

5G Fixed Wireless Access – Eine Alternative für die letzte Meile?

Stephan Breide, Sebastian Helleberg, Christian Lüders,
Stephan Sauerwald

FH Südwestfalen, Lindenstr. 53, 59872 Meschede

Motivation und Einleitung

- Politische Zielvorgabe: → Gigabit-Gesellschaft (EU-Kommission, Bundesregierung)
 - mindestens 100 Mbit/s für alle Haushalte, mit Potenzial für 1 Gbit/s
 - 1 Gbit/s für Institutionen mit besonderer Bedeutung
- Realisierung idealerweise über Glasfaser bis ins Gebäude (FTTB) / in die Wohnung (FTTH)
- als Übergangslösung bzw. erster Schritt: Versorgung über Funklösungen
 - **Fixed Wireless Access FWA**
- Realisierungsmöglichkeiten, Aufwände und Leistungsfähigkeit? → **2 Modelle**
- Vorgänger-Studie: Vergleich verschiedener Network-Access-Technologien (Energieverbrauch)

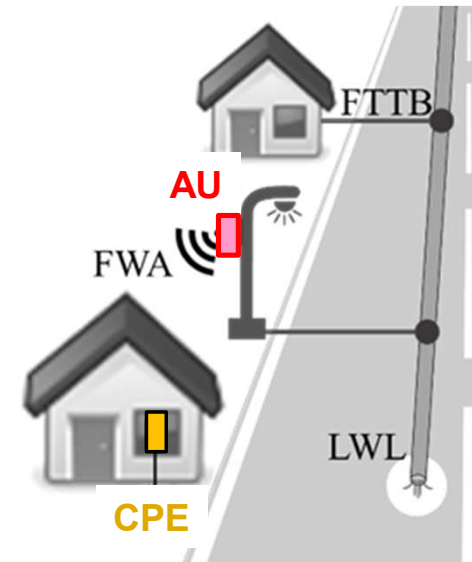
Inhaltsübersicht

- Motivation und Einleitung ✓
- Ansätze und Annahmen
- Line-of-Sight-Modell basierend auf GIS (Geoinformationssystem)
- Ergebnisse zum benötigten Equipment
- Matlab-Simulationen basierend auf 3GPP-Funkausbreitungsmodell
- Ergebnisse zu Datenraten für verschiedene Szenarien
- Fazit / Ausblick

