

Zur Mobilfunkversorgung in Deutschland – Ein Vergleich verschiedener Kriterien

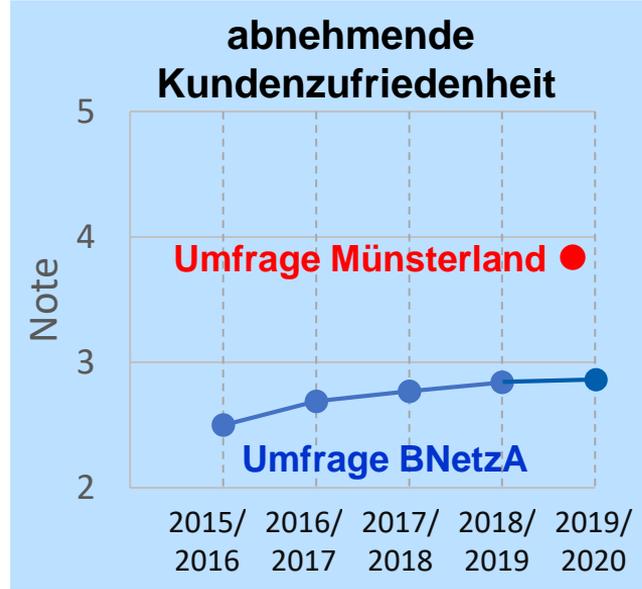
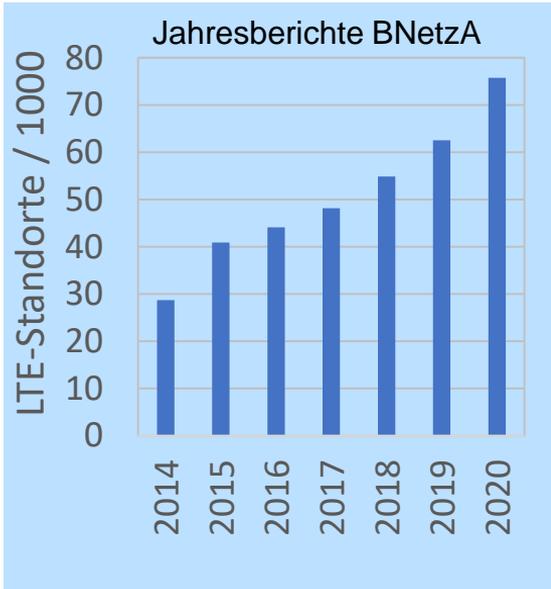
Christian Lüders, Bernd Sörries

Fachhochschule Südwestfalen, Lindenstr. 53, 59872 Meschede

Wissenschaftliches Institut für Infrastruktur und Kommunikationsdienste GmbH (WIK),
53604 Bad Honnef

Einleitung

Mobilfunkausbau, Kundenzufriedenheit und Versorgung



erhöhte Erwartungen / geweckte Ansprüche – insbes. bei Unternehmen
unterschiedliche Auffassungen / Definitionen zu Versorgung
Abhängigkeiten: Vertrag, Endgerät, dessen Nutzung, Netzauslastung, ...

Projekt 2019/2020

Mobilfunk im Münsterland

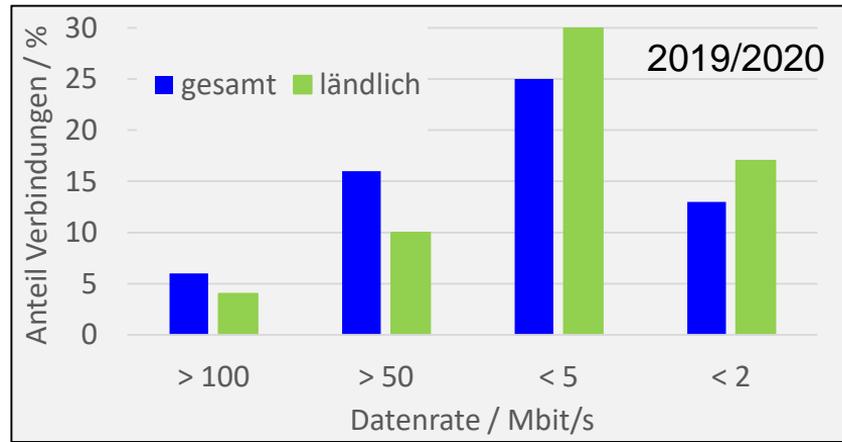
WFGs, Gigabit-Koordination

- Unternehmensumfrage
- Analysen und Messungen
- Aufklärungskampagne

Gefördert durch:
Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz
des Landes Nordrhein-Westfalen

