



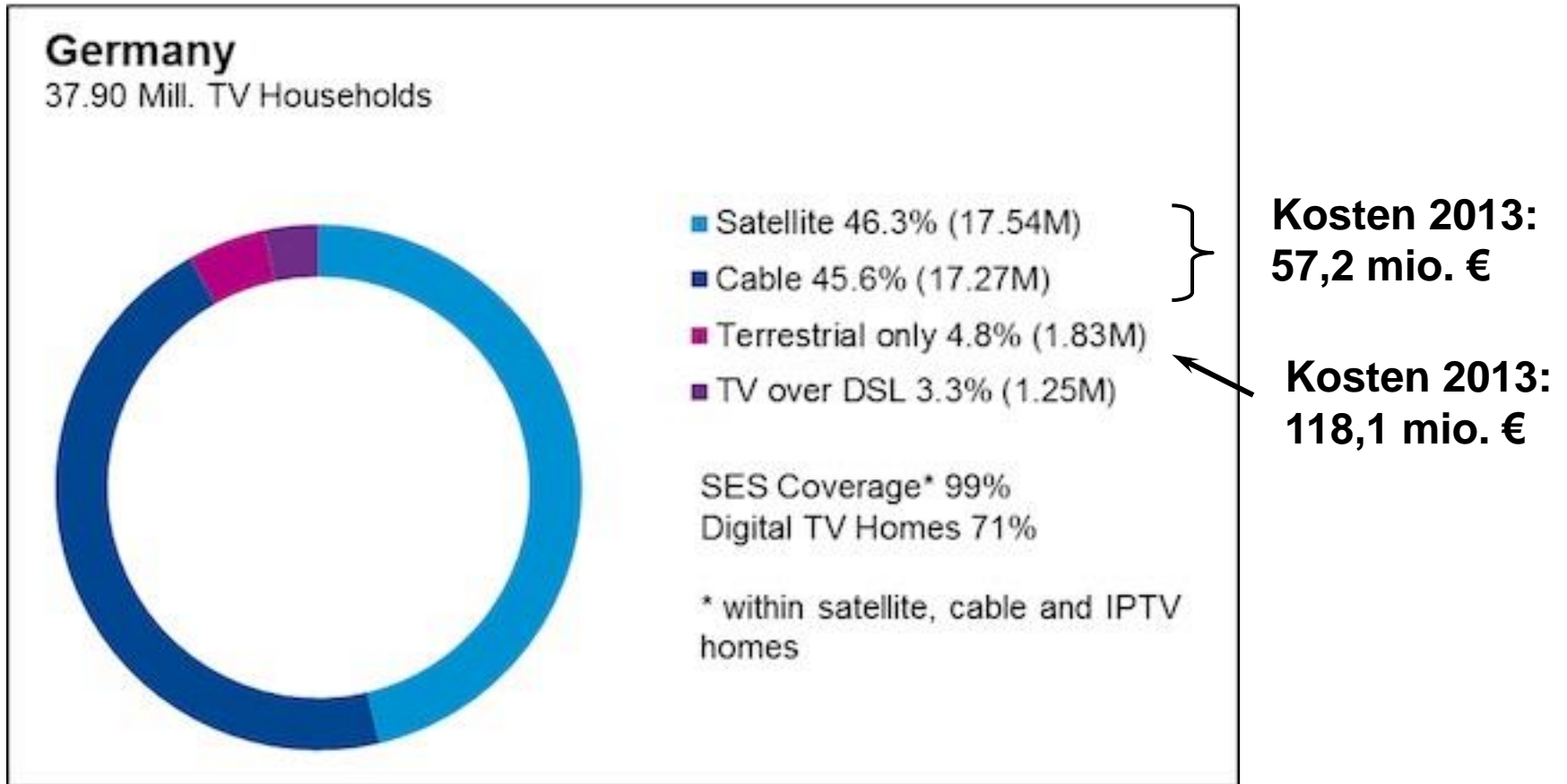
## **Vergleich von DVB-Tx und LTE für die Medienverteilung**

**Wolfgang Endemann, Rüdiger Kays**

- **Einleitung**
- **Netzstrukturen**
- **Übertragungstechnik**
- **Effizienzbetrachtungen**
- **Zusammenfassung**

- **LTE ist besser, weil es die modernere Übertragungstechnik ist**
- **LTE ist effizienter, weil das Übertragungsschema dem Kanal angepasst wird.**
- **LTE bringt Geld ein – die Mobilfunkbetreiber zahlen für Frequenzen, der Rundfunk besetzt diese nur**
- **Alles läuft nur noch über Smart Phones und Tablets – diese Geräte empfangen meistens Mobilfunk, aber selten DVB**
- **LTE liefert überall und immer hohe Datenraten**
- **LTE ist energieeffizienter, weil da keine großen Sender benötigt werden**

- **Gesellschaftliche Bedeutung des (Verteil-) Rundfunks**
- **Wirtschaftliche Aspekte der Frequenznutzung**
- **Aufwand für Sendernetzstruktur**
- **Energieeffizienz**
- **Quality of Experience**
- **Geschäftsmodelle**

