

Überlegungen zum Einsatz von Mobilfunksystemen für Smart-Metering- und Smart-Grind-Anwendungen: CDMA450 versus LTE450

Christian Lüders, Leonard Lange, Bernd Sörries

FH Südwestfalen, Breitbandkompetenzzentrum NRW

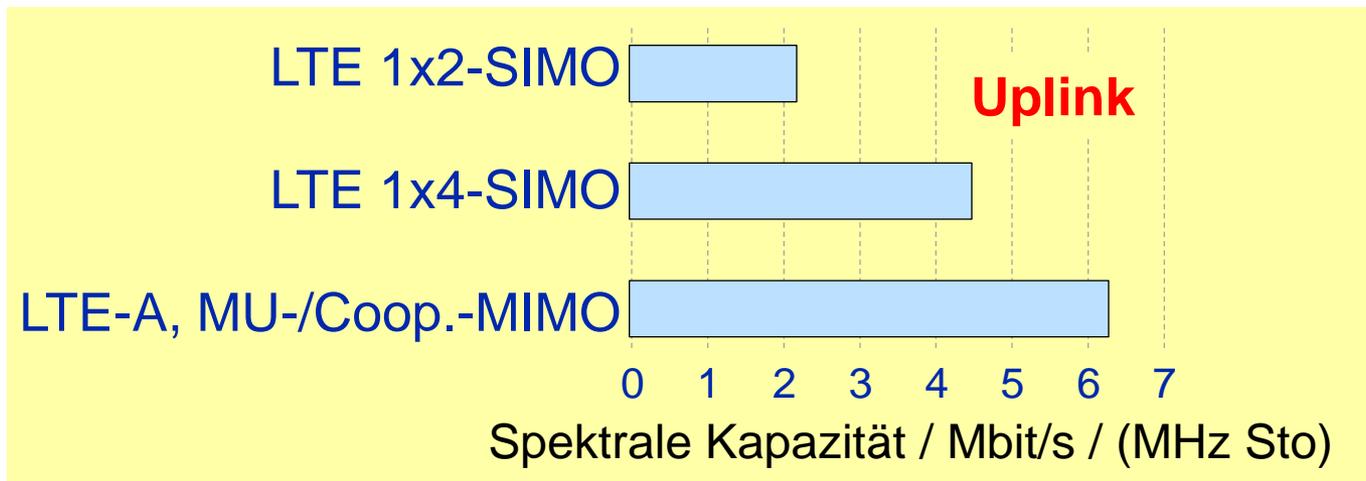
Hintergrund

- BMWi, 2015: "Verordnungspaket Intelligente Netze"
- rechtliche Grundlagen für Aufbau einer intelligenter Mess- und Steuerungsinfrastruktur in Stromnetzen auf Niederspannungsebene
- **Ziele:** Energieeffizienz zu verbessern, sichere Integration erneuerbarer Energien in die Stromnetze gewährleisten, Mehrwertdienste fördern
- **wesentliche Bausteine:** bidirektionale Anbindung intelligenter Stromzähler (**Smart Meter**) sowie von Erzeugungsanlagen und Speichern
- stufenweise Einführung: 2017 → 2032
- Energienetzbetreiber: Steuerung, Videoüberwachung, Fehlerschutz bei Ortsnetzstationen, mobile Service-Kräfte, Smart Market
- Kommunikationsinfrastrukturen?
 - leitungsgebunden ↔ Funk
 - geschlossenes, privates Funknetz ↔ kommerzielle Mobilfunknetze

Vorüberlegung

Smart-Meter-Anwendungen: 300 Byte pro 15 Min. im Uplink

bei 40 Mio. Haushalten: 106,7 Mbit/s



Kapazität: nur wenig Standorte erforderlich → Reichweitengrenze

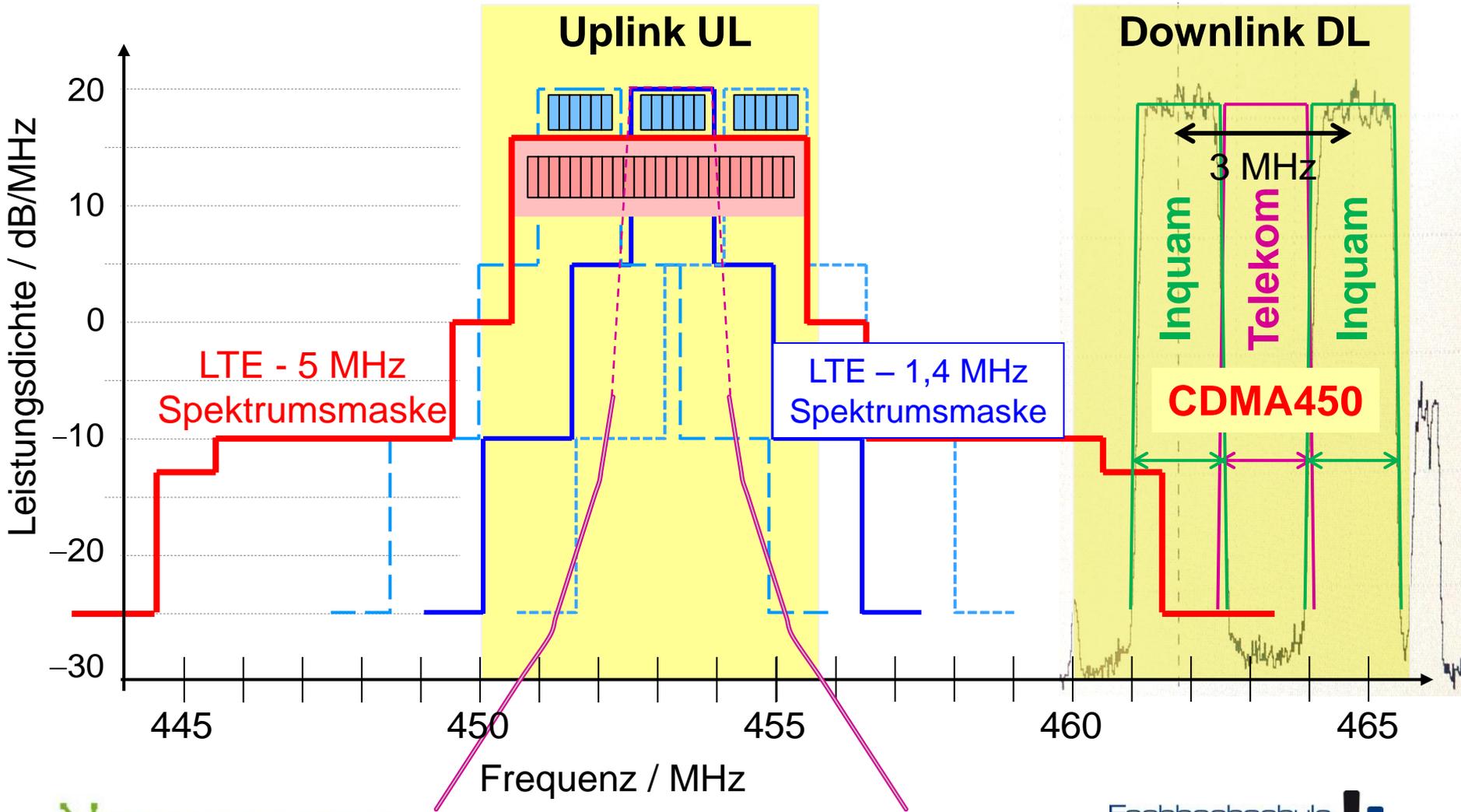
Reichweite: am besten niedriger Frequenzbereich – z.B. **450 MHz**