Versorgungskriterien

- 3GPP/ITU: User Experienced Data Rate DL > 100 Mbit/s (für > 95 % der Fälle)
- Versorgungsaufgaben – Auktion 2015: DL > 50 Mbit/s im Antennensektor für > 97 % HH
- Versorgungsaufgaben – Auktion 2019: DL > 100 Mbit/s im Antennensektor für > 98 % HH
- BNetzA Mobilfunk-Monitoring: 4G-Flächenversorgung Deutschland: 95,8 % (April 2021)
- Mobilfunk-Dashboard NRW: 4G-Flächenversorgung NRW: 99,3% (Juni 2021)
- BNetzA:
Breitband-Messungen

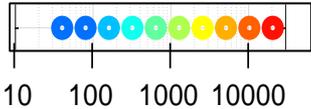
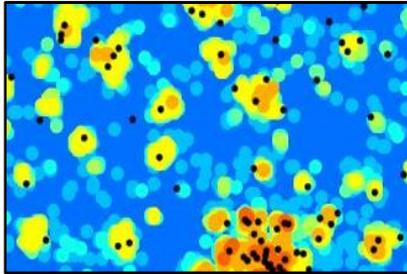


Inhalt

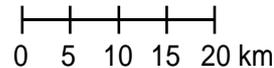
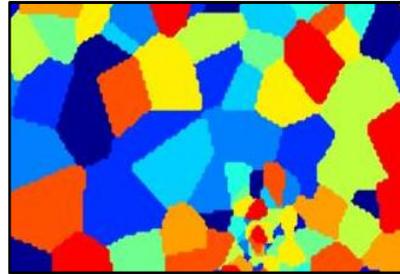
- Einleitung ✓
- Randbedingungen der derzeitigen Versorgungssituation
 - Mobilfunkstandorte, Frequenzbänder, Einwohnerverteilungen
- 5G-Selbstevaluation des 3GPP / Eigene Simulationen
- BNetzA: Statistiken und Karten zur Netzabdeckung
- Zusammenfassung und Fazit

Randbedingungen: Derzeitige Versorgungssituation Mobilfunkstandorte und Kapazitätsbedarf

Einwohnerdichte / EW / km²



Versorgungsflächen

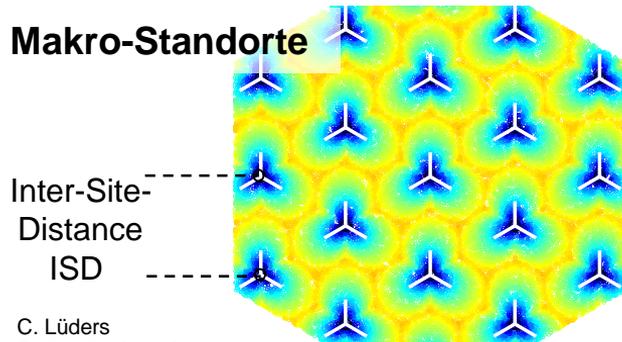


ca. 30000 Makro-Standorte in D
mit 4G (5G) für einen Betreiber

	EW / km ²	Fläche / Sto	EW / Sto
Deutschland	233	12 km ²	2830
Münsterland	277	10 km ²	2700
München	4800	1,7 km ²	2860

≈ 3000

Makro-Standorte



- BNetzA, Jahresbericht 2020: 4 GByte pro EW und Monat
- Verdopplung alle 2 J. 2026: 32 GByte pro EW und Monat
- mittlere Datenrate (1000 EW.): ≈ 100 Mbit/s
- Spitzendatenrate Standort: ≈ 0,5 ... 1 Gbit/s

Randbedingungen: Derzeitige Versorgungssituation Mobilfunkstandorte, Einwohnerdichten und Standortflächen

dicht besiedelt – kapazitätsbegrenzt

- **EW-Dichte: > 2000 EW/km²**
- Sto-Fläche: < 1,5 km²
- ISD < 1,3 km
- ≈ 40 Mio. EW
- > 13 000 Standorte
- ≈ 10 000 km²

