erreichen? Wo sehen Sie noch Energieeinsparpotenziale in der Zukunft?



Quelle: Borderstep (2017). Rechenzentren in Deutschland: Eine Studie zur Darstellung der wirtschaftlichen Bedeutung und der Wettbewerbssituation.

Aktuelle Trends der Rechenzentrumsinfrastruktur

Trends

Effizienz	<ul style="list-style-type: none">• Kontinuierliche Effizienzsteigerung, insbesondere in der Klimatisierung
Kühlung	<ul style="list-style-type: none">• Indirekte oder direkte freie Kühlung als Standard bei Neubau oder Modernisierung von Rechenzentren > 50kW
Energiekosten	<ul style="list-style-type: none">• Energiekosten für Klimatisierung als Standortfaktor neuer und großer Cloud-basierten Rechenzentren
Außentemperatur	<ul style="list-style-type: none">• Mit steigender Effizienz spielt Außentemperatur künftig geringere Rolle bei Standortentscheidungen internationaler Unternehmen
Zuverlässigkeit	<ul style="list-style-type: none">• Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit von Rechenzentren auch in Zukunft höchste Priorität
Technologien	<ul style="list-style-type: none">• Nur langsame Einführung neuer Technologien, deren Zuverlässigkeit nicht nachgewiesen ist und die größere Umstellungen erfordern
Redundanz	<ul style="list-style-type: none">• Weiterhin erheblicher Energiebedarf durch Betrieb mehrerer Infrastruktursysteme gleichzeitig (aus Redundanzgründen)

Quelle: NeRZ (2017). Energieeffizienz und Rechenzentren in Deutschland: Weltweit führend oder längst abgehängt?

Forschungsthemen

- 1) Energiebedarf von Rechenzentren
- 2) Abwärmenutzung in Rechenzentren**
- 3) 5G-Standard – Überblick und neue Dienste in Rechenzentren
- 4) Energiebedarf und Abwärmenutzung in Rechenzentren nach Einführung des 5G Standards
- 5) Mögliche Auswirkungen von Outsourcing und Nutzung von Cloud-Systemen

Abwärmennutzung in Rechenzentren

Status Quo

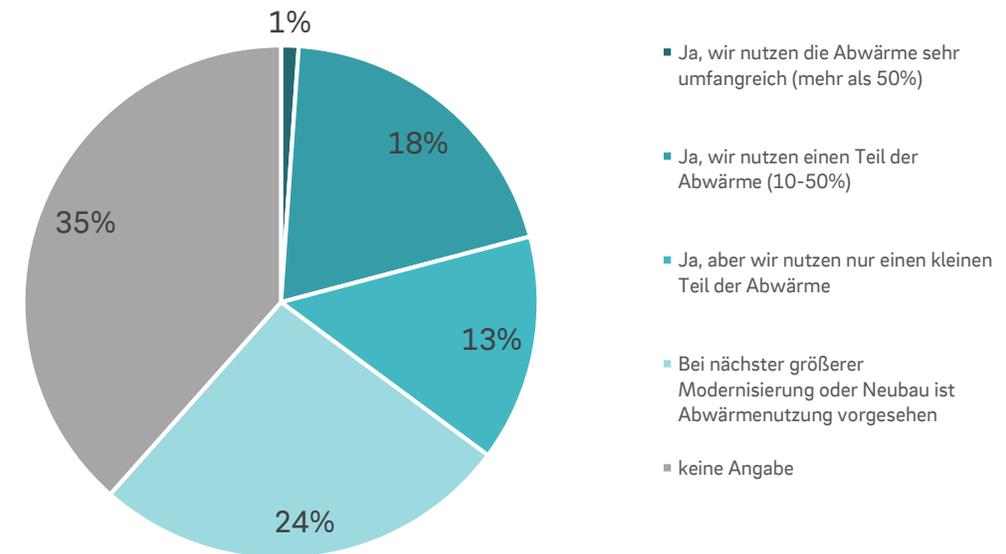
- 13 Mrd. kWh Strom werden aktuell in Rechenzentren in Deutschland in Wärme umgewandelt und ungenutzt an die Umgebung abgegeben
- Bislang wird Abwärme in geringem Umfang und fast ausschließlich in Gebäuden des Rechenzentrums für Heizung und Warmwasserbereitung verwendet.
- Derzeit nutzen nur 19% der Rechenzentren in Deutschland mindestens 10% ihrer Abwärme.

Prognose

- Pro MWh verbrauchten Stroms fallen ca. 0,46 MWh Abwärme an.
- Bei einem prognostizierten Stromverbrauch von 16,4 TWh in Deutschland im Jahr 2025 besteht ein Abwärmepotenzial von bis zu 7,5 TWh.
- Zukünftig könnten Gebäude mit geringem Energiebedarf die Rechenzentrums-Abwärme ohne den Einsatz von Wärmepumpen direkt nutzen.

Befragung

Befragung Abwärmennutzung: Nutzen Sie die Abwärme Ihres Rechenzentrums/Ihrer Rechenzentren?



Quelle: Borderstep (2017). Rechenzentren in Deutschland: Eine Studie zur Darstellung der wirtschaftlichen Bedeutung und der Wettbewerbssituation.

Abwärmennutzung in Rechenzentren- Herausforderungen

Abnehmer

- Keine geeigneten Abnehmer der Wärme

Wirtschaftlichkeit

- Hohe Stromkosten für Wärmepumpenstrom führt dazu, dass Abwärmegestehungskosten höher sind als der Erdgaspreis.

Wärmenetz

- Keine ausreichende Verbindung zu Wärmenetz.
- Investitionen in das Wärmenetz sind zur Erschließung von Rechenzentren nötig.

Kerngeschäft

- Vertrieb von Abwärme ist kein Kerngeschäft von Rechenzentren
- Erschließung durch Dritte verursacht zusätzliche Transaktionskosten

Vertragslaufzeit

- Unterschiedliche Vorstellungen bezüglich Vertragslaufzeiten bei Unternehmen und Netzbetreibern

Wärmenetzbetreiber

- Wärmenetzbetreiber betreiben eigene Anlagen zur Wärmeerzeugung und sind derzeit nicht am Zukauf von Wärme interessiert

Quellen: Bitkom (2019). Positionspapier: Nutzung von Abwärme aus Rechenzentren.

Abwärmennutzung in Rechenzentren- Lösungen

Wärmepumpen

- Befreiung der Wärmepumpen von Netzentgelten und Senkung von Stromsteuer und EEG-Umlage

Wärmennutzungspläne

- Erfassung von Abwärmepotenzialen und –senken in kommunalen Wärmennutzungsplänen

KWK-Gesetz

- Reform des Kraft-Wärme-Kopplungs-Gesetzes zur Schaffung finanzieller Anreize

Wärmenetze 4.0

- Nutzung des Förderprogramms Wärmenetze 4.0 durch nicht-öffentliche Anbieter ermöglichen

Studien

- Förderung von Studien und Energiekonzepten mit dem Ziel der Abwärmennutzung

Leitungsbau

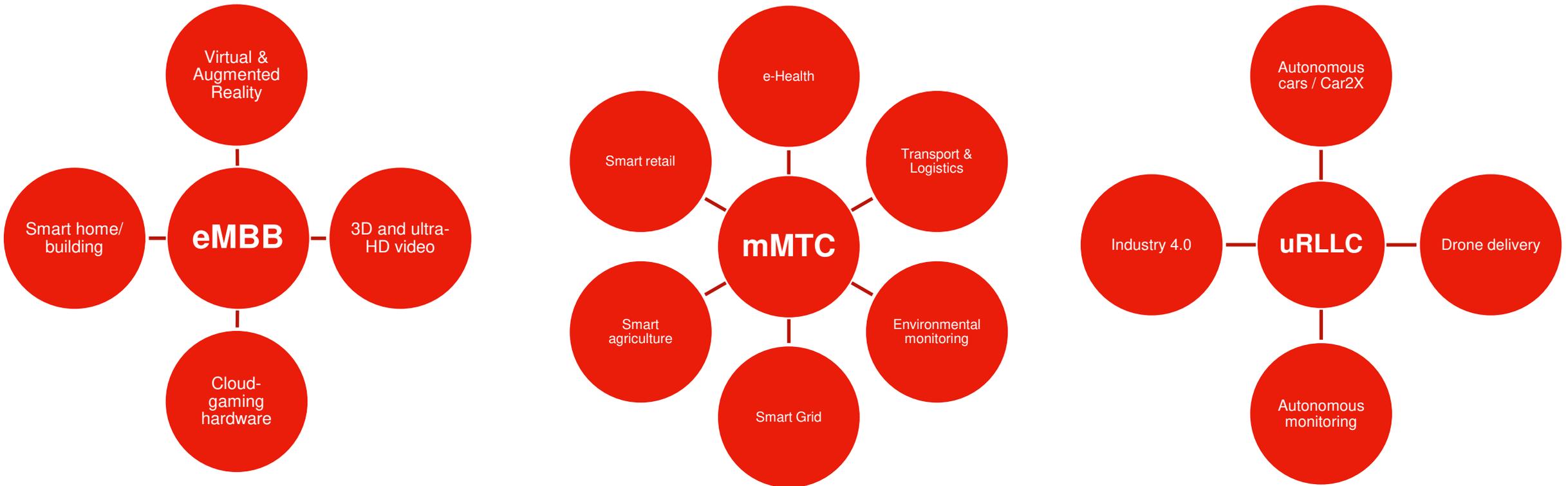
- Finanzielle Unterstützung des Staats für den Bau von Leitungen zur Anbindung entfernter Anlagen mit großem Abwärmepotenzial

Quellen: Bitkom (2019). Positionspapier: Nutzung von Abwärme aus Rechenzentren.

