

A Newton's cradle with five silver spheres hanging from a metal frame. The spheres are arranged in a horizontal line, and the background is a light, neutral color.

Smart-Meter-Anwendungen über LTE-Mobilfunknetze: Stand der Technik, Migrationspfade und Potenzial neuer Endgeräte-Kategorien

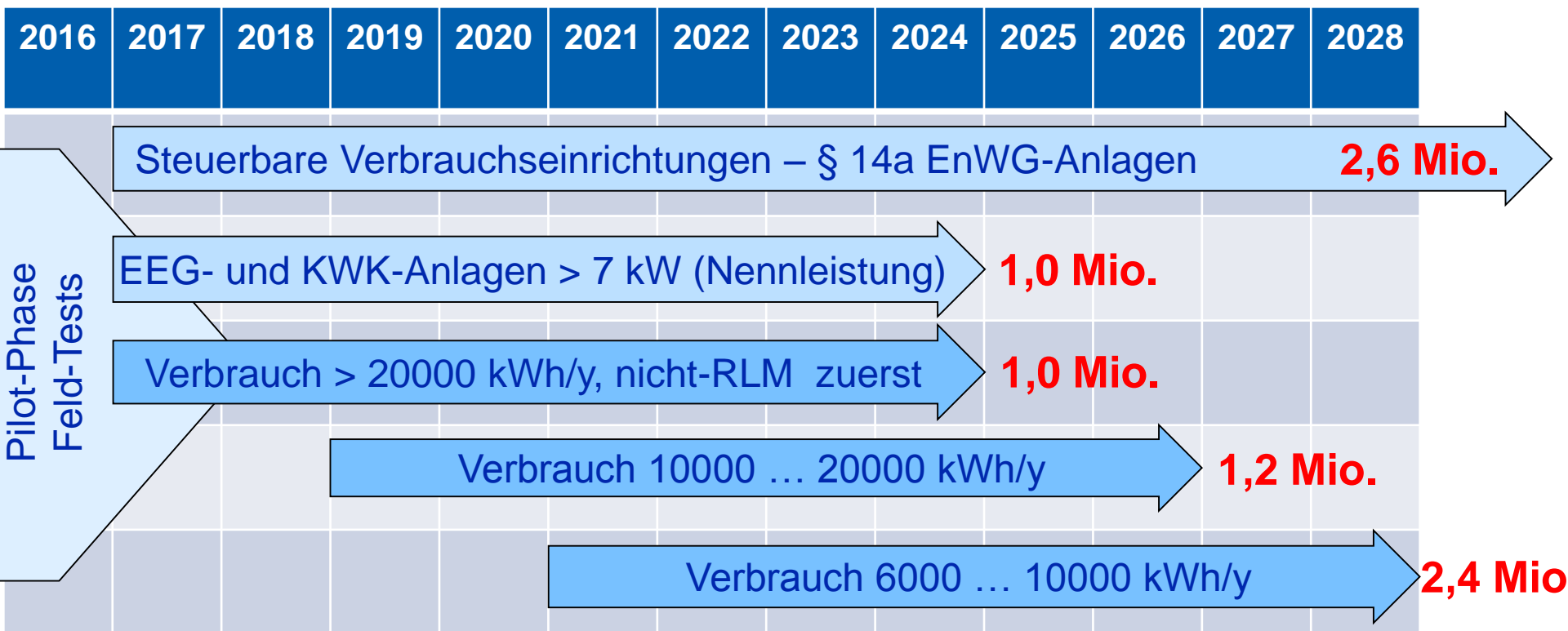
Christian Lüders

FH Südwestfalen, Breitbandkompetenzzentrum NRW

Inhalt

- Einleitung / Hintergrund
- Kommerzielles Netz ↔ Dediziertes Netz
- M2M-Optimierung bei LTE
- Simulationsannahmen
- Simulationsergebnisse zu Kapazität und Reichweite
- Zusammenfassung und Fazit

Einführung Intelligenter Messsysteme



Quellen:

- BMWi: Baustein für die Energiewende: 7 Eckpunkte für das „Verordnungspaket Intelligente Netze“, 2015
- Ernest & Young: Variantenrechnungen von in Diskussion befindlichen Rollout-Strategien – Ergänzungen zur KNA vom Juli 2013, im Auftrag des BMWi, Dez. 2014

Inhalt

- Einleitung / Hintergrund
- Kommerzielles Netz ↔ Dediziertes Netz
- M2M-Optimierung bei LTE
- Simulationsannahmen
- Simulationsergebnisse zu Kapazität und Reichweite
- Zusammenfassung und Fazit

Anbindung über Mobilfunknetze

- Nutzung eines bestehenden kommerziellen Mobilfunknetzes (bei 700 / 800 / 900 MHz)
 - deutsche Netzbetreiber bieten bereits Lösungen an
 - wegen kritischer Installationsorte scheint Versorgung deutlich unter 90%
- Aufbau dediziertes, geschlossenes Funknetzes für Energiewirtschaft bei 450 MHz
 - erfordert Start mit der CDMA450-Technologie (Variante des 3G-Standards CDMA2000)
 - mit späteren Migration auf LTE450-Technologie

