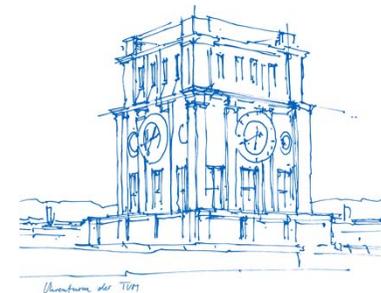


Kommunikationsnetze: Zukünftiges Internet - 5G - Industriekommunikation

5G - das mobile Internet der Zukunft!



Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Kellerer
Technische Universität München
Lehrstuhl für Kommunikationsnetze
13. Oktober 2018 – TUM Tag der Offenen Tür



Was ist das Internet?

<https://www.lkn.ei.tum.de>



Menü

150 Jahre

Lehrstuhl für Kommunikationsnetze
Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik
Technische Universität München

Startseite

CoC COM
Aktuelles
Team
Research
Publikationen
Lehrveranstaltungen
Studentische Arbeiten
Alumni
Museum
Adresse und Anfahrt

Willkommen am Lehrstuhl für Kommunikationsnetze

 Prof. W. Kellerer

Kommunikationsnetzen kommt übergreifend über viele Disziplinen mehr denn je eine Querschnittsfunktion in unserer Informationsgesellschaft zu. Der Lehrstuhl für Kommunikationsnetze (LKN) beschäftigt sich in Forschung und Lehre mit den methodischen Grundlagen und Anwendungen für mobile und drahtgebundene Kommunikationsnetze als Infrastruktur für die zukünftige Internetkommunikation. Unsere Kernkompetenz bilden Architekturkonzepte und Protokolle, Steuerungsmechanismen, Ressourcenmanagement, Verfahren zur Optimierung und Leistungsbewertung sowie techno-ökonomische Bewertung.