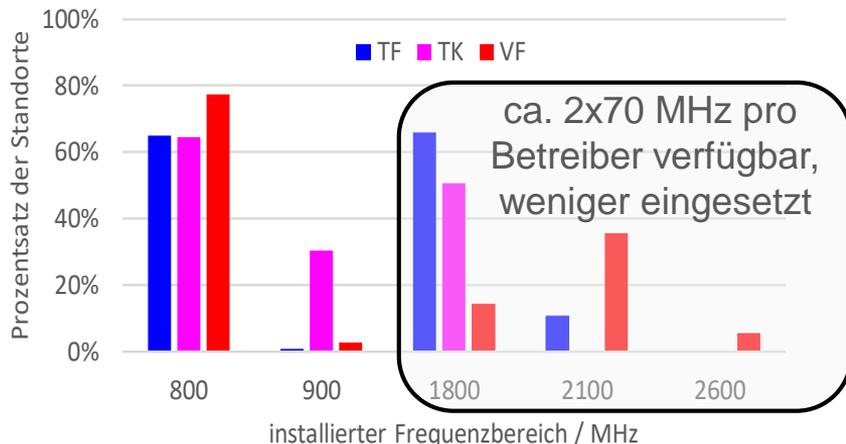
dünn besiedelt – reichweitenbegrenzt

- **EW-Dichte: < 270 EW/km²**
- Sto-Fläche: ≈ 31 km² im Mittel
- ISD ≈ 6 km im Mittel
- ≈ 10 Mio. EW
- ≈ 10 000 Standorte (Annahme!)
- ≈ 310 000 km²

Frequenzausstattung von Standorten

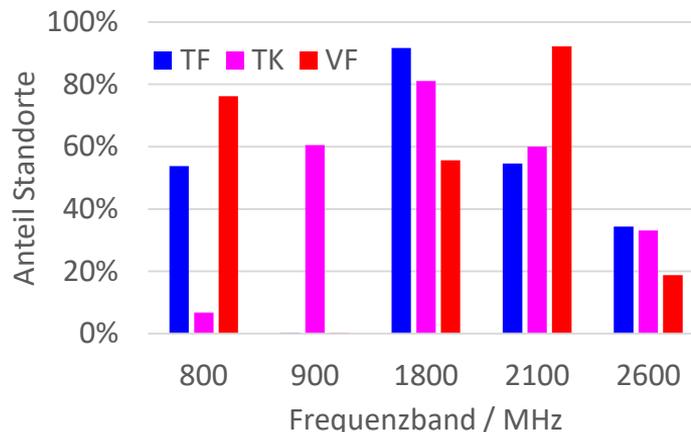
Messfahrten zu 4G im Münsterland

Feb. – Sept. 2020



Senderliste München,

www.senderlistemuc.de, Juli 2021



- bei 700/800/900 MHz: ca. 2 x 30 MHz pro Betreiber
- bei 3500 MHz: 70 ... 90 MHz pro Betreiber (TDD, 5G)

Inhalt

- Einleitung
- Randbedingungen der derzeitigen Versorgungssituation
 - Mobilfunkstandorte, Frequenzbänder, Einwohnerverteilungen
- **5G-Selbstevaluation des 3GPP / Eigene Simulationen**
- BNetzA: Statistiken und Karten zur Netzabdeckung
- Zusammenfassung und Fazit

3GPP: 5G-Selbstevaluation Urban/Rural Macro

- 19 Standorte mit jeweils 3 Sektoren
- EIRP = 66 – 70 dBm
- viele Antennenelemente für MU-MIMO / Beamforming
- Nutzer in Gebäuden und Fahrzeugen mit substantiellen Dämpfungen
- Störungen der Funkzellen untereinander
- Mehrere (10) aktive Nutzer pro Sektor
- **User Experienced Data Rate (UEXRate):**
Datenrate, die mindestens 95% der User erhalten (5%-Perzentil): > 100 Mbit/s