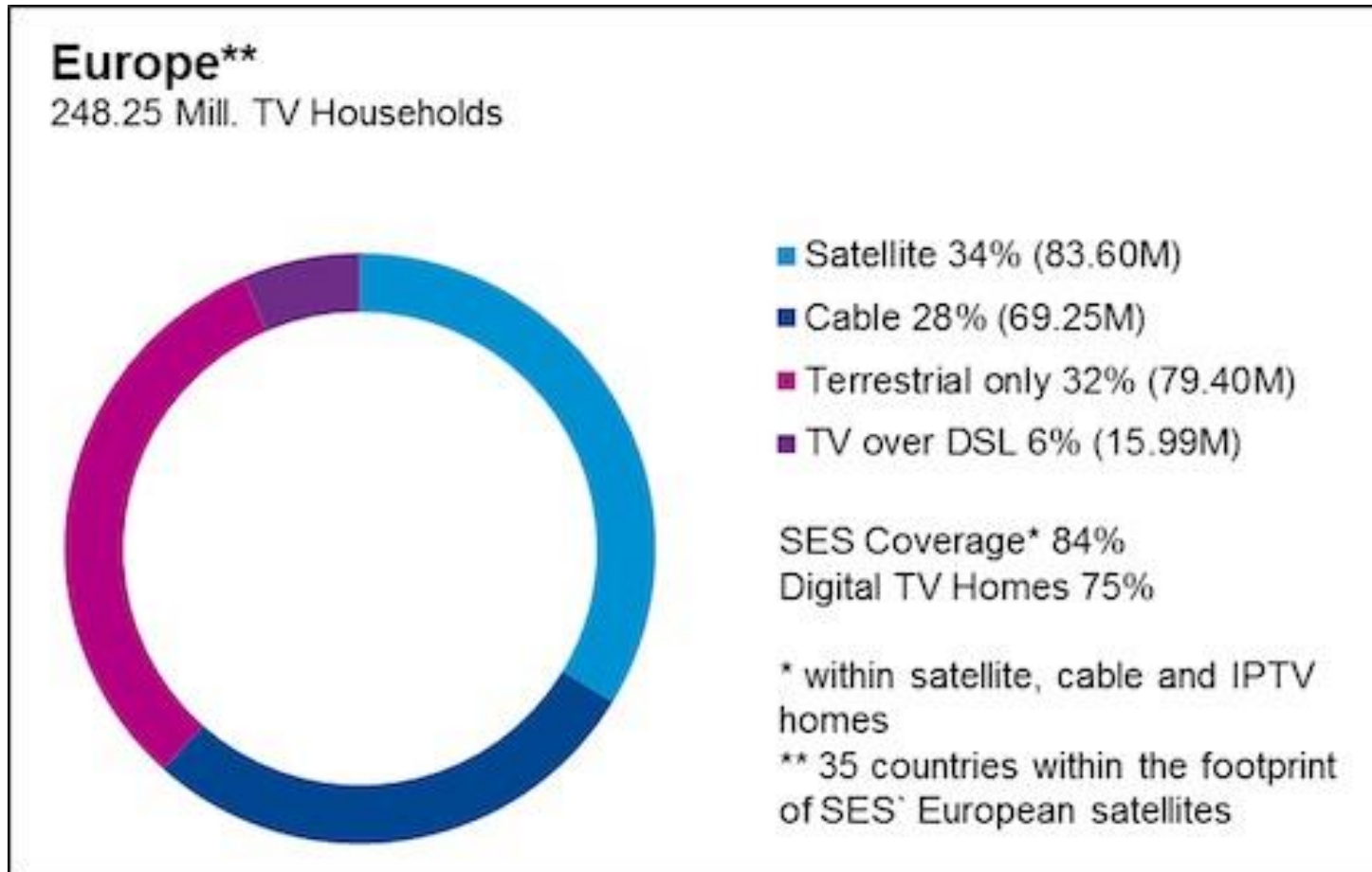


**Kosten beziehen sich auf ARD + ZDF gemäß Anmeldungen KEF**

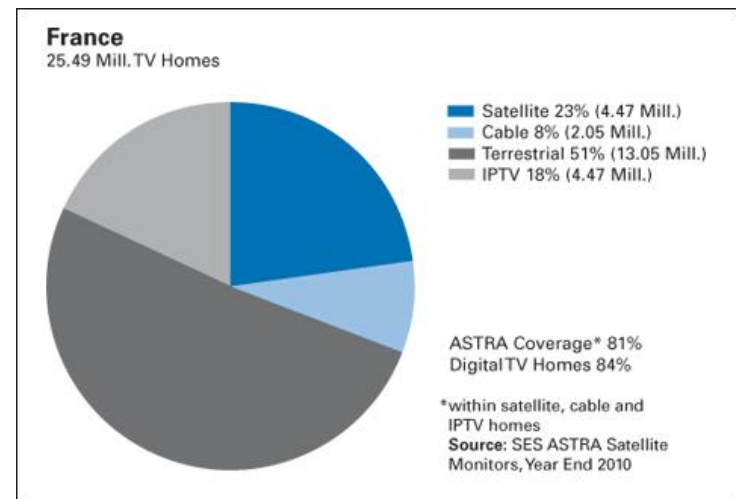
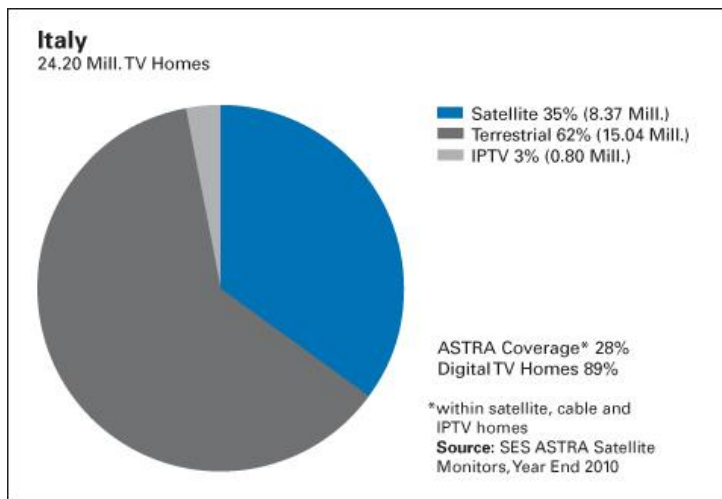
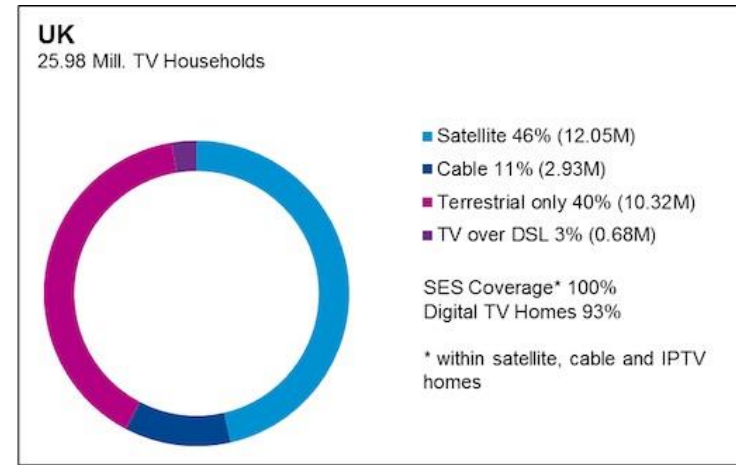
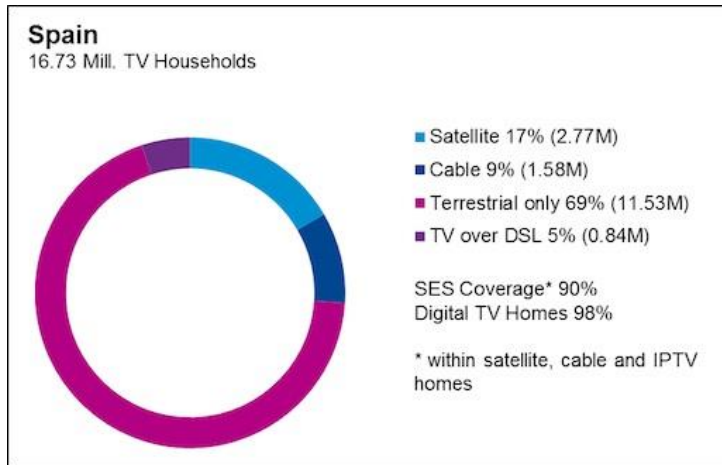
Quellen: Astra Satellite Monitors, Februar 2013  
KEF-Bericht 18

- **Nutzung in Wohnungen, in denen weder Satellit, Kabel oder Breitbandanschluss verfügbar ist**
- **Zweitnutzung in der Wohnung und im Garten ("unplugged")**
- **Zweitnutzung im Freizeitbereich (Gartenlaube ...)**
- **Videoempfang im Auto**
- **Videoempfang on the Go...**





Quelle: Astra Satellite Monitors, Februar 2013



Quelle: Astra Satellite Monitors, Februar 2013



<b>DVB-T</b>	<b>Mobilfunk LTE</b>
<b>Anonymer Empfang ohne Nutzerregistrierung</b>	<b>Empfang nur mit Rückkanal, Vertragsbeziehung zu Anbieter</b>
<b>Grundsätzlich Rundfunk ohne Rückkanal</b>	<b>Grundsätzlich Unicast, Broadcastmodus als Erweiterung in LTE möglich</b>
<b>Flächendeckende Versorgung heute verfügbar</b>	<b>nur Versorgungsschwerpunkte, erhebliche Lücken</b>
<b>Ein Netzbetreiber pro Angebot</b>	<b>Mehrere Netzbetreiber im Wettbewerb</b>
<b>Große Funkzellen (High Tower, High Power), Senderabstand bis ca. 60 km</b>	<b>Kleine Funkzellen (wenige km)</b>

<b>DVB-T</b>	<b>Mobilfunk LTE</b>
<b>SFN möglich und gebräuchlich</b>	<b>SFN ab LTE Rel. 8, endgültige Definition mit Rel. 11, bislang nicht im Einsatz</b>
<b>Gleiches Modulationsschema für alle Nutzer</b>	<b>Bei Unicast individuelle Anpassung der Übertragung</b>
<b>OFDM mit RS+Faltungscodes (T) OFDM mit LDPC-Codes (T2)</b>	<b>OFDM mit Turbocodes (LTE ab Rel. 8)</b>
<b>Lange Guard-Intervalle</b>	<b>Relativ kurze Guard-Intervalle</b>
<b>QoE: Quasi Error Free (&lt; 1 Fehler pro Stunde), schneller Programmwechsel</b>	<b>QoE: Unklar. Derzeit hohe Paketfehlerraten. "Reparatur" durch höhere Protokollschichten</b>

- **Annahmen:**
  - LTE Rel. 10, 2x2 MIMO
  - Zellengröße: 2km x 2km
  - Übertragungsaufgabe: Fernsehprogramm mit 4 Mbit/s
- **Heutige Lösung: Unicast.**
  - Mittlere spektrale Effizienz 2,09 bit/s/Hz/Zelle
- **Ergebnis: 2 MHz Bandbreite je Teilnehmer**

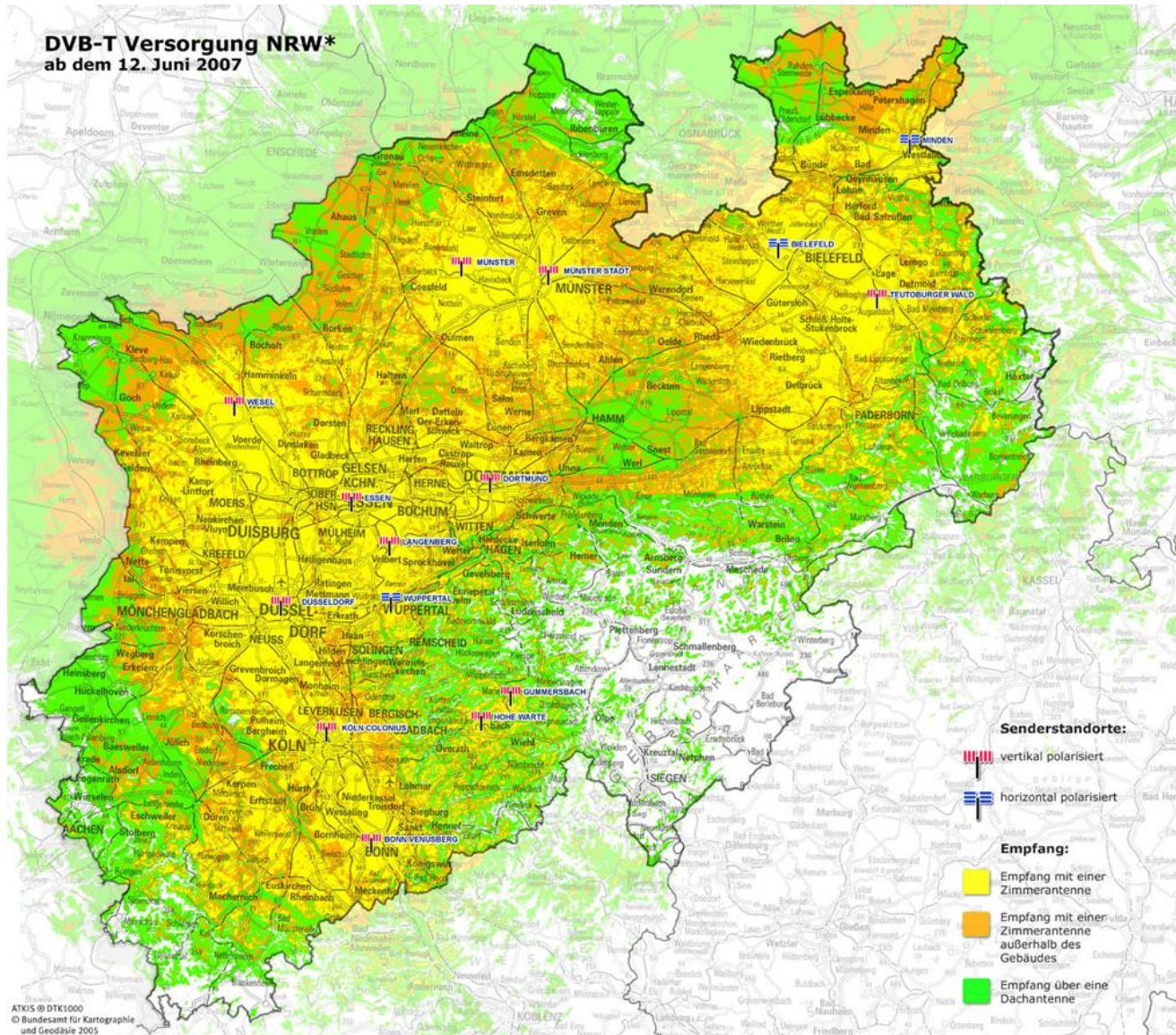
- **Szenario 1: 10000 Zuschauer, gleichverteilt in Deutschland: Im Schnitt 212 kHz Bandbreite pro Funkzelle belegt**
- **Szenario 2: 400.000 Zuschauer (1% der Haushalte), ebenfalls gleichverteilt: Im Schnitt 8480 kHz Bandbreite pro Funkzelle belegt**
- **Rundfunkszenario mit DVB-T: 2 MHz Bandbreite belegt.**