Forschungsthemen

- 1) Energiebedarf von Rechenzentren
- 2) Abwärmenutzung in Rechenzentren
- 3) 5G-Standard – Überblick und neue Dienste in Rechenzentren**
- 4) Energiebedarf und Abwärmenutzung in Rechenzentren nach Einführung des 5G Standards
- 5) Mögliche Auswirkungen von Outsourcing und Nutzung von Cloud-Systemen

5G-Standard – potentielle Services der drei Anwendungsfelder



eMBB = Enhanced Mobile Broadband
mMTC = Massive Machine Type Communications
uRLLC = Ultra-reliable and low latency communications

Quelle: Roland Berger (2018) Erfolgsfaktor 5G Innovation und Vielfalt für die nächste Stufe der Digitalisierung

5G-Standard – Anforderungen der drei Anwendungsfelder

Enhanced Mobile Broadband

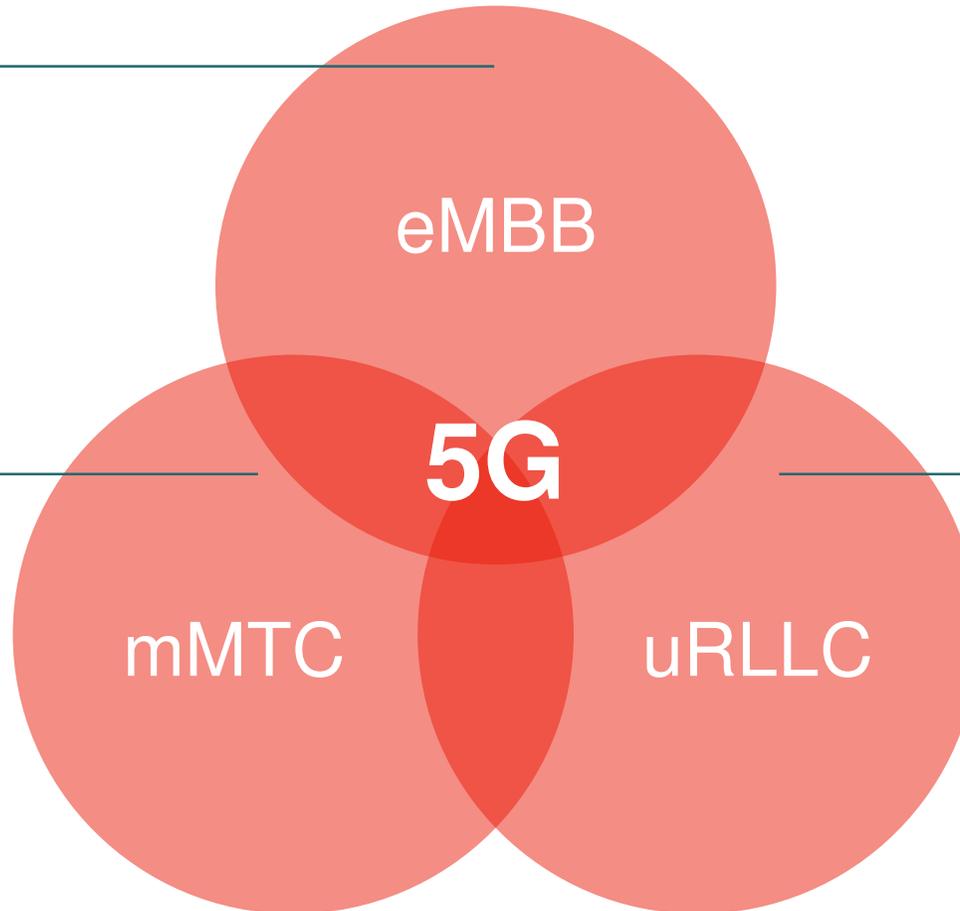
- Schnelle, mobile Datenverarbeitung
- Hohe Verfügbarkeit
- Hohe Kapazität
- Hohe Datenraten
- Hohe Mobilität

Massive Machine Type Communications

- Sehr hohe Anzahl an Endgeräten
- Niedrige Datenraten
- Geringer Energieverbrauch / lange Nutzungszeiten im Batteriebetrieb
- Geringe Übertragungs- und Wartungskosten
- Zuverlässige Mobilfunkversorgung
- Vollständig autonomer Betrieb der Geräte

Ultra-reliable and low latency communications

- Unterstützung von hoch kritischen Anwendungen
- Verzögerungsfreie Reaktion / sehr geringe Latenzzeiten
- Höchste Verfügbarkeit
- Ultrahohe Zuverlässigkeit und Sicherheit
- Hohe Mobilität der Netzteilnehmer



Quelle: Roland Berger (2018) Erfolgsfaktor 5G Innovation und Vielfalt für die nächste Stufe der Digitalisierung

5G-Standard – Anforderungen der drei Anwendungsfelder

Enhanced Mobile Broadband

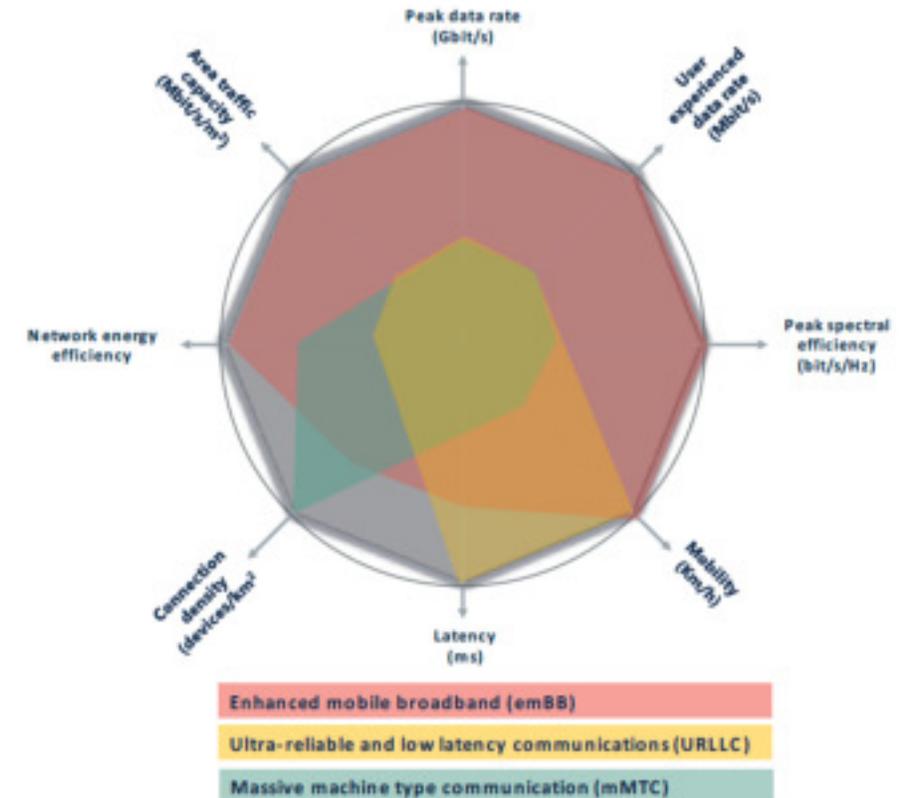
- Höchste Anforderungen an Datenübertragungsrate
- Mittlerer Anspruch an Latenzzeiten
- Mittlerer Anspruch an Anschlussdichte

Massive Machine Type Communications

- Geringe Anforderungen an Datenübertragungsrate
- Höchste Anforderungen an Mobilität
- Höchste Anforderungen an Latenzzeiten

Ultra-reliable and low latency communications

- Geringe Anforderungen an Datenübertragungsrate
- Höchster Anspruch an Anschlussdichte
- Mittlerer Anspruch an Energieeffizienz



Quelle: DotEcon (2017) Study on Implications of 5G Deployment on Future Business Models

5G-Standard – Nötige Infrastruktur

Macrozellen

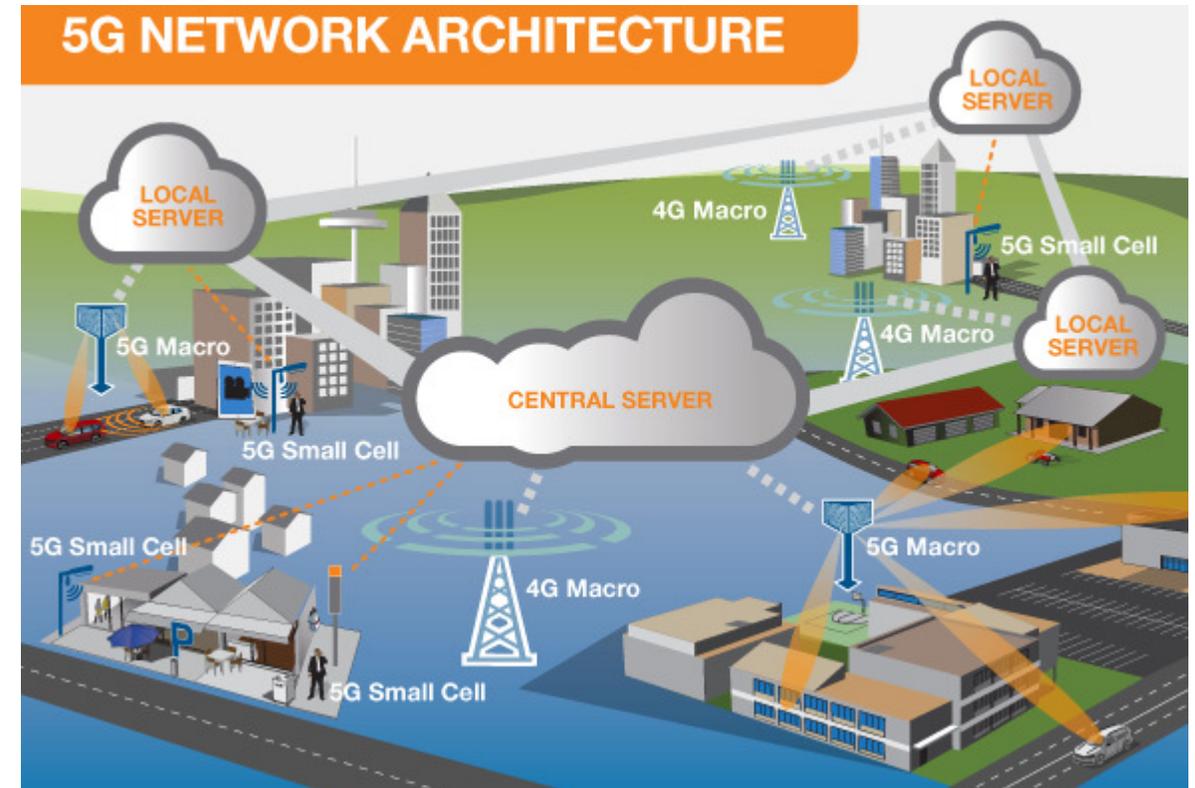
- Niedriger Frequenzbereich (~700 MHz)
- Hohe Reichweite (max. 50 km)
- Niedrige Bandbreite
- Für ländlichen und suburbanen Raum