Betrachtete 3GPP-Simulationsszenarien

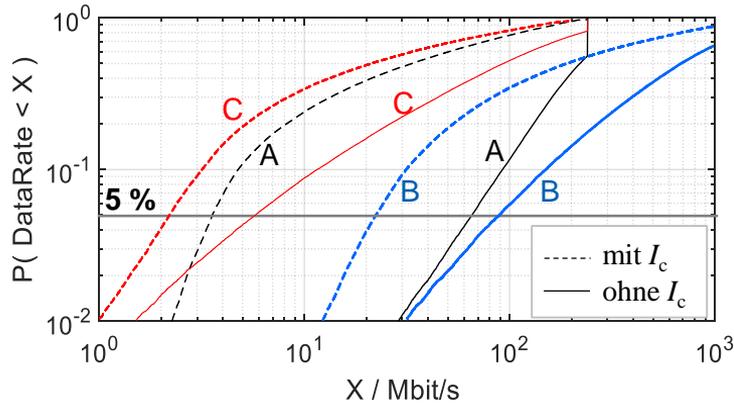
Szenario	Band	ISD	Fläche	Ant.-El.
Dense Urban	4 GHz	0,2 km	0,035 km ²	bis 256
Rural B	4 GHz	1,73 km	2,6 km ²	bis 256
Rural C	0,7 GHz	6 km	31 km ²	bis 64

Erzielbare Datenraten für die Szenarien

Scenario	Spektrum /MHz	AvStoKap / Gbit/s / Sto	UEXRate / Mbit/s
Dense Urban	80	2,6 – 5,0	26 – 56
Rural B	80	2,6 – 5,0	24 – 61
Rural C	2x20	0,5 – 0,7	4 – 8

Eigene Simulationen

vereinfachtes 3GPP-Modell – abgeschwächte Randbedingungen



Szenarien (Rural, ISD = 6 km bei A, B, C)

- A: 2x20 MHz Spektrum bei 700/800 MHz, outdoor
- B: wie A, zusätzlich 2x50 MHz Spektrum bei 2 GHz
- C: wie A, aber indoor, Dämpfung gemäß 3GPP-Modell
- D: wie B, **indoor, urban**, ISD = 1 km (A = 0,87 km²) und zusätzlich 80 MHz Spektrum im DL bei 3,6 GHz

Randbedingungen

- 19 Sektor-Standorte, 3GPP-Pathloss-Modell
- Datenrate aus modifizierter Shannon-Formel
- keine Aufteilung der Ressourcen zwischen Teilnehmern
- Störungen
 - keine Störungen aus anderen Funkzellen (**Auflagen**)
 - Gleichkanal-Störungen I_c aus anderen Funkzellen bei einer Netzauslastung von 50% (**siehe BNetzA**)

Kenngrößen für die Datenrate

Szenario	UEXRate / Mbit/s		AvStoKap/Gbit/s/ Sto	
	ohne I_c	mit I_c	ohne I_c	mit I_c
A	64,9	3,6	0,57	0,28
B	97,6	22,8	2,6	1,3
C	5,1	2,3	0,32	0,16
D	56,1	22,4	3,0	1,5

Inhalt

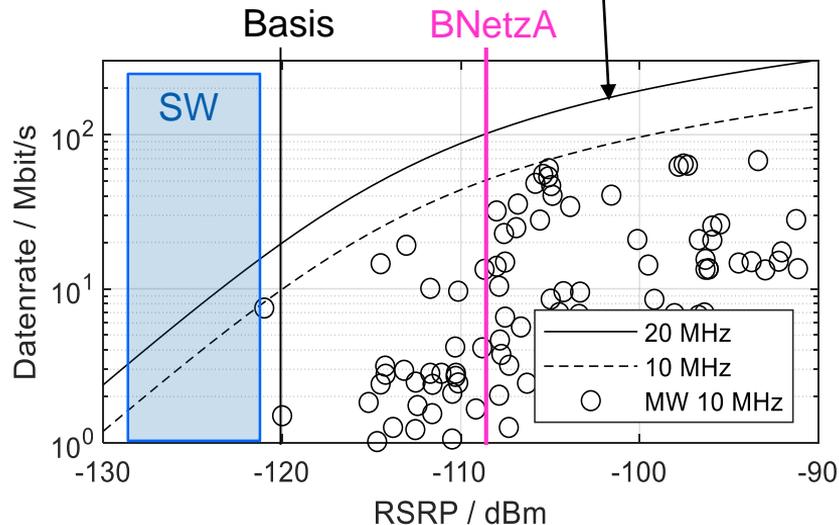
- Einleitung
- Randbedingungen der derzeitigen Versorgungssituation
 - Mobilfunkstandorte, Frequenzbänder, Einwohnerverteilungen
- 5G-Selbstevaluation des 3GPP / Eigene Simulationen
- **BNetzA: Statistiken und Karten zur Netzabdeckung**
- Zusammenfassung und Fazit