Zusatzkapazität sinnvoll nutzen

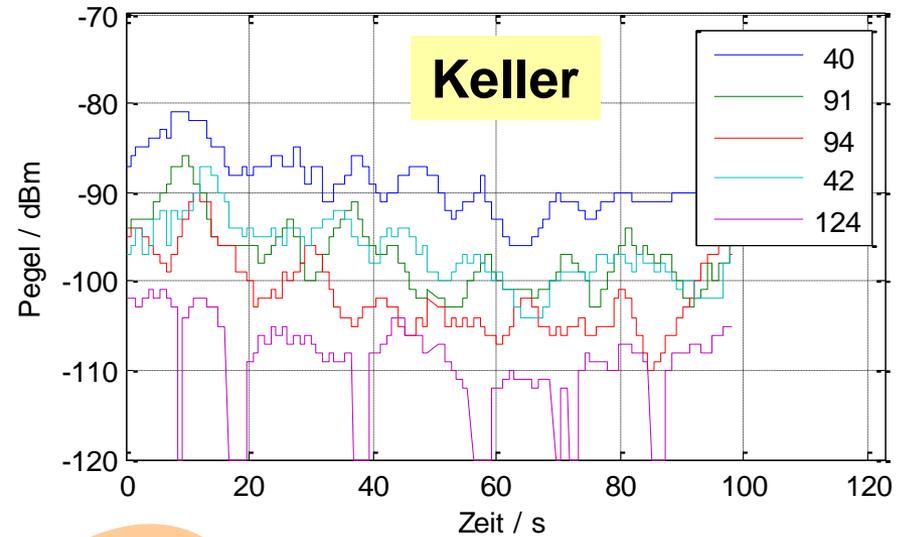
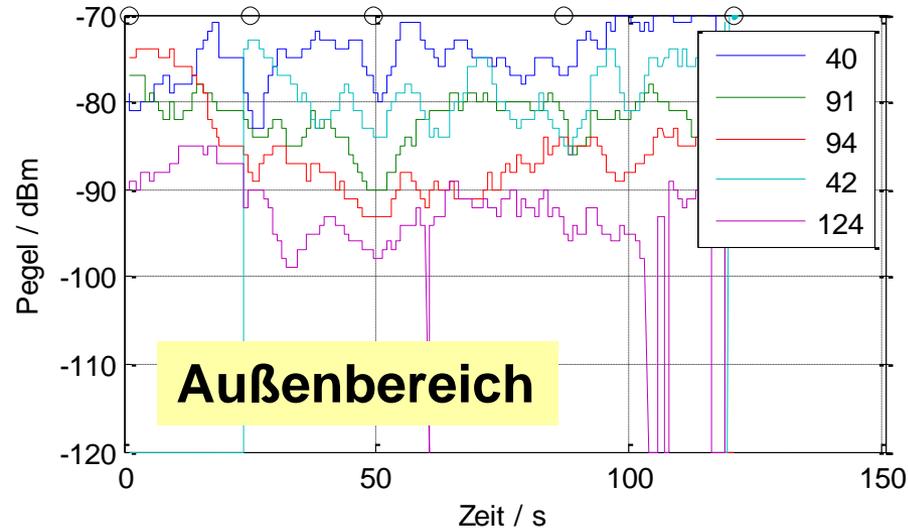
Inhalt

- Einleitung
- Systeme bei 450 MHz: CDMA und LTE
- Messungen zu Kellerdämpfungen
- Simulationen zur Reichweite
- Kapazitätsbetrachtungen
- Weitere wichtige Kriterien
- Zusammenfassung und Fazit