Auf unseren Webseiten bieten wir Ihnen eine Übersicht unserer

Lehrstuhl für Kommunikationsnetze

Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Kellerer

Arcisstr. 21
80333 München

Besucheradresse:
Gebäude 9, 1.OG

Tel: +49 89 289-23500
Fax: +49 89 289-23523

Aktuelles

08.02.2018
IEEE JSAC Special issue on Artificial Intelligence and Machine Learning for Networking and Communications →

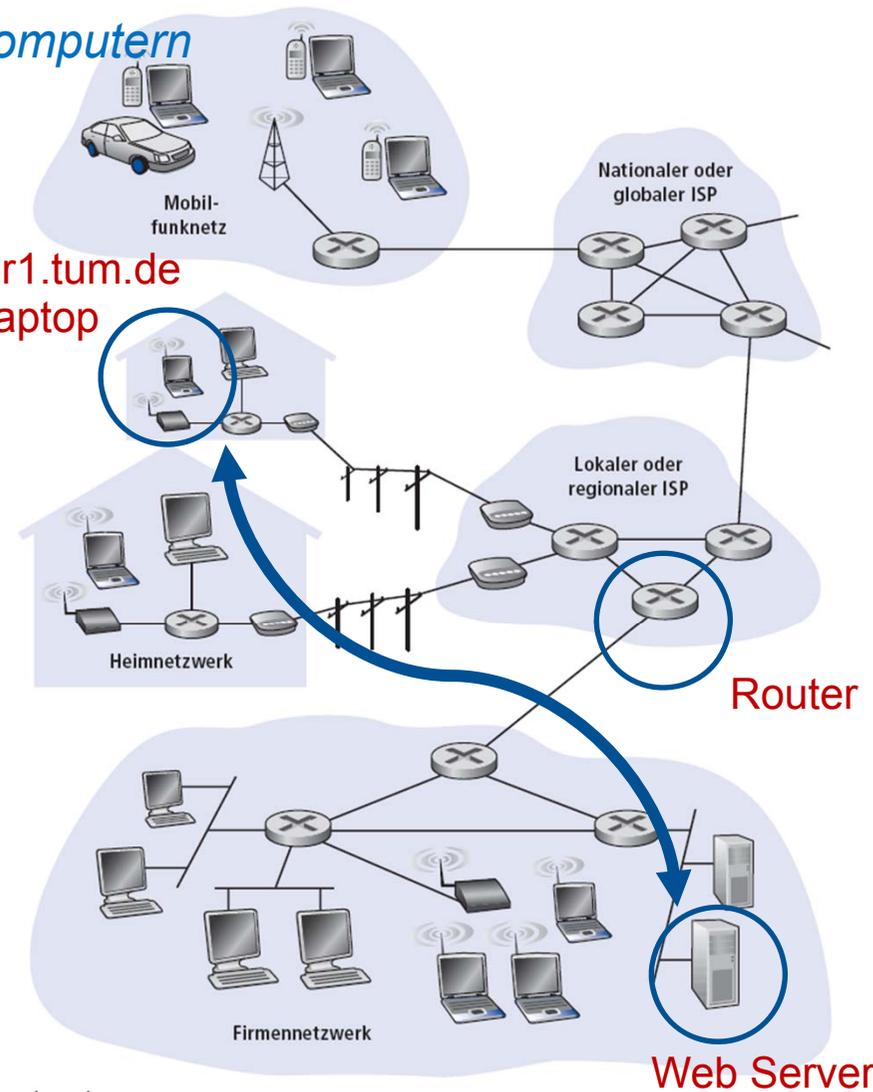
27.01.2018
Prof. Kellerer is lead guest editor for IEEE TNSM Special Issue on "Novel Techniques for Managing Softwarized Networks" →

Was ist das Internet?

eine riesige Menge an weltweit vernetzten Computern



Computer1.tum.de
Laptop



Legende:

- Host (oder Endsystem)
- Server
- Laptop
- Paket-Switch
- Modem
- Access Point
- Mobiltelefon
- Mobilfunk-basisstation

Wie kommen die Daten durch das Internet?

Die Daten werden in „Internet Pakete“ aufgeteilt und durchs Internet „geroutet“

- Informationen (Text, Ton, Bilder,...) → Bits



10010100 01110101 10100001 11001100 ...

- Bitstrom → Internetpakete (IP Pakete)



- tag-der-offenen-tuer.tum150.events → Internet (IP) Adresse (Sender): 85.13.133.4
Computer1.tum.de → IP Adresse (Empfänger): 129.187.54.81

- Was ist routen?

Anhand der Adresse finden die Internetknoten (Router) einen Weg durch das Internet

Experiment

Wie ist die Internet Route vom FFB zur Stanford University in den USA? und Australien?