**Bei höheren Nutzerzahlen ist Broadcast deutlich effizienter!**

- **Problem: Wie viele Menschen sehen dasselbe Programm?**
- **Wie ist genau die räumliche Verteilung?**
- **Welche Effizienz wird bei LTE tatsächlich erreicht?**
- **Werden Broadcast-Moden bei LTE etabliert?**
- **Wie ist dort die Versorgungssicherheit?**
- **Wer ist im Mobilfunk für eine Rundfunkversorgung verantwortlich?**



DVB-T: DasÜberallFernsehen



**Projektbüro DVB-T  
Nordrhein-Westfalen**  
Postfach 10 27 53  
50467 Köln

Tel: 01805 - 508155  
(12 Cent/min aus dem Festnetz)

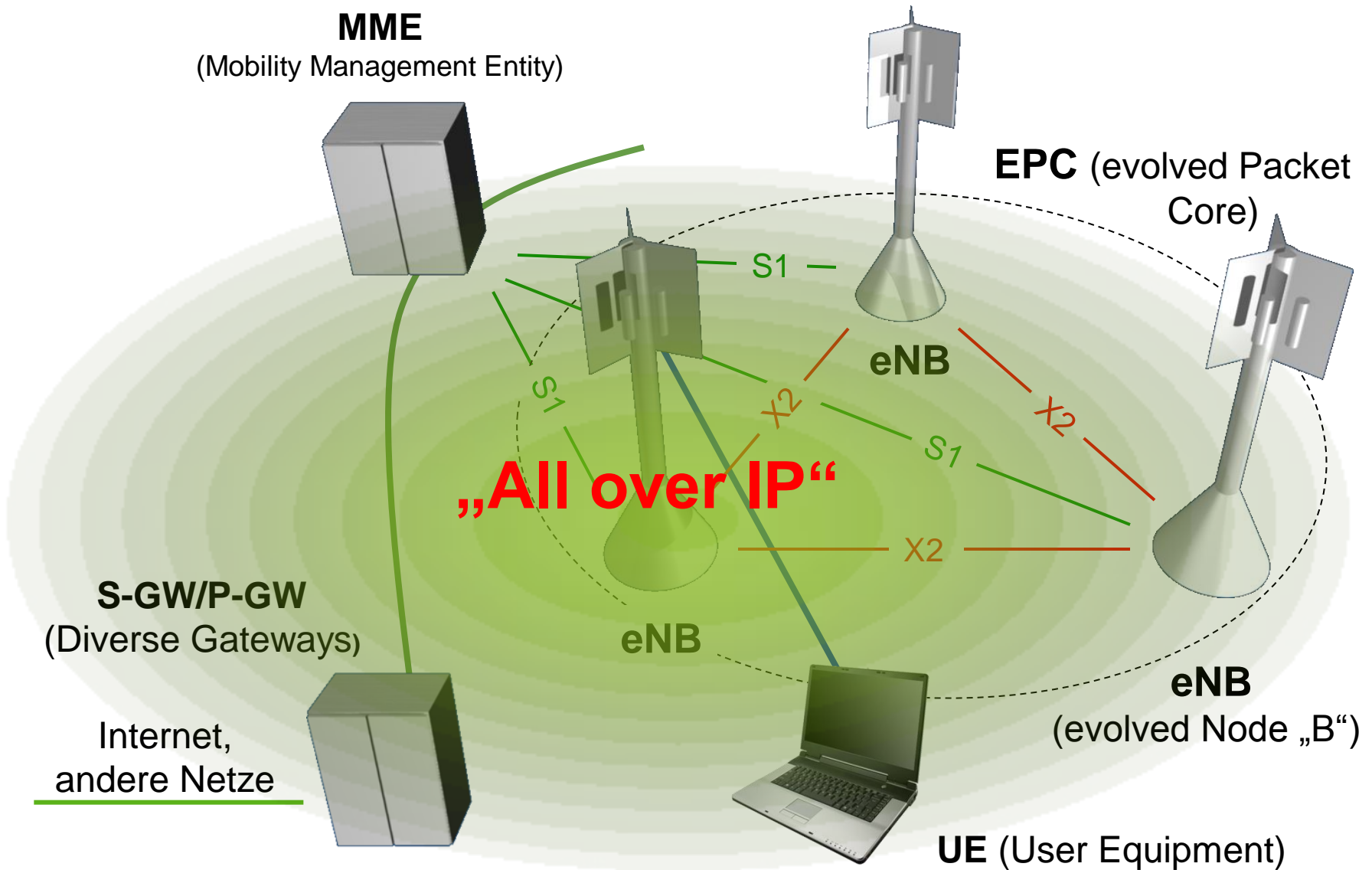
<http://nrw.ueberallfernsehen.de>

**Im Auftrag von:**  
Arbeitsgemeinschaft der öffentlich-  
rechtlichen Rundfunkanstalten der  
Bundesrepublik Deutschland (ARD)  
Westdeutscher Rundfunk (WDR)  
Zweites Deutsches Fernsehen (ZDF)  
Landesanstalt für Medien (LfM)

\* Die Angabe der möglichen Empfangseigenschaften beruht ausschließlich auf einer prognostizierten Versorgung. Der tatsächliche Empfang hängt von verschiedenen Parametern wie u. a. Güte der Antenne oder Beschaffenheit des Gebäudes ab. Alle Angaben sind ohne Gewähr!

22.02.2007






<b>Eigenschaft</b>	<b>Wert</b>
<b>Frequenzbereiche</b>	<b>0,7 – 2,69 GHz (Rel. 8) 0,47 – 4.99 GHz (Rel. 10)</b>
<b>OFDM</b>	<b><math>\Delta f = 15 \text{ KHz}</math></b>
<b>Bandbreiten</b>	<b>1,4 ... 100 MHz (Rel. 11)</b>
<b>Modulation</b>	<b>Bis 64 QAM</b>
<b>MIMO</b>	<b>Integraler Bestandteil</b>
<b>Fehlerschutz</b>	<b>TC, Mutterrate 1/3 + HARQ</b>
<b>EIRP in D @ 5 MHz ( ca., abh. vom Band)</b>	<b>eNB: 26 dBW (Stadt), 34 dBW (Land) UE: -5 dBW</b>
<b>Symmetrie</b>	<b>DL: mehr Leistung, mehr parallele Ströme</b>
<b>Broadcast über Gleichwellennetz</b>	<b>Optional</b>

<b>Eigenschaft</b>	
<b>Medienzugriff</b>	<b>Zentral durch eNB koordiniert. Zeitschlitz und Frequenzblöcke (fein)</b>
<b>Frequency Reuse</b>	<b>Im Idealfall 1</b>
<b>Duplex</b>	<b>FDD oder TDD</b>
<b>Vermeidung von Inter Cell Interference</b>	<b>Ja</b>
<b>Coordinated Multi-point Transmission/Reception</b>	<b>Ab Rel. 11</b>
<b>Protokoll der Nutzdaten</b>	<b>IP</b>
<b>Telefonieren</b>	<b>Volga / VoLTE</b>
<b>QoS-Mechanismen</b>	<b>End-to-End</b>