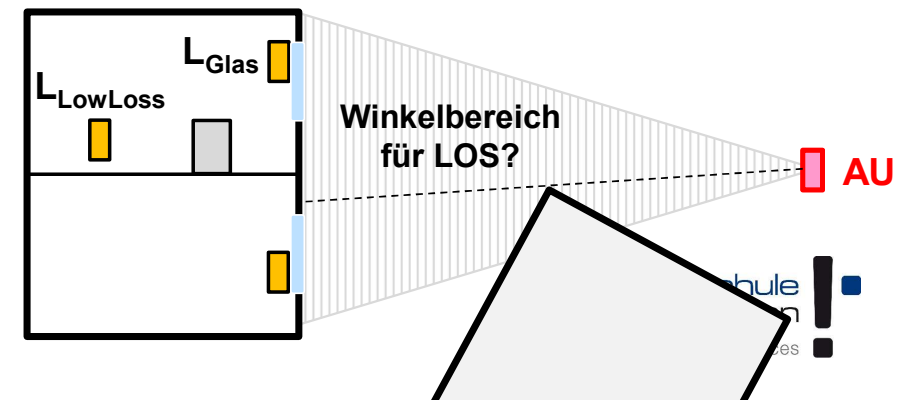
Ansätze und Annahmen

Die Konstellation

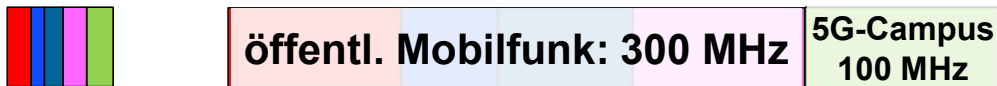
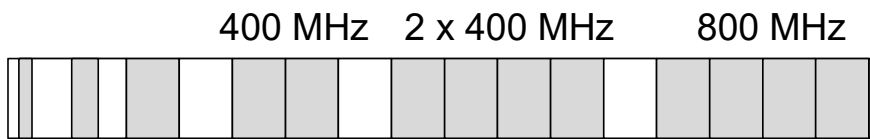
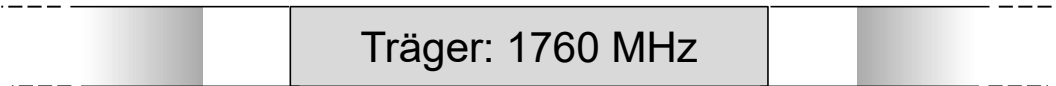
- Access Units (AU) an Straßenlaternen
- Straßenlaternen: Glasfaser- und Stromanschluss
 - erhöhte Montage ($h = 5\text{ m}$)
 - ca. alle 50 m vorhanden
 - im Mittel nur jede 3. bzw. 4. benötigt?
- Customer Premises Equipment CPE
 - Inhouse Equipment, keine Außenantenne
 - einfache Installation
- mögliche Technologien
 - 5G bei 26 GHz, AU: Distribution Unit von gNodeB
 - IEEE802.11ad (WLAN) bei 60 GHz



FTTB: Fibre To The Building
LWL: Lichtwellenleiter
FWA: Fixed Wireless Access
AU: Access Unit
CPE: Customer Premises Equipment



Potenzielle Frequenzbänder und ihre Eigenschaften

Dämpfungen	PathLoss @200 m	normales Fenster	LowLoss 3GPP	Sauerstoff @200 m
 3,5 GHz-Band – 5G-Band n78 öffentl. Mobilfunk: 300 MHz 5G-Campus 100 MHz vergleichsweise wenig Spektrum für Ziel 1 Gbit/s	92 dB	3 dB	8 dB	0 dB
 26-GHz-Band – 5G-Band n258 BNetzA: Regionale und lokale Netze → Antrag	109 dB	7 dB	17 dB	0 dB
 60-GHz-Band (WLAN: IEEE.802.11 ad) → 57 – 63 GHz, lizenzfrei	116 dB	14 dB	24 dB	3 dB