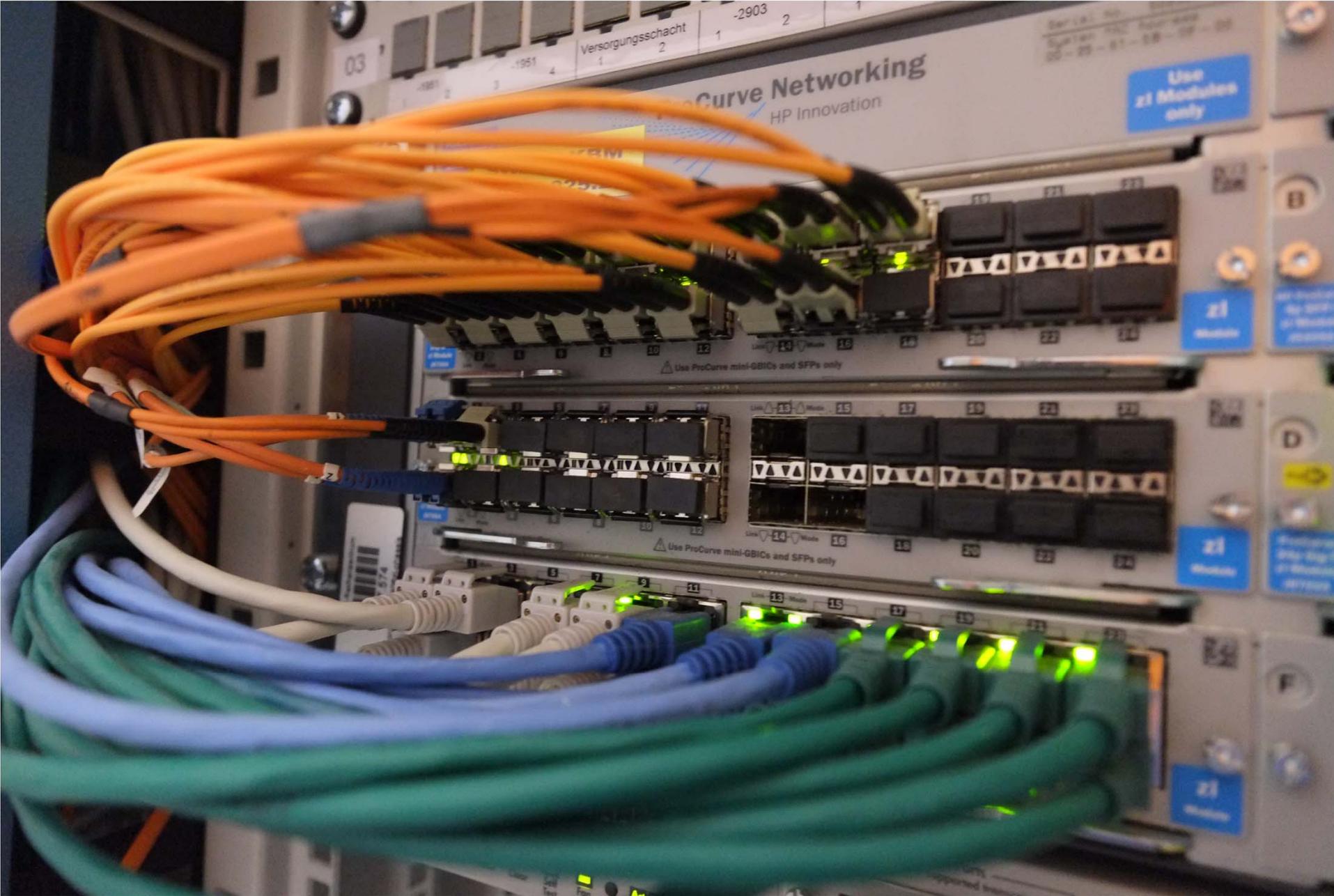
Stop	IP Address	Latency	Country
2	62.155.242.10	12.1 ms	Germany
3	217.239.45.182	20.3 ms	Germany
4	62.157.249.186	19.3 ms	Germany
5	129.250.3.217	22.9 ms	USA
6	129.250.3.12	32.1 ms	USA
7	129.250.2.18	106.7 ms	USA
8	129.250.4.13	181.0 ms	USA
9	129.250.2.54	178.1 ms	USA
10	129.250.3.124	179.8 ms	USA
11	129.250.6.119	178.7 ms	USA
12	129.250.4.118	179.4 ms	USA
13	140.174.28.138	190.1 ms	USA
14	202.158.194.170	179.6 ms	Australia
15	202.158.194.172	360.8 ms	Australia
16	182.255.119.139	386.0 ms	Australia