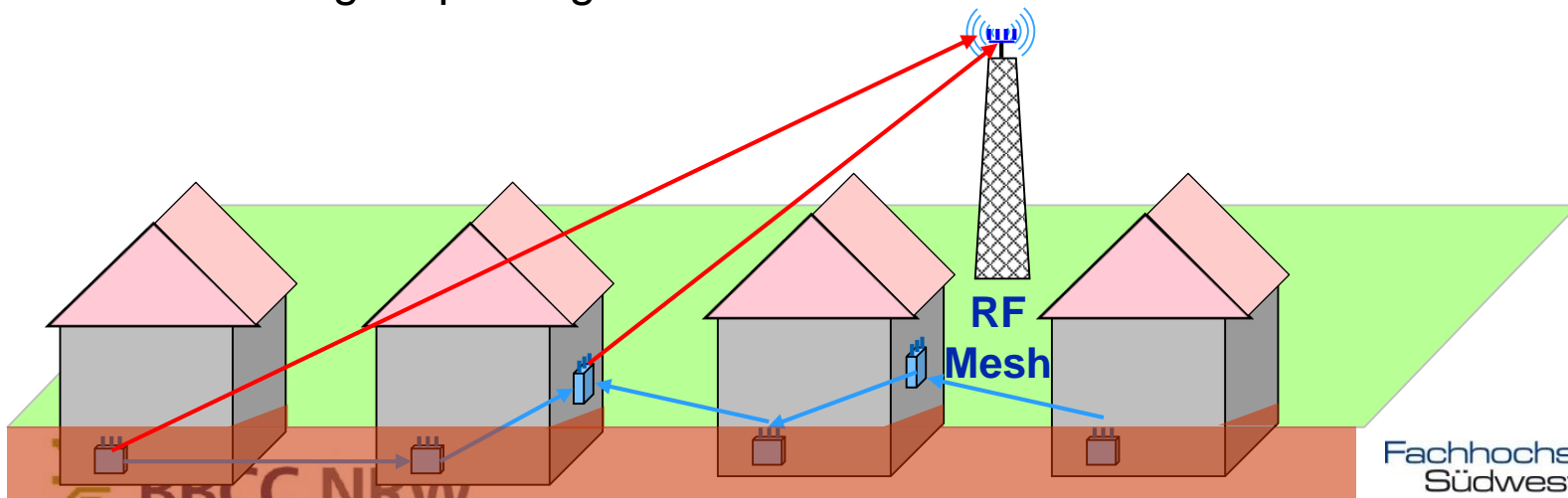
Nutzung kommerzieller Mobilfunknetze (1)

S. Forge, R. Horvitz, C. Blackman: Is Commercial Cellular Suitable for Mission Critical Broadband? Study for the European Commission, 2013.

- kommerzielle LTE-Netze für Realisierung missionskritischer Kommunikationsanwendungen unter bestimmten Bedingungen prinzipiell geeignet
- bei 800 MHz deutliche Vorteile hinsichtlich Investitions- und Betriebskosten gegenüber einem dedizierten Funknetz bei 450 MHz
- kommerzielle Netze müssen weiter und stabiler ausgebaut werden.
- Prioritäten für missionskritische Dienste
- Geschäftsbedingungen grundlegend zu verändern
- langfristige vertragliche Verpflichtungen zu festen Konditionen und Tarifen, Garantie definierter QoS-Kriterien auch in Not- und Überlastsituationen.
- Regulierungsbehörden müssen kommerzielle Dienste von neu regulieren

Nutzung kommerzieller Mobilfunknetze (2)

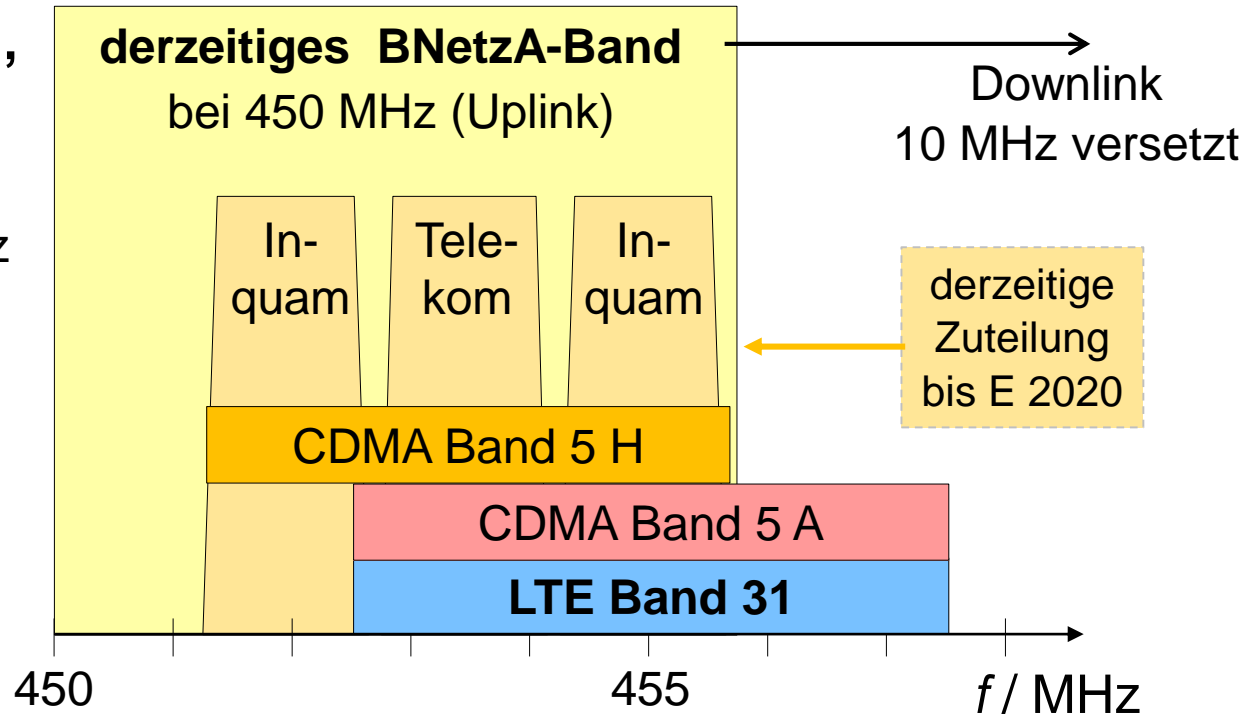
- Untersuchung von Telefonica
 - in Deutschland derzeit nur 75% der Zähler über Mobilfunknetze erreichbar
 - andere Untersuchungen mit etwas höherer Versorgung
- Methoden zur Verbesserung der Versorgung auf jeden Fall wünschenswert
- Telefonica-Produkt:
 - Globale SIM-Karte, falls keine Mobilfunkversorgung:
 - Signale von Zählern über RF Mesh Network bei 868 MHz (oder per PLC)
 - an Übergabepunkt gesammelt und von da an Mobilfunk-Basisstationen