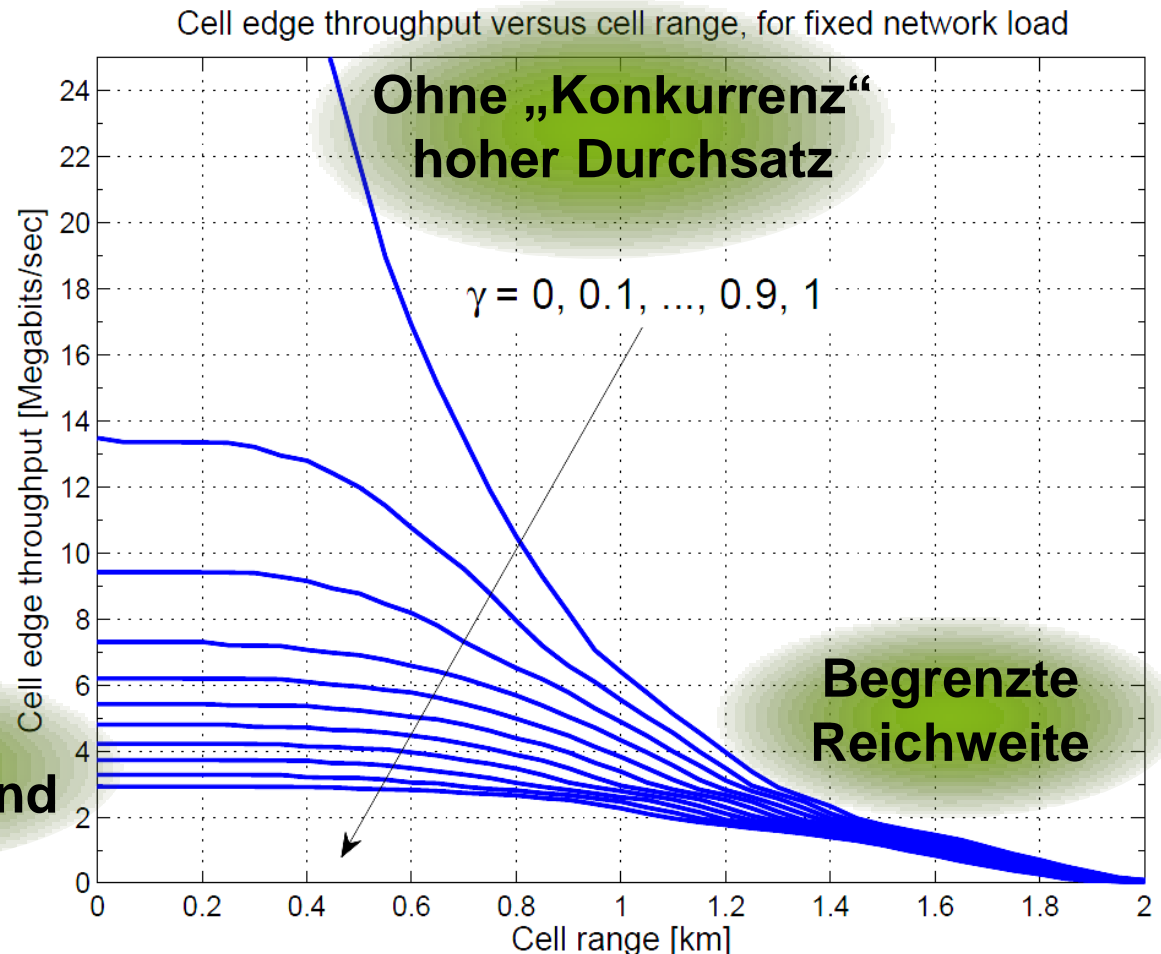
Rel.	UE Kategorie	MIMO Layer DL (max.)	DL: BW [ MHz ] (max.)	MIMO Layer UL (max.)	UL: BW [ MHz ] (max)	UL Kann 64QAM	PHY Peak Rate[ MBit/s ] DL/UL
<b>8</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>20</b>	<b>1</b>	<b>20</b>	<b>-</b>	<b>10/5</b>
	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>20</b>	<b>1</b>	<b>20</b>	<b>-</b>	<b>50/20</b>
	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>20</b>	<b>1</b>	<b>20</b>	<b>-</b>	<b>100/50</b>
	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>20</b>	<b>1</b>	<b>20</b>	<b>-</b>	<b>150/50</b>
	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>20</b>	<b>1</b>	<b>20</b>	<b>+</b>	<b>300/75</b>
<b>10/11</b>	<b>6</b>	<b>4</b>	<b>40</b>	<b>2</b>	<b>20</b>	<b>-</b>	<b>300/50</b>
	<b>7</b>	<b>4</b>	<b>40</b>	<b>2</b>	<b>40</b>	<b>-</b>	<b>300/150</b>
	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>100</b>	<b>4</b>	<b>100</b>	<b>+</b>	<b>3000/1500</b>

Rel. 10		System Level Simulationen für Downlink: 10 Benutzer/Zelle, 3 Sektoren/eNB, 4x2 MIMO, 10 MHz, TDD, Rx: Noise Fig. 7 dB, 24 dBm, Omnid.			
Szenario	Peak 	Urban Microcell	Urban Macrocell	Rural Macrocell	
Trägerfrequenz [Ghz]		2,5	2	0,8	
ISD [m]		200	500	1732	
Outdoor:Indoor		50:50	100:0	100:0	
Speed [km/h]		3	30	120	
Antennenhöhe [m]		10	25	35	
eNB: EIRP [dBm]		58	63	63	
Durchsatz [Bit/s/Hz/Zelle]		30	2,6	2,3	3,3
„Cell Edge Throughput“ [Bit/s/Hz/Benutzer]		3	0,076	0,065	0.01
10 MHz BW: Cell Edge [Rate/Nutzer MBit/s]	30	0,76	0,65	0,1	

Quelle: Dahlmann, E. et al.: 4G LTE/LTE-Advanced for Mobile Broadband, Academic Press, 2011

## Durchsatz am Zellrand abhängig von Zellenradius

- 2x2 MIMO
- 10 MHz Kanal
- Indoor, 2 GHz
- $\gamma$  = Belegung der Nachbarzellen



Nachbarzellen  
stören zunehmend

Ohne „Konkurrenz“  
hoher Durchsatz

Begrenzte  
Reichweite

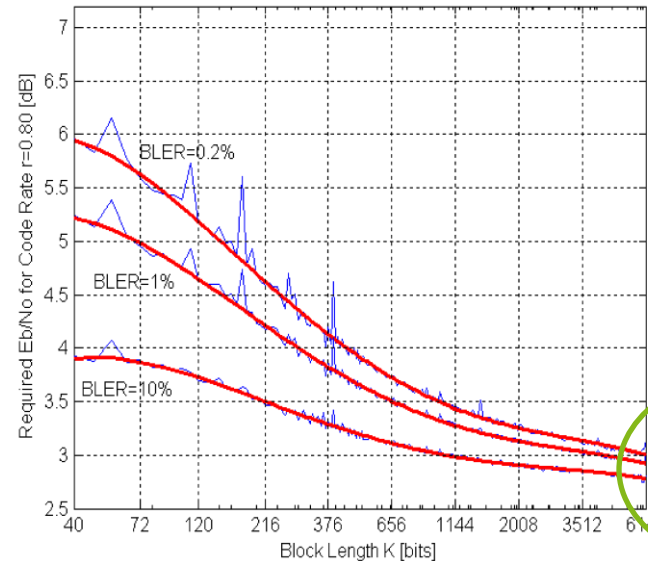
Quelle: Salo, J. et al.: "Practical Introduction to LTE Radio Planning", European Communications Engineering (ECE) Ltd, Espoo, 2010



	<b>Modulation</b>	<b>Bitrate [ Mbit/s ]</b>	<b>Spektrale Effizienz [ Bit/s/Hz ]</b>	<b>PI (Rayleigh) C/N [ dB ]</b>
<b>DVB-T</b>	<b>QPSK, R=1/2</b>	<b>4,9</b>	<b>0,61</b>	<b>8,1</b>
	<b>64 QAM, R=7/8</b>	<b>31,7</b>	<b>3,96</b>	<b>26,3</b>
<b>DVB-T2</b>	<b>QPSK, R=1/2</b>	<b>7,4</b>	<b>0,93</b>	<b>4,5</b>
	<b>256-QAM, R=5/6</b>	<b>50,3</b>	<b>6,29</b>	<b>29,3</b>

- LTE:**

BLER 0,2% @ QPSK,  
AWGN, R=0,8



$$\frac{E_b}{N_0} = 3 \text{ dB}$$

Quelle: Cheng, J.T. (Ericsson) et al.: „Analysis of Circular Buffer Rate Matching for LTE Turbo Code“, 68th. IEEE VTC 2008

- DVB-T2:**

QEF @ QPSK, AWGN, R=0,8, inkl. QEF-Korrektur  
und Pilot Boosting PP7, ohne Channel Estim. Error,  
C/N = 5,1 dB, B=8MHz, Bitrate=11,95 Mbit/s