>380ms

stanford.edu (12)		Visual Route >
1	192.168.2.1 speedport.ip	4.4 ms >
2	62.155.242.10	9.8 ms  >
3	194.25.6.82	19.2 ms  >
4	62.157.248.174	28.6 ms  >
5	72.52.92.13 100ge5-2.core1.par2.he.net	41.6 ms  >
6	184.105.81.77 100ge14-1.core1.nyc4.he.net	102.3 ms  >
7	184.105.81.61 100ge13-1.core4.fmt2.he.net	166.3 ms  >
8	184.105.222.90 100ge9-1.core1.pao1.he.net	161.4 ms  >
9	216.218.209.118 stanford-university.10gigabitethernet1-4.core1.pao1.he.net	166.0 ms  >
10	171.64.255.194 rtf-rtr-vlan8.sunet	174.1 ms  >
11		>
12	171.67.215.200 web.stanford.edu	168.0 ms  >

Verzögerungszeit: > 150 ms
merkt man deutlich beim Telefonieren

Ein Internet Router

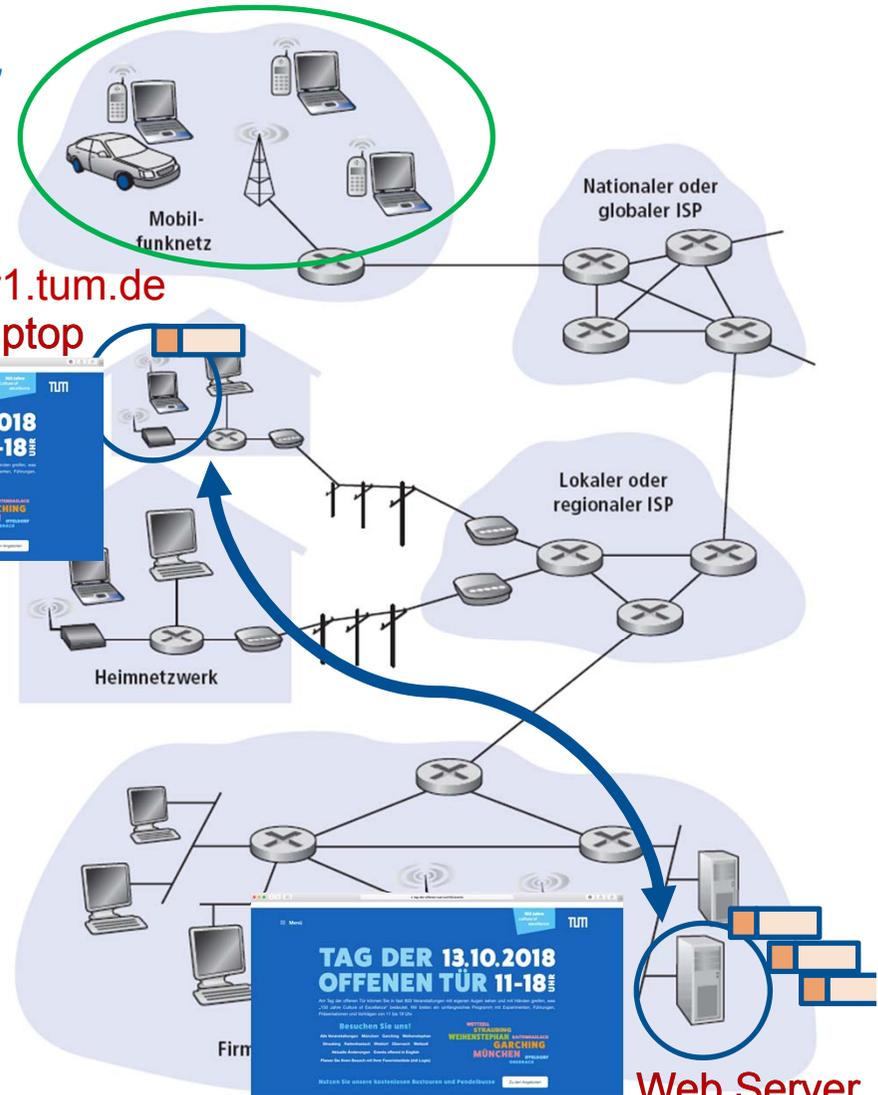


Was ist das Internet?