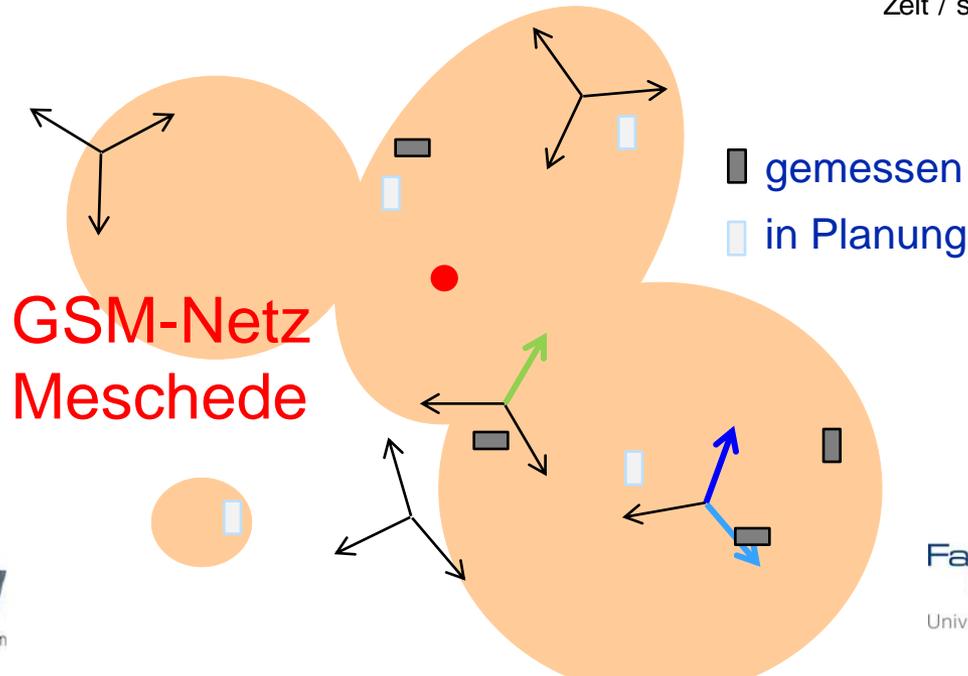
Systeme bei 450 MHz: CDMA und LTE



Messung der Kellerdämpfungswerte

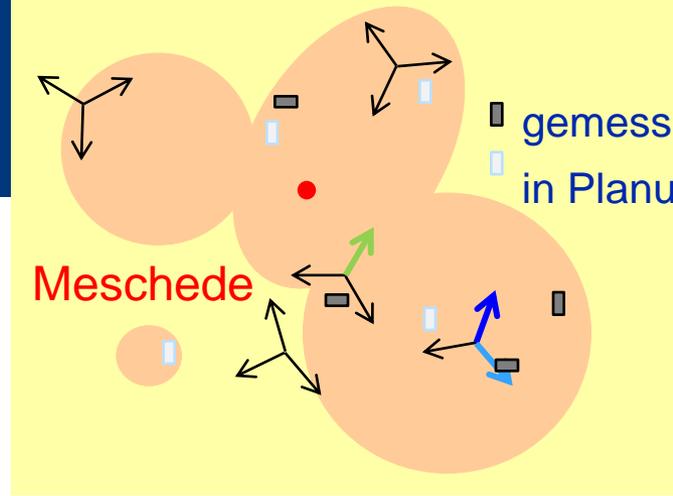


Pegelmessungen
mit TEMS™Pocket



Messwerte für ein Haus

23



94

- 23: -93(+1,5) dBm
- 40: -77(+4) dBm
- 42: -74(0,5) dBm (20%)
- 91: -80(+2) dBm
- 94: -77(+3) dBm

91

- 23: -95(+4) dBm (33%)
- 40: -72(+2) dBm
- 42: -76(+3) dBm
- 91: -82(+2) dBm
- 94: -84,5(+2) dBm

- 23: -108 (+2,3) dBm
- 40: -89 (+4) dBm
- 42: -96 (+4) dBm
- 91: -97 (+4) dBm
- 94: -97 (+4) dBm

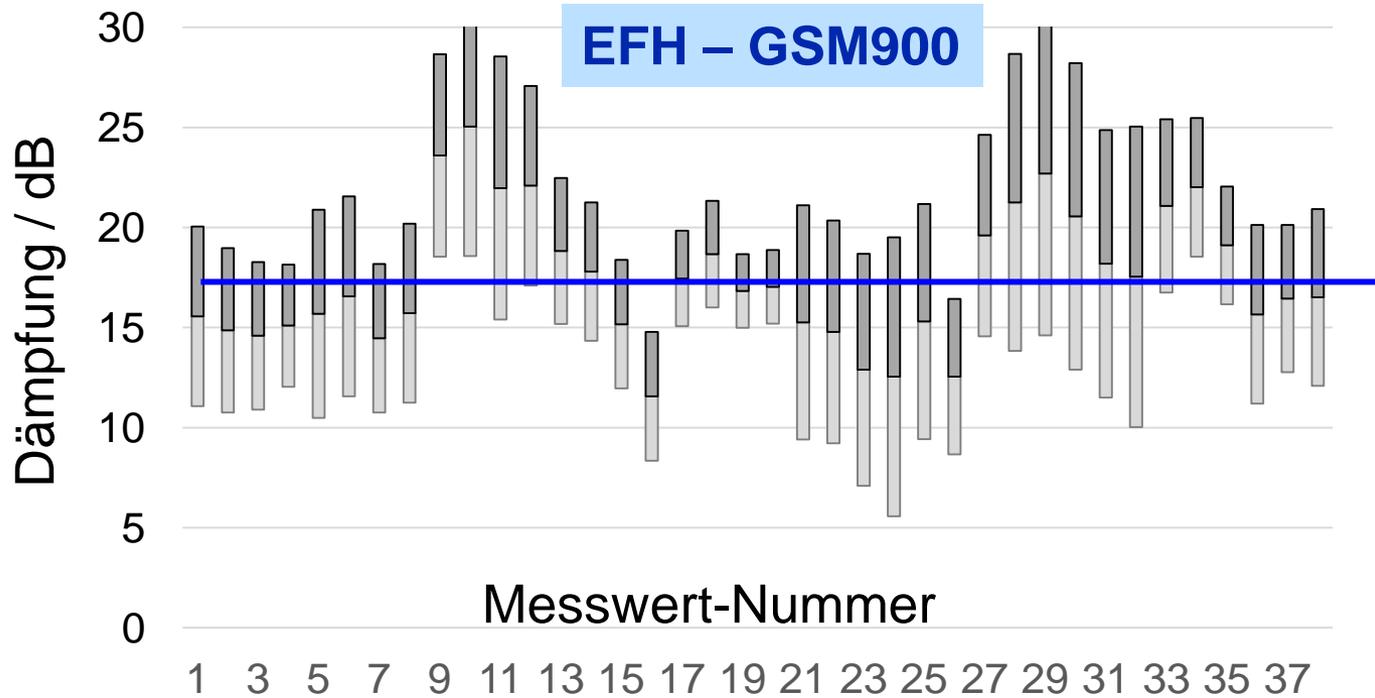
- 23: -97,6 (+2,6) dBm (33%)
- 40: -75 (+3) dBm
- 42: -79 (+3) dBm
- 91: -85 (+2) dBm
- 94: -88,8 (+2,4) dBm

40,42

- 23: -95,8(+2) dBm (69%)
- 40: -75(+2) dBm
- 42: -80(+3) dBm
- 91: -82(+3) dBm
- 94: -89(+2,5) dBm

- 1.OG**
- 23: -90(+2) dBm
 - 40: -65(+5) dBm
 - 42: -71(+5) dBm
 - 91: -74(+4) dBm
 - 94: -77(+6) dBm