$$\frac{E_b}{N_0} = 3,3 \text{ dB}$$

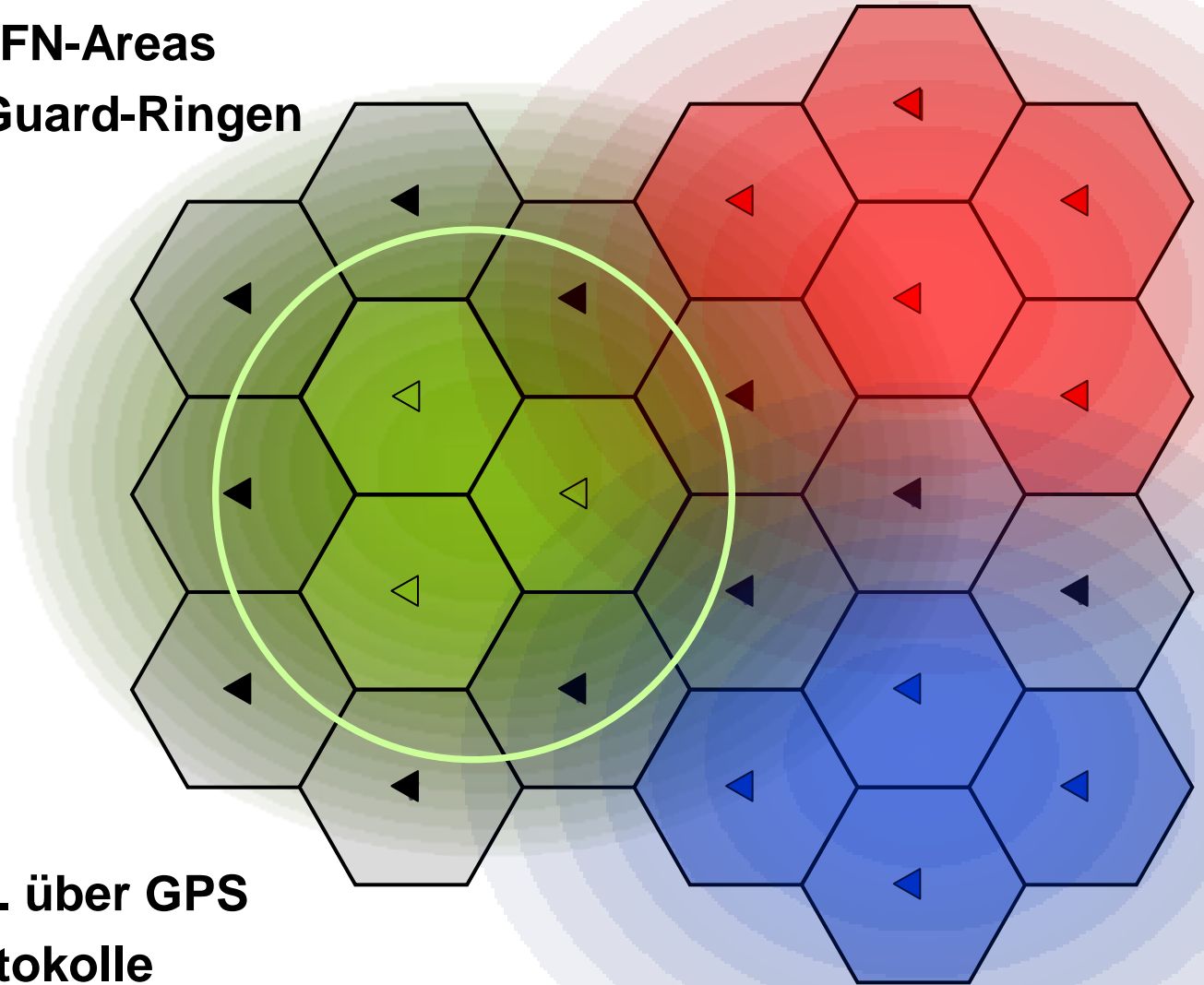
Quelle: EBU – Tech 3348: „Frequency and Network Planning Aspects of DVB-T2“, version 2.0, May 2012

	DVB-T	DVB-T2	LTE
<b>Wahl von Rate und Modulation</b>	<b>Fest eingestellt</b>		<b>Kann nachgeregelt werden</b>
<b>SFN</b>	<b>Ja</b>		<b>Adaptiv</b>
<b>Rückkanal</b>	<b>-</b>		<b>Indirekt: CQI und Nachfordern bei gepushten Inhalten</b>
<b>Fehlerschutz</b>	<b>FEC im PHY Faltungs- und RS- Code</b>	<b>FEC im PHY LDPC und BCH- Code</b>	<b>Fehlerschutz im PHY (TC) und auf Applikations-Ebene</b>
<b>QoS</b>	<b>QEF</b>		<b>Abhängig von Vorgaben des Betreibers</b>

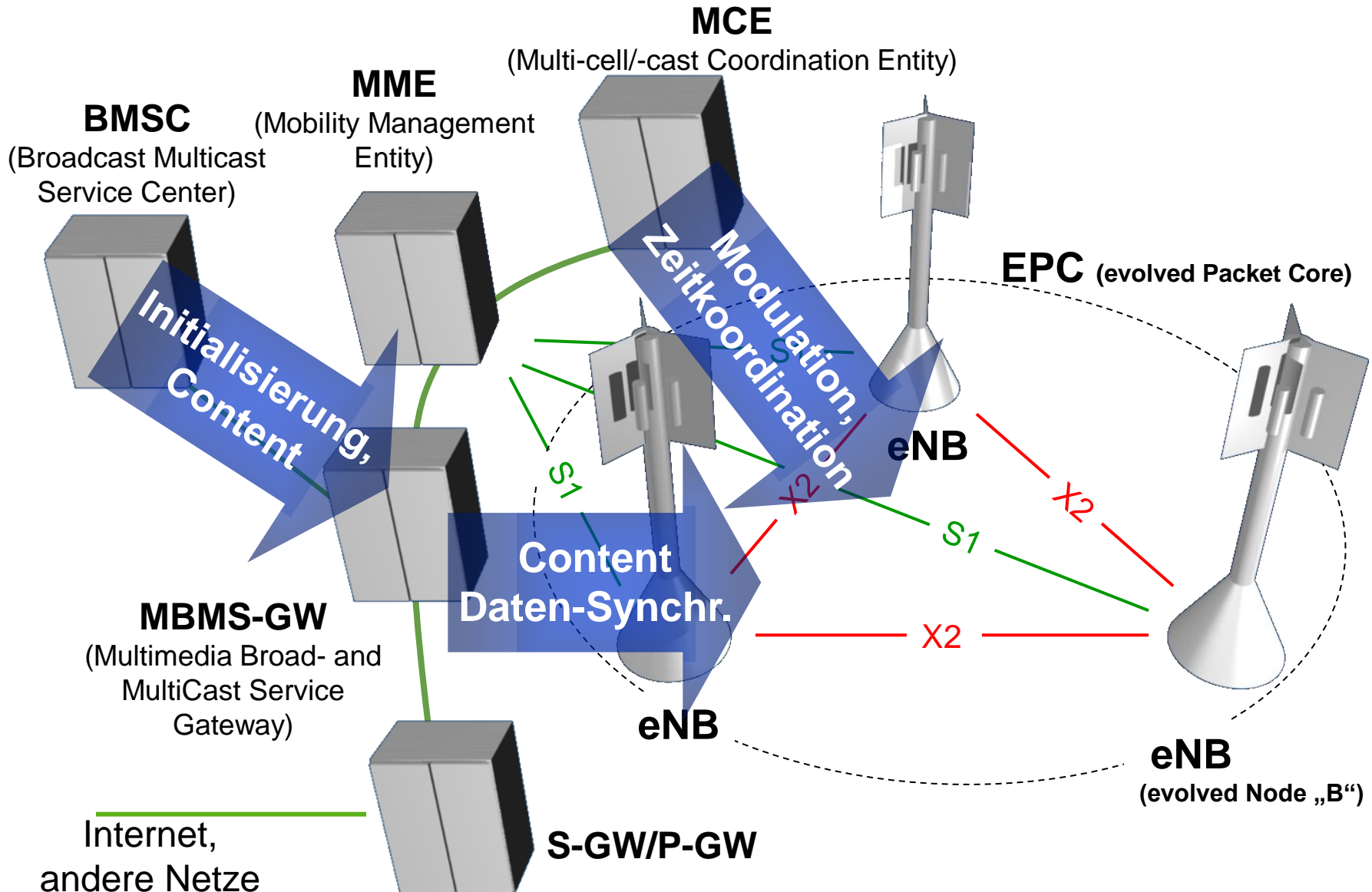
## **LTE und Broadcast: kein MIMO, nur Rx Diversity**

- **Kein HARQ (Unacknowledged Mode vom RLC)**
- **Drei Modi:**
  - **Teile des Frames für Broadcast**  
**eMBMS: Evolved Multimedia Broadcast Multicast Service**
  - **Teile des Frames für Broadcast im SFN-Modus**  
**(max 6 von 10 Subframes für SFN)**
  - **Reines SFN ohne Rückkanal**  
**MBSFN: Multimedia Broadcast Single Frequency Network**
- **Modus 2+3: Frameaufteilung bleibt über längere Zeit erhalten**
- **Bei SFN Koordination mit Nachbarzellen**
- **Evtl. Mobilteilnehmer für CQI Report auswählen**
- **Modulation und Coderate mit Hilfe von CQI nachregeln**

- **Beispiel: 3 MBSFN-Areas**
- **Einführen von Guard-Ringen**



- **Zeitreferenz z.B. über GPS**
- **Zusätzliche Protokolle**





## **File Download (Updates, Werbung, etc.)**

- **FLUTE: File Delivery over Unidirectional Transport (IETF RFC)**
- **Aufteilen der Datei(en) in Blöcke**
- **Descriptor in Headern zum Identifizieren und Zusammenfügen**