BNetzA: Mobilfunk-Monitoring

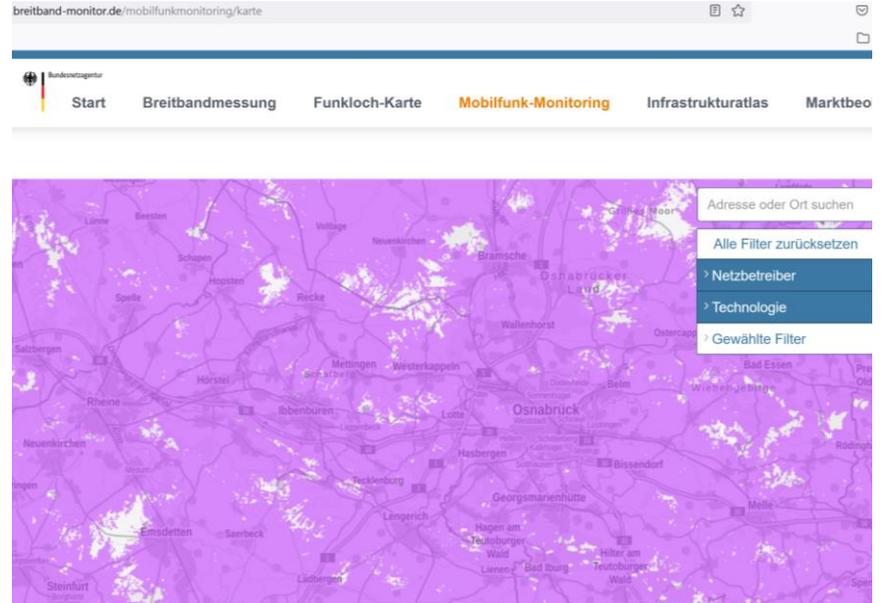
Kriterien, Karten und Statistiken zur Versorgung