eine riesige Menge an vernetzten Computern, die Informationen mit Internet-Paketen austauschen



Computer1.tum.de
Laptop



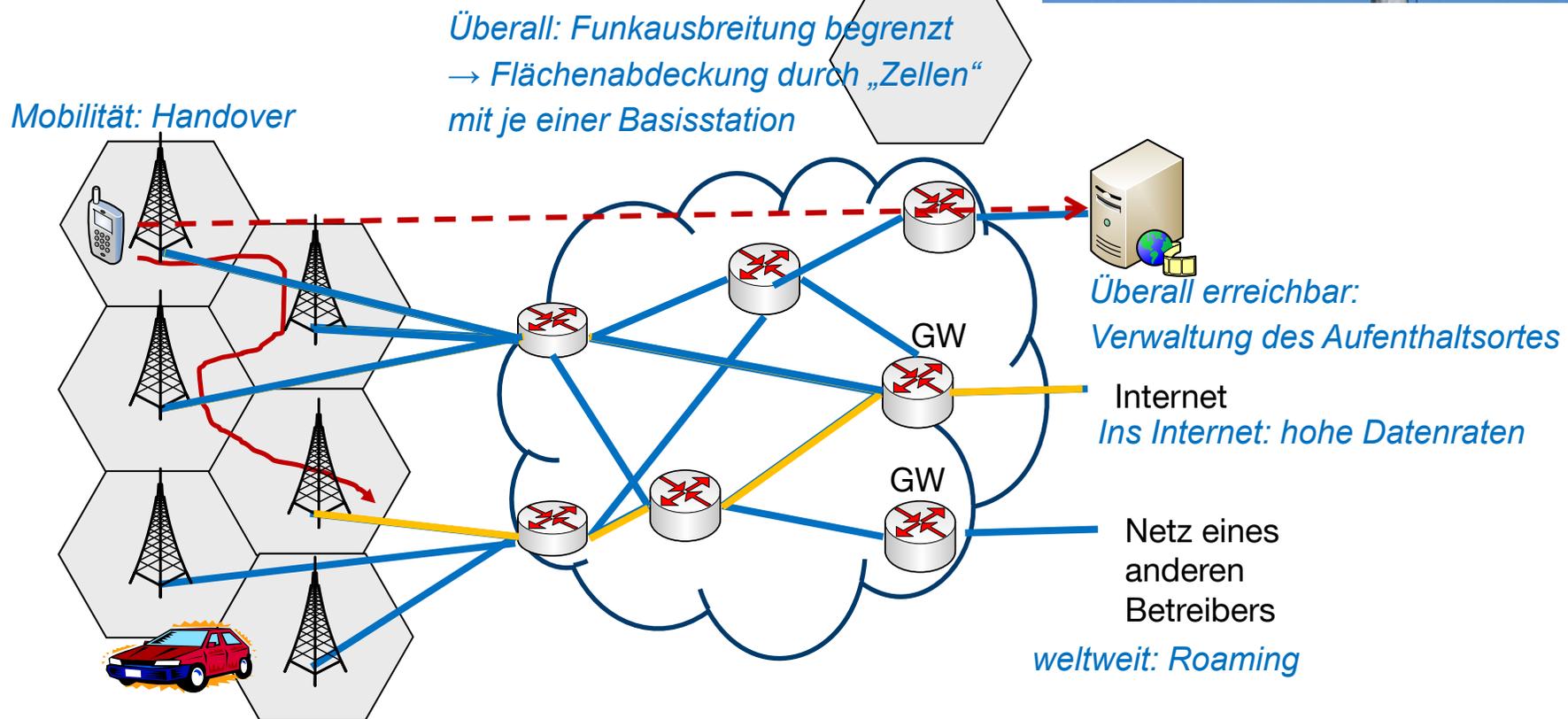
Legende:



Was ist das mobile Internet?