Eigene Messwerte für Kellerdämpfungen

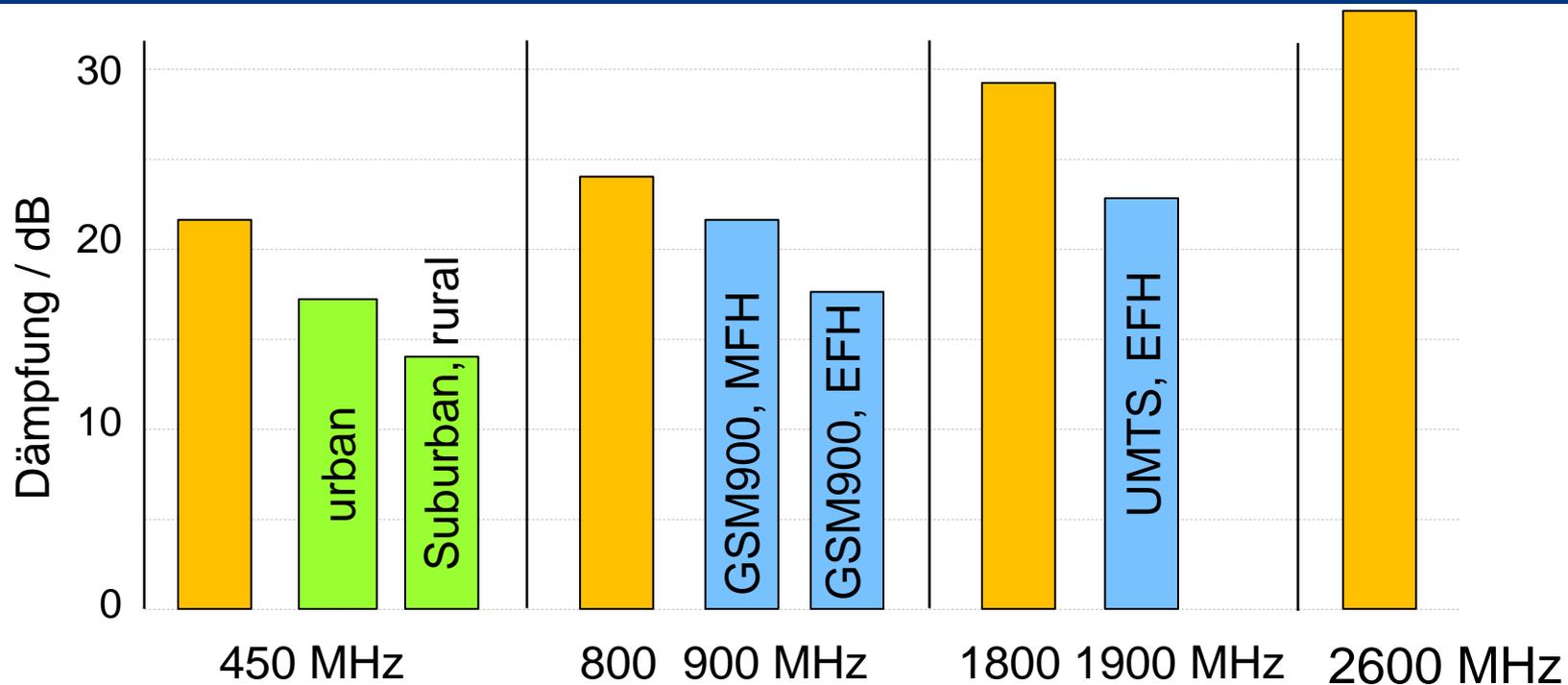


EFH bei 900 MHz: $L_{\text{Kel}} = 17,5 \text{ dB}$, $\sigma_{\text{Kel}} = 6 \text{ dB}$

MFH bei 900 MHz: $L_{\text{Kel}} = 21,5 \text{ dB}$, $\sigma_{\text{Kel}} = 4 \text{ dB}$

EFH bei 1900 MHz: $L_{\text{Kel}} = 22,5 \text{ dB}$, $\sigma_{\text{Kel}} = 6 \text{ dB}$

Vergleich verschiedener Analysen für die Kellerdämpfungen



 eigene Messungen (s.o.)

 Messungen durch Inquam

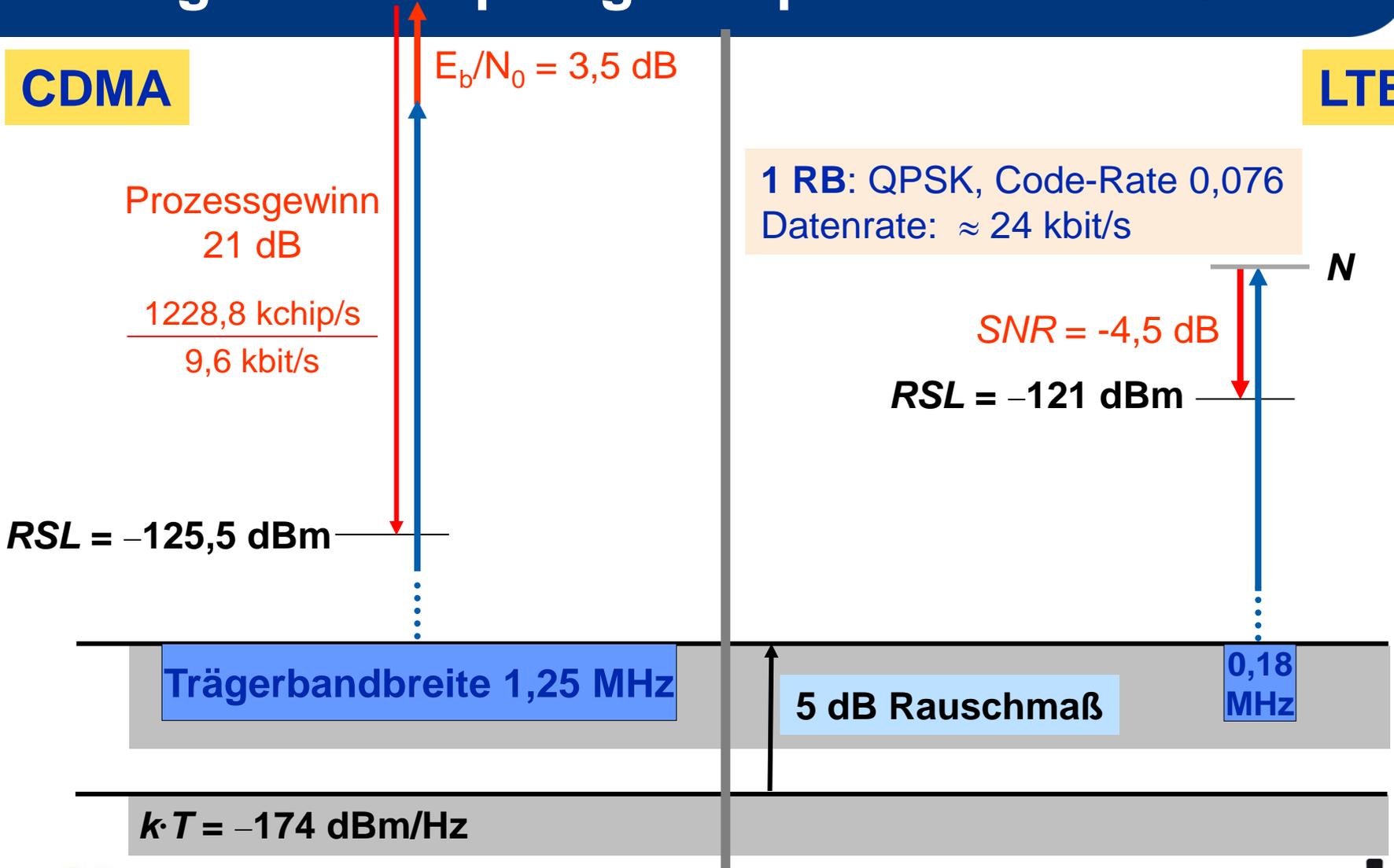
 Simulationen TU Dortmund basierend auf ITU-R P.2040
Vergleich mit Messungen **LOS**

