

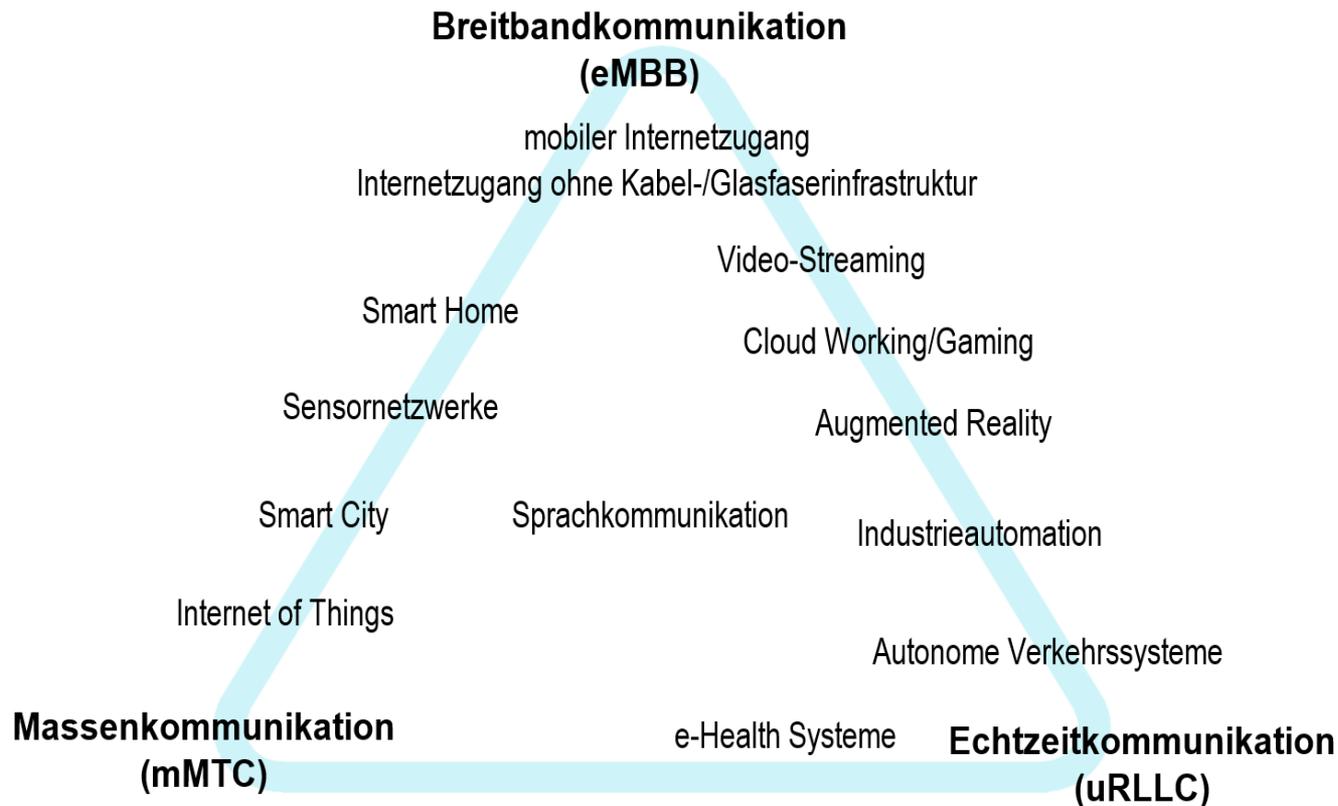
5G Mobilfunk

Technik und Exposition

Gernot Schmid
Fachbereich Elektromagnetische Verträglichkeit
Seibersdorf Laboratories