Dediziertes, eigenes Funknetz bei 450 MHz

BNetzA: Frequenzplan, Mai 2015

- Bandbreite: 1,25 MHz
- Max. EIRP UL: 23 dBm
- Max. EIRP DL: 53 dBm
- **passt zu CDMA450**
- **noch nicht zu LTE450**
- **Migration erforderlich**



- Planungen für Smart Metering/Grid-Projekte der EVUs beachten
- tatsächlichen Bedarfe und funktechnischen Anforderungen der EVUs ermitteln. ...
- Ziel: für alle Beteiligten frühzeitig Planungs- und Investitionssicherheit schaffen
- Langzeitkonzept für den Frequenzbereich 380 – 470 MHz abzusichern.

Inhalt

- Einleitung / Hintergrund
- Kommerzielles Netz ↔ Dediziertes Netz
- M2M-Optimierung bei LTE
- Simulationsannahmen
- Simulationsergebnisse zu Kapazität und Reichweite
- Zusammenfassung und Fazit

M2M-Endgeräte-Kategorien für LTE

Category	Cat-0	Cat-M	NB-LTE
LTE Release	Release 12	Release 13	Release 13
Max. Rate DL	1 Mbit/s	1 Mbit/s	0,2 Mbit/s
Max. Rate UL	1 Mbit/s	1 Mbit/s	0,14 Mbit/s
Bandbreite	20 MHz	1,4 MHz	0,2 MHz
UE TX Power	23 dBm	20 dBm	23 dBm

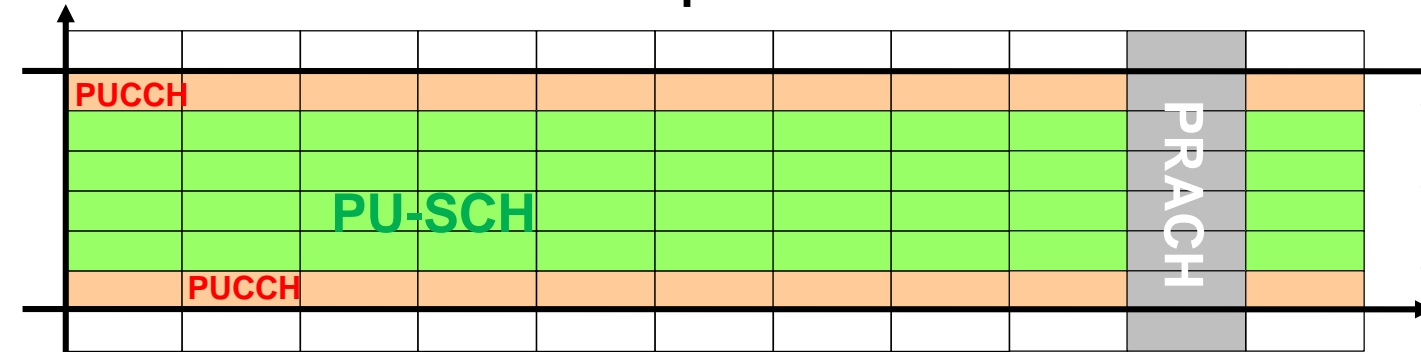
3GPP TR 36.888:

Study on provision of low-cost Machine-Type Communications (MTC)
User Equipments (UEs) based on LTE

Physikalische Kanäle für Cat-M (1,4 MHz)

Frequenz

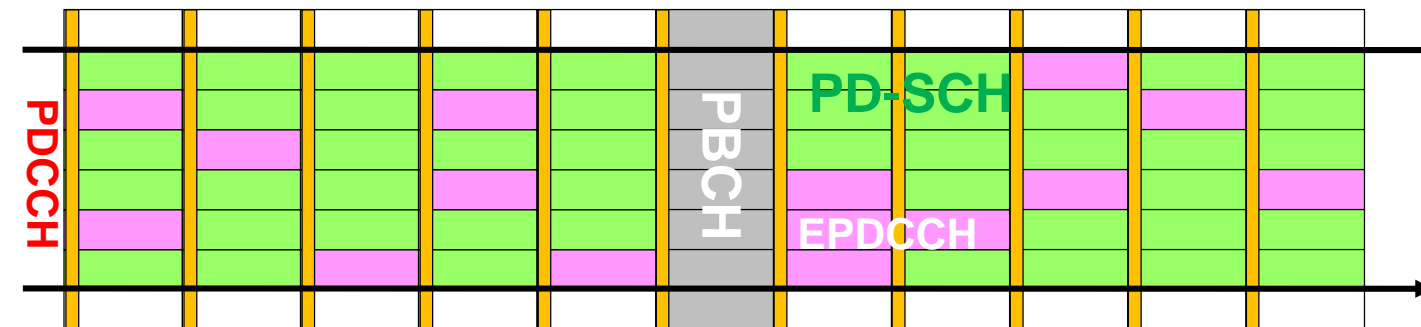
Uplink



1 ms

- 6 RBs zu 180 kHz
- 4 RBs f. Nutzdaten
- ≈ 56 kbit/s pro RB
QPSK & Code-R. $\frac{1}{3}$