+17 dB

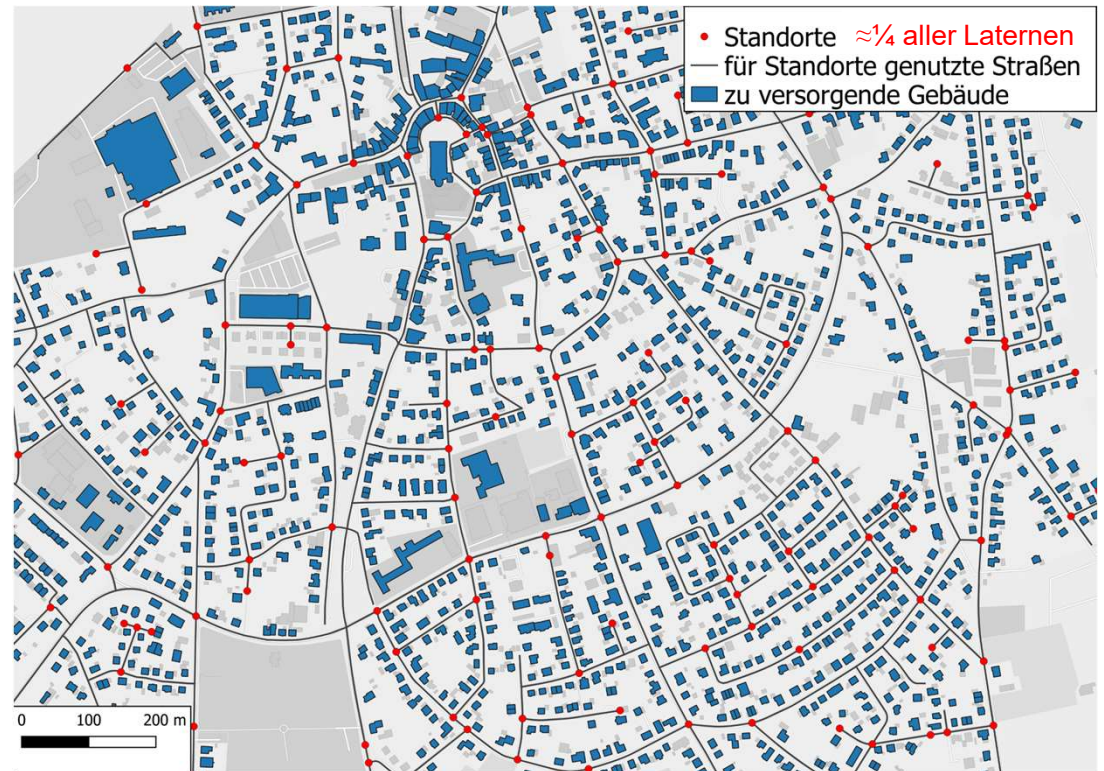


zwar mehr Spektrum, aber deutlich höhere Dämpfung

Ansätze und Annahmen

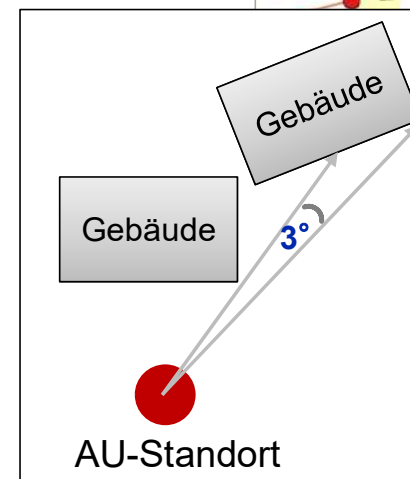
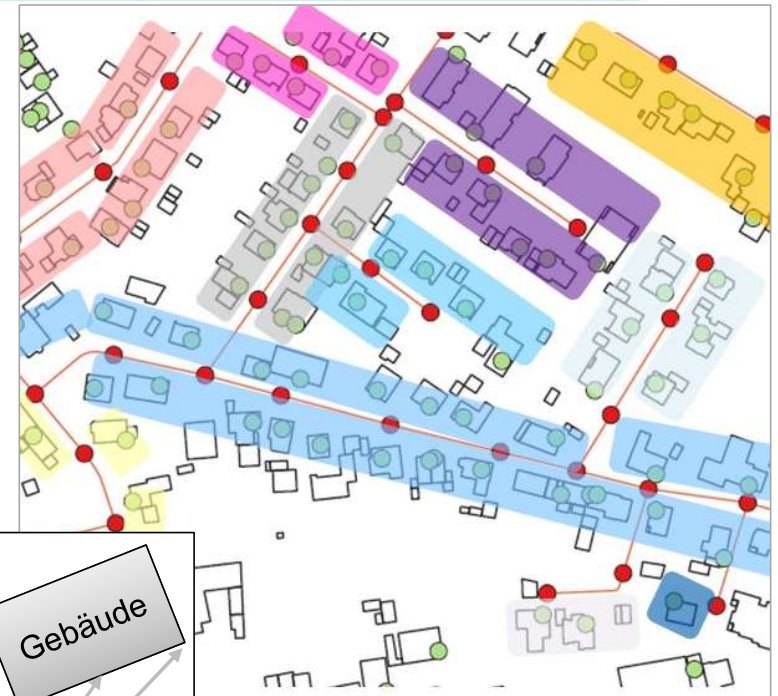
Die Modellregion