K1: 4G-Versorgung: RSRP ≥ -109 dBm

- modifizierte Shannon-Formel
- ideales 2x2-MIMO
- keine Störungen



www.breitband-monitor.de/mobilfunkmonitoring/karte

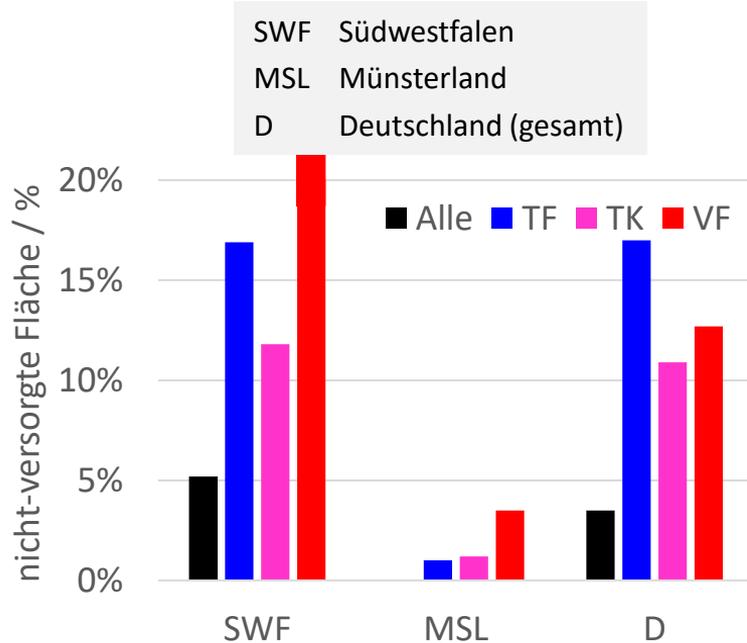


BNetzA: Kriterien & Statistiken zur Versorgung

Stand: Okt. 2020

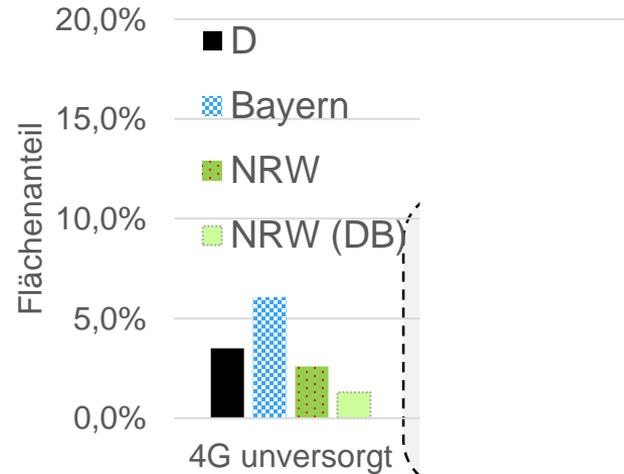
Stand: April 2021

K1: 4G-Versorgung: RSRP \geq -109 dBm



K2: für Flächenelemente am Zellrand \geq 75% V.-W.

K3: \geq 2 Mbit/s (DL) am Zellrand bei \geq 90%
bei 50% Netzauslastung

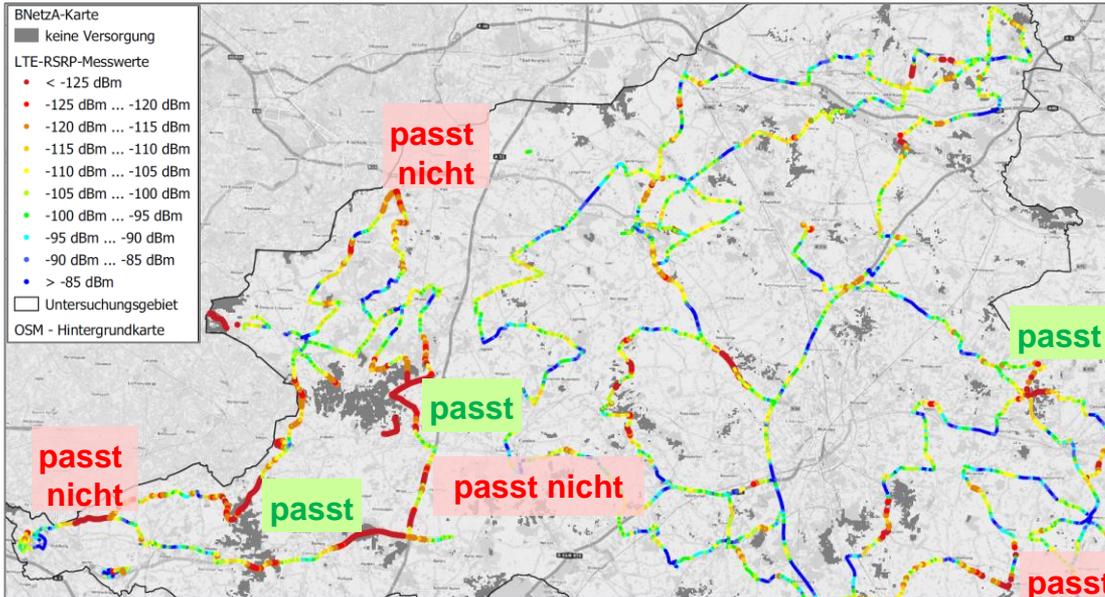


Betreiber:
operation
Operator
Network

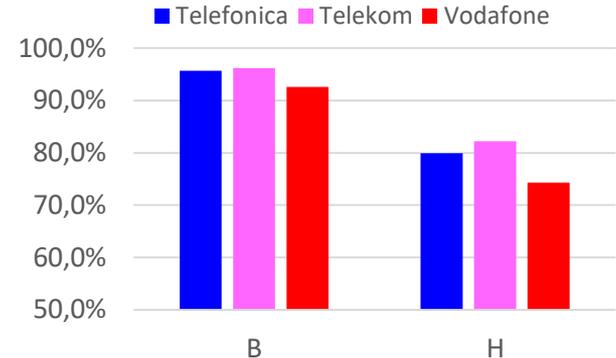


Gemessene LTE-Versorgung im Münsterland

Vergleich mit Netzabdeckungskarten der BNetzA (Feb. - Okt. 2020)



