



University of
Zurich ^{UZH}



Empa

Materials Science and Technology



swisscom

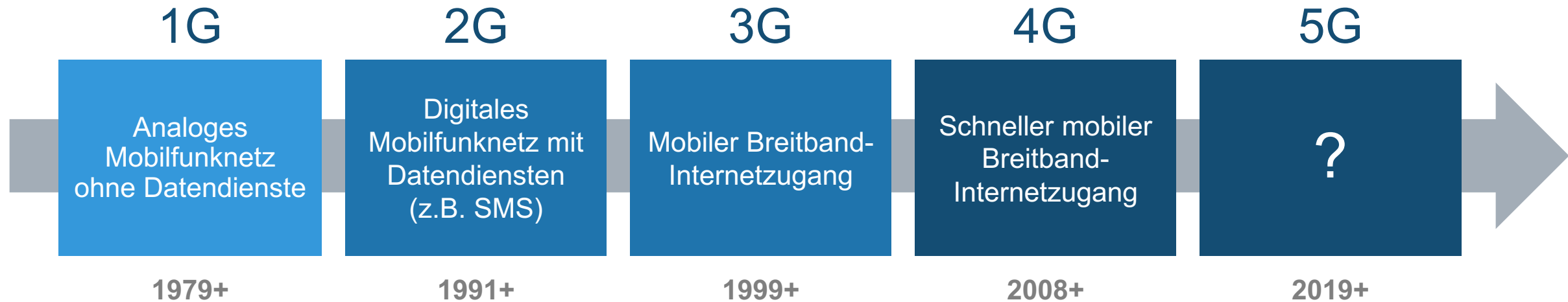
**SWISS
CLEANTECH**

5G Netze – Chancen und Risiken für den Klimaschutz

Jan Bieser und Lorenz Hilty, Universität Zürich

Roland Hischier und Beatrice Salieri, Empa

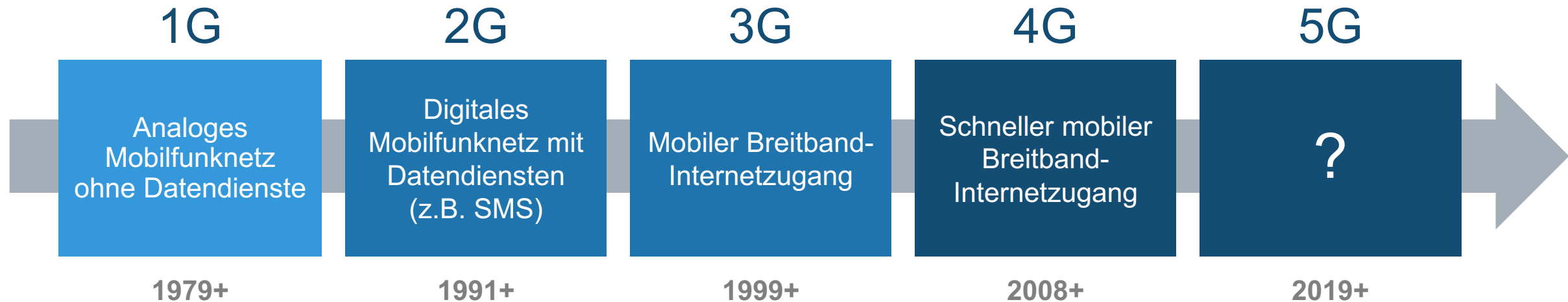
Zunehmende Anforderungen an mobile Kommunikation werden von 5G adressiert. Wie wirkt sich 5G auf Treibhausgasemissionen in der Schweiz aus?



Forschungsfragen

1. Wie viele Tonnen an Treibhausgas-Emissionen werden als Folge von Herstellung und Betrieb der 5G-Infrastruktur voraussichtlich verursacht?
2. Welche Anwendungsfälle profitieren besonders von 5G und welches Reduktionspotenzial für Treibhausgas-Emissionen resultiert aus diesen?

Zunehmende Anforderungen an mobile Kommunikation werden von 5G adressiert. Wie wirkt sich 5G auf Treibhausgasemissionen in der Schweiz aus?