- reale Umgebungsdaten einer Modellregion
 - 6 Kommunen, topografisch flach
 - Gesamtfläche ca. 300 km²
 - ca. 57.000 Einwohner
 - ca. 26.000 Liegenschaften
 - davon ca. 15.000 relevant für FWA
- Gebäude- und Straßendaten aus OpenGeodata.NRW
- bereits bei anderer Studie verwendet
 - Vergleich: Network-Access-Technologien in Hinblick auf Energieverbrauch und -effizienz



Line-of-Sight-Modell basierend auf GIS

- Annahme: Versorgung bei LOS-Bedingungen
- Zuordnung der Gebäude zu nächstgelegener Straße
- Prüfung auf LOS zwischen FWA-Standort und Gebäuden
- Winkelbereich für LOS $> 5^\circ$
- Vegetation und Höhenunterschiede nicht berücksichtigt
- Ermittlung der Anzahl der benötigten AU



Ergebnisse zu Line-of-Sight-Modell basierend auf GIS

Anzahl benötigter AUs

- für LOS: ca. 25% bis 33% der Laternen
- 2100 ... 2600 AU-Standorte
für ca. 15000 Liegenschaften
- AU deckt nur einen Sektor ab (ca. 60 - 120°)
→ mehrere AUs pro Standort
- mehrere CPEs pro AU / pro Sektor
- Kapazität: Wie viele Verbindungen gleichzeitig?
- Trennung: Frequenzbänder oder Beams?
- erzielbare Datenraten? → weiteres Modell



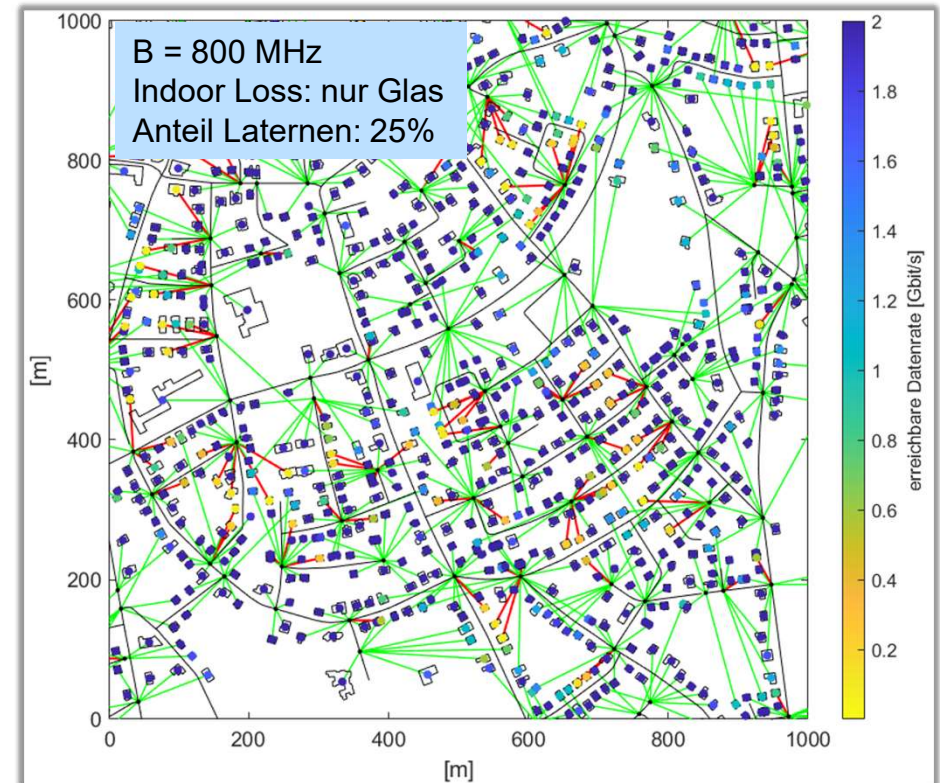
Anteil genutzter Straßenlaternen	≈ 33%	≈ 25%
Anzahl Standorte	2600	2100
Anzahl AU	5700	4600
Anzahl AU @ max. 10 CPE pro AU	6000	5400
Anzahl AU @ max. 3 CPE pro AU	10.100	9.900

Matlab-Simulationen basierend auf 3GPP-Funkausbreitungsmodell

- 3GPP-Modell: Urban Micro + Outdoor-to-Indoor-Loss
 - Unterscheidung LOS – NLOS
- Berechnung d. Datenrate mit modifizierter Shannon Formel
- Annahmen zu Sendeleistungen, Bandbreiten, ...