Microzellen

- Mittlerer Frequenzbereich (~3,4-3,8 GHz)
- Mittlere Reichweite (max. 2 km)
- Mittlere Bandbreite
- Vor allem für Innenstädte

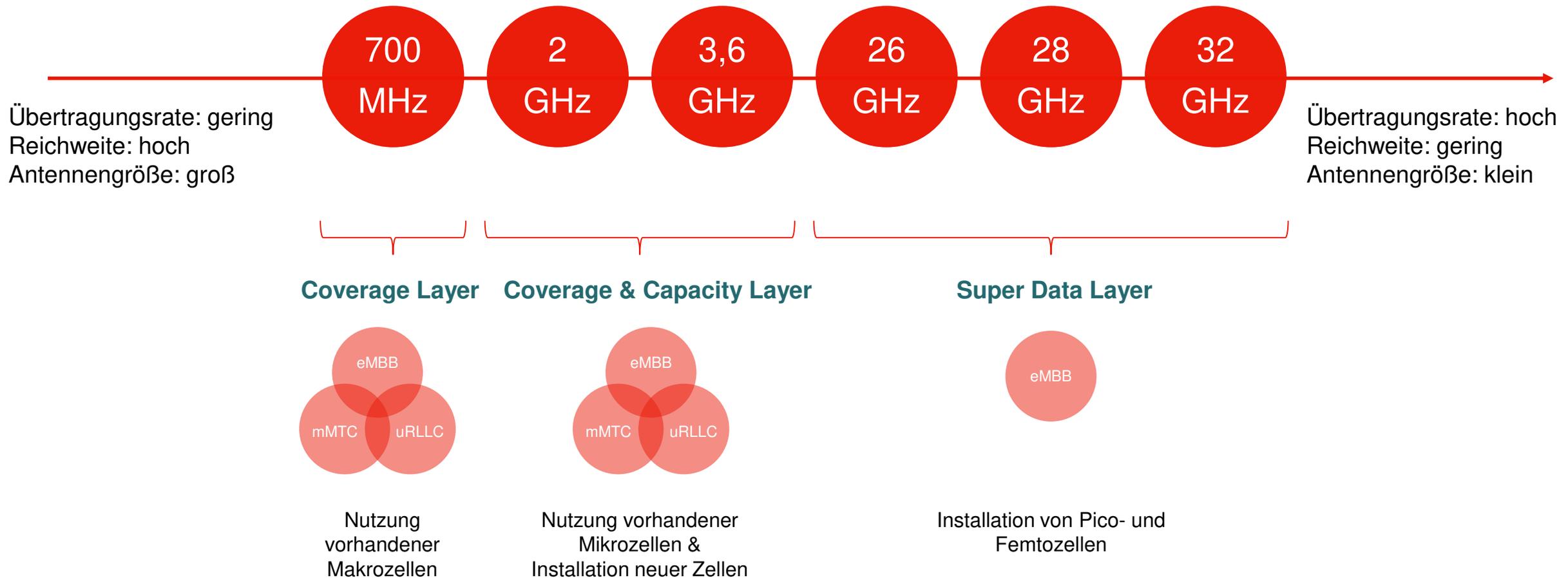
Pico- und Femtozellen

- Hoher Frequenzbereich (> 6 GHz)
- Geringe Reichweite (20-100 m)
- Hohe Bandbreite
- Lokale Hotspots mit vielen Nutzern



Quelle: <http://www.emfexplained.info/?ID=25916>

5G-Standard – Frequenzbereiche



Quelle: Roland Berger (2018) Erfolgsfaktor 5G Innovation und Vielfalt für die nächste Stufe der Digitalisierung
 Huawei (2017) 5G Spectrum Public Policy Position
 DigitalGipfel (2017) 5G in Deutschland Szenario zur Realisierung

Network Slicing

Definition

- Die Anforderungsprofile eMBB, uRLLC und mMTC können auf einer gemeinsamen 5G-Netzwerkinfrastruktur realisiert werden.
- Physische Netzwerkinfrastrukturen werden in virtuelle (softwarebasierte) Netzwerkpartitionen mit unterschiedlichen Eigenschaften aufgeteilt
- Typische Eigenschaften, auf die die einzelnen Slices optimiert werden, sind Übertragungsrate, Reichweite, Gerätedichte, Latenzzeit, Verfügbarkeit oder Kapazität.
- Datenverkehr der Slices ist logisch voneinander getrennt und beeinflusst sich nicht gegenseitig.

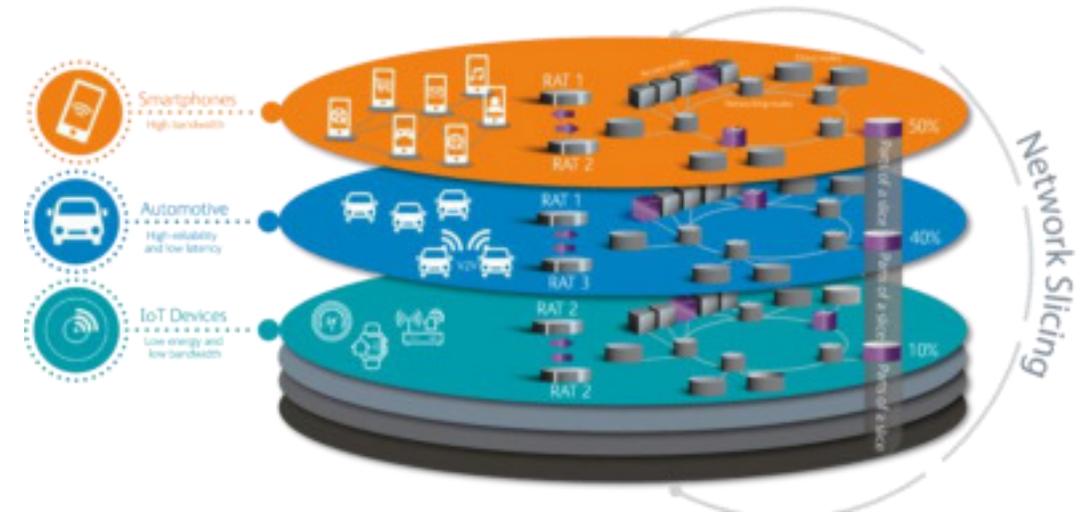
Technische Realisierung

Software-Defined Networking (SDN)

- Abstrahiert das Netzwerkverhalten von der physischen Netzinfrastruktur.

Network Functions Virtualization (NFV)

- Erlaubt die Implementierung und Bereitstellung von Netzfunktionen rein softwarebasiert.



Quelle: <https://www.ip-insider.de/was-ist-embb-enhanced-mobile-broadband-a-828857/>
<https://www.viavisolutions.com/en-us/5g-network-slicing>

5G-Standard – Infrastruktur für die drei Anwendungsfälle

Enhanced Mobile Broadband

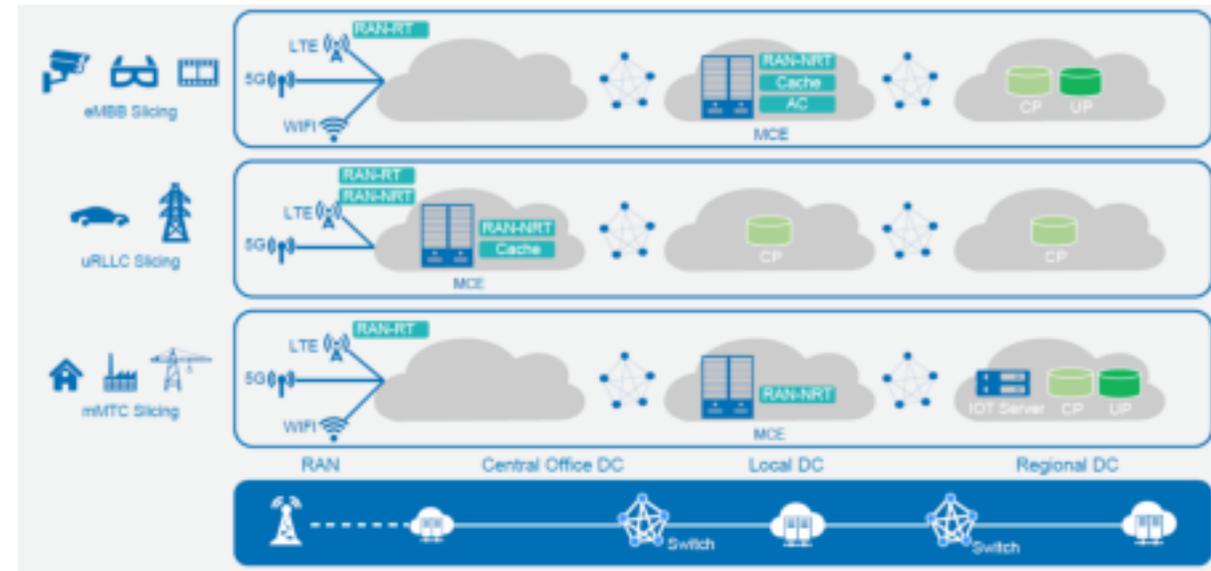
- Hauptsächlich Nutzung von lokalen Rechenzentren in der Nähe der Anwendung
- Regionale Rechenzentren nur zu Steuerung