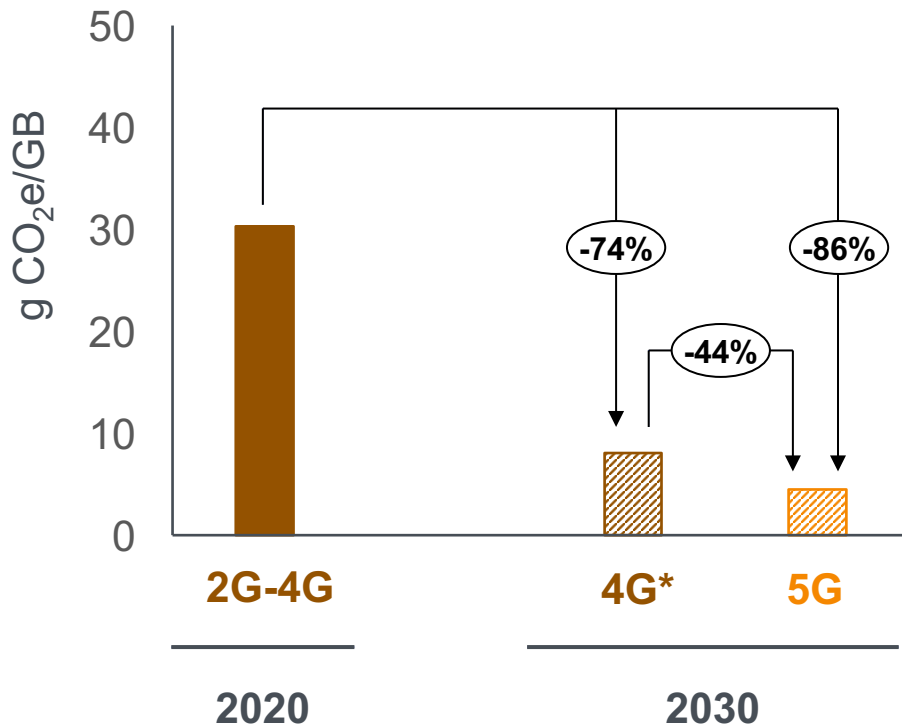
Forschungsfragen

- 1. Wie viele Tonnen an Treibhausgas-Emissionen werden als Folge von Herstellung und Betrieb der 5G-Infrastruktur voraussichtlich verursacht?**
2. Welche Anwendungsfälle profitieren besonders von 5G und welches Reduktionspotenzial für Treibhausgas-Emissionen resultiert aus diesen?

Im Jahr 2030 werden 5G Netze voraussichtlich 86% weniger THG-Emissionen pro GB verursachen als heutige Mobilfunknetze.

Treibhausgasemissionen pro GB

Produktion und Betrieb der mobilen Netzwerkinfrastruktur



Schlussfolgerung

Wenn der Datenverkehr im Internet und damit auch in den mobilen Zugangsnetzen weiter zunimmt, dann hätte 4G im Jahr 2030 einen vielfach höheren THG-Fussabdruck als 5G.

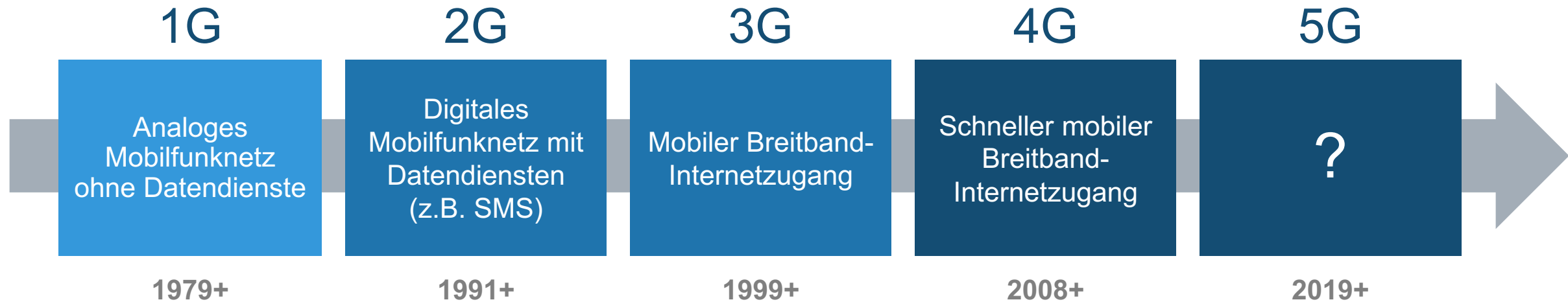
Hebel zur Senkung des Fussabdrucks der Mobilfunknetze