Symbol	Wert	Größe
f	26 GHz	Trägerfrequenz
B	400 / 800 MHz	Bandbreite
B _{eff}	320 / 640 MHz	effektive Bandbreite
TP _{AU}	13 dBm	Transmit Power AU
AG _{AU}	27 dBi	Antennengewinn AU
h _{AU}	5 m	Installationshöhe AU
N _{CPE}	7 dB	Rauschzahl CPE
h _{CPE}	1,5 m	Installationshöhe CPE
AG _{CPE}	4 dBi	Antennengewinn CPE
M	3 dB	Implementierungsmargin
K	8	Maximales MCS

S. Sauerwald
Folie 9 (05/2022)

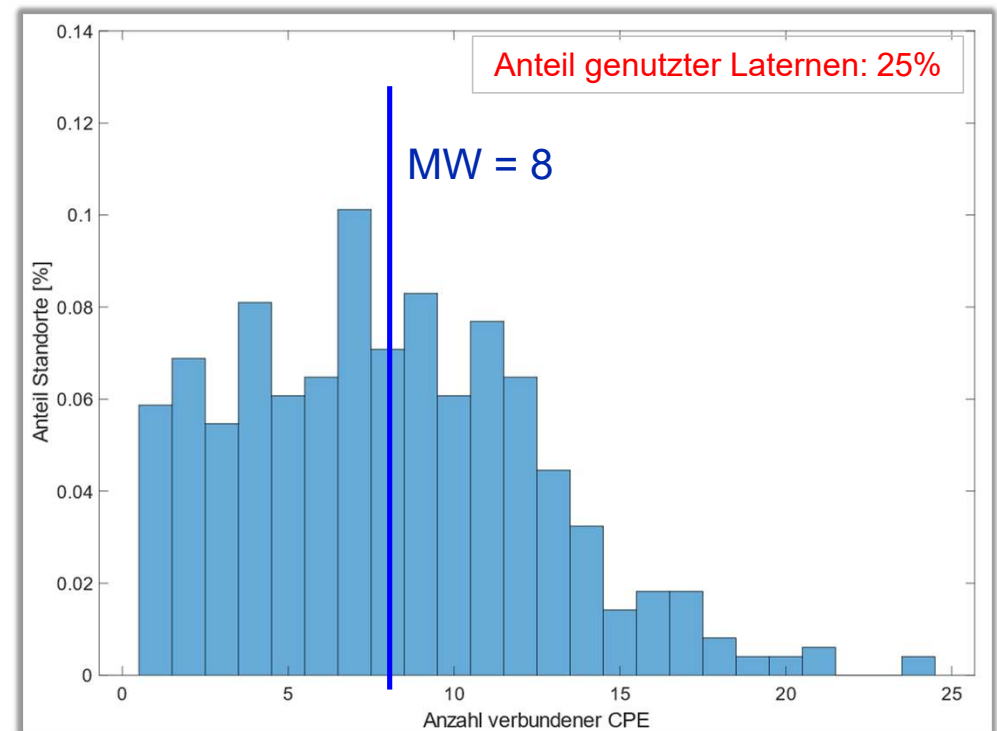


Ergebnisse: Simulation auf Basis Funkausbreitungsmodell

Anzahl Gebäude pro Standort

- pro AU-Standort: im Mittel 6 – 8 Gebäude
- in der Spitze bis zu 24 Gebäude
- im Band bei 26 GHz sind 2 Frequenzträger zu je 400 MHz beantragbar
- bei besonderer Begründung mehr
- zusätzliche „Trennung“ über Beam-Forming?