Massive Machine Type Communications

- Verarbeitung von Echtzeit und nicht-Echtzeit Daten direkt vor Ort
- Lokale und regionale Rechenzentren übernehmen nur Steuerungsfunktion

Ultra-reliable and low latency communications

- Verarbeitung der Daten in lokalen und regionalen Rechenzentren



Quelle: Huawei (2016) 5G Network Architecture: A High Level Perspective

5G-Standard – Implementierung am Beispiel München

700 MHz:

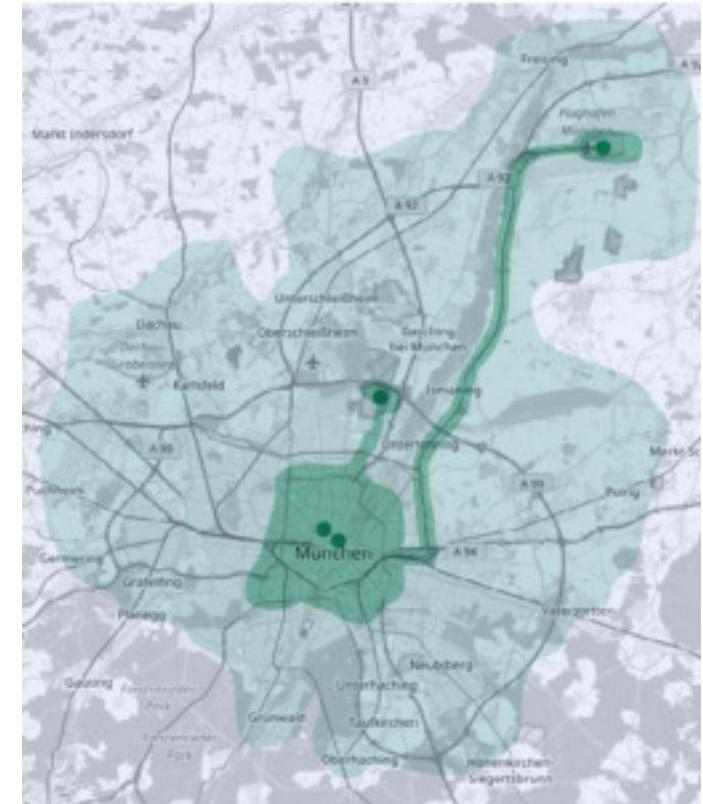
- Demonstration neuer 5G-basierter Fahrzeugtechnik
- Präsentation 5G-basierter verteilter Energielösungen

3,4–3,8 GHz:

- 5G-Dienste in Innenstadt, Verkehrsknoten (z.B. Flughafen), Veranstaltungsstätten (z.B. Allianz-Arena) und Hauptverkehrswege (z.B. von Flughafen in die Innenstadt)

26 GHz:

- 5G-Dienste an einzelnen Hotspots verfügbar (z.B. Flughafen, Hauptbahnhof, Forschungs- und Entwicklungsstandorte, Universitäten)

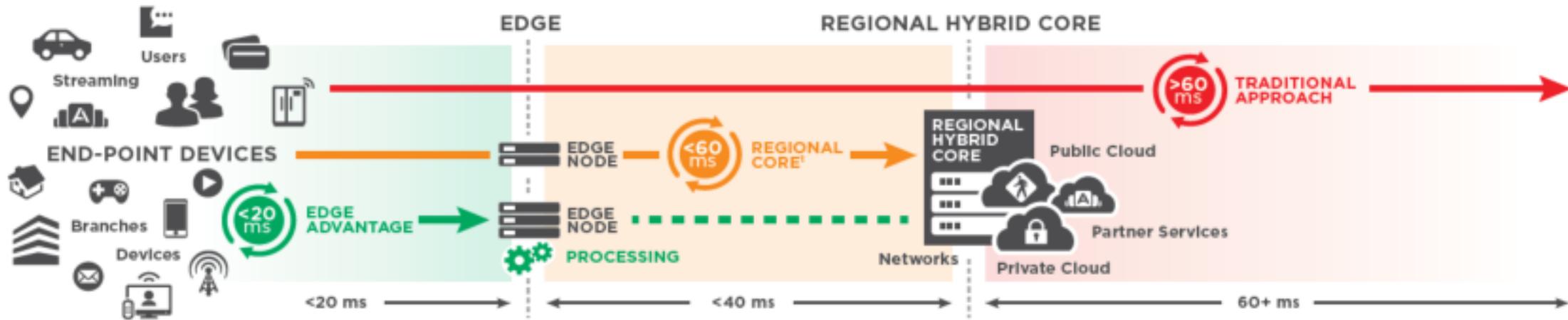


Kartendaten © OpenStreetMap-Mitwirkende, <http://www.openstreetmap.org/>

700 MHz 3,4–3,8 GHz 26 GHz

Quelle: DigitalGipfel (2017) 5G in Deutschland Szenario zur Realisierung

5G-Standard – Edge-Computing und Cloud-Computing



Edge-Computing (EC)

- Echtzeit-Datenanalyse
- Temporäre Datenspeicherung
- Geringe Datenmengen
- Geringe Rechenleistung
- Geringe Latenzzeit: < 20 ms
- Hohe Anzahl an Geräten

Cloud-Computing (CC)

- Langzeit-Datenanalyse
- Langzeit-Datenspeicherung
- Große Datenmengen
- Hohe Rechenleistung
- Hohe Latenzzeit: $60+$ ms
- Geringe Anzahl an Geräten

Quelle: Equinix (2019) Global Interconnection Index Volume 3
<http://connections.rdm.com/de/fokus-de/edge-data-center>
Yousefpour et al. 2019: All one needs to know about fog computing and related edge computing paradigms: A complete survey

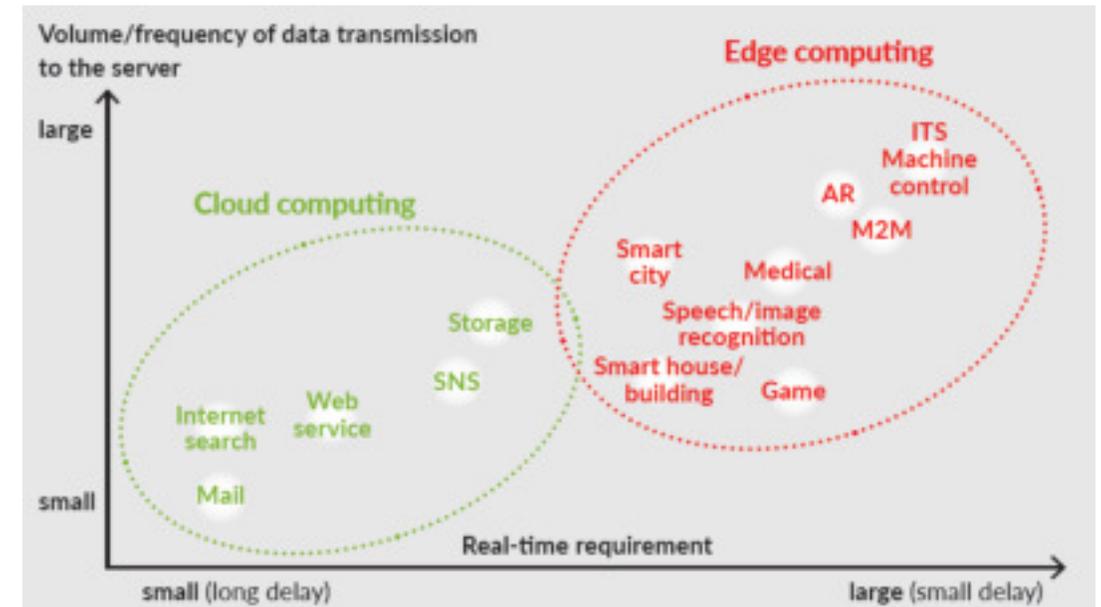
5G-Standard – Edge-Computing und Cloud-Computing

Zusammenspiel von EC und CC:

- Die meisten 5G-Services benötigen den weiteren Ausbau von Edge-Computing.
- Edge Data Center übernehmen Aufgaben ergänzend zur Cloud, wo es auf besonders kurze Latenzzeiten und ortsnahe Prozessierung großer Datenmengen ankommt
- Je mehr Edge-Rechenzentren es gibt, desto größer wird auch der Bedarf an zentralen Rechenzentren

Größen von Rechenzentren:

- Kleinstrechenzentren (bis 5 kW)
- Campus-Rechenzentren (bis 20 kW)
- Dezentrale Edge-Cloud-Rechenzentren (> 100 kW)
- Hyperscale (> 10 MW)



Quelle: <http://connections.rdm.com/de/fokus-de/edge-data-center>
<https://ne-rz.de/2019/11/27/boom-bei-kompaktrechenzentren/>
<https://ne-rz.de/2019/07/10/edge-rechenzentren-vor-dem-durchbruch/>

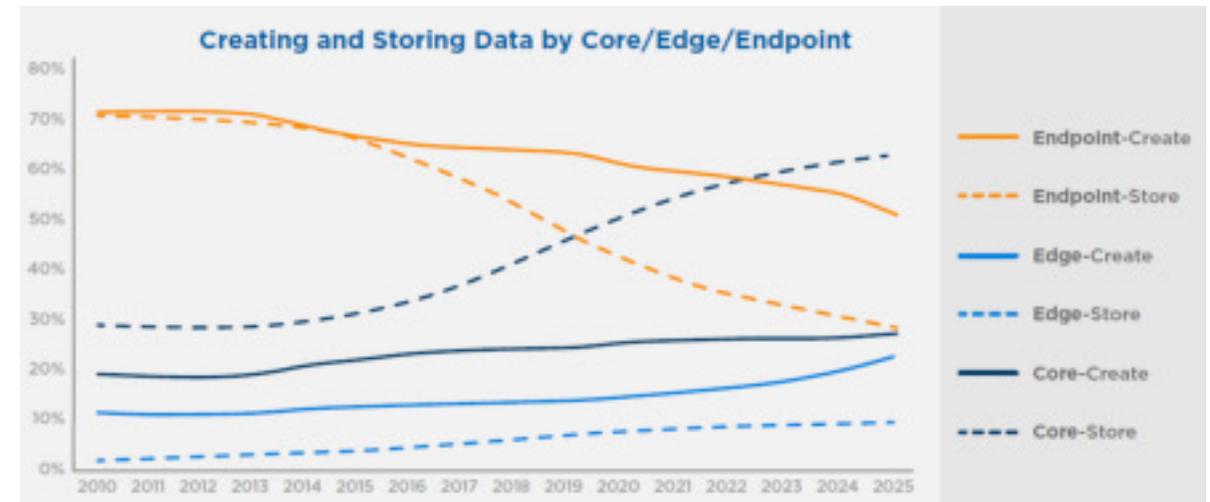
5G-Standard – Edge-Computing und Cloud-Computing

Erzeugung von Daten:

- Im Jahr 2025 erzeugen Endnutzergeräte weiterhin den größten Anteil der Daten
- Immer mehr Daten werden aber in der Edge bzw. in der Cloud repliziert, übertragen oder gespeichert. Der Anteil an der Datenerzeugung steigt auf ~20-22% an.