5G Mobilfunk

Anwendungsszenarien

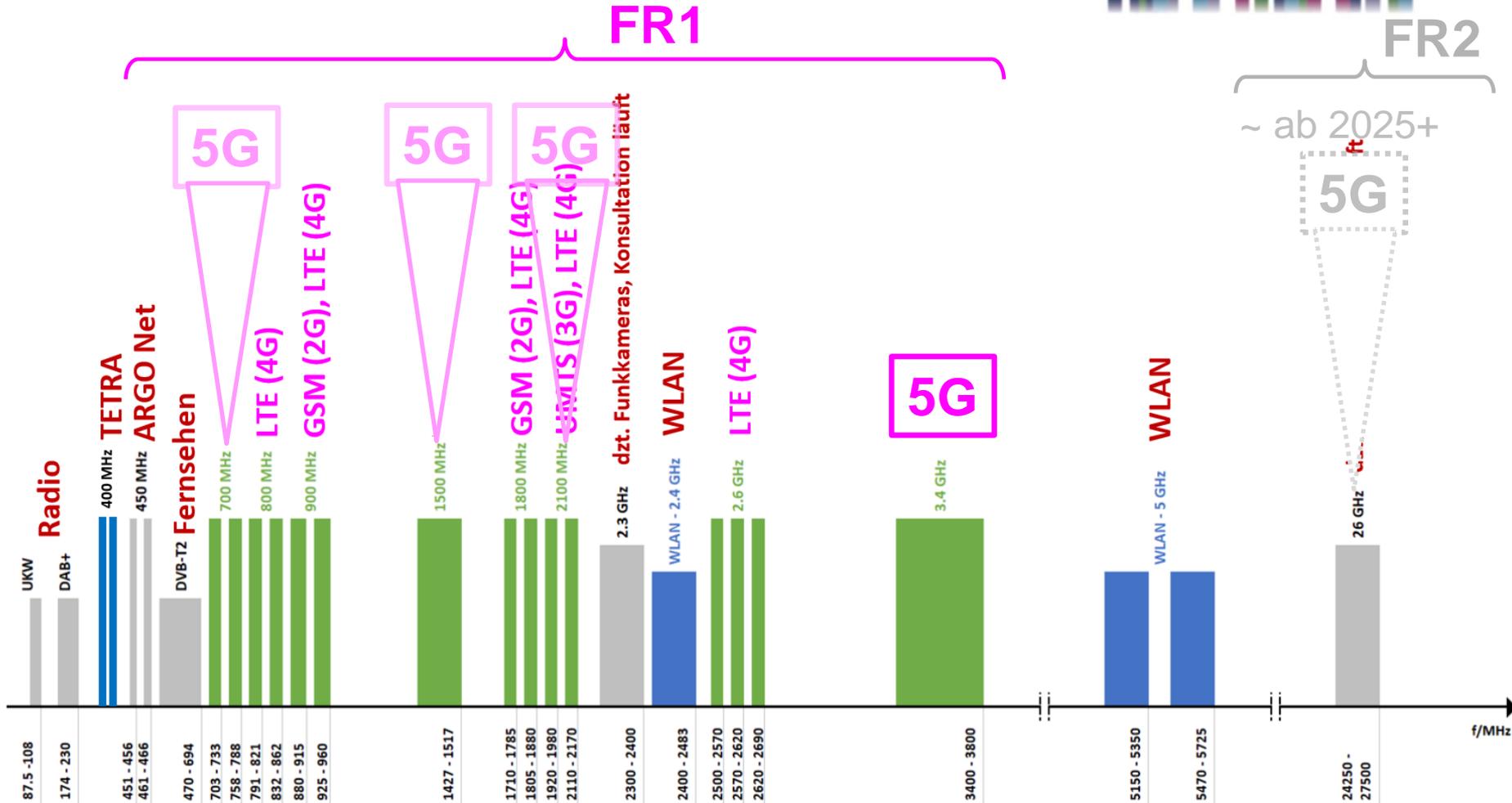


5G Mobilfunk

Technische Unterschiede zu 2G, 3G, 4G

Technologie	Einführung	Max. Übertragungsraten	Frequenzbereich
2G (GSM, DCS)	~1994	~ 10 kBit/s (~50 / ~ 200 kBit/s)	880 – 960 MHz 1710 -1880 MHz
3G (UMTS)	~2004	~ 400 kBit/s (~40 Mbit/s)	1920 – 2170 MHz
4G (LTE)	~2011	~ 100 MBit/s (~1 Gbit/s)	791 – 862 MHz 2500 - 2690 MHz
5G – FR1	2019	~ 1 GBit/s	3400 – 3800 MHz 694 – 790 MHz
5G – FR2	~2025+	~ 10 Gbit/s	24.3 – 27.5 GHz ~ 40 GHz