Reichweitebetrachtungen

Vergleich: Empfängerempfindlichkeit RSL

CDMA

LTE

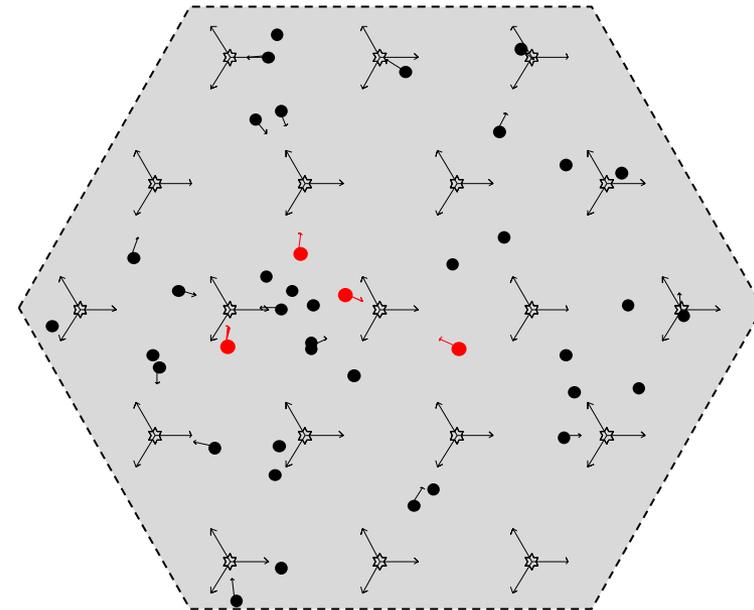


Wichtige Simulationsparameter

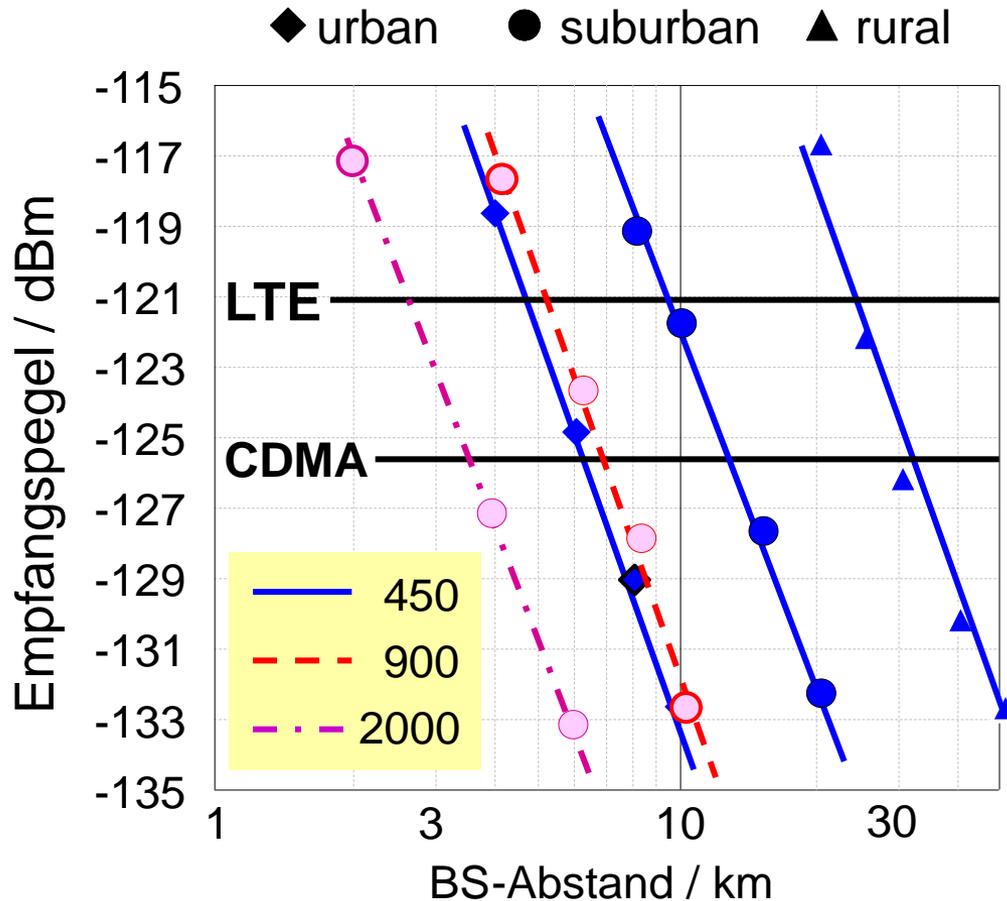
Funkausbreitung	Okumura-Hata
Kellerdämpfung	s.o.
Long Term Fading σ_{out}	6 dB
Long Term Fading σ_{tot}	$\sigma_{tot} = \sqrt{\sigma_{out}^2 + \sigma_{kel}^2}$
Korrelation LTF	0,5
BS-Antennenhöhe	30 m
BS-Antennengewinn	15 dBi
Halbwertsbreite (horiz.)	65°
Kabelverlust	3 dB
MS-Antennengewinn	0 dBi
MS Sendeleistung	200 mW
UL-Diversitätsgewinn	3 dB