- Netzbetrieb mit Elektrizität aus erneuerbaren Energien
- Ältere Netze wenn möglich aus dem Betrieb nehmen
- Nur so viel Infrastruktur ausrollen wie nötig

Zu Berücksichtigen

5G Netze werden in 2030 voraussichtlich weniger als 3% der THG-Emissionen der gesamten IKT (inkl. Endgeräte, Rechenzentren, Festnetz) verursachen → der Fussabdruck der gesamten IKT sollte niedrig gehalten werden

Zunehmende Anforderungen an mobile Kommunikation werden von 5G adressiert. Wie wirkt sich 5G auf Treibhausgasemissionen in der Schweiz aus?



Forschungsfragen

1. Wie viele Tonnen an Treibhausgas-Emissionen werden als Folge von Herstellung und Betrieb der 5G-Infrastruktur voraussichtlich verursacht?

2. Welche Anwendungsfälle profitieren besonders von 5G und welches Reduktionspotenzial für Treibhausgas-Emissionen resultiert aus diesen?

5G soll einen verbesserten mobilen Breitbandzugang, M2M- und hochzuverlässige Kommunikation mit niedriger Latenz ermöglichen.

5G Eigenschaften

Der IMT-2020-Standard definiert Anforderungen für 5G Netze:

1. Hohe Datenraten
2. Viele verbundene Gerät
3. Niedriger Energieverbrauch
4. Hohe Kapazität
5. Niedrige Latenz
6. Hohe Mobilität
7. Hohe Zuverlässigkeit
8. Hohe Verfügbarkeit
9. Hohe Sicherheit

Ermöglicht

5G Anwendungsszenarios



Enhanced Mobile Broadband

Für Hotspot-Szenarien mit hohen Datenraten und hoher Benutzerdichte (z. B. für hochauflösendes Streaming).



Massive Machine-type Communications

Für das Internet der Dinge, das einen geringen Stromverbrauch bei niedrigen Datenraten für eine sehr große Anzahl verbundener Geräte benötigt (z. B. für Sensoren ohne kabelgebundene Stromversorgung).



Ultra-reliable and Low Latency Communications

Für sicherheitskritische Anwendungen (z. B. für das Management von Stromnetzen oder automatisierten Fahrzeugen).

Anwendungen in mindestens 8 Sektoren profitieren von 5G.



Transport

- Automated driving
- Connected vehicles and transport infrastructure
- Flexible work (e.g. video conferencing, telecommuting)
- Transport information systems (e.g. infotainment systems)



Produktion

- Automation of industrial production processes (e.g. robotics)
- Optimization of industr. prod. processes (e.g. remote maintenance)
- Augmented/virtual reality in industrial prod. (e.g. for worker training)
- Tracking of goods (e.g. inventory management, just-in-time delivery)
- Remote control (e.g. mobile drones for construction sites)



Landwirtschaft

- Precision farming
- Agricultural robots (e.g. for weeding)



Energie

- Smart grid (e.g. real-time electricity grid management)



Gebäude

- Intelligent heating and cooling
- Remote home monitoring



Unterhaltung und Medien

- Smart stadiums (e.g. immersive experiences)
- Augmented and virtual reality (e.g. remote participation in events)
- Immersive media (e.g. personalized video advertisement)
- High-resolution streaming



Gesundheit

- Remote health services (e.g. remote surgery)
- Remote health monitoring (e.g. fall detection)
- Smart medication (e.g. digital medication diaries)



Öffentlicher Sektor

- Infrastructure monitoring and control (e.g. defect detection)
- Reliable communication in case of emergencies (e.g. robust communication in case of disasters)
- Video surveillance (e.g. surveillance of public spaces)

Anwendungen in mindestens 8 Sektoren profitieren von 5G.