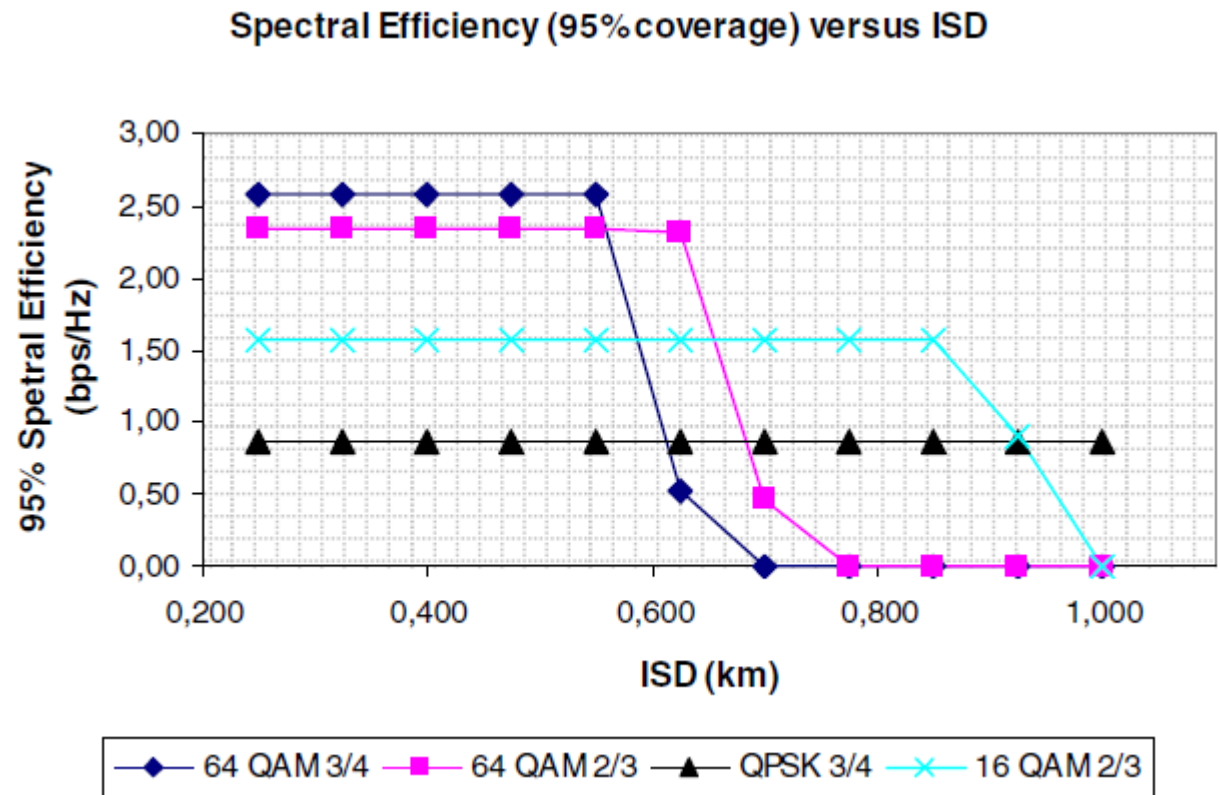
## **Video-Streaming**

- **DASH: Dynamic Adaptive Streaming over HTTP (aus MPEG)**
- **Strom in viele Pseudo-Dateien, nacheinander versandt**

## **Fehlerschutz auf Applikationsebene (AL-FEC)**

- **Raptor-Code für Streaming und File-Download**
- **Delay bei Video und QEF: Im Bereich mehrerer Sekunden**
- **Bei File Download: „Repair-Phase“ im Unicast möglich**

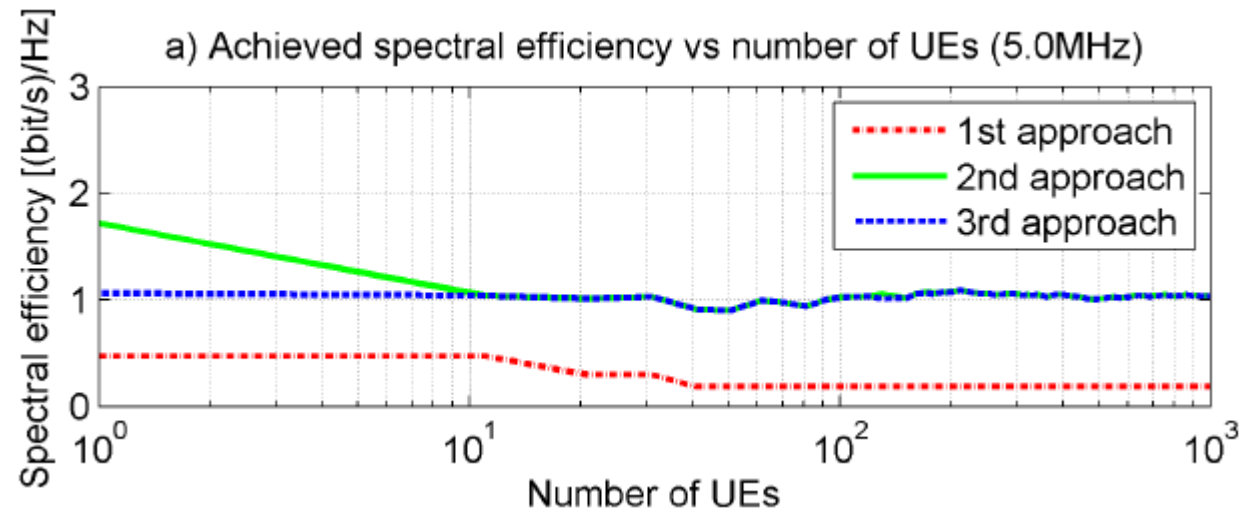
- SFN mit 19 Sites
- GI=16  $\mu$ s
- 5 MHz Kanal
- Indoor, 2 GHz
- Urban



- Noch wenig Einfluss des GI
- Spectral Efficiency für 95% Coverage!

Quelle: Rong, L. (Orange Labs) et al.: „Analytical Analysis of the Coverage of a MBFSN OFDMA Network“, IEEE Globecom 2008.

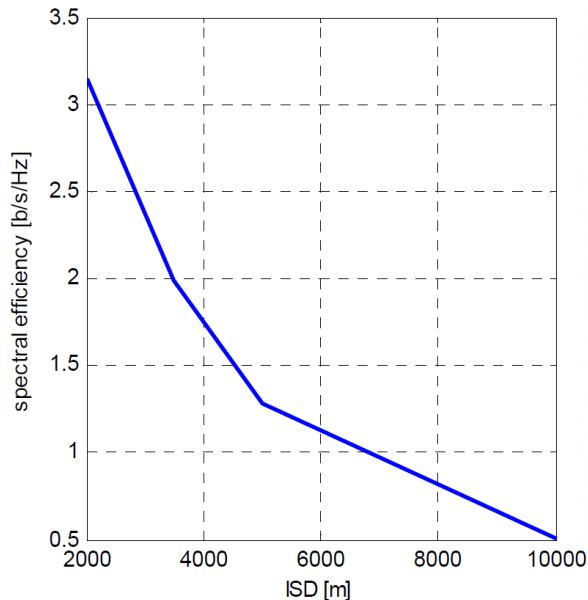
- SFN mit 19 Sites
- GI=16  $\mu$ s
- 5 MHz Kanal
- Indoor, 2 GHz
- Urban
- ISD = 1,7 km



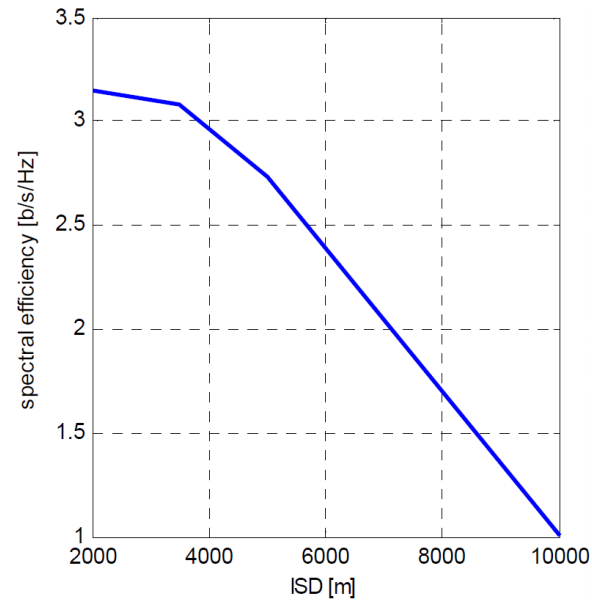
- Hier: Ergebnis verschiedener „MCS-aus-CQI“-Algorithmen
- Spectral Efficiency: 1-2 Bit/s/Hz ...

Quelle: Alexiou, A. et al.: „Spectral efficiency of MBSFN-enabled LTE networks“, 6th. IEEE WiMob, 2010

- SFN mit 19 Sites, 5 MHz Kanal
- Fixed Rooftop, 600 MHz, Tx Power: 13 dBW



„Pessimistic“



„Detailed“

- Es bleibt bei 1,5-2 Bit/s/Hz ...

Quelle: Huschke, J.S. et al.: „Spectrum Requirements for TV Broadcast Services using Cellular Transmitters“, IEEE DySPAN. 2011.