Verteilung: Gebäude pro AU-Standort

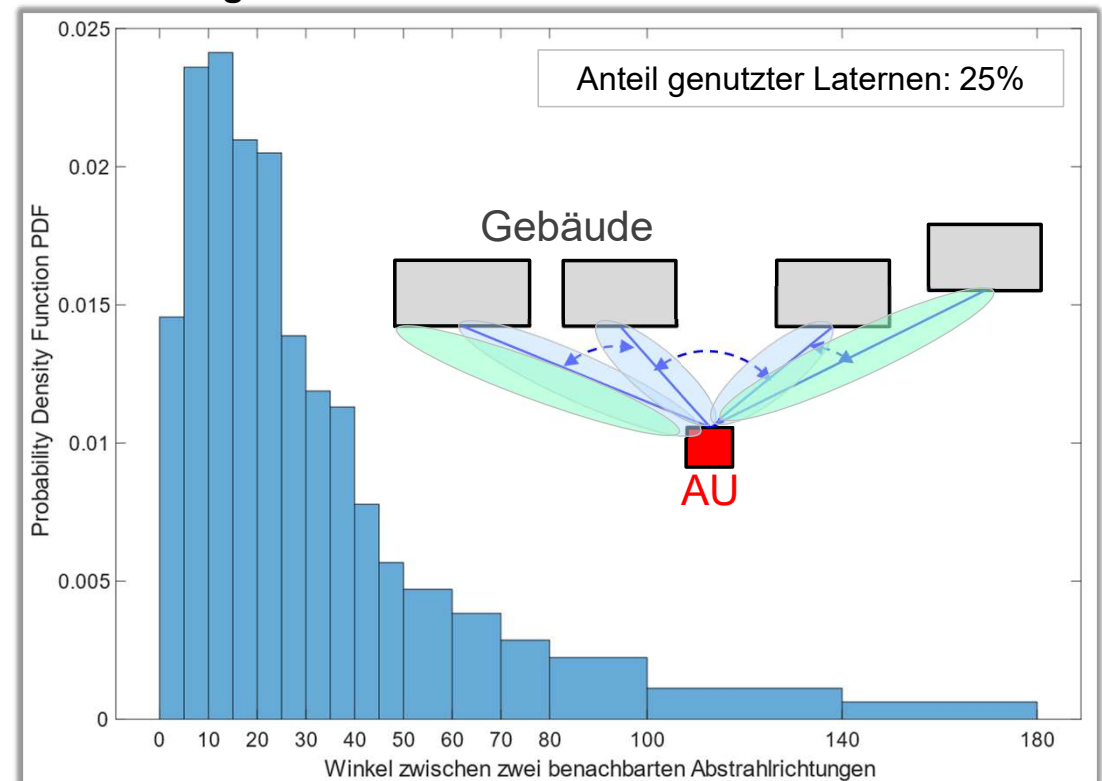


Ergebnisse: Simulation des Funkausbreitungsmodell

Untersuchung zu Beamforming

- Winkelabstand $> 10^\circ$ in 90 % der Fälle
- Trennbarkeit über Beams sollte i.A. möglich sein
- Alternative: unterschiedliche Frequenzbänder (s.o.)
- aber: mehrere Wohneinheiten pro Gebäude $\rightarrow$ mehrere CPEs
- ist noch zu untersuchen