Transport

- **Automated driving**
- Connected vehicles and transport infrastructure
- **Flexible work (e.g. video conferencing, telecommuting)**
- Transport information systems (e.g. infotainment systems)



Produktion

- Automation of industrial production processes (e.g. robotics)
- Optimization of industr. prod. processes (e.g. remote maintenance)
- Augmented/virtual reality in industrial prod. (e.g. for worker training)
- Tracking of goods (e.g. inventory management, just-in-time delivery)
- Remote control (e.g. mobile drones for construction sites)



Landwirtschaft

- **Precision farming**
- Agricultural robots (e.g. for weeding)



Energie

- **Smart grid (e.g. real-time electricity grid management)**



Gebäude

- Intelligent heating and cooling
- Remote home monitoring



Unterhaltung und Medien

- Smart stadiums (e.g. immersive experiences)
- Augmented and virtual reality (e.g. remote participation in events)
- Immersive media (e.g. personalized video advertisement)
- High-resolution streaming



Gesundheit

- Remote health services (e.g. remote surgery)
- Remote health monitoring (e.g. fall detection)
- Smart medication (e.g. digital medication diaries)



Öffentlicher Sektor

- Infrastructure monitoring and control (e.g. defect detection)
- Reliable communication in case of emergencies (e.g. robust communication in case of disasters)
- Video surveillance (e.g. surveillance of public spaces)

Die Anwendungsfälle profitieren speziell von niedriger Latenz, der Möglichkeit viele Geräte zu verbinden und hoher Zuverlässigkeit.

5G Eigenschaften, von denen Anwendungen profitieren

Use case	High data rates	High capacity	Ultra-low latency	Many devices	Low energy cons.	High reliability	High mobility	High availability	High security
Flexible work	x		x			x	x		
Smart grid			x	x		x		x	x
Automated driving			x	x		x	x	x	x
Precision farming				x	x				