	DVB-T	DVB-T2	LTE
<b>Guard Interval</b> [ $\mu\text{s}$ ]	7 ... 56 (2K) 28 ... 224 (8K)	7 ... 28 (1K) 28 ... 532 (32K)	5,2; 16,7 und 33,3
<b>Umwegdauer</b> [ km ]	2,1 ... 17 8,4 ... 67	2,1 ... 8,4 8,4 ... 160 km	1,5; 5 und 10 km

- **Ähnliche Performance bezüglich spektraler Effizienz**
- **Ähnliche Performance bezüglich SNR**
- **LTE Zellgrößen deutlich stärker begrenzt durch kurzes GI**
  
- **Es bleibt die Frage nach der Zellengröße...**



## Wie sähe ein optimales Broadcastsystem aus?

- **Wenige Sendefrequenzen je Programm benötigt**
- **Wenig Sendeleistung = energiesparend**
- **Wenig Sendeleistung = weniger Interferenzen**

## Wovon hängt das ab?

- **Kaum vom Verfahren: LTE und DVB-T2 im SFN-Broadcast: ähnliche Frequenzökonomie**
- **Anwendung (lokaler Content?)**
- **Zellengröße?**

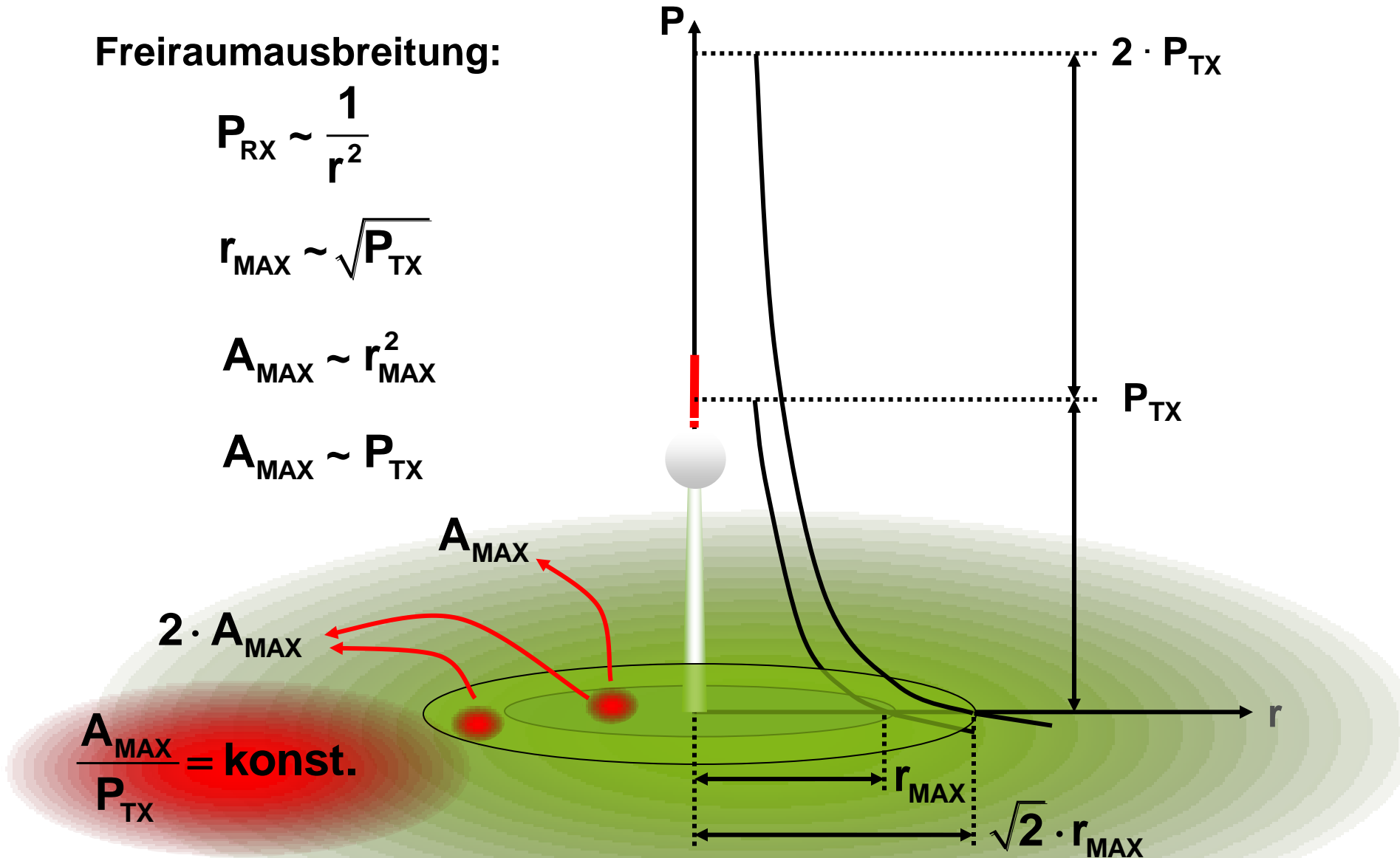
## Freiraumausbreitung:

$$P_{RX} \sim \frac{1}{r^2}$$

$$r_{MAX} \sim \sqrt{P_{TX}}$$

$$A_{MAX} \sim r_{MAX}^2$$

$$A_{MAX} \sim P_{TX}$$



## Wie sähe ein optimales Broadcastsystem aus?

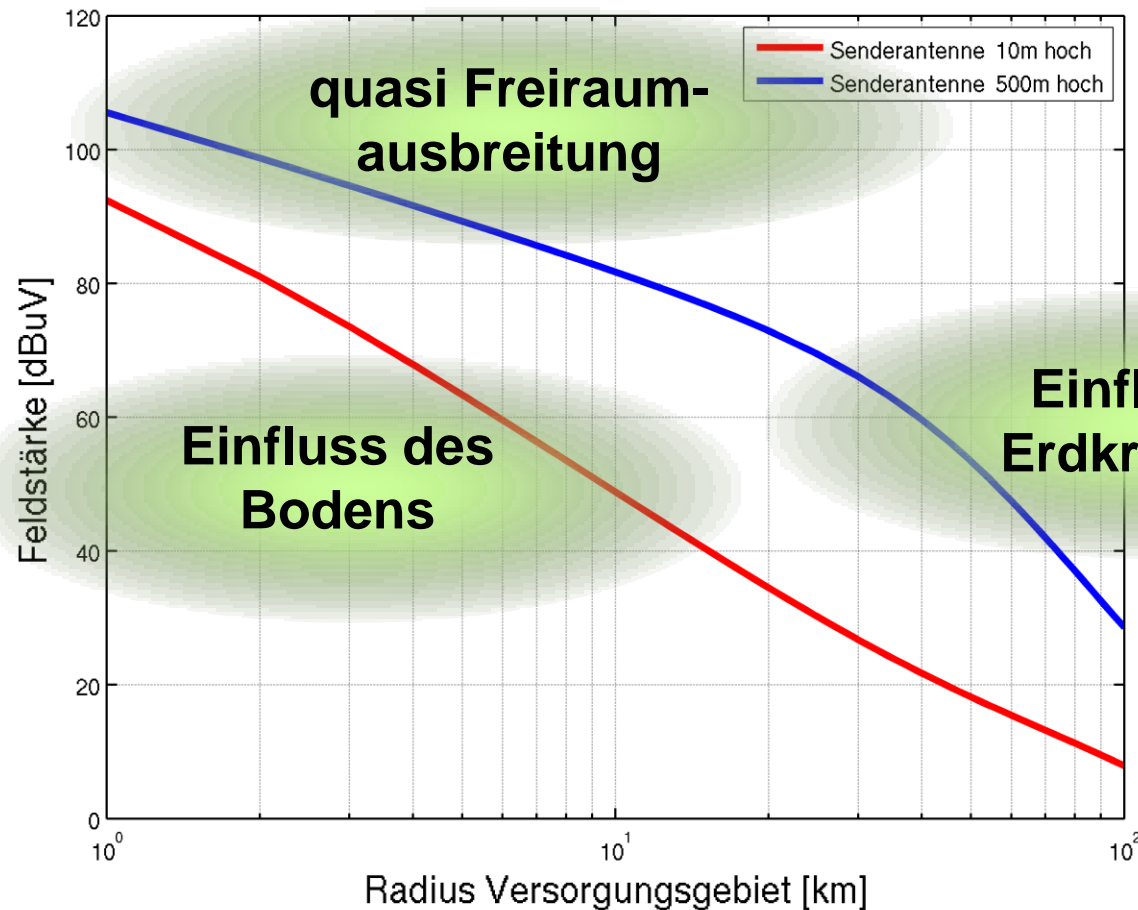
- **Wenige Sender = tendenziell wenige Frequenzen benötigt**
- **Wenig Sendeleistung = energiesparend**
- **Wenig Sendeleistung = weniger Störungen**

## Wovon hängt das ab?

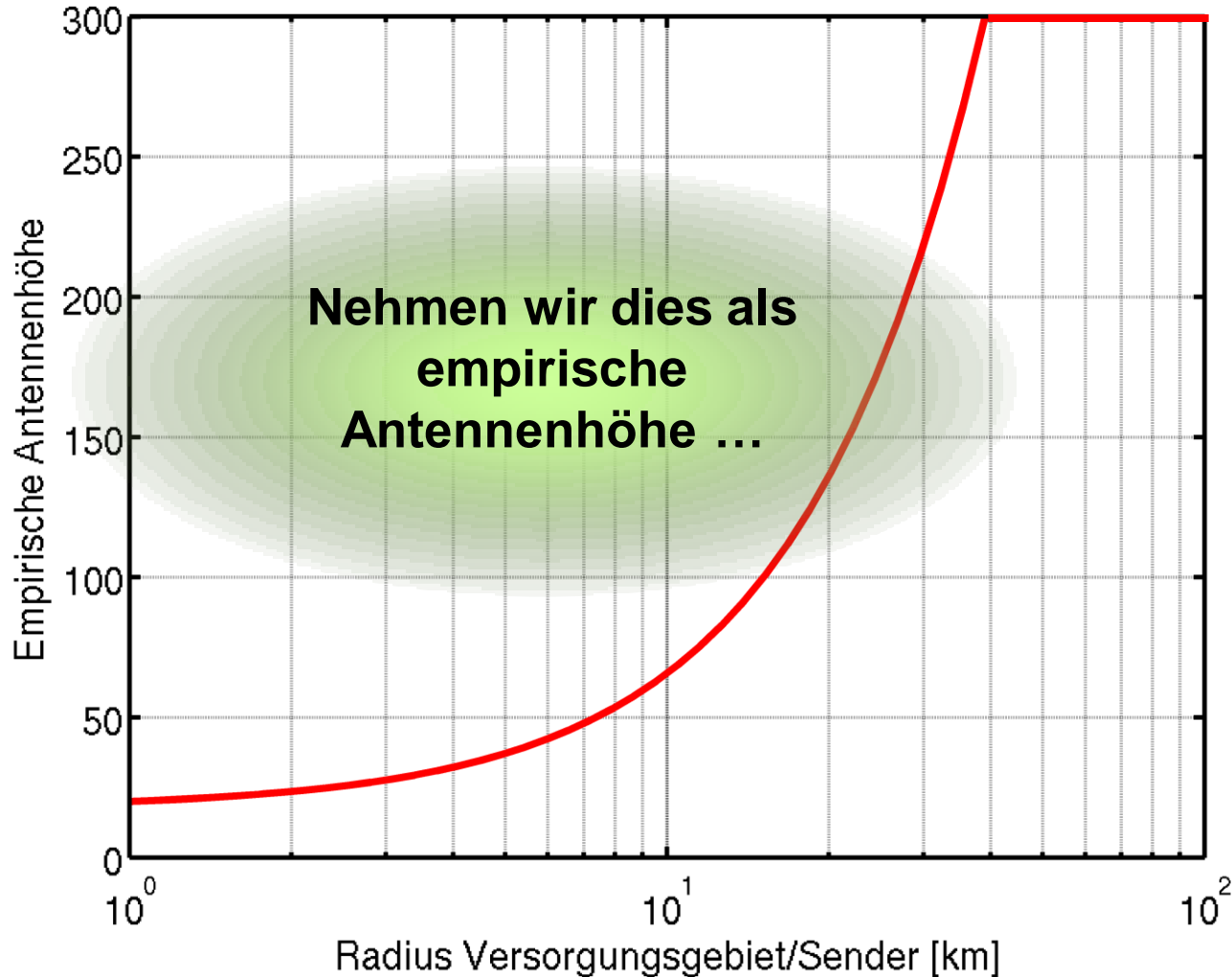
- **Kaum vom Verfahren: LTE und DVB-T2 im SFN-Broadcast: ähnliche Frequenzökonomie**
- **Anwendung (lokaler Content?)**
- **Zellengröße?**