Verteilung: Winkeldifferenz zw. benachbarten Gebäuden



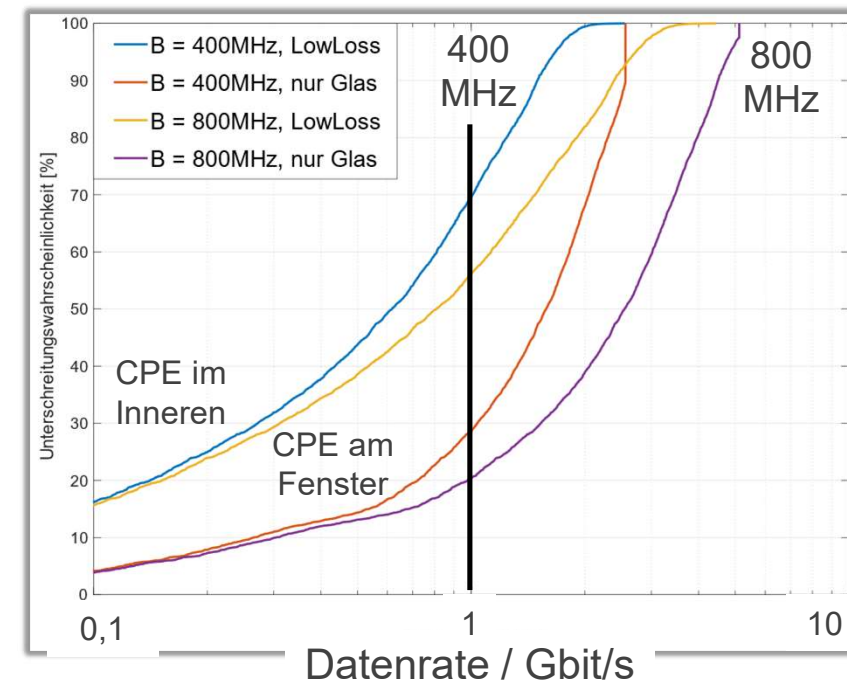
Ergebnisse: Simulation des Funkausbreitungsmodell

Datenraten für verschiedene Szenarien

- Anteil der LOS-Verbindungen liegt bei 90%
- mittlere Datenraten zwischen 0,7 und 2,7 Gbit/s
- aber substantieller Anteil < 1 Gbit/s,
- weniger als 100 Mbit/s: 5 ... 17 %
 - NLOS und/oder große Entfernungen zur AU
- Ressourcen-Aufteilung zwischen Verbindungen der AU bisher nicht explizit betrachtet (s.o.)

Gebäudedämpfung	am Fenster		Low-Loss	
Anteil genutzter Straßenlaternen	≈33%	≈25%	≈33%	≈25%
# AU-Standorte	2600	2100	2600	2100
Ø # Gebäude pro Standort	6	8	6	8
Anteil LOS	92%	88%	92%	88%
Ø Datenrate; B = 400 MHz in Gbit/s	1,6	1,4	0,8	0,7
Ø Datenrate; B = 800 MHz in Gbit/s	2,7	2,3	1,3	1,0

Unterschreitung einer Datenrate



Fazit und Ausblick

- Untersuchung: FWA-Ausbau in einer Modellregion unter Verwendung von Straßenlaternen
 - erfordert ca. 25 – 30% der Laternen → 2100 – 2600 Standorte für weitgehend LOS
 - mehrere Sektoren pro Standort und mehrere Anschlüsse pro Sektor und Liegenschaft
→ 5000 – 10000 AUs für ca. 15000 Liegenschaften
 - mittlere Datenraten je nach Konstellation: 0,7 – 2,7 Gbit/s (5G-Band 26 GHz, B = 400 / 800 MHz)
 - signifikanter Anteil mit Datenrate < 1 Gbit/s (20 – 70 %)
 - zu untersuchen: Datenraten bei Ressourcen-Teilung, insbesondere bei mehreren Anschlüssen pro Gebäude, Einfluss von Außenantennen, Optimierung der Aufstellung des CPEs
- insgesamt ist temporärer FTTB/H-Ersatz durch die vorgestellte Lösung realisierbar
 - aber wenig sinnvoll, ein System mit so vielen Standorten und aktiven Systemkomponenten zu betreiben

A Newton's cradle with five silver spheres hanging from a metal frame. The spheres are in motion, with one sphere on the left having just struck the others, creating a ripple effect. The background is a blurred, light blue-grey.

**Vielen Dank für ihre
Aufmerksamkeit**