Speicherung von Daten:

- Der Anteil der Daten, die in Endgeräten gespeichert werden, nimmt stark ab. Dies kann den Stromverbrauch von Endgeräten stark senken.
- Nur sehr wenige Daten werden in der Edge gespeichert.
- Der größte Anteil der Daten wird voraussichtlich in der Cloud gespeichert. Dies erhöht den Strombedarf in großen Rechenzentren.



Quelle: IDC (2018) The Digitization of the World From Edge to Core

5G-Standard – Edge-Computing und Cloud-Computing

5 Gründe für Wachstum von Edge-Computing

Einführung des 5G-Standards

- Anforderungen an geringe Latenzzeiten und geringes Risiko der Verbindungsunterbrechung benötigen eine dezentrale Infrastruktur inklusive Edge-Computing.

Wachstum von IoT

- Zentrale Verarbeitung der Daten von IoT würde zu hohen Latenzzeiten führen und die zur Verfügung stehenden Bandbreiten aufbrauchen.

Entstehen einer Datenlücke

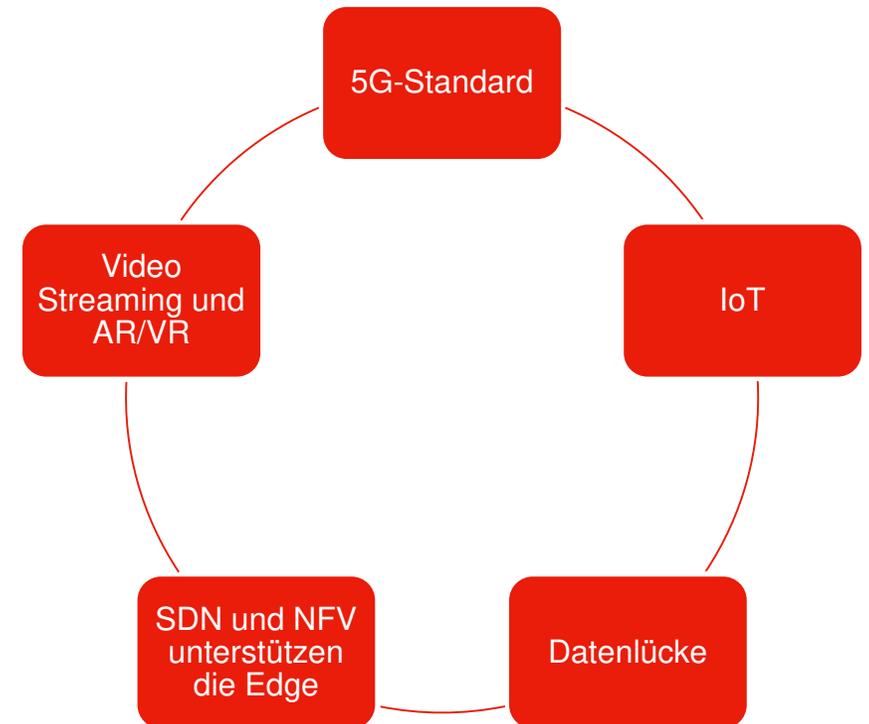
- Edge-Computing kann anfallende Daten dezentral filtern und geographische Reichweite erhöhen.

SDN und NFV unterstützen die Edge

- SDN (Software-Defined Networking) und NFV (Network Functions Virtualization) ermöglichen es teure Hardware durch Software zu ersetzen

Nutzung von Video Streaming und AR/VR

- Videoinhalte sollen ca. 82% des Datenverkehrs im Jahr 2021 ausmachen. Geringe Latenzzeiten können durch Edge-Computing erreicht werden.



Quelle: Equinix (2019) Global Interconnection Index Volume 3
<http://connections.rdm.com/de/fokus-de/edge-data-center>
PWC (2019) Edge data centers: Riding the 5G and IoT wave

Forschungsthemen

- 1) Energiebedarf von Rechenzentren
- 2) Abwärmenutzung in Rechenzentren
- 3) 5G-Standard – Überblick und neue Dienste in Rechenzentren
- 4) Energiebedarf und Abwärmenutzung in Rechenzentren nach Einführung des 5G Standards**
- 5) Mögliche Auswirkungen von Outsourcing und Nutzung von Cloud-Systemen

Energiebedarf von Rechenzentren – Prognose Deutschland

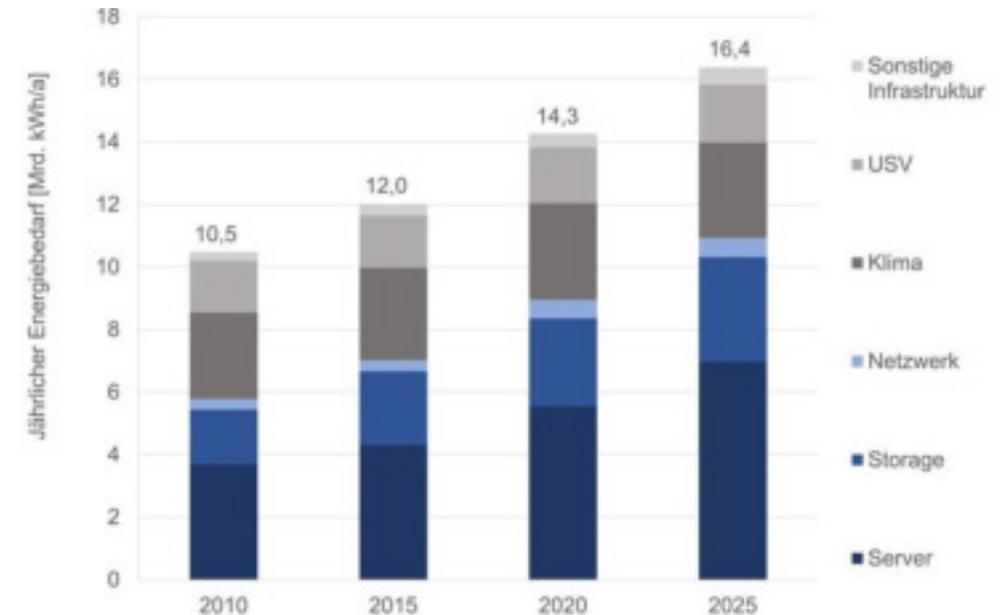
Erläuterung

- Der Energieverbrauch von Rechenzentren in Deutschland wird von 2010 bis 2025 voraussichtlich um 56% steigen.
- Weltweit wird sich das Datenvolumen von 2016 bis 2021 verdreifachen und die in Rechenzentren gespeicherte Datenmenge fast verfünffachen.
- Der Energiebedarf von Servern und Speichern wird sich zwischen 2010-2025 um voraussichtlich 90% erhöhen.
- Der Energiebedarf von Netzwerk, Klima, USV und sonstiger Infrastruktur steigt dagegen voraussichtlich nur um ca. 17% (zwischen 2010-2025).

Details

- **Power Usage Effectiveness (PUE):** Indikator für verbesserte Effizienz der Infrastruktur. Verhältnis von IT-Energiebedarf zu Gesamtenergiebedarf des Rechenzentrums.
- PUE: 2010 = 1,8, 2025 = 1,5

Prognostizierte Entwicklung



Quelle: Fraunhofer IZE (2015). Entwicklung des IKT-bedingten Strombedarfs in Deutschland.

Energiebedarf von Rechenzentren – Prognose Deutschland

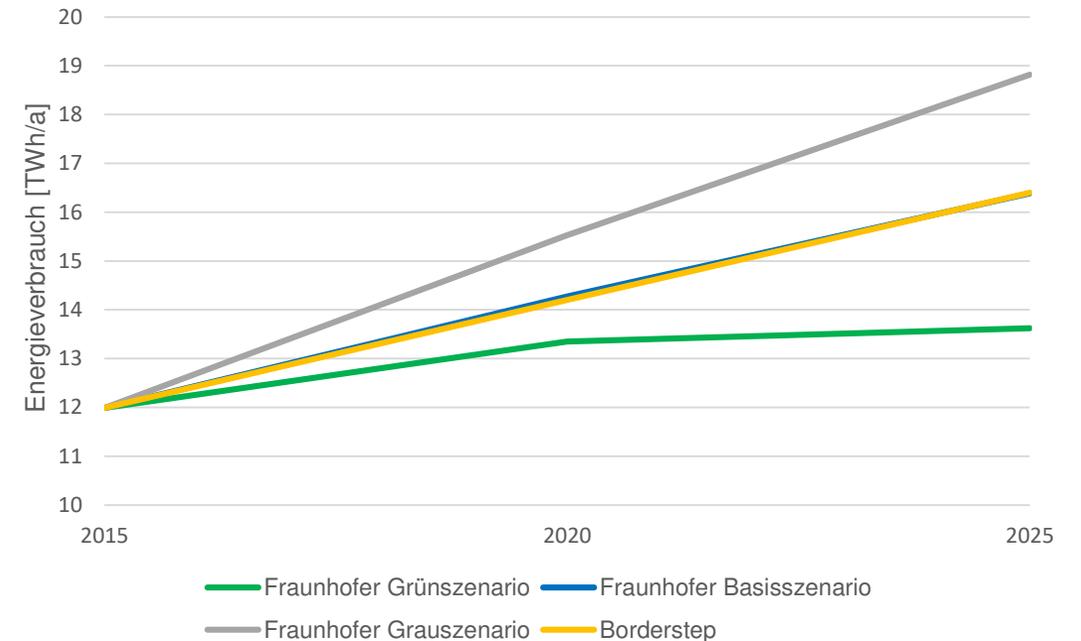
Erläuterung

- Die Annahmen der Szenarien variieren je nach Serverauslastung, Serverhardwarebedarf, Energiebedarfe, Einsatz von SSD-Festplatten und Nutzungsdauer alter Infrastruktur.
- Der prognostizierte jährliche Energiebedarf von Rechenzentren in Deutschland steigt bis 2025 gegenüber 2015 um ca. 14-57%.