**Antennenhöhe!**

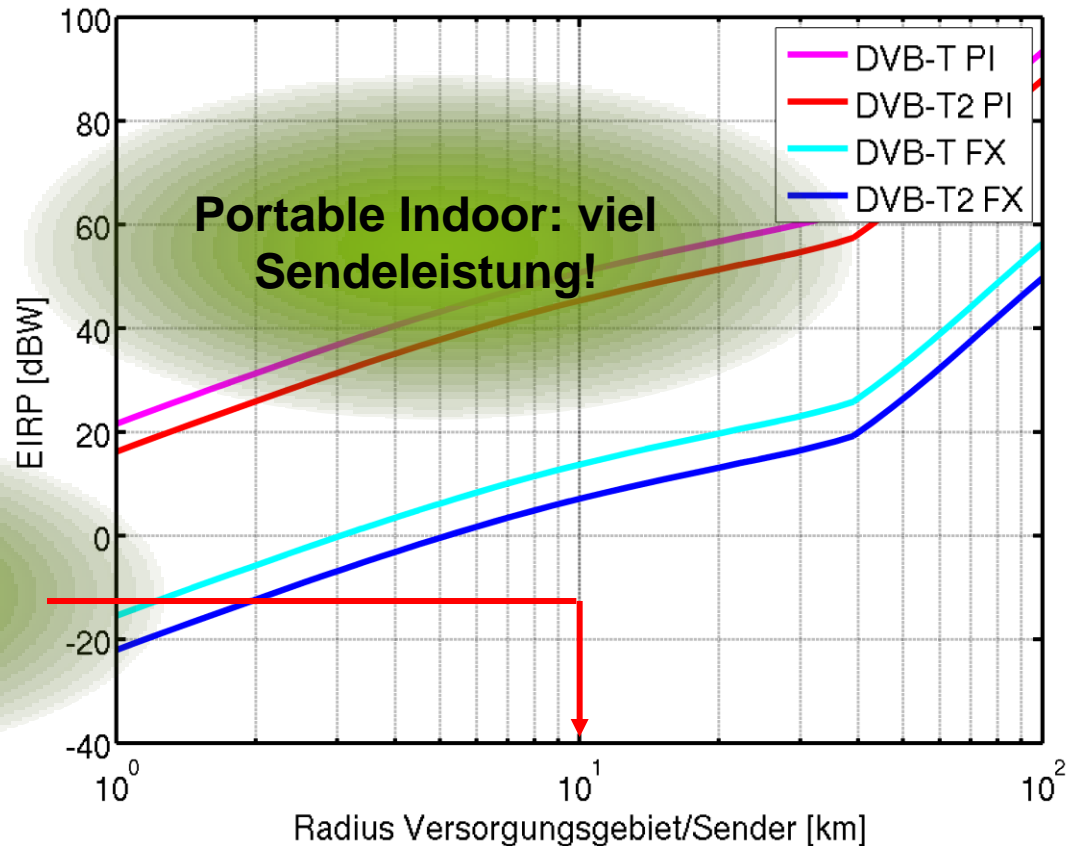
- Weithin akzeptiertes ITU P.1546-4-Modell (hier: ERP=1KW)



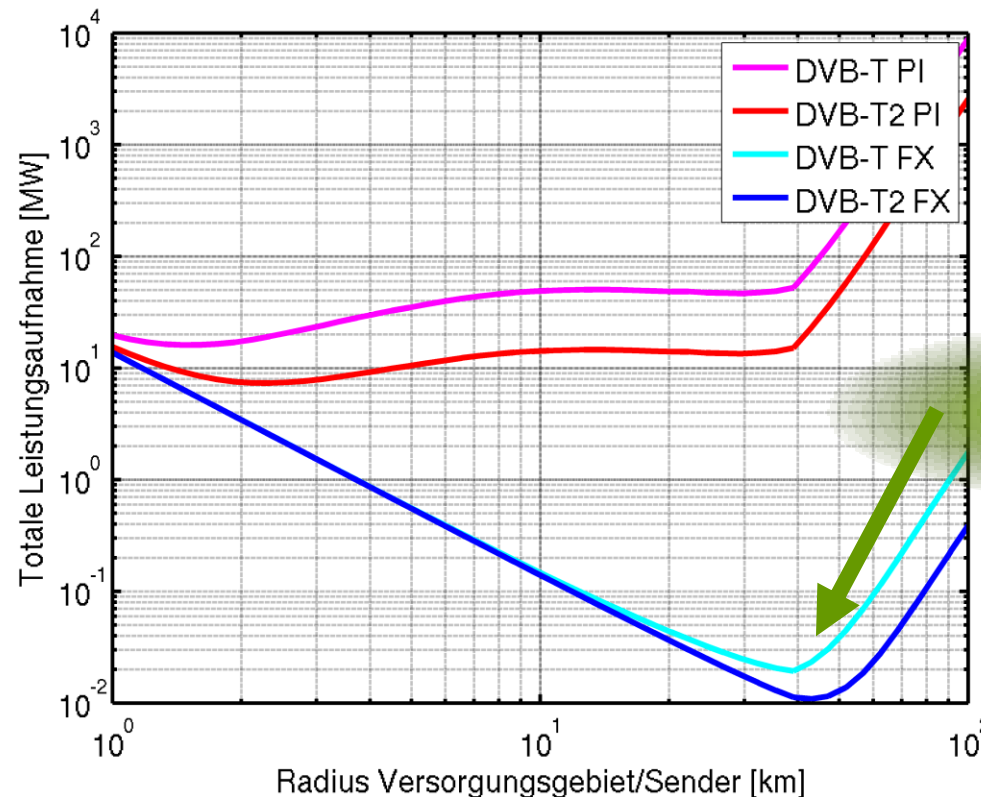
- **Akzeptierte Antennenhöhe hängt von Zellengröße ab!**



- DVB-T und DVB-T2, 8 MHz Kanal @ 500 MHz, 95 % Coverage
- DVB-T: 16QAM,  $r = 2/3$ , 8K, GI=1/4, FX + PI @ 13,27 Mbit/s
- DVB-T2: 16QAM,  $r = 1/2$ , 32K, GI=1/32, FX + PI @ 14,3 Mbit/s



- DVB-T und DVB-T2 @ 8 MHz Kanal, 500 MHz, 95 % Coverage
- DVB-T: 16QAM,  $r = 2/3$ , 8K, GI=1/4, FX + PI @ 13,27 Mbit/s
- DVB-T2: 16QAM,  $r = 1/2$ , 32K, GI=1/32, FX + PI @ 14,3 Mbit/s
- TX-Gain 10 dB, TX-Wirkungsgrad 1/3, 100 W Overhead/Station



- **LTE und DVB-T(2) beim Broadcast:  
    ähnliche Performance**
- **Bei gleicher Zellengröße:  
    ähnliche spektrale Effizienz**
- **Ausbreitungsbedingungen: Zellgrößen im  
    „30 bis 50 km Bereich“ sind energieeffizient**
- **Aber: LTE limitiert auf SFNs mit max. 10 km!**
  
- **Lokaler Content:  
    LTE aufgrund seiner Adaptivität von Vorteil**
- **Landesweite Verbreitung:  
    LTE ist zweite Wahl**



**Soweit die technische Beurteilung...  
... aber die eigentlichen Fragen bleiben:**

- **Wieviele terrestrischen (Fernseh-)Rundfunk  
brauchen wir in Zukunft?**
- **Wer braucht die terrestrische Verbreitung?**
- **Was bedeutet QoE in Zukunft?**
- **Welche Bedeutung hat ein anonymer Informations-  
zugang?**
- ...
- ...



**Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!**