5G Frequenzen



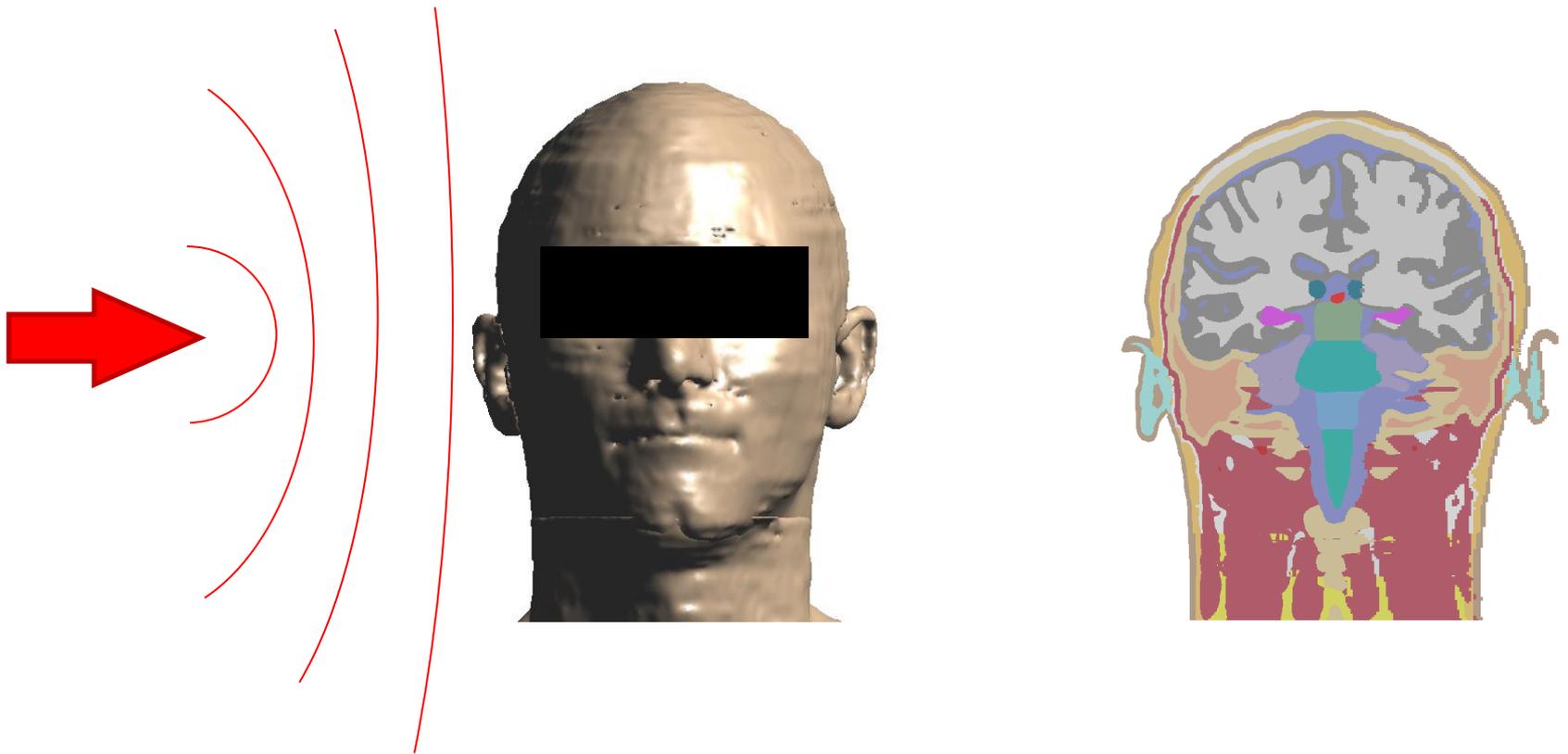
5G Frequenzen

Frequenz [MHz]	(Mobil)funktechnologie	Status
380 – 400	TETRA (BOS-) Bündelfunk	läuft
694 – 790	5G absehbar	ab ~ 2020+
791 – 821	LTE (4G)	läuft
880 – 960	GSM (2G), LTE (4G)	läuft
1.427 – 1.518	LTE (4G) / 5G absehbar	ab ~ 2020+
1.710 – 1.980	GSM (2G), LTE (4G)	läuft
1.929 – 2.200	UMTS (3G), LTE (4G), 5G	3G, 4G läuft, 5G (ab ~ 2020+)
2.400 – 2.500	WLAN	läuft
2.500 – 2.690	LTE (4G)	läuft
3.400 – 3.800	5G	läuft (seit 2019)
5.150 – 5.725	WLAN	läuft
24.250 – 27.500	5G geplant	ab ~ 2025+

- Gegenwärtig/kurzfristig ähnliche Frequenzen wie etablierte Funkdienste
- Höhere Frequenzen (~26 GHz) erst in 5-10 Jahren erwartet, später evtl. auch ~40 GHz, ~60 GHz

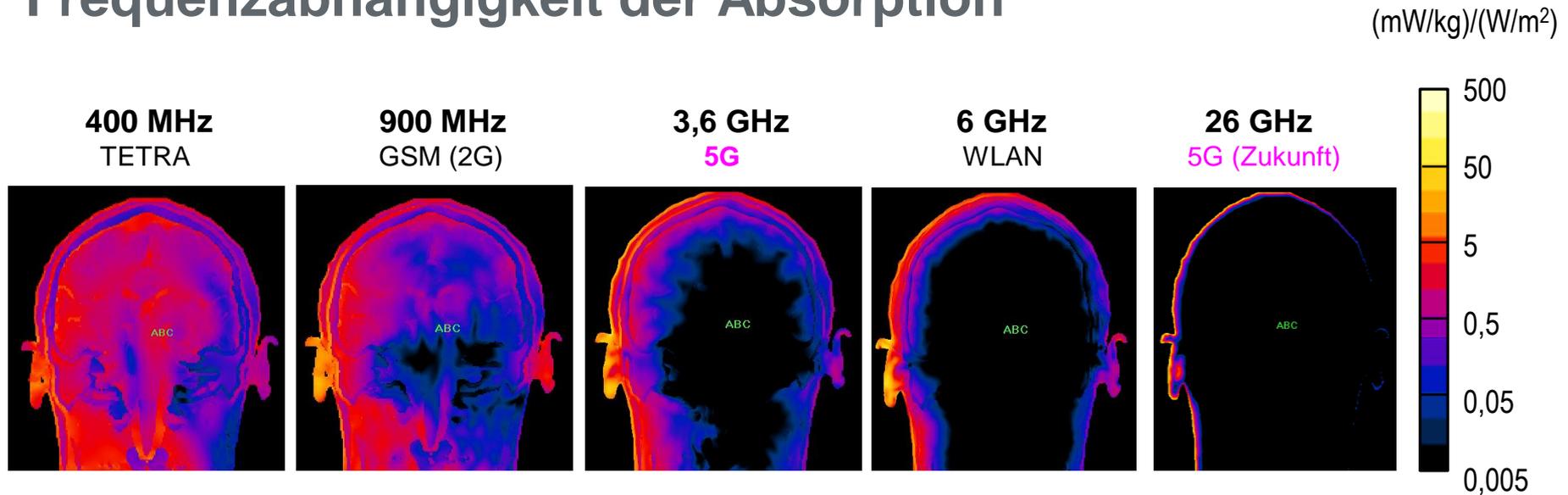
5G Frequenzen

Frequenzabhängigkeit der Absorption



5G Frequenzen

Frequenzabhängigkeit der Absorption



- Hohe Frequenzen dringen weniger in den Körper ein
- 26 GHz ist praktisch nur mehr für Haut und Cornea (Auge) relevant

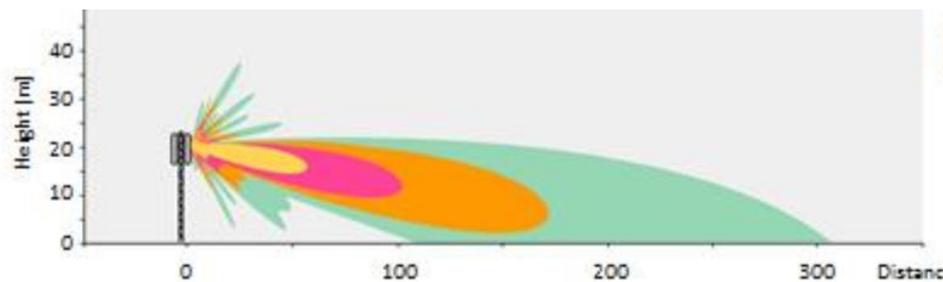
5G Antennen

Erhöhung der spektralen Effizienz durch *Beamforming* und *MIMO*

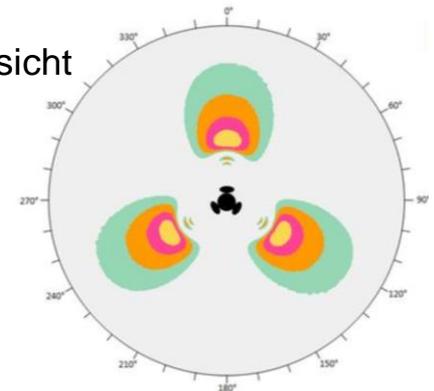
2G/3G/4G: Antennen haben **einfache** und „**statische**“ Richtcharakteristik