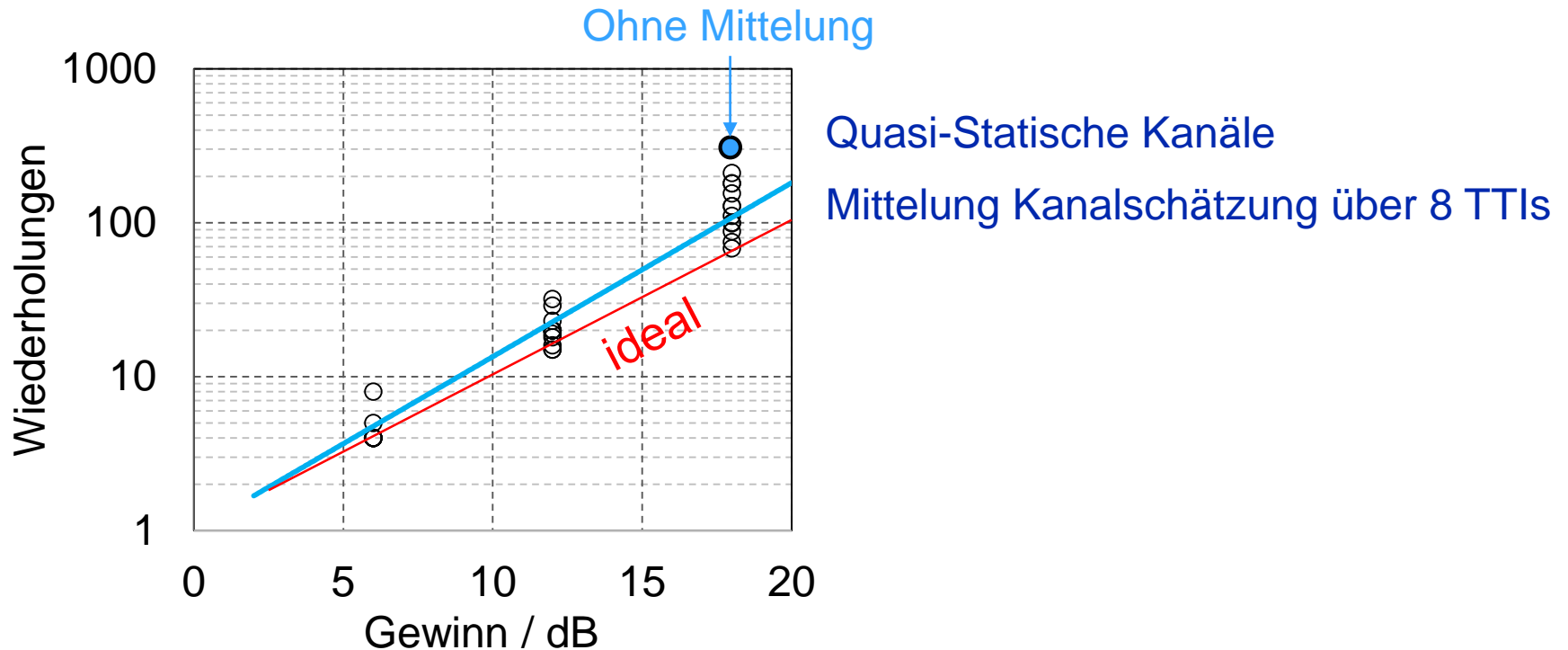
Downlink



1 ms

Zeit

Gewinn durch zusätzliche Wiederholungen



Quellen:

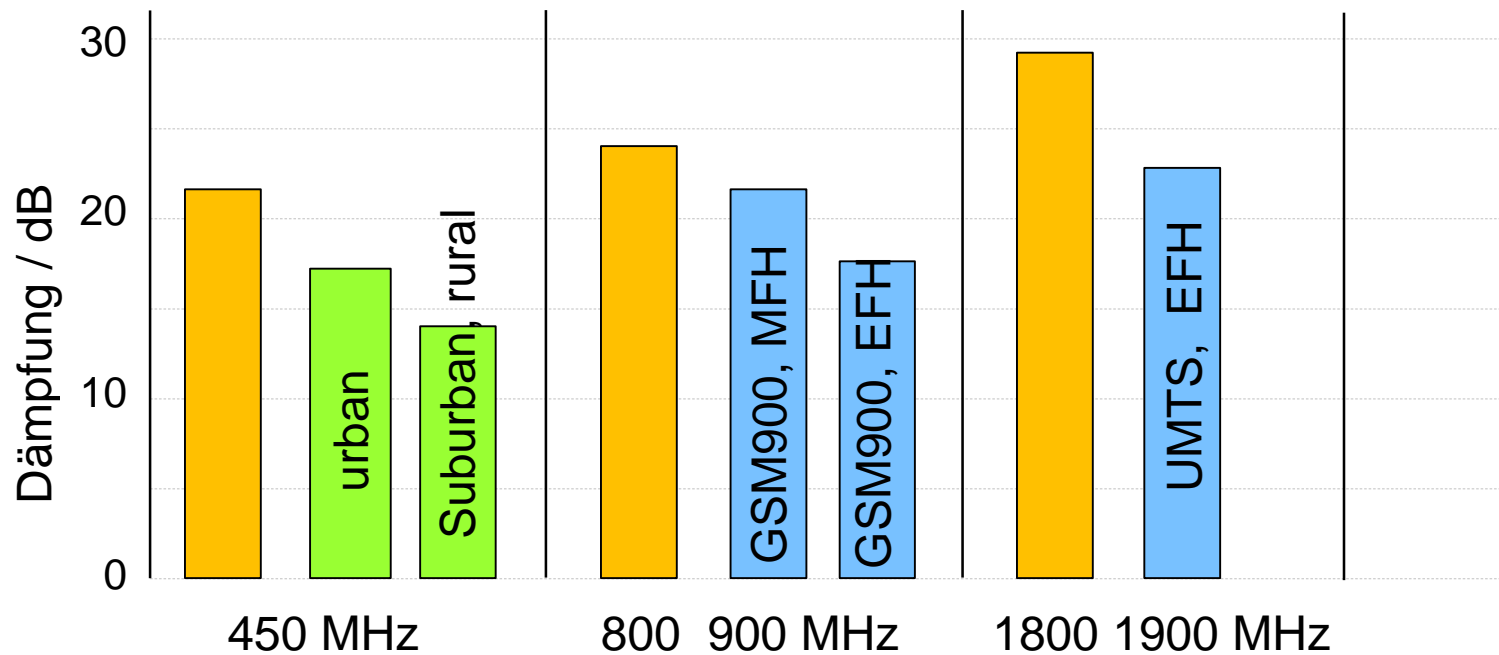
Sierra Wireless, PUSCH simulation Summary for Rel-13 LC UEs,
3GPP TSG-RAN WG1 Meeting, 2015 und andere