Einschränkungen

- Bisher gibt es nur zwei Studien, die den zukünftigen Energiebedarf von Rechenzentren in Deutschland abschätzen (siehe Quellen).
- Eine kleine Anfrage von Abgeordneten der Fraktion BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN von April 2019 über den zukünftigen Energieverbrauch von Rechenzentren im Zuge des Rollouts des 5G-Standards konnte die Bundesregierung nicht beantworten.

Prognostizierte Entwicklung



Quelle: Fraunhofer IZE (2015). Entwicklung des IKT-bedingten Strombedarfs in Deutschland.
Borderstep (2016) Green Cloud? The current and future development of energy consumption by data centers, networks and end-user devices
BMWi (2019) Kleine Anfrage: Kenntnisse der Bundesregierung über den Energieverbrauch von Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT) in Deutschland

Energiebedarf von Rechenzentren – Prognose International

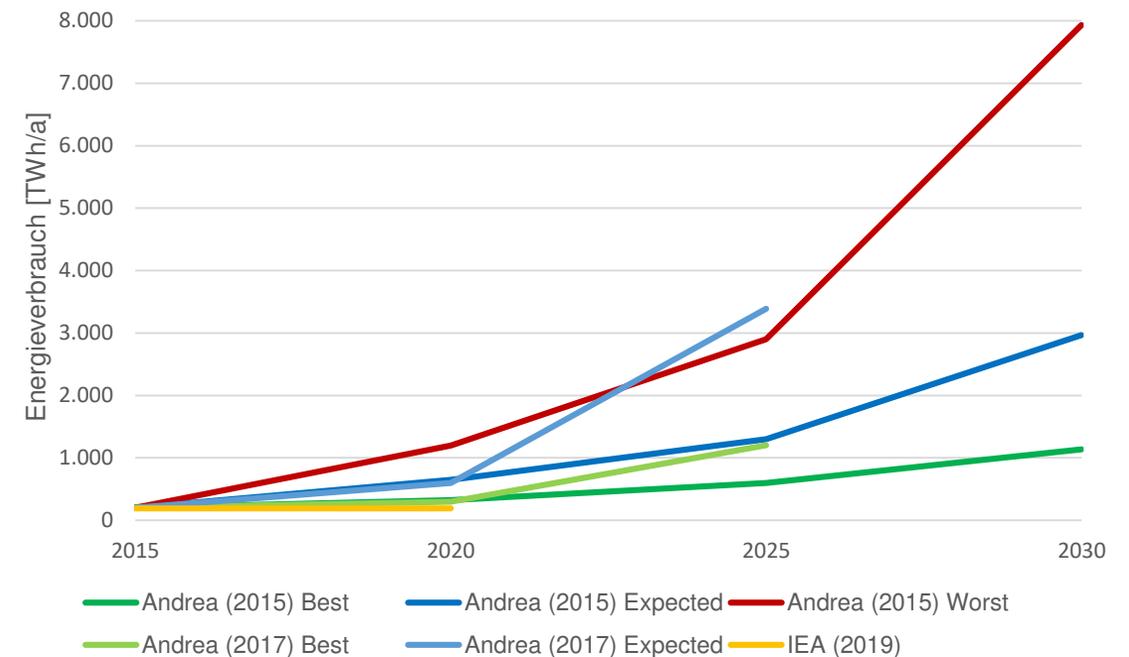
Erläuterung

- Die Szenarien variieren je nach jährlicher Verbesserung der Energieeffizienz:
- Der prognostizierte jährliche weltweite Energiebedarf von Rechenzentren steigt bis 2025 gegenüber 2015 um das 3-17-fache an.
- Rechenzentren werden bis 2030 ca. 3-13% des globalen Stromverbrauchs ausmachen (vgl. 2010: 1%).

Einschränkungen

- Bisher gibt es nur sehr wenige Studien, die den langfristigen weltweiten Energieverbrauch von Rechenzentren abschätzen.
- Das Datenvolumen wird vor allem in Nordamerika und dem Asien-Pazifik-Raum steigen. Daher wird der Energieverbrauch von Rechenzentren dort am stärksten steigen.

Prognostizierte Entwicklung



Quelle: Andrea (2015) On Global Electricity Usage of Communication Technology: Trends to 2030
Andrea (2017) Total Consumer Power Consumption Forecast
IEA (2019) <https://www.iea.org/tcep/buildings/datacentres/>

Energiebedarf von Rechenzentren – Mehrverbrauch durch 5G

Hochrechnung

- Anteil Mobile Data Traffic an gesamten IP Traffic (Deutschland):
 - 2021: 8%
 - 2025: 30,7% (40% Wachstum pro Jahr)
- Anteil 5G an Mobile Data Traffic
 - 2021: 5%
 - 2025: 44,5%
- Anteil 5G an gesamten IP Traffic in Deutschland
 - 2021: 0,3% (= 8% * 5%)
 - 2025: 13,7% (= 30,7% * 44,5%)
- Energiebedarf von Rechenzentren
 - 2021: 13,4 – 16,2 TWh
 - 2025: 13,6 – 18,8 TWh
- **Max. Energiebedarf von Rechenzentren durch 5G:**
 - 2021: 16,2 TWh * 0,3% = **0,1 TWh**
 - 2025: 18,8 TWh * 13,7% = **2,6 TWh**

Experteneinschätzung

- Experteneinschätzung
 - 2025: Anteil 5G an gesamten IP Traffic in Deutschland zwischen 10-20%
 - 2025: Energiebedarf Rechenzentren ca. 19 TWh
- **Max. Energiebedarf von Rechenzentren durch 5G:**
 - 2025: 19 TWh * 10% = **1,9 TWh**
 - 2025: 19 TWh * 20% = **3,8 TWh**



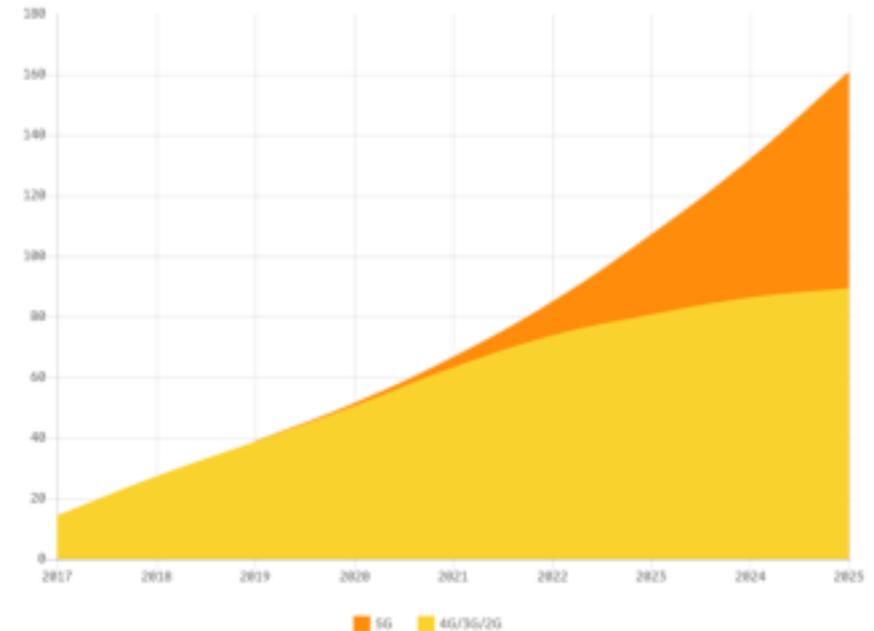
Der zusätzliche Energiebedarf von Rechenzentren durch die Einführung des 5G-Standards im Jahr 2025 ist äquivalent zum Stromverbrauch von **600.000 – 1,25 Mio. Haushalten** (bei einem durchschnittlichen Stromverbrauch von 3.000 kWh pro Haushalt).