Seitenansicht



Draufsicht

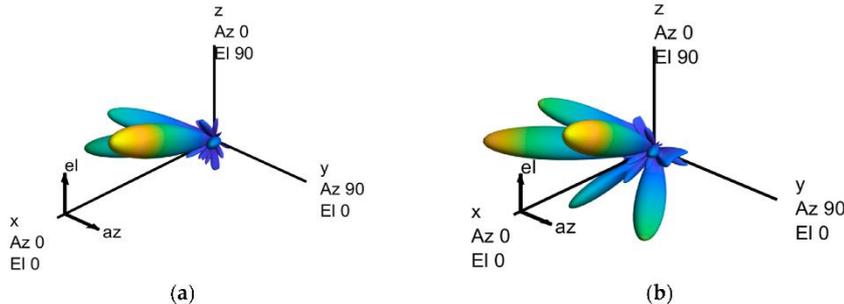


- Richtcharakteristik der Antenne bleibt nach Installation unverändert
- Sendeleistung wird auch dorthin gestrahlt wo kein Teilnehmer ist ⇒ Verschwendung

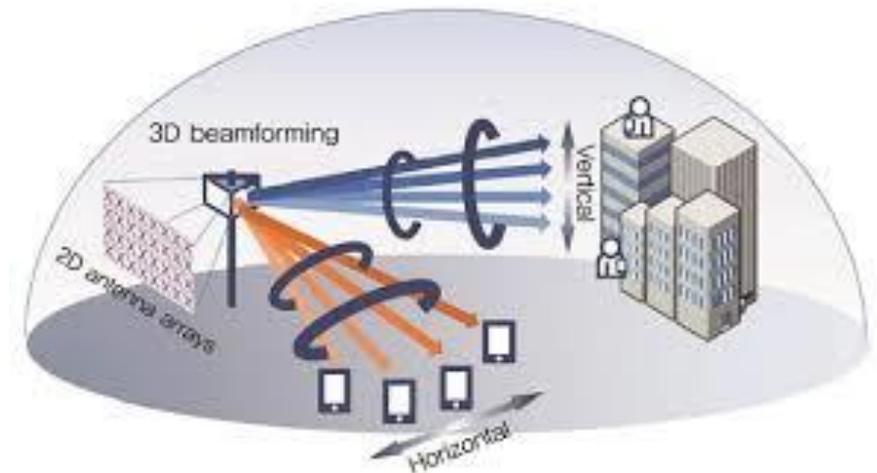
5G Antennen

Erhöhung der spektralen Effizienz durch *Beamforming* und *MIMO*

5G: Antennen mit **dynamisch veränderlicher komplexer** Richtcharakteristik

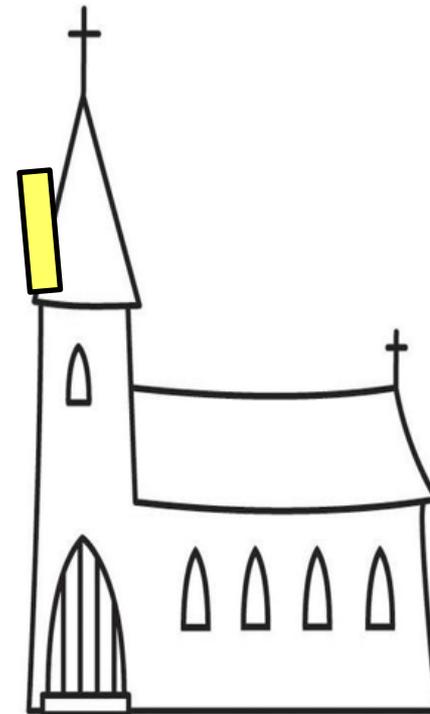
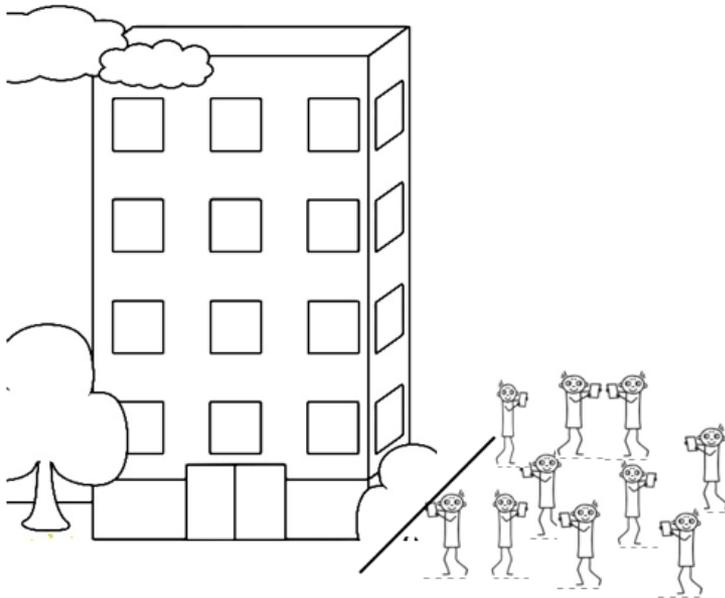