www.3gpp.org/DynaReport/TDocExMtg--R1-80--31254.htm

Inhalt

- Einleitung / Hintergrund
- Kommerzielles Netz ↔ Dediziertes Netz
- M2M-Optimierung bei LTE
- **Simulationsannahmen**
- Simulationsergebnisse zu Kapazität und Reichweite
- Zusammenfassung und Fazit

Vergleich verschiedener Analysen für die Kellerdämpfungen



eigene Messungen



Messungen durch Inquam Deutschland GmbH



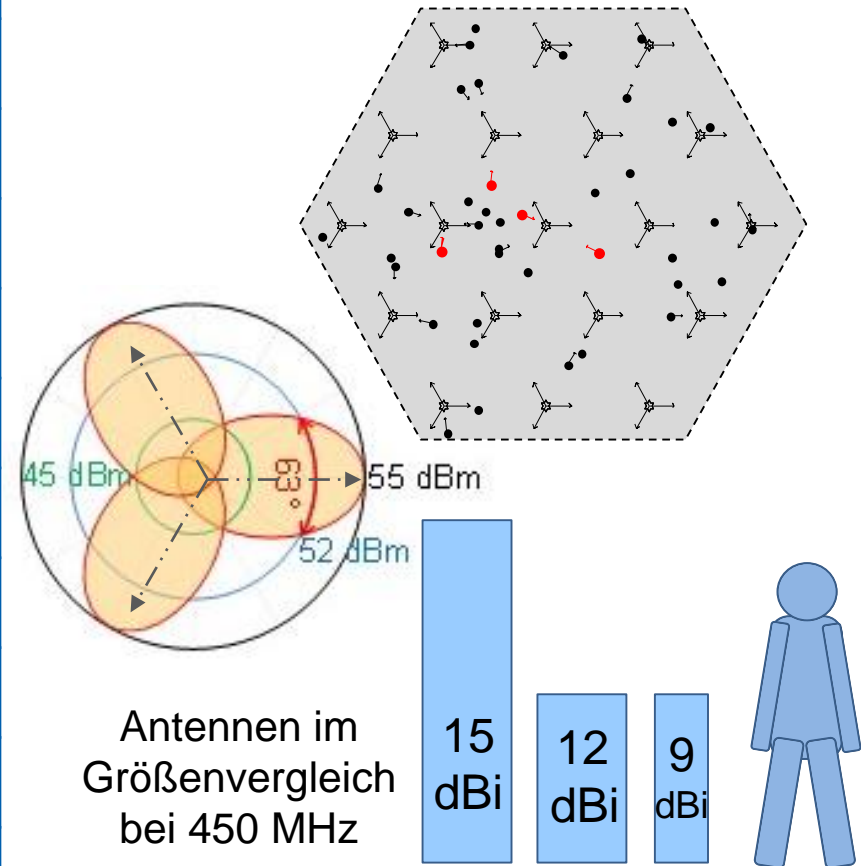
Simulationen TU Dortmund basierend auf ITU-R P.2040
Vergleich mit Messungen **LOS**