Wie vorher, jetzt aber (teilweise) über ein Funknetz

- Überall und weltweit mobil ins Internet mit Mobilkommunikation z.B. LTE/4G
- Technisch ist das nochmal komplizierter wie das Festnetz-Internet



Was ist 5G?



Was ist 5G?

die neue Generation Mobilkommunikation, die in wenigen Jahren zur Verfügung steht

2G: GSM



- „5G - das mobile zukünftige Internet“
- Was ist neu bei 5G?

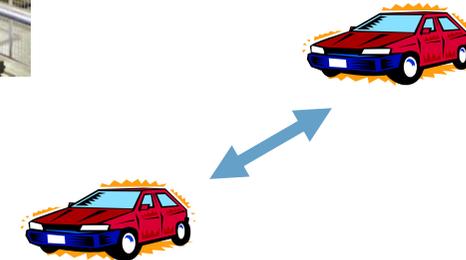


Was ist neu bei 5G?

- Was fehlt bei 4G?
- Wer kommuniziert bei 4G?
 - v.a. Menschen

- mit 5G:
 - Maschinen kommen dazu
 - z.B. autonome Fahrzeuge, Robotersteuerung
 - „Tele-operation“

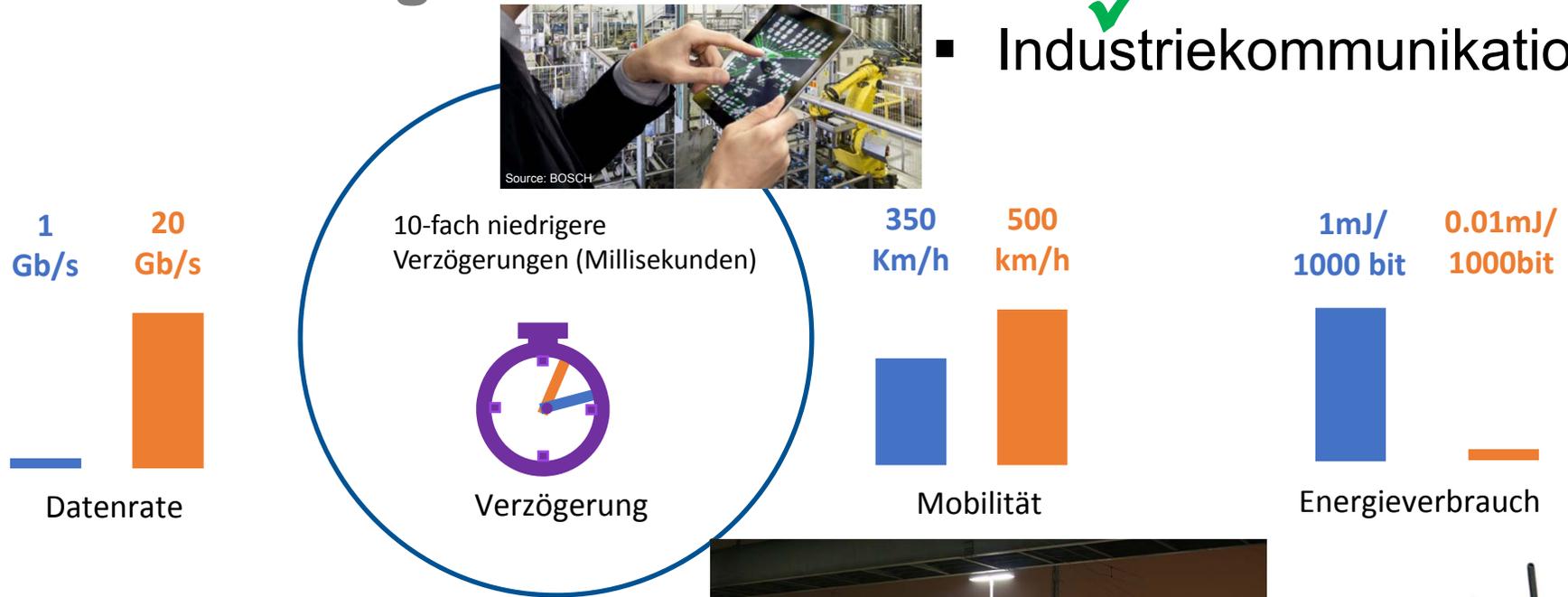
- Was ist insgesamt neu?
 - Verbindung einer 10-fach höheren Anzahl an Geräten (*Internet der Dinge*)
 - 100-fach niedrigerer Energieverbrauch
 - 10-fach niedrigere Verzögerung (Millisekunden)
 - Höhere Mobilität der Nutzer
 - 20-fach schnellere Datenraten