Monte-Carlo-Simulationen

Homogenes Hexagonales Netz



Empfangspegel und Zellgrößen bei verschiedenen Konstellation

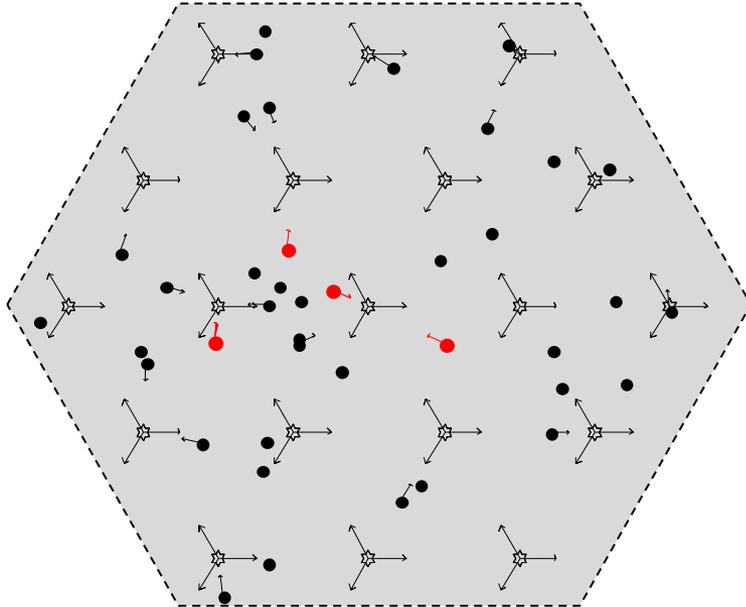


Fläche pro Standort / km²

	Urban	Subur.	Rural
LTE	18	77	500
CDMA	33	134	900

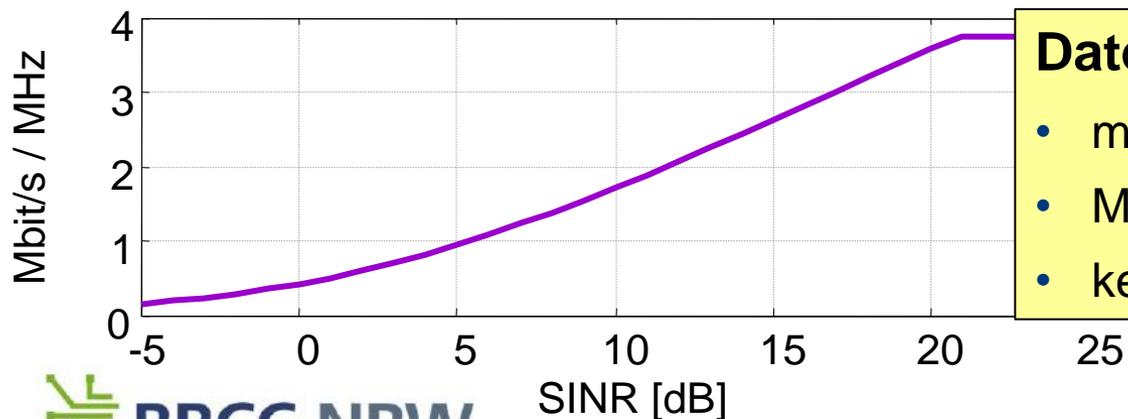
für 97% Versorgung!

Simulationen zur Kapazität Annahmen



Störpegel I (Uplink)

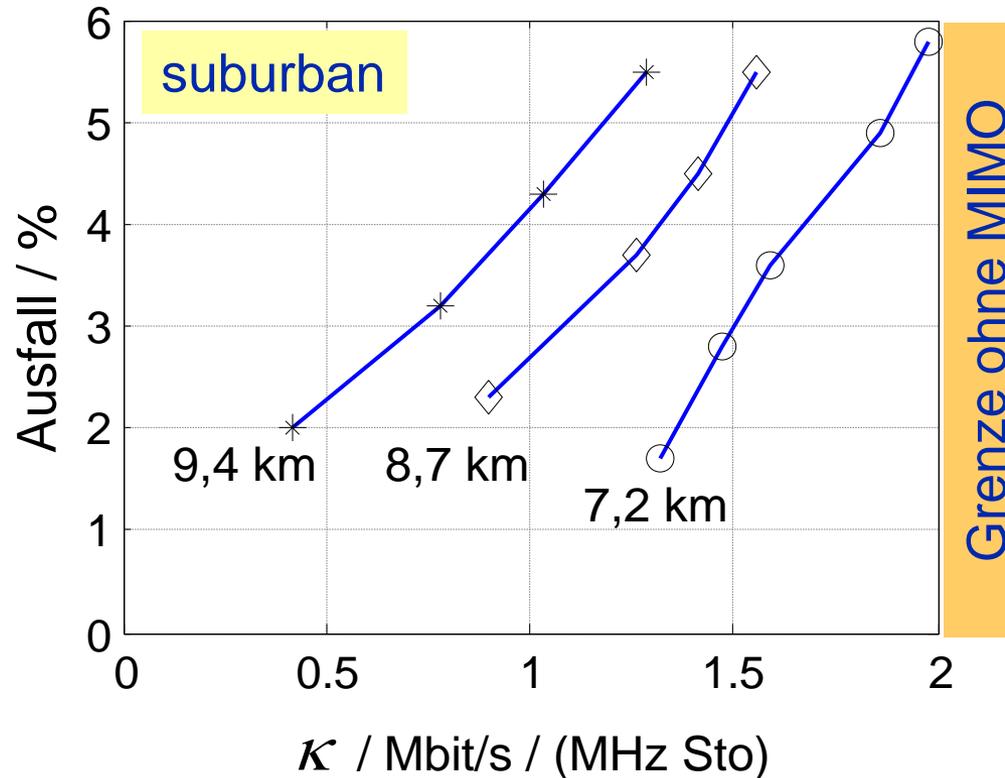
- jeweils ein Frequenzträger
- alle Zellen: gleiche Frequenzen
- bei CDMA: Intracell Interference
- Variation der Auslastung
- Summe: Störpegel + Rauschen
- UL Power Control