Wichtige Simulationsparameter

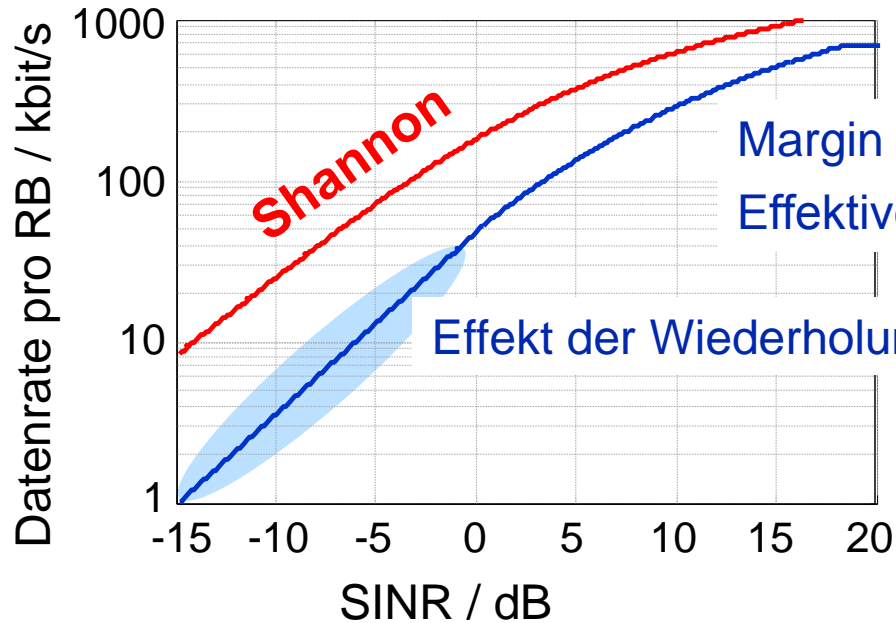
Funkausbreitung	Okumura-Hata
Long Term Fading σ_{out}	6 dB / 8 dB (urban)
Long Term Fading σ_{tot}	$\sigma_{tot} = \sqrt{\sigma_{out}^2 + \sigma_{kel}^2}$
Korrelation LTF	0,5
BS-Antennenhöhe	30 m
BS-Antennengewinn	15 dBi
Halbwertsbreite (horiz.)	65°
Kabelverlust	3 dB
MS-Antennengewinn	0 dBi
MS Sendeleistung	200 mW / 100 mW
UL-Diversitätsgewinn	3 dB
UL Power Control	fractional, $\alpha = 0.7$
UL-MIMO	nein

Monte-Carlo-Simulationen

Homogenes Hexagonales Netz



Modell für die Nutz-Datenrate



Störpegel I (Uplink)

- jeweils 1 Frequenzträger (1,4 MHz)
- alle Zellen: gleiche Frequenzen
- bei CDMA: Intracell Interference
- Variation der Auslastung
- Summe: Störpegel + Rauschen
- UL Power Control

300 Bytes pro SMGW pro 15 min

Übertragungszeit: 120 ms @ 20 kbit/s

Inhalt

- Einleitung / Hintergrund
- Kommerzielles Netz ↔ Dediziertes Netz
- M2M-Optimierung bei LTE
- Simulationsannahmen
- **Simulationsergebnisse zu Kapazität und Reichweite**
- Zusammenfassung und Fazit

Referenzszenarien und Reichweite

Szenario	1	2
Umgebung	Urban	Suburban
Frequenz	800 MHz	450 MHz
Standortabstand	2 km	12 km
Wanddämpfung	20 dB	14 dB
SMGWs pro km ²	2000 200	200 20
SMGWs pro Sto.	7000 700	25000 25