<https://www.mdpi.com/2079-9292/8/2/133>



https://imgsearch.org/images/p/3d_beamforming_5g#images-10

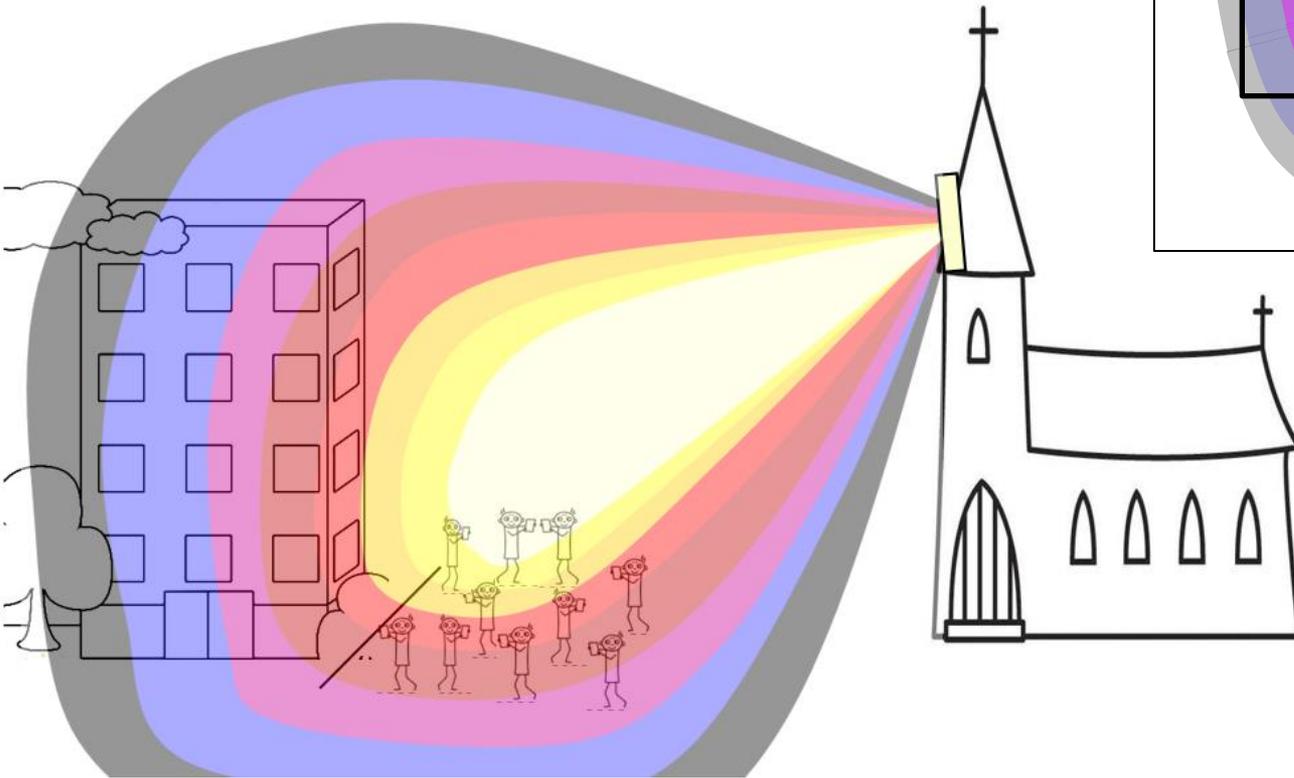
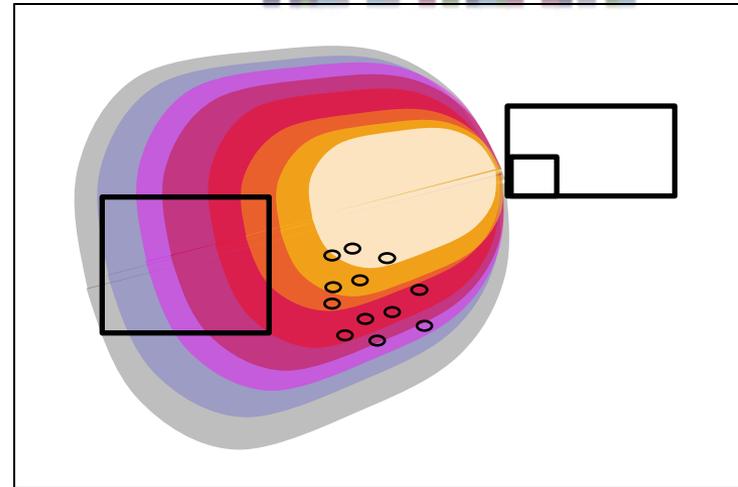
5G Antennen