Energiebedarf von Rechenzentren – Mehrverbrauch durch 5G

Annahmen

- Von Cisco vorhergesagte jährliche Wachstumsrate von 40% für mobilen Internetverkehr in Deutschland zwischen 2016-2021 bleibt auch in den Folgejahren bis 2025 konstant
- Anteil von 5G am mobilen Datenverkehr ist in Deutschland identisch mit dem von Ericsson prognostizierten Anteil von 5G am globalen mobilen Datenverkehr (5% für 2021, 44,5% für 2025)
- Das absolute jährliche Wachstum des Energiebedarfs von Rechenzentren ist für den Zeitraum von 2020 bis 2025 konstant (Annahme eines linearen Wachstums bei der Interpolation für die 2021er-Werte)
- Der Energiebedarf der Rechenzentren ist unabhängig davon wo und wie die Daten entstehen: Der Anteil von mobile/fixed/wired am Datenverkehr entspricht dem Anteil am Energieverbrauch der Rechenzentren

Anteil 5G an Mobile Data Traffic



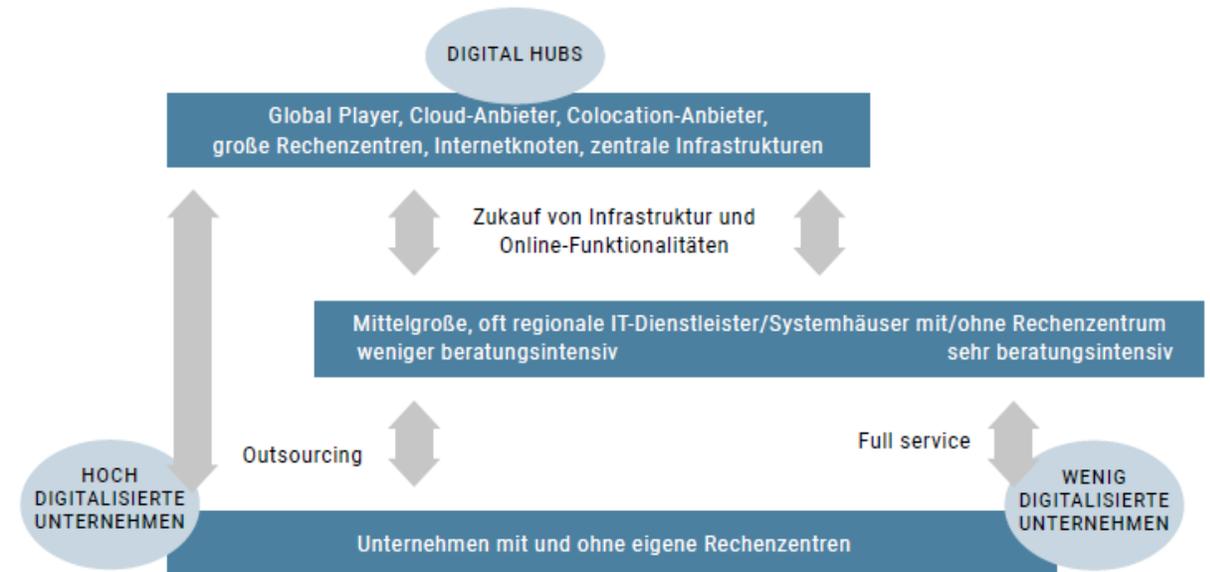
Forschungsthemen

- 1) Energiebedarf von Rechenzentren
- 2) Abwärmenutzung in Rechenzentren
- 3) 5G-Standard – Überblick und neue Dienste in Rechenzentren
- 4) Energiebedarf und Abwärmenutzung in Rechenzentren nach Einführung des 5G Standards
- 5) **Mögliche Auswirkungen von Outsourcing und Nutzung von Cloud-Systemen**

Mögliche Auswirkungen von Outsourcing und Nutzung von Cloud-Systemen

Trends des Outsourcings von IKT

- Outsourcing von IKT verstärkt sich durch Virtualisierung, Cloud Computing und Zunahme der Nutzung von Colocation Angeboten.
- Aber: Anforderungen an Latenzzeiten setzen Grenzen bei der Verlagerung von IT an andere Standorte.
- Viele private Unternehmen vermeiden Outsourcing von unternehmenskritischen Daten (z.B. F&E).
- Je größer und digitalisierter das Unternehmen, desto flexibler ist es bei der Standortwahl des Rechenzentrums.
- Kleine und wenig digitalisierte Unternehmen verwenden dagegen meistens kleinere und regionale Rechenzentren.
- Behörden und Hochschulen müssen ihre Daten in Deutschland speichern.
- Zum Teil verhindern rechtliche Vorschriften (z.B. Sozial-/ Patientendaten, Melde- oder Statistikgeheimnis) das Outsourcing von Daten.



Quelle: Borderstep (2018) Bedeutung digitaler Infrastrukturen in Deutschland
Borderstep (2014) Rechenzentren in Deutschland: Eine Studie zur Darstellung der wirtschaftlichen Bedeutung und der Wettbewerbssituation
NeRZ (2017) Energieeffizienz und Rechenzentren in Deutschland

Mögliche Auswirkungen von Outsourcing und Nutzung von Cloud-Systemen

RZ-Kapazität: Deutschland

- Im Jahr 2015 hatte Deutschland einen Anteil von ca. 25% an der europäischen Rechenzentrumskapazität.

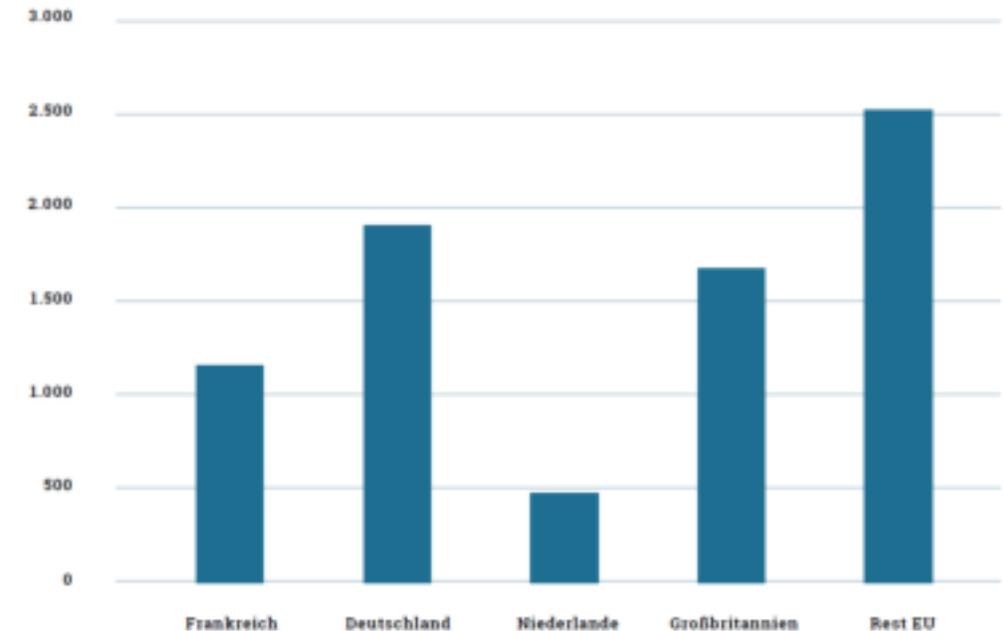
RZ-Ansiedlungspolitik Skandinavien

- *Preiswerte erneuerbare Energie*
 - Hoher EE-Anteil an Stromerzeugung
 - Senkung der Stromsteuer

RZ-Ansiedlungspolitik Niederlande

- *Clusterstrategie*
 - Ausbau der digitalen Infrastruktur insbesondere rund um Amsterdam

IT-Flächen in Rechenzentren [1000 m²]



Quelle: Borderstep (2018) Bedeutung digitaler Infrastrukturen in Deutschland
Borderstep (2014) Rechenzentren in Deutschland: Eine Studie zur Darstellung der wirtschaftlichen Bedeutung und der Wettbewerbssituation
<https://www.it-daily.net/it-management/data-center-server-storage/21464-brexite-run-auf-das-daten-mekka-frankfurt>
<https://www.funkschau.de/datacenter-netzwerke/die-genese-der-rechenzentren.166388.html>

Mögliche Auswirkungen von Outsourcing und Nutzung von Cloud-Systemen

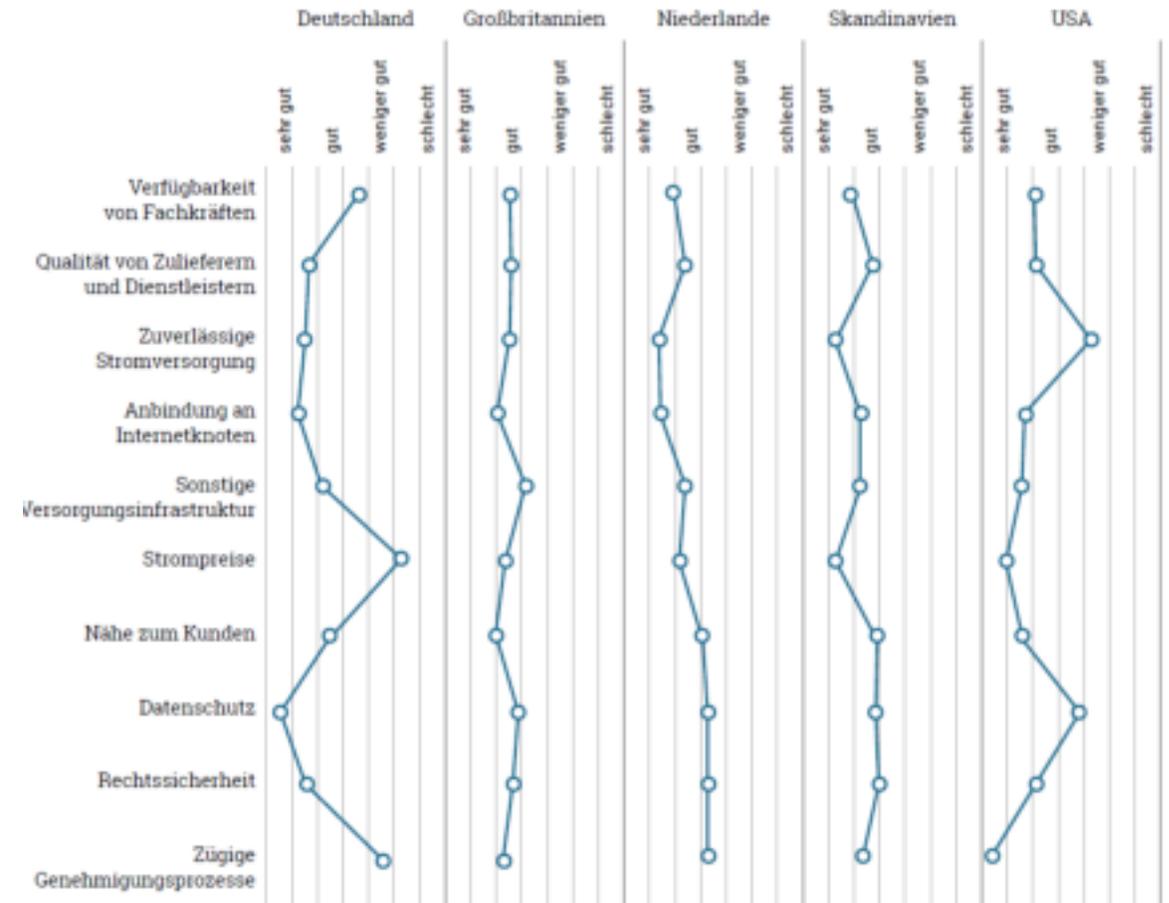
RZ-Faktoren: Deutschland

- + Datenschutz
- + Rechtssicherheit
- + Zuverlässigkeit der Stromversorgung
- Strompreise
- Dauer der Genehmigungsprozesse
- Fachkräfteverfügbarkeit

RZ-Faktoren: Europäisches Ausland

- Skandinavien, GB und NL werden ähnlich beurteilt wie Deutschland.
- Bessere Bewertung bei Fachkräfteverfügbarkeit, Genehmigungsprozessen und Strompreisen.