End-
ausbau

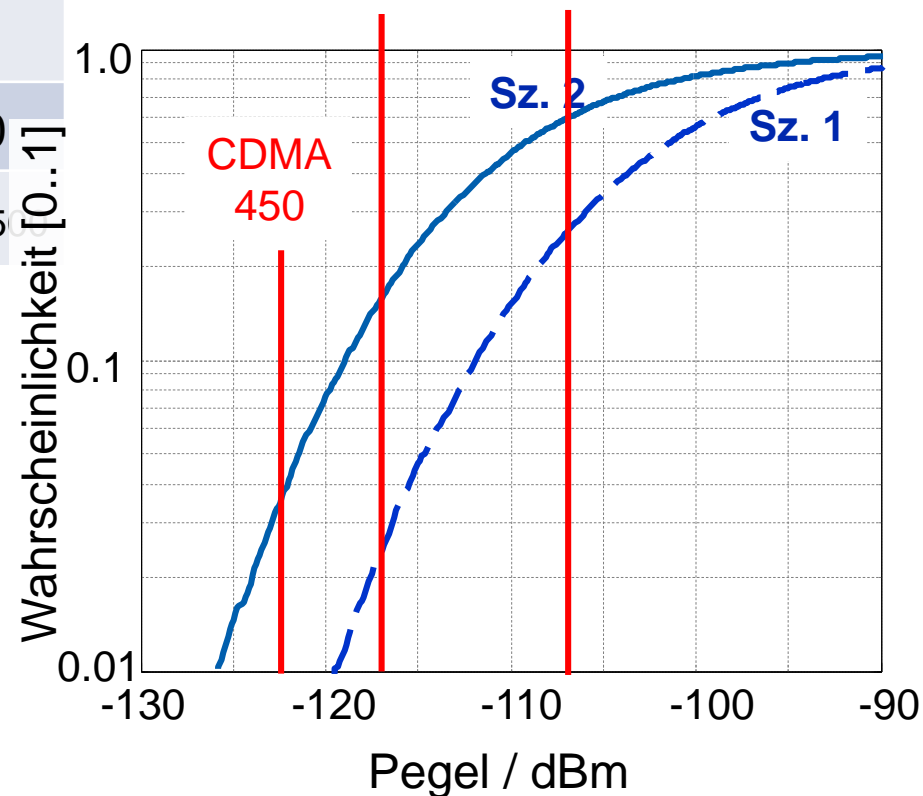
Start-
phase

CDMA450

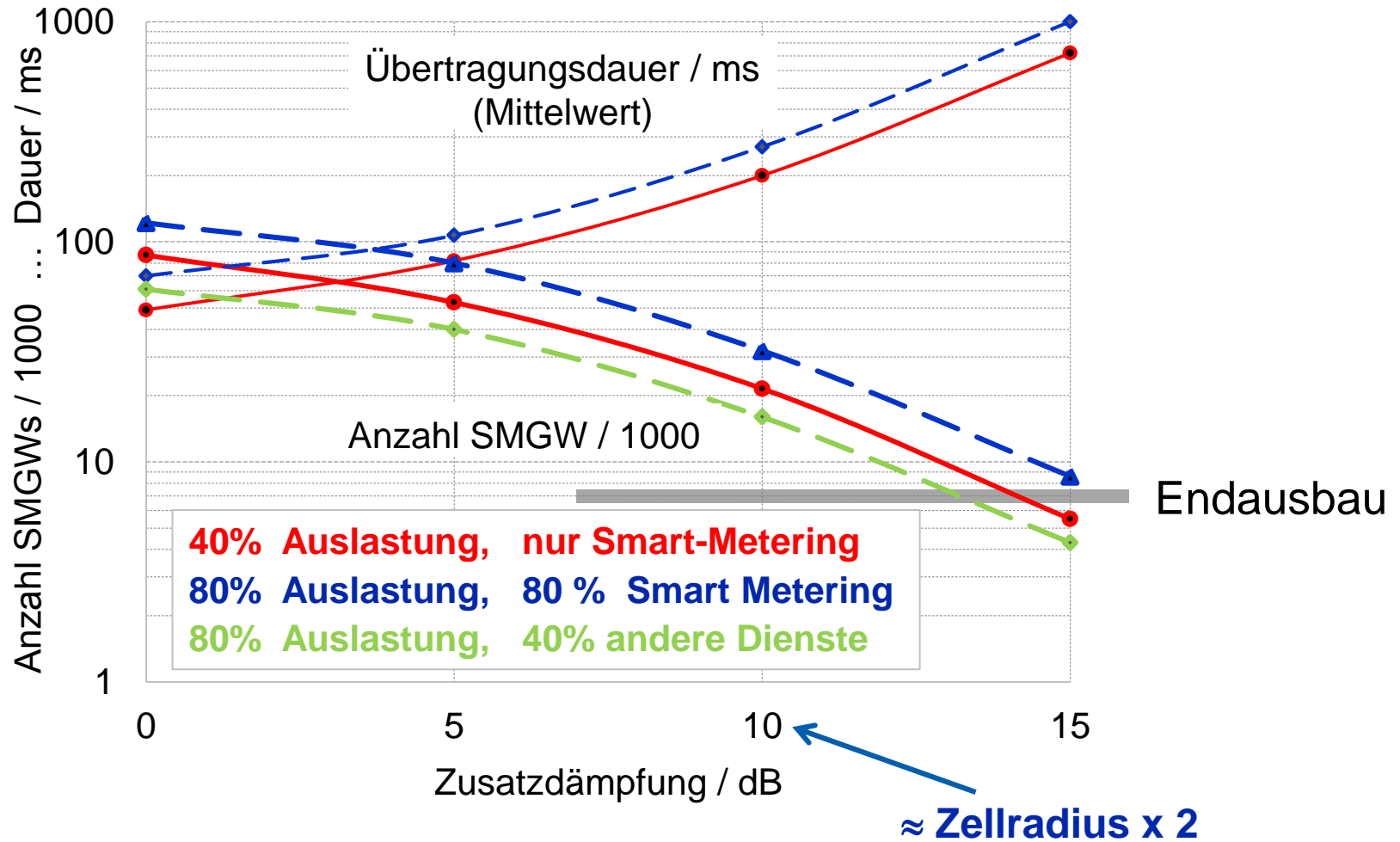
- 9,6 kbit/s
- 3 dB Interference Degradation

Empfängerempfindlichkeit

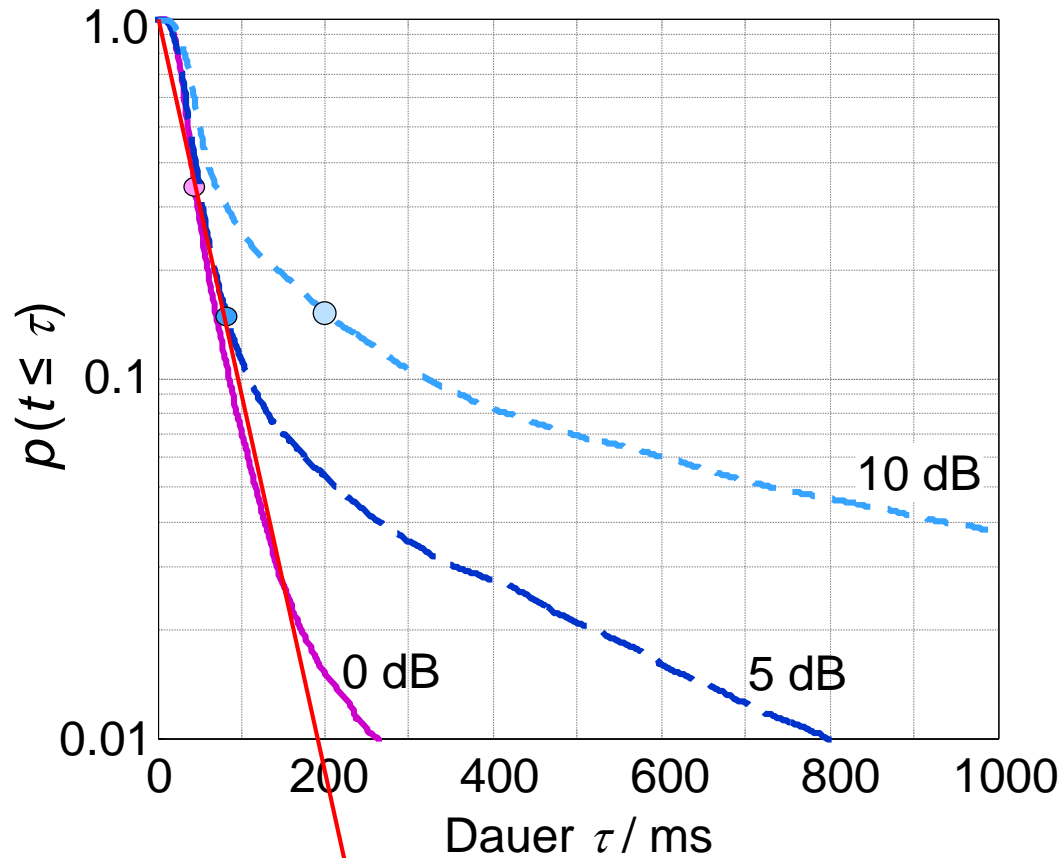
LTE – 20 kbit/s



Kapazität & Übertragungsdauer (Urban, 800 MHz)