2G/3G/4G Antennen

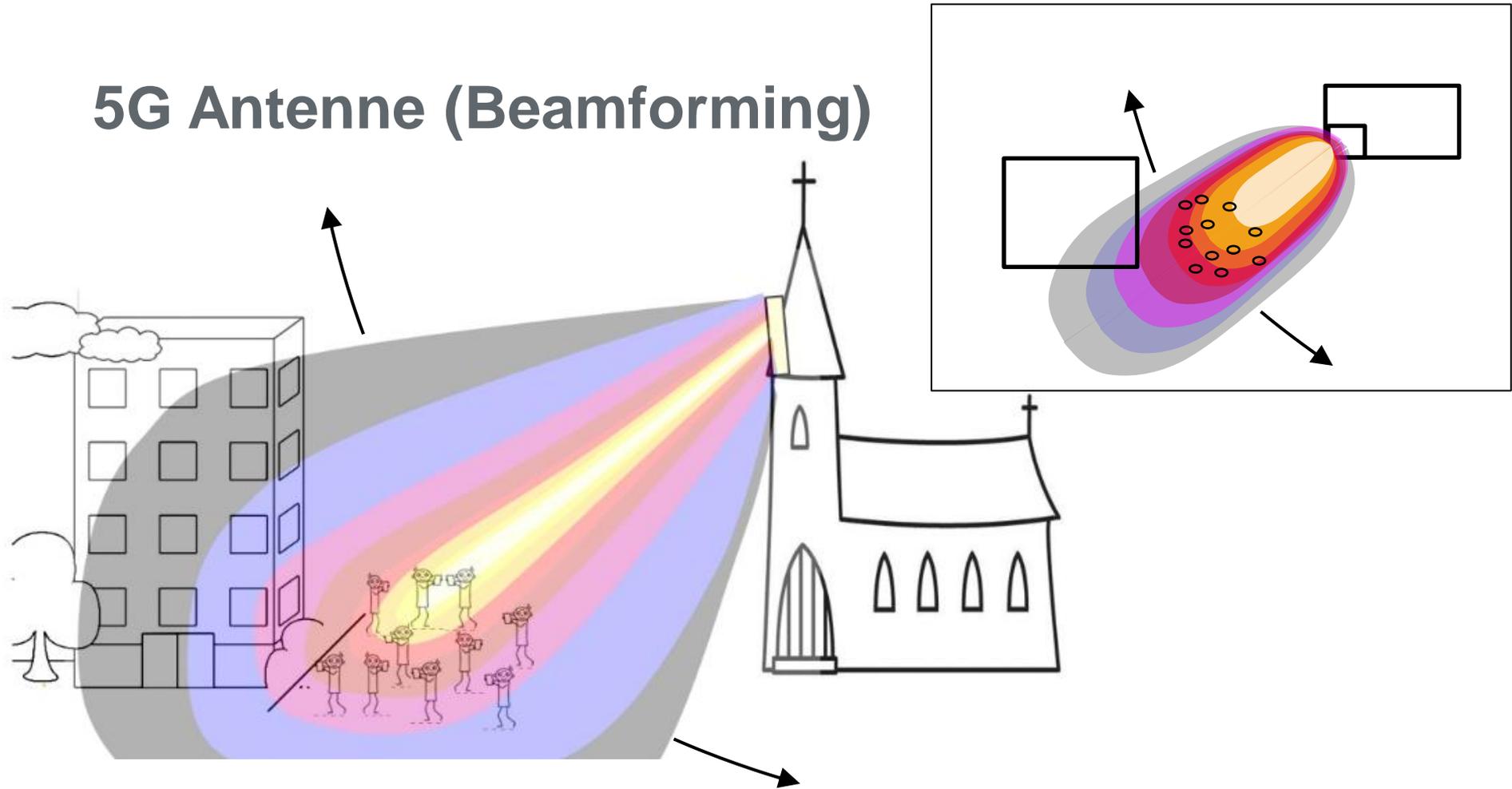
statischer Beam

SEIBERSDORF
LABORATORIES



5G Antennen

5G Antenne (Beamforming)



5G Antennen

Erhöhung der spektralen Effizienz durch *Beamforming* und *MIMO*

5G: Antennen mit **dynamisch veränderlicher komplexer** Richtcharakteristik

- Mehrere/viele Sendekeulen gleichzeitig und dynamisch veränderlich (Nachführung bei sich bewegenden Teilnehmern möglich)
- HF-Leistung wird dort konzentriert, wo sie benötigt wird (wo Teilnehmer sind)
- Sendekeulen von 5G Antennen etwas „schärfer“ als bei alten Technologien

ABER: „... werden 5G-Basisstationen und 5G-Geräte eine Vielzahl von Antennen haben, die als phasengesteuerte Gruppenantenne (*phased array*) angeordnet sind, und die gebündelte, lenkbare, **laserähnliche Strahlen** aussenden.“ (Zitat: Internationale Appell Stopp von 5G

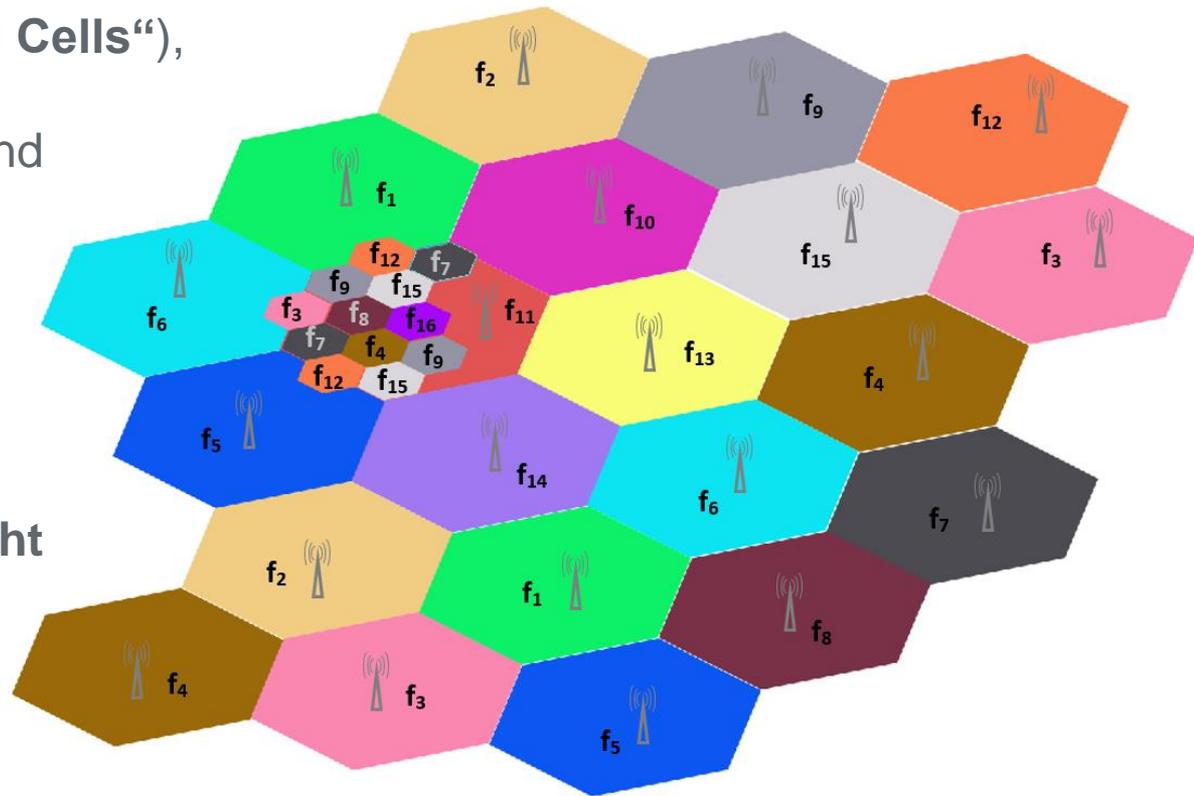
⇒ **völliger Unsinn**

- „Strahl“breite in 10 m Abstand typ. > 1 m

5G Funkzellen

Netzverdichtung im Zuge des 5G Ausbaus

- Viele kleine Zellen („**Small Cells**“), wo hohe Userdichte/hohe Datenraten zu erwarten sind
- **Je kleiner die Zelle, desto weniger Sendeleistung!**
- **Immissionen steigen nicht proportional mit der Anzahl der Funkzellen!**