- ➔ Ansiedlung bzw. Umzug großer Rechenzentren-Betreiber im europäischen Ausland.
- ➔ Besonders hohe Standortflexibilität bei Colocation-Betreibern mit großer Rechenzentrumsfläche.



Quelle: Borderstep (2018) Bedeutung digitaler Infrastrukturen in Deutschland
 Borderstep (2014) Rechenzentren in Deutschland: Eine Studie zur Darstellung der wirtschaftlichen Bedeutung und der Wettbewerbssituation

Politische Forderungen zur Stärkung digitaler Infrastrukturen in Deutschland

Breitbandausbau

- Rascher Ausbau flächendeckend verfügbarer Breitbandnetze

Rechenzentrumsstandort

- Strategische Ansiedlung leistungsfähiger und energieeffizienter Hyperscaler
- Förderung von Mikrorechenzentren für Edge-Computing

Forschung

- Ausbau der Stärken im Bereich Security, High Performance Edge Computing und nachhaltiger Energieeffizienzsteigerung

Bürokratie

- Effizientere Gestaltung der Antrags- und Genehmigungsprozesse

Stromkosten

- Senkung der Umlagen, Abgaben und Steuern für Rechenzentren um in Europa wettbewerbsfähig zu bleiben

Quellen: Bitkom (2019). Positionspapier: Nutzung von Abwärme aus Rechenzentren.

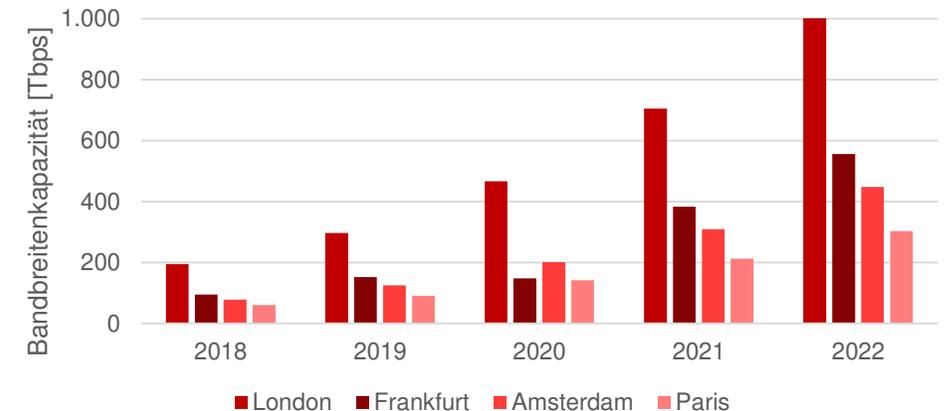
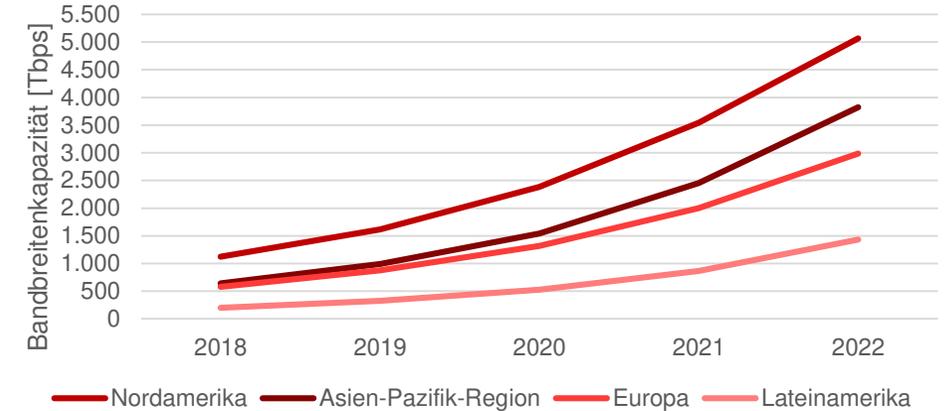
Mögliche Auswirkungen von Outsourcing und Nutzung von Cloud-Systemen

Weltweiter Trend

- Insgesamt sinkende Bedeutung des Standorts West-Europa
- Im Jahr 2021 findet 18,5% des weltweiten Rechenzentrum-Workloads in West-Europa statt.
- Im Jahr 2022 werden ca. 22% der Bandbreitenkapazität in Europa installiert sein.
- Der Rechenzentrum-Workload steigt vor allem im asiatischen Raum an. Durchschnittlich werden Wachstumsraten von 15-24% erreicht.

Top RZ-Standorte in Europa

- Frankfurt ist einer der Top-Standorte in Europa.
- Frankfurt hat die höchste Rechenzentrumskapazität in Deutschland aufgrund hervorragender Verkehrs- und Glasfaseranbindung, guter Verfügbarkeit von Fachkräften, zentraler Lage in Europa und größtem Internetknoten der Welt.



Quelle: Equinix (2019) Global Interconnection Index Volume 3
Borderstep (2018) Bedeutung digitaler Infrastrukturen in Deutschland



Kontakt

Institute for Future Energy Consumer Needs and Behavior (FCN)

E.ON Energy Research Center

Mathieustraße 10, 52074 Aachen

Germany

Prof. Dr. Reinhard Madlener

T +49 241 80 49 820

RMadlener@eonerc.rwth-aachen.de

www.eonerc.rwth-aachen.de/fcn

Tim Höfer

T +49 241 80 49 49837

THoefer@eonerc.rwth-aachen.de

www.eonerc.rwth-aachen.de/fcn

FCN | Future Energy Consumer
Needs and Behavior



Literaturverzeichnis

- Andrea (2015) On Global Electricity Usage of Communication Technology: Trends to 2030
- Andrea (2017) Total Consumer Power Consumption Forecast
- Aslan et al. (2017) Electricity Intensity of Internet Data Transmission
- Bitkom (2019) Positionspapier: Nutzung von Abwärme aus Rechenzentren.
- BMVI (2017) Netzallianz Digitales Deutschland
- BMWi (2019) Kleine Anfrage: Kenntnisse der Bundesregierung über den Energieverbrauch von Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT) in Deutschland
- Borderstep (2016) Green Cloud? The current and future development of energy consumption by data centers, networks and end-user devices
- Borderstep (2017). Rechenzentren in Deutschland: Eine Studie zur Darstellung der wirtschaftlichen Bedeutung und der Wettbewerbssituation.
- Borderstep Institut (2018). Boom führt zu deutlich steigendem Energiebedarf der Rechenzentren in Deutschland im Jahr 2017
- Borderstep (2017). Rechenzentren in Deutschland: Eine Studie zur Darstellung der wirtschaftlichen Bedeutung und der Wettbewerbssituation
- DigitalGipfel (2017) 5G in Deutschland Szenario zur Realisierung
- DotEcon (2017) Study on Implications of 5G Deployment on Future Business Models
- Equinix (2019) Global Interconnection Index Volume 3
- Fraunhofer IZE (2015) Entwicklung des IKT-bedingten Strombedarfs in Deutschland.
- Huawei (2016) 5G Network Architecture: A High Level Perspective
- Huawei (2017) 5G Spectrum Public Policy Position
- IDC (2018) The Digitization of the World From Edge to Core
- NeRZ (2017). Energieeffizienz und Rechenzentren in Deutschland: Weltweit führend oder längst abgehängt?
- PWC (2019) Edge data centers: Riding the 5G and IoT wave
- Roland Berger (2018) Erfolgsfaktor 5G Innovation und Vielfalt für die nächste Stufe der Digitalisierung
- Yousefpour et al. (2019) All one needs to know about fog computing and related edge computing paradigms: A complete survey

Internetseiten

- <https://www.iea.org/tcep/buildings/datacentres/>
- <http://connections.rdm.com/de/fokus-de/edge-data-center>
- <http://www.emfexplained.info/?ID=25916>
- <https://www.ip-insider.de/was-ist-embb-enhanced-mobile-broadband-a-828857/>
- <https://www.viavisolutions.com/en-us/5g-network-slicing>
- <http://connections.rdm.com/de/fokus-de/edge-data-center>
- <https://ne-rz.de/2019/11/27/boom-bei-kompaktrechenzentren/>
- <https://ne-rz.de/2019/07/10/edge-rechenzentren-vor-dem-durchbruch/>
- <https://www.it-daily.net/it-management/data-center-server-storage/21464-brexit-run-auf-das-daten-mekka-frankfurt>
- <https://www.funkschau.de/datacenter-netzwerke/die-genese-der-rechenzentren.166388.html>
- <https://www.ericsson.com/en/mobility-report/mobility-visualizer?f=7&ft=2&r=1&t=1,20&s=4&u=3&y=2017,2025&c=3>
- <https://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/service-provider/visual-networking-index-vni/white-paper-c11-738429.html>
- https://www.cisco.com/c/dam/m/en_us/solutions/service-provider/vni-forecast-highlights/pdf/Germany_2021_Forecast_Highlights.pdf