Was ist neu bei 5G?

Quelle: IEEE Spectrum October 2015

4G – 5G Vergleich



- Industriekommunikation

Was bedeutet das?
Kann man das ausprobieren?



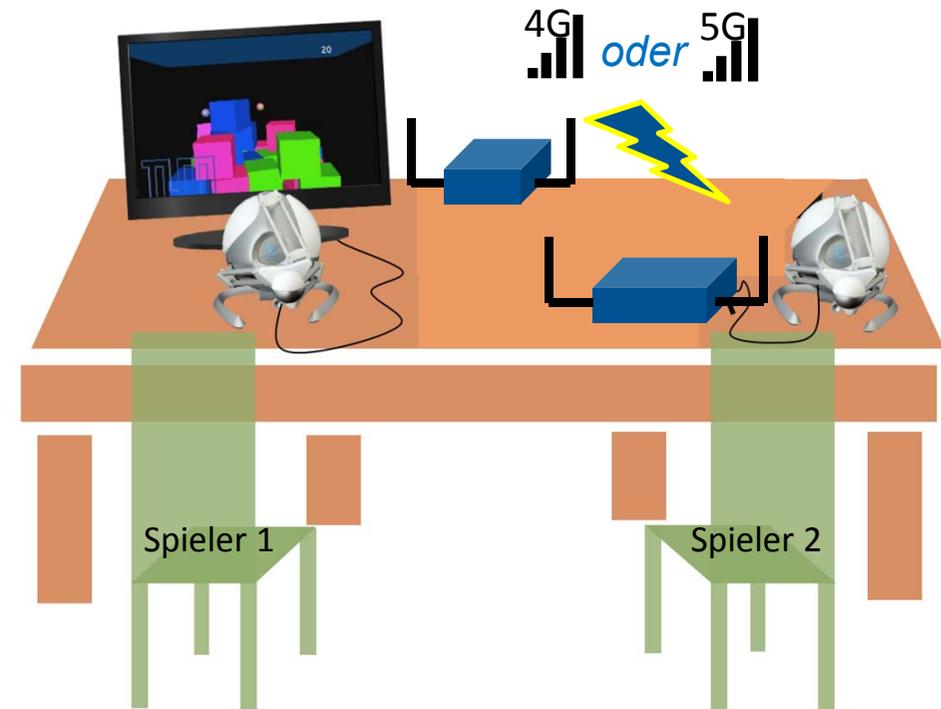
Sensornetze

Von S. Terfloth - Photography of author, original description page was here., CC BY-SA 2.0 de, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=2630377>

Spiel – Fühlen der Verzögerung bei 4G und 5G

Beschreibung

- Ziel des Spiels: die farbigen Würfel müssen zusammen hochgezogen werden.
- Die **Kraftrückkopplung** (benötigt < 5 ms Verzögerung) sorgt dafür, dass die Spieler die Würfel **fühlen**.



- Spieler 2 ist über Mobilkommunikation verbunden.
 4G (Taste „4“): **LTE (hohe Übertragungsverzögerung von ca. 50 ms) → instabil**
 5G (Taste „5“): **geringe Übertragungsverzögerung von ca. 5 ms → nichts bemerkbar**



Danke!

Ich freue mich auf die Diskussion