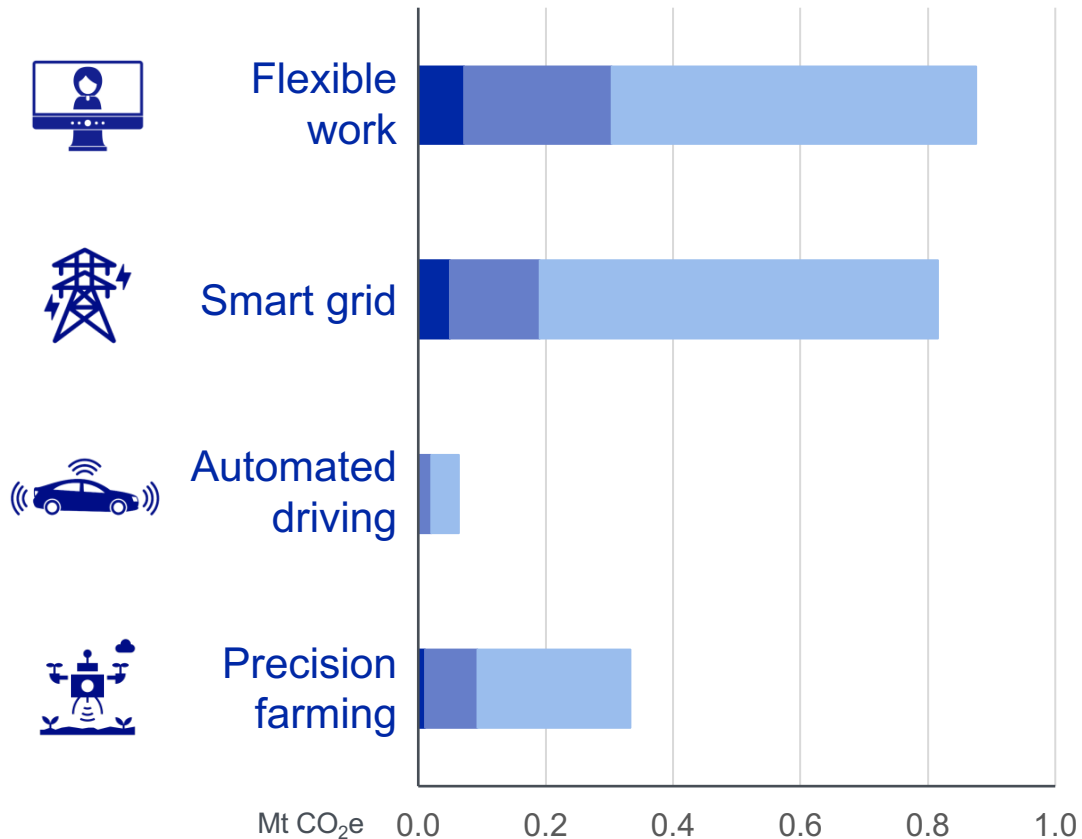
Schlussfolgerung

Die Anwendungen profitieren vor allem von niedriger Latenz, der Möglichkeit viele Geräte zu verbinden, hoher Zuverlässigkeit, Mobilität, hoher Verfügbarkeit und hoher Sicherheit

In der Tat ist es für jeden Anwendungsfall nicht eine einzige Fähigkeit, sondern die Kombination mehrerer Fähigkeiten innerhalb eines Netzes, was den Hauptnutzen bietet.

Die ausgewählten Anwendungsfälle können bis zu 2.1 Mt CO₂e/Jahr in der Schweiz in 2030 vermeiden.

THG-Vermeidungspotenzial in 2030



■ Pessimistisch: $\Sigma = 0.1$ Mt CO₂e

■ Erwartet: $\Sigma = 0.6$ Mt CO₂e

■ Optimistisch: $\Sigma = 2.1$ Mt CO₂e

Schlussfolgerung

Im optimistischen Szenario können die ausgewählten Anwendungsfälle im Jahr 2030 in der Schweiz rund 2,1 Mt CO₂e pro Jahr vermeiden, im erwarteten Szenario 0,6 Mt CO₂e und im pessimistischen Szenario 0,1 Mt CO₂e.

Insgesamt ist das Reduktionspotenzial der vier ausgewählten Anwendungsfälle deutlich höher als der Fussabdruck der gesamten 5G-Infrastruktur.

Zum Vergleich, der Fussabdruck der Schweiz in 2017 betrug 118.7 Mt CO₂e¹.

Insgesamt ist das THG-Reduktionspotenzial von 5G Anwendungsfällen deutlich höher als der THG-Fussabdruck von 5G-Netzwerken.

Schlussfolgerungen der Studie

1. Der Treibhausgas-Fussabdruck von 5G-Netzen im Jahr 2030 wird kleiner sein als derjenige von 4G-Netzen, wenn diese dem erwarteten Datenverkehr entsprechend ausgebaut werden.
2. Um den Fussabdruck der Digitalisierung möglichst gering zu halten, muss der gesamte ICT-Sektor betrachtet werden, 5G macht weniger als 3% davon aus.
3. 5G begünstigt anspruchsvolle Anwendungsfälle, die Treibhausgas-Emissionen reduzieren können.
4. Um diese Reduktionspotenziale zu realisieren, ist zielgerichtetes Handeln nötig. Die Anwendungsfälle sind keine "Selbstläufer".
5. Wir haben wenige ausgewählte Anwendungsfälle von 5G untersucht – durch Innovation können in Zukunft weitere Anwendungen entstehen, die ebenfalls zur Emissionsreduktion beitragen.



Projektteam



Dr. Jan Bieser
Universität Zürich



Prof. Lorenz Hilty
Universität Zürich



Dr. Roland Hischier
Empa



Dr. Beatrice Salieri
Empa

Kontakt

Jan Bieser

Forschungsgruppe Informatik und Nachhaltigkeit, Institut für Informatik
Universität Zürich. Binzmühlestr. 14, 8050 Zürich

jan.bieser@ifi.uzh.ch