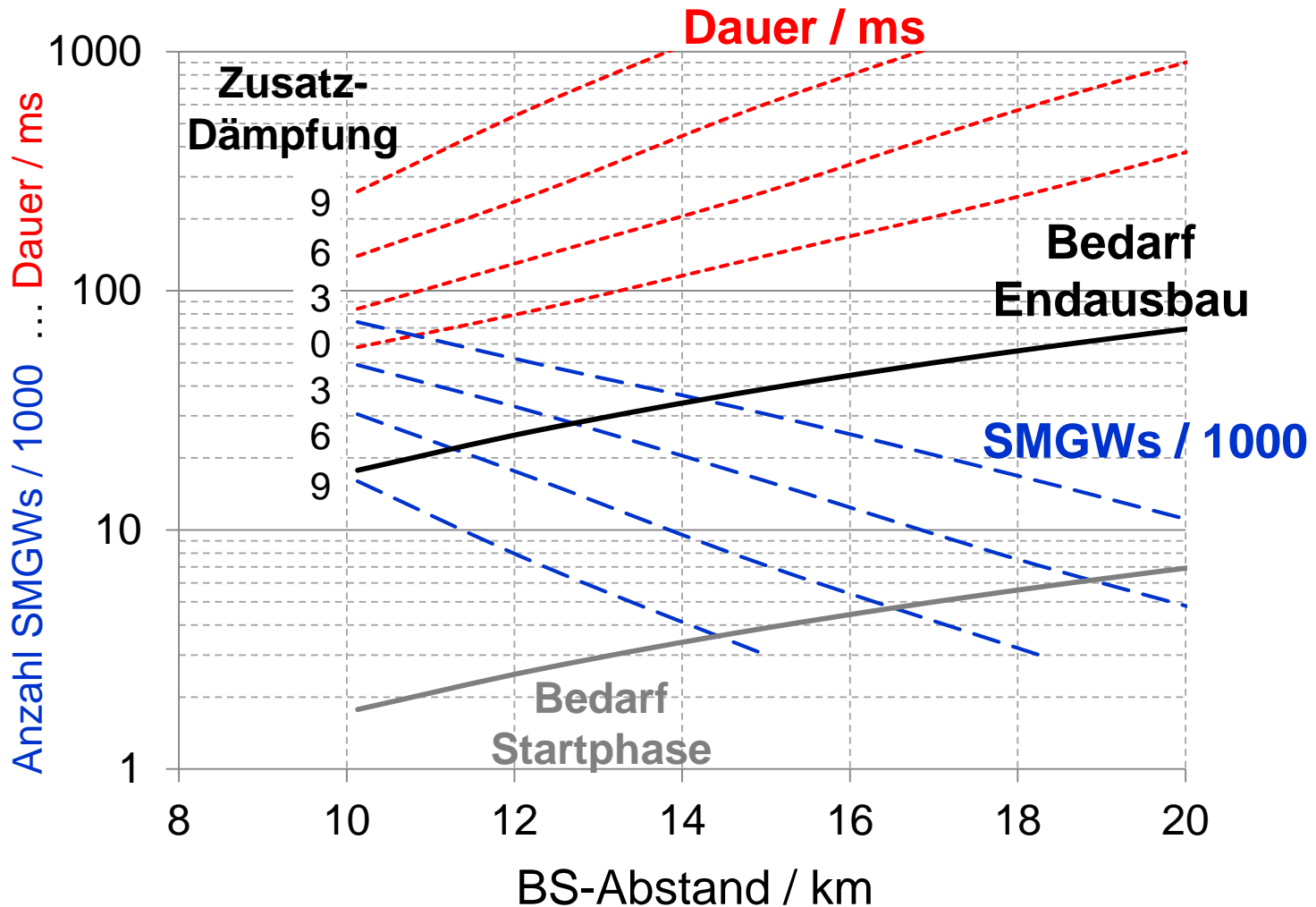


Wahrscheinlichkeitsfunktion für Übertragungsdauer



Exponential-
Verteilung

Kapazität & Übertragungsdauer (Suburban, 450 MHz)



Zusammenfassung und Fazit

- Kommerzielle LTE-Netze bei 800 MHz kostengünstige Lösung für Smart Metering, erfordern aber für missionskritische Dienste besondere vertragliche Regelungen.
- heutiger Ausbaustand: Versorgung < 90% bei kritischen Installationsorten
- eigenständiges LTE-Funknetz bei 450 MHz voraussichtlich erst ab 2021 möglich
- Start mit CDMA450-Technologie und Migration auf LTE450
- für beide Optionen: LTE-Endgeräte-Kategorien für MTC von Vorteil (Release 13)
- Monte-Carlo-Simulationen für verschiedene Szenarien und Kellerdämpfungswerte
- hohe Anzahl von Daten-Wiederholungen erhöhen Versorgung deutlich, auf Kosten von Kapazität und Übertragungszeit
- städtische Makrozellen (800 MHz, 2 km BS-Abstand): Kellerdämpfung gut 30 dB ✓
- vorstädt. Makrozellen (450 MHz, 12 km BS-Abst.): Kellerdämpfung knapp 20 dB ✓