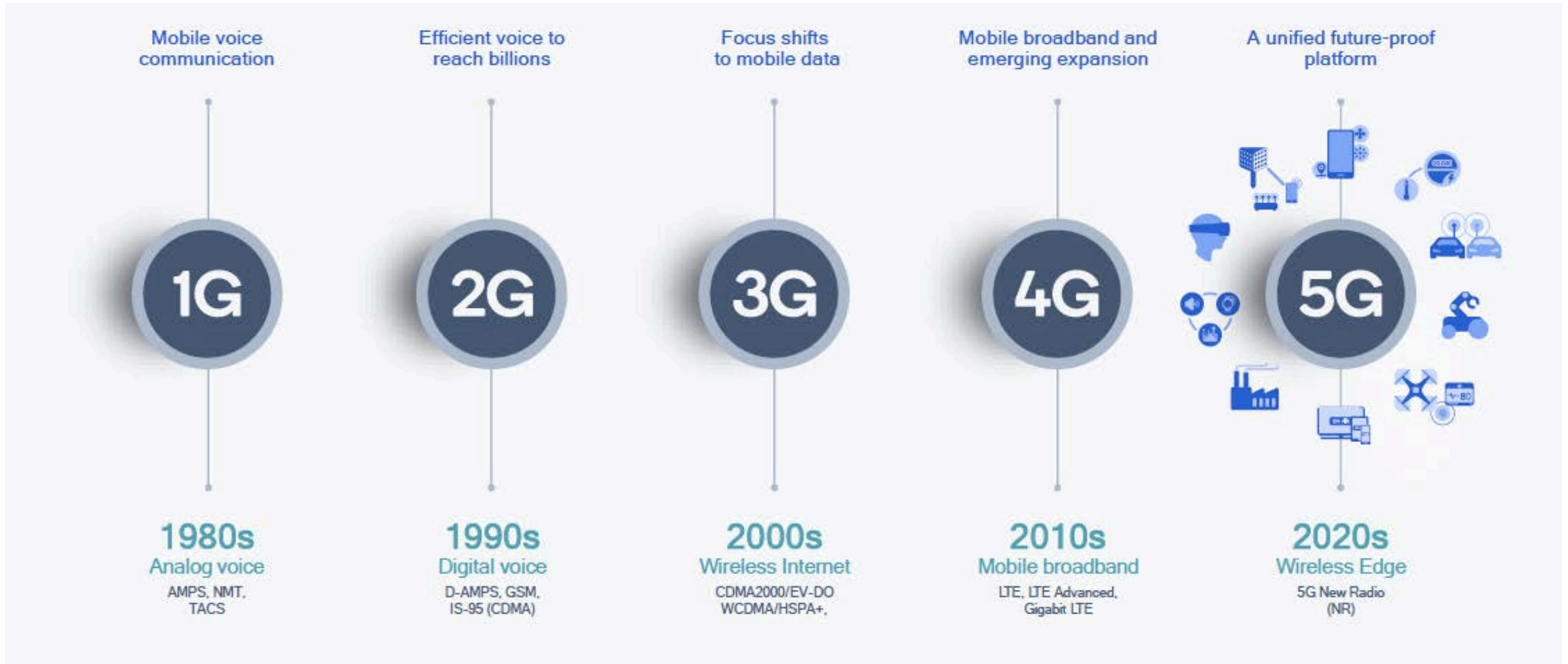


# 5. Generation Mobilfunk: Chancen und Risiken

7.10.2020 Eisenach

# Jedes Jahrzehnt eine neue Mobilfunkgeneration



# Erstaunliche Evolution von Mobiltelefonen



Befähigt durch

Moore's Law

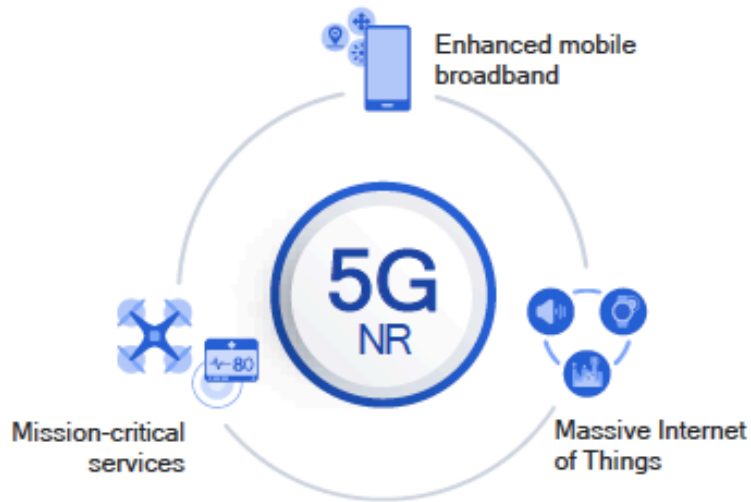
Interne Antenne

# Digitale Mobilfunk-Generationen

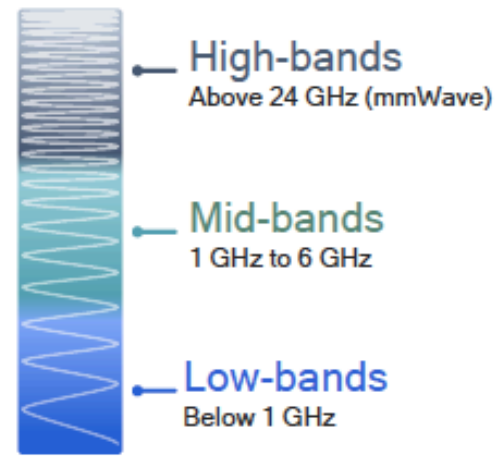
Quelle: Qualcomm,  
Swisscom  
Grafik: „Die Presse“ · GK

	<b>1990er</b>	<b>2000er</b>	<b>2010er</b>	<b>2020er</b>
	2G	3G	4G	5G
Standard:	GSM (GPRS/EDGE)	UMTS (HSDPA/HSPA+)	LTE/LTE-Advanced	„5G“
Max. Bandbreite:	0,2 MBit/s	40 MBit/s	1000 MBit/s	10.000 MBit/s
Latenzzeit:	600 ms	120 ms	45 ms	~1 ms
Funktionen:	Telefonie, SMS, E-Mail, Internet-Texte	Telefonie, SMS, E-Mail, Internet, Fotos, Videos, Apps	Telefonie, SMS, E-Mail, Internet, Fotos, Videos, Apps, große Datenmengen	... Internet of Things, Künstliche Intelligenz, riesige Datenmengen