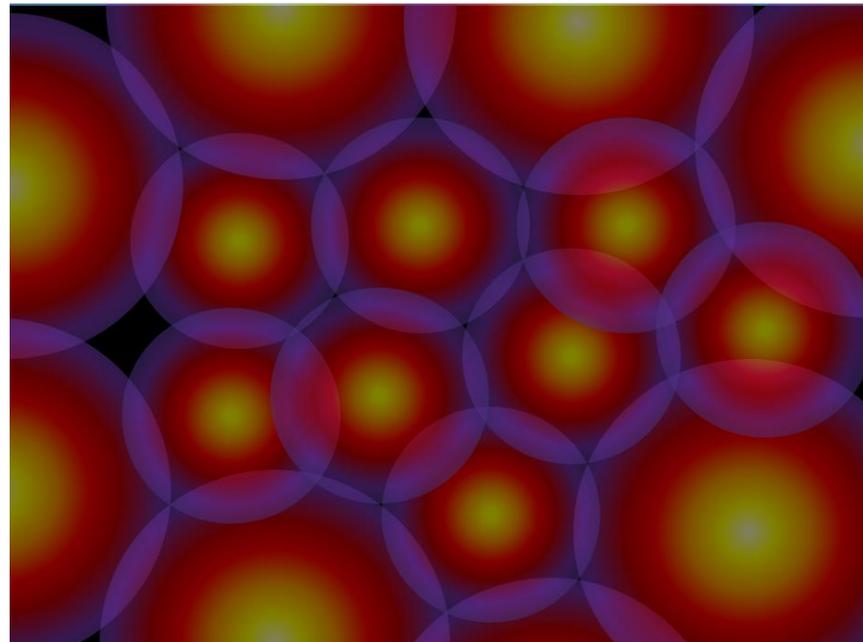


5G Funkzellen

Effekt der Netzverdichtung (vorher)

(Prinzipschema, stark vereinfacht)

- viele Bereiche mit relativ hohen Feldstärken
- viele Bereiche mit relativ geringen Feldstärken



hohe Feldstärke
(Immissionen)



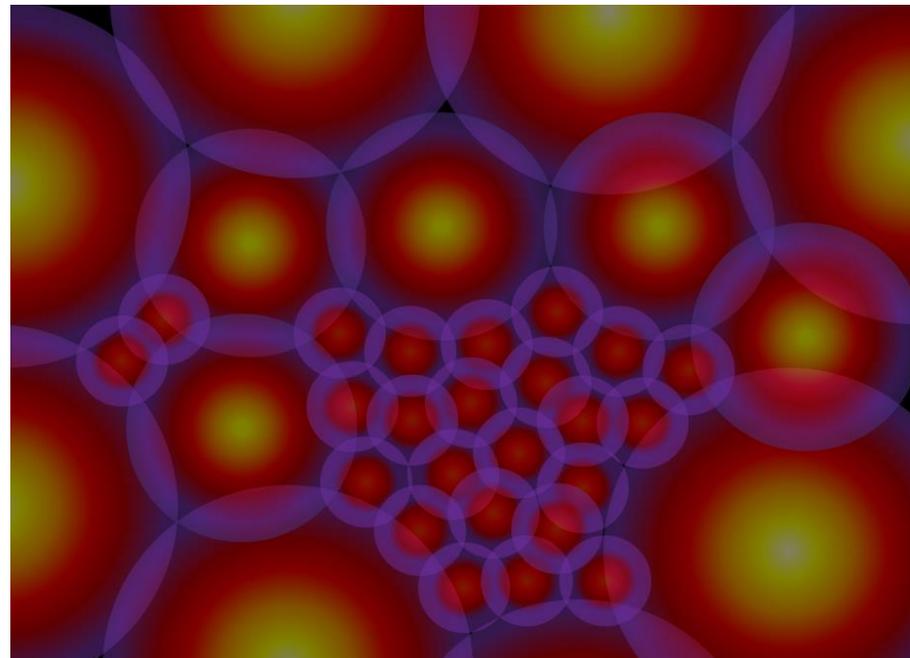
geringe Feldstärke
(Immissionen)

5G Funkzellen

Effekt der Netzverdichtung (nachher)

(Prinzipschema, stark vereinfacht)

- Bereiche mit hohen Feldstärken, als auch Bereich mit geringen Feldstärken werden weniger / kleiner
- „Homogenisierung“ der Feldverteilung
- Moderate Erhöhung der Raummittelwertes der Immissionen erwartbar.
- Relevanter Anteil der Immissionen durch Mobilgeräte