Versorgung längs Messroute



B: Basisversorgung
RSRP > -120 dBm

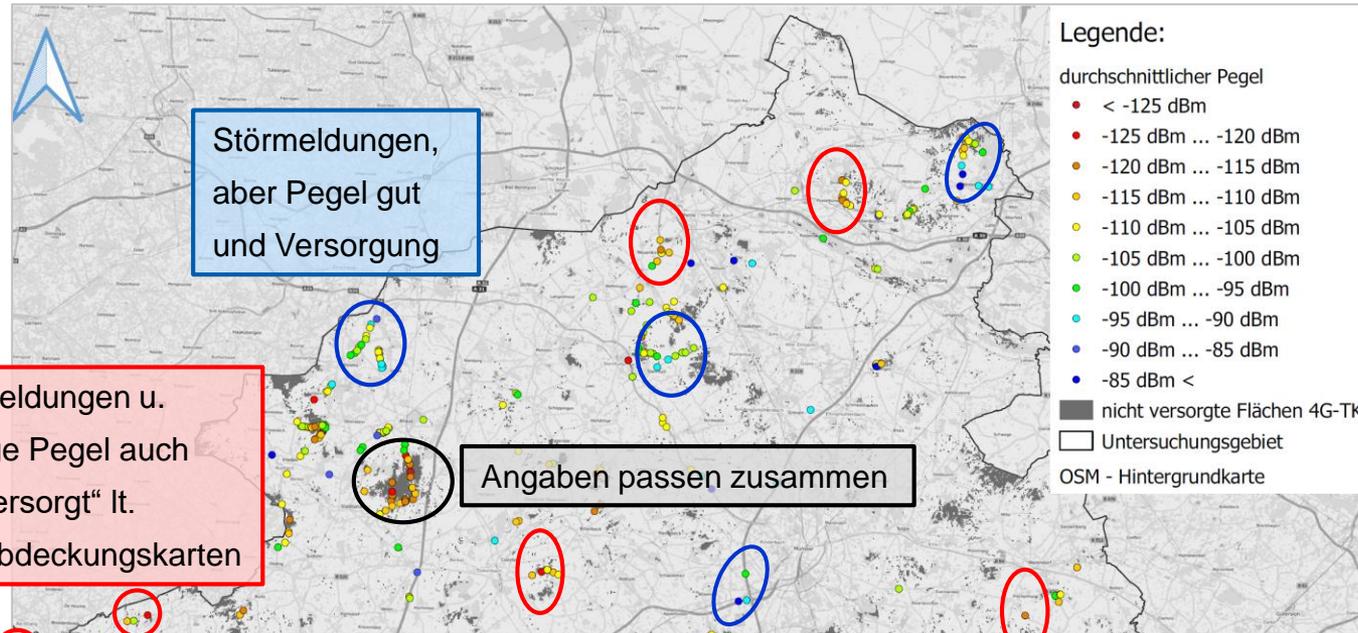
H: Höherwertige Versorgung
RSRP > -109 dBm
(BNetzA-Karten)

- Versorgung halbwegs ordentlich angesichts der kritischen Route
- zwar deutlich weniger, aber noch substantiell viele schlechte Messwert in als versorgt gekennzeichneten Gebieten



Netzabdeckung, Störmeldungen und Messungen

Vergleich mit Netzabdeckungskarten der BNetzA



- Messroute verlief in der Nähe von ca. 550 der 1600 Störmeldungspunkte
- davon etwa die Hälfte der Störmeldungen durch Messungen nachvollziehbar

Zusammenfassung / Fazit

- **ITU/3GPP: User Experienced Data Rate > 100 Mbit/s für mindestens 95% der User**
 - stärkste Randbedingungen: Indoor-/In-car-Dämpfung, Störungen, Ressourcenteilung,
 - erfordert sehr viele Standorte, viel Spektrum und Massive MIMO
- **Versorgungsaufgaben: > 100 Mbit/s für 98 % der HH (97,5 % der Fläche, Mobilfunkstrategie)**
 - schwache Randbedingungen: Outdoor, keine Störungen, keine Ressourcenteilung
 - mit 4x4-MIMO, derzeitigem Spektrum (Band-Kombin.) und mäßigem Standortneubau machbar
 - tatsächliche Datenraten aber geringer → enttäuschte Kunden
- **BNetzA-Kriterien/-Karten: hohes Maß an LTE-Flächenversorgung bei derzeitigem Ausbauzustand**
 - mittlere Randbed.: Outdoor, Störungen bei 50% Netzauslastung, keine Ressourcenteilung,
 - Datenrate ≥ 2 Mbit/s für mindestens 90% am Zellrand
- **unterschiedliche Kriterien und Ergebnisse → Irritationen bei Diskussionen über Versorgung**

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