Datenrate

- modifizierte Shannon-Formel
- Margin 5 dB
- kein MIMO

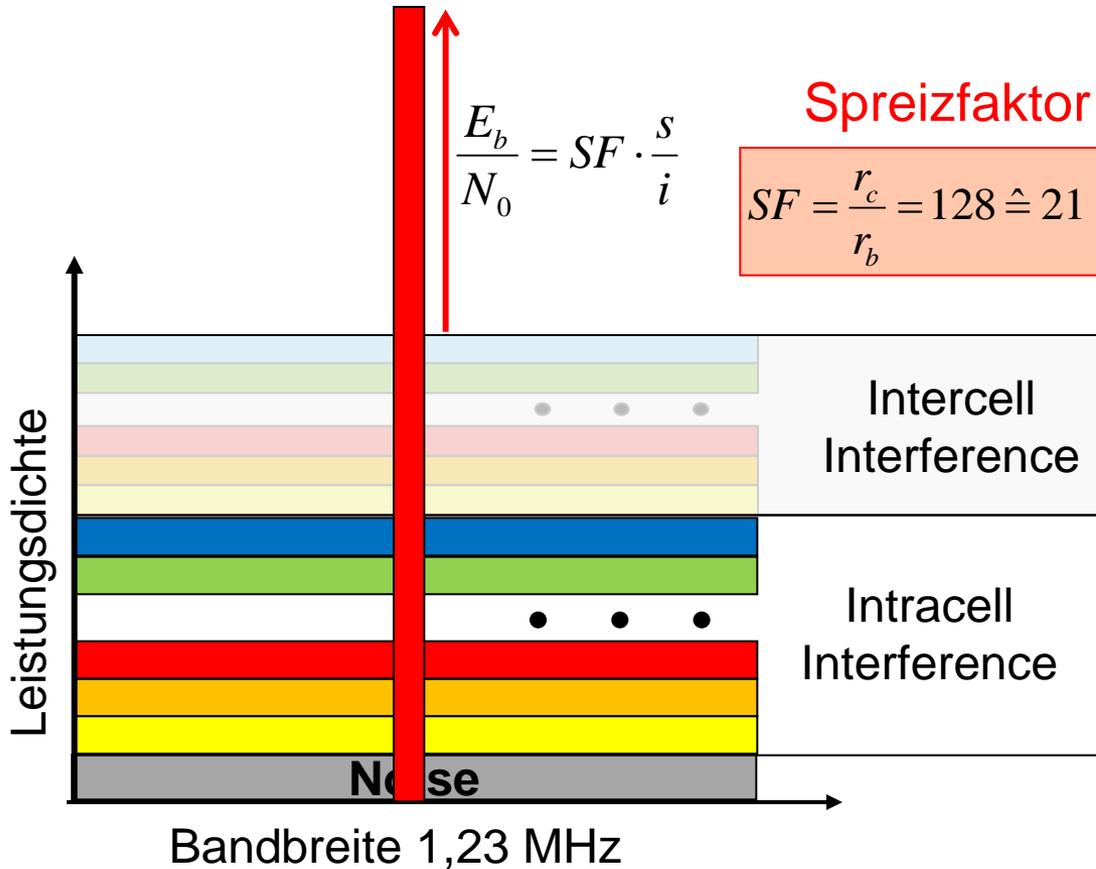
Zusammenhang: Ausfallwahrscheinlichkeit und spektraler Kapazität für LTE450



↑
Gesamtdatenraten
innerhalb eines Standortes

Ausfallwahrscheinlichkeit:
Anteil Verbindungen mit $SIR < SIR_{\min}$

Grobe Abschätzung: Spektrale Kapazität CDMA450 – Uplink



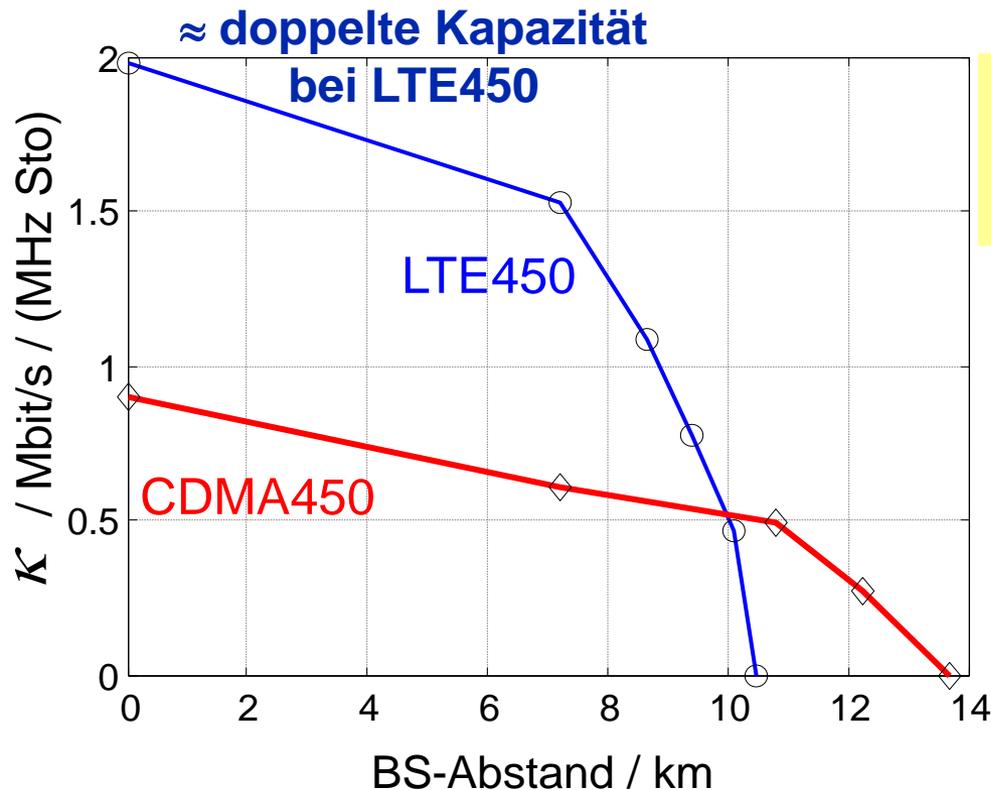
$$\frac{s}{i} = \frac{s}{i_a + i_r} = \frac{1}{n-1+n \cdot q}$$

$$\frac{E_b}{N_0} = SF \cdot \left(\frac{1}{n-1+n \cdot q} \right)$$

$$n = \left(\frac{SF}{E_b / N_0} + 1 \right) \cdot \frac{1}{1+q}$$

$$\begin{aligned} \kappa &\approx 3 \cdot n \cdot r_b / B \\ &\approx 0,9 \text{ Mbit/s} / (\text{MHz Sto}) \end{aligned}$$

Vergleich der spektralen Kapazitäten von LTE450 und CDMA450



- Suburban
- 97% Versorgung
- Uplink

\approx 35% höhere Reichweite bei CDMA450

Jeweils für das Basis-System!

Weitere Wichtige Aspekte

- **CDMA**: Soft / Softer Handover verbessern Versorgung, Reichweite Kapazität.
- **CDMA** EV-DO Revision B Variante: Interference Cancellation erhöht spektrale Kapazität substantiell (ca. Faktor 2)
- **LTE**: Verbesserungen durch frequenzselektive Ressourcenzuteilung
- **LTE** Advanced: Uplink-MIMO-Techniken, Coop. MIMO verbessern Versorgung und spektrale Kapazität signifikant ($> 2 \times$ CDMA EV-DO)
- **LTE** Advanced: Relays verbessern Versorgung in Kellerräumen.
- **CDMA/LTE**: Ressourcenzuteilung bei Diensten mit unterschiedlichen QoS-Anforderungen und bei unterschiedlichen Funkausbreitungsbedingungen??
- **CDMA450**: Standardisierung erfolgt und zahlreiche Produkte auf dem Markt.
- **LTE450** hingegen ist die Standardisierung noch im Fluss.
 - weltweit vorherrschender Standard, großes Entwicklungspotenzial
 - M2M-Anpassungen und Verbesserungen in Release 12, 13, ...

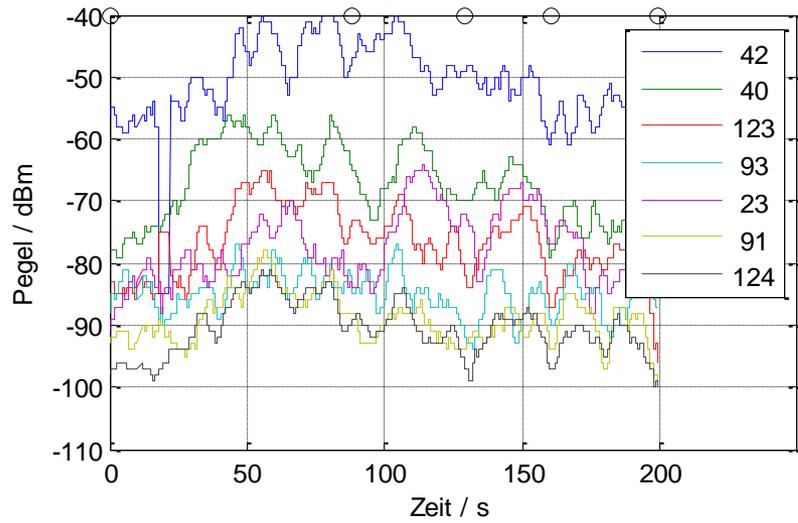
LTE-Standardisierung für Machine-Type-Communication (z.B. 3GPP TR 36.888)

- zusätzliche Architekturelemente, Sicherheitsaspekte
- Optimierung Signalisierung (Reduktion Overhead, Kapazität Kontrollkanäle)
- vereinfachte Endgeräte, Kostenreduktion
- Höhere Batterielebensdauer, geringere Sendeleistungen
- Weniger Datenrate / Bandbreite (1,4-MHz- eventuell 0,2-MHz-Träger)
- Höhere Versorgung („Verbesserung 20 dB“)
 - Power Boosting: Konzentration der Sendeleistung auf geringes Spektrum
 - störsichere Modulationsverfahren, geringe Code-Raten
 - Spreizcodes
 - höhere Anzahl von Wiederholungen (≈ 200)

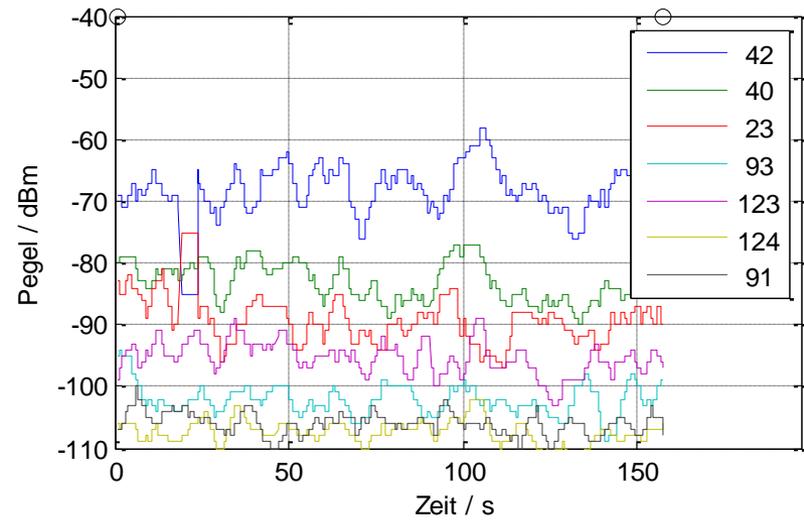
Zusammenfassung und Fazit

- gemessene Kellerdämpfungen ca. 4–7 dB niedriger als in anderen Publikationen
- bei 450 MHz etwa nur ein Viertel der BS-Standorte wie bei 900 MHz.
- CDMA450-Vorteile: kurzfristige Realisierung von Anwendungen mit geringem Datenraten- und Kapazitätsbedarf (alleinige Smart-Meter-Anwendungen)
 - Netze und Produkte prinzipiell vorhanden
 - Reichweiten größer als bei LTE450 (bei geringen Kapazitäten)
- LTE450-Vorteile: langfristige Nutzung auch bei hohem Kapazitätsbedarf
- Handlungsbedarf bei Standardisierung, Produktentwicklung, Regulierung
- Netze mit Frequenzträgern in unterschiedl. Bändern: Reichweite und Kapazität ?
- Steigerung von Reichweite & Kapazität (Interf. Cancellation, MIMO, Relays) ?
- Auswirkungen von MTC-Anpassungen ?
- Ressourcenzuteilung: unterschiedl. QoS-Anforderungen / Ausbreitungsbedingungen

manual_2015-01-28_15.10.42.FMT



manual_2015-01-28_15.06.19.FMT



Sensitivität: Link Budget – Reichweite