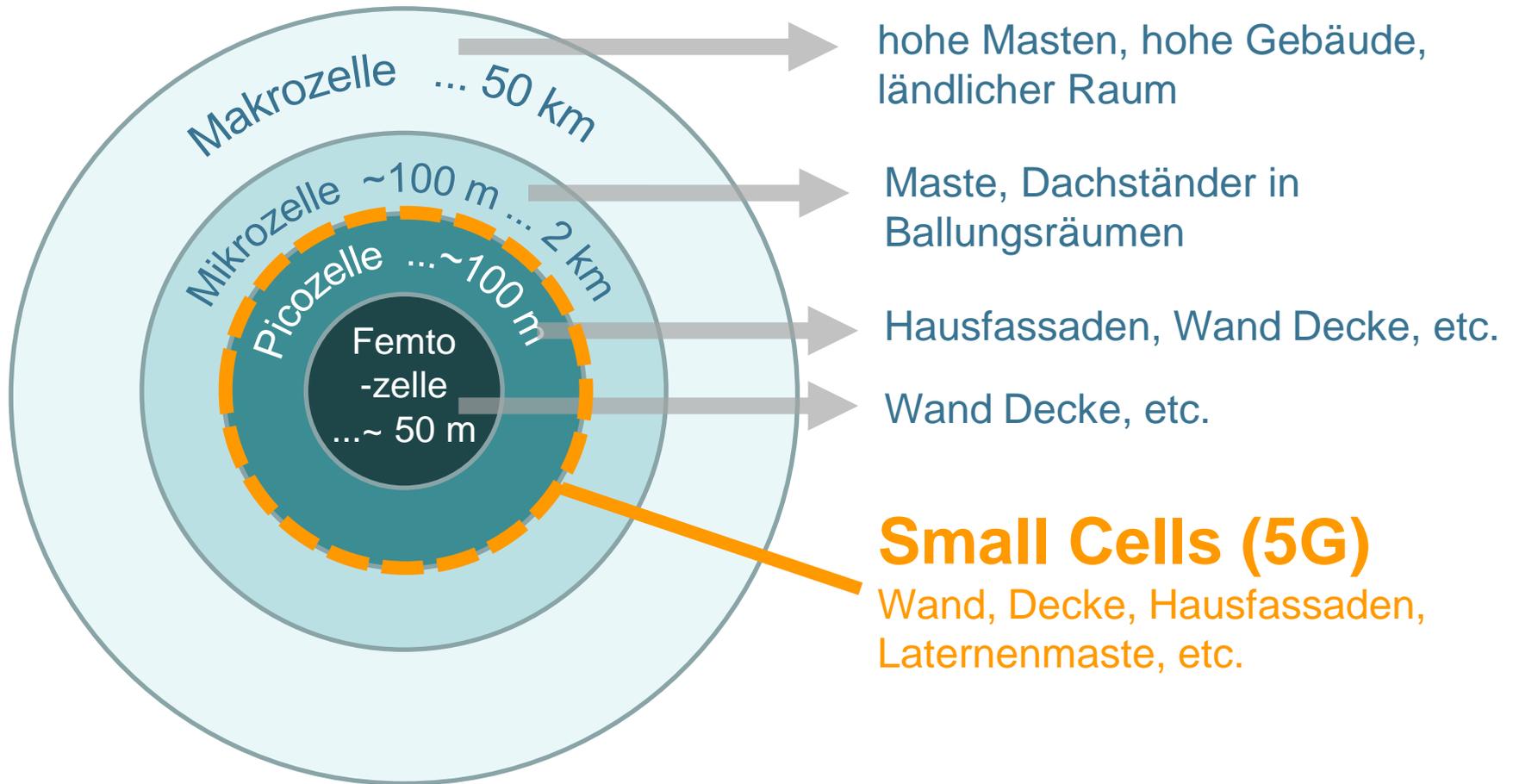


hohe Feldstärke
(Immissionen)



geringe Feldstärke
(Immissionen)

5G Funkzellen (auch 2G,3G,4G)



5G Sendeleistung

Basisstation Sendeleistung

- ähnlich wie etablierte Technologien
- **Falschinformationen im Internet** basierend auf Vermischung von Antenneneingangsleistung (P) und Effective Isotropic Radiated Power (EIRP)

Z.B. **2G/3G/4G Makrozelle** mit **18 dBi** Antenne: **$P = 100\text{ W} \leftrightarrow \text{EIRP} = 6.3\text{ kW}$**

5G Makrozelle mit **24 dBi** Antenne: **$P = 100\text{ W} \leftrightarrow \text{EIRP} = 25\text{ kW}$**

- 5G Antenne mit mehreren Beams muss verfügbare Leistung auf die Beams aufteilen (keine Vervielfachung)

Exposition durch 5G

Erhöhung der Mobilfunk-Immissionen durch 5G?

- Es kommt ganz darauf an wo!
- In Bereichen großer Userdichte sind höhere Immissionen zu erwarten
- In Bereichen ohne User sind geringere Immissionen möglich
- Im Mittel (mittel-/langfristig): moderate Erhöhung zu erwarten

~~„ ... effektive Strahlungsleistung einer 5G-Basisstation bis zu 30.000 Watt pro 100 MHz Bandbreite, also 300.000 Watt pro 1 GHz Bandbreite betragen dürfen, was einer zehn- bis hundertfachen Erhöhung im Vergleich zu aktuell zulässigen Werten von Basisstationen entspricht.“~~

~~(Zitat: Internationale Appell Stopp von 5G)~~

⇒ **Unsinn, Vergleich von „Äpfel“ und „Birnen“**

5G Fazit

- **Zur Zeit 5G im Frequenzbereich < 3,8 GHz**, Immissionscharakteristika sehr ähnlich zu 4G
- **Forschungsbedarf im Frequenzbereich 26+ GHz**
- Konzentration der Energie dort, wo sie benötigt wird -> höhere Immissionen in Bereichen mit hoher Userdichte, geringere Immissionen in Bereichen wo keine User sind
- Im Mittel ist langfristig mit moderater Erhöhung der Gesamtimmissionen (2G/3G/4G/5G) auszugehen
- **Viele Falschinformationen und Halbwahrheiten im Internet, als Quelle für Verunsicherung und Angst** „*Das Internet ist ein großer Misthaufen in dem man auch Perlen finden kann...*“ (Joseph Weizenbaum, einer der „Erfinder“ des Internets)
- **Empfehlung 1:** seriöse Informationsquellen: www.bfs.de, <https://www.bafu.admin.ch>
- **Empfehlung 2: sachliche Diskussion statt Emotionalisierung**

Vielen Dank!

Kontakt:

DI. Gernot Schmid

Fachbereich Elektromagnetische Verträglichkeit

Seibersdorf Laboratories

gernot.schmid@seibersdorf-laboratories.at