# 5G – Eine umfassende neue Funkverbindung



Diverse Dienste



Licensed/shared/unlicensed

Diverses Spektrum



Diverse Anwendungen

**10x**  
Decrease in  
end-to-end latency

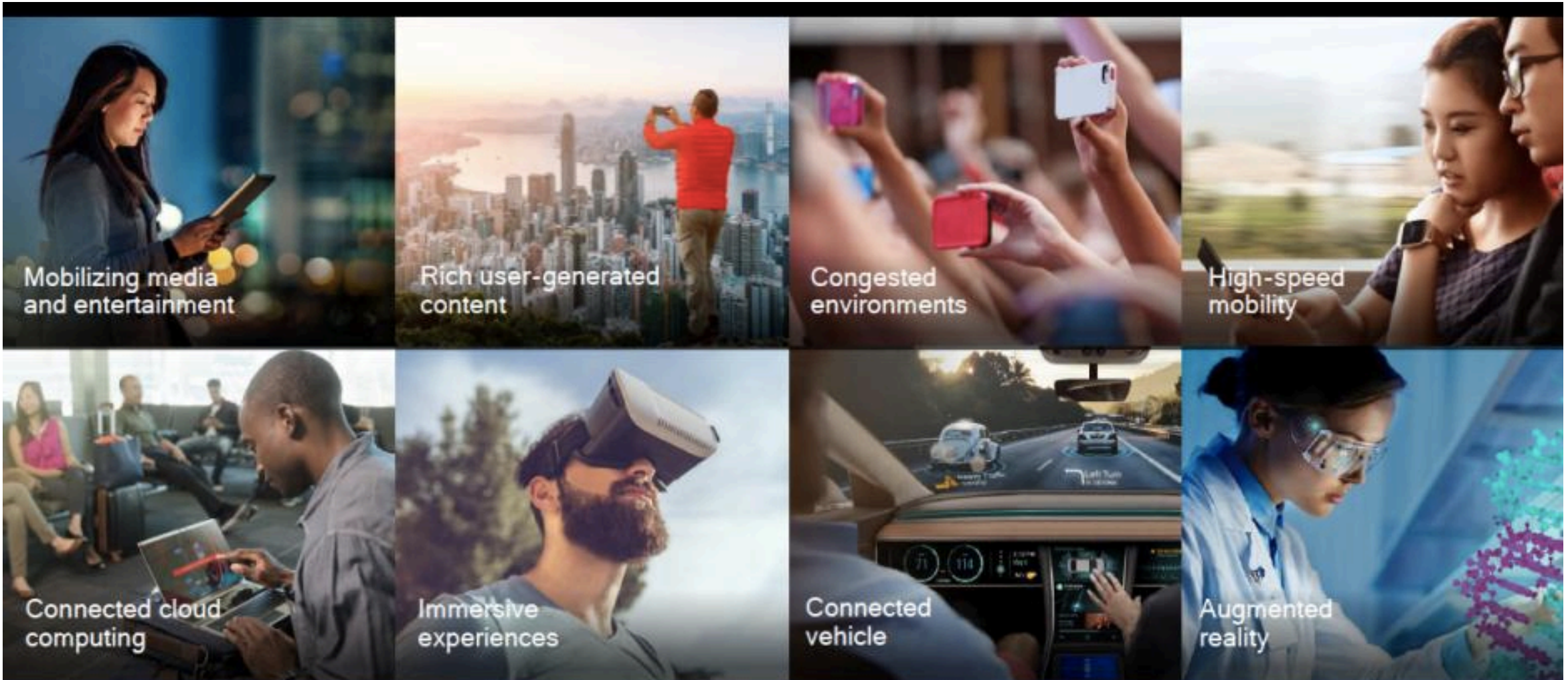
**10x**  
Experienced  
throughput

**3x**  
Spectrum  
efficiency

**100x**  
Traffic  
capacity

**100x**  
Network  
efficiency

**10x**  
Connection  
density



## Eine neue Generation von Mobilgeräten kommt

- Fiber-like data speeds
- Low latency for real-time interactivity
- More consistent performance
- Massive capacity for unlimited data



Fabrik der Zukunft - Private Netzwerke  
 Industrie 4.0, Logistik, Energie, Medizin und Landwirtschaft

\* The 5G Economy, an independent study from IHS Markit, Penn Schoen Berland and Berkeley Research Group, commissioned by Qualcomm

# 5G: Technologische Neuerungen

- Höhere Frequenzbänder - kleinere Wellenlängen
- Höhere und mehr Bandbreiten
- Smart, Phased Array Antennen - Massive MIMO
  - Fokussierter Strahl zur Antenne wenn unter Benutzung
  - Weniger abgestrahlte Energie im Dauerzustand
- Private Netzwerke - Messen, Firmen, Campus, Städte
- Gleitender Übergang von Nahfeld und Fernfeld – 3.5Ghz zu 700MHz
- Mittelfristig deutlich mehr Funkmasten und Verteilantennen nötig, z.T. **integriert mit Beleuchtung und anderen Funktionen**















# 5G – Eine 10 Jahre Evolution

## Deutschland als Leitmarkt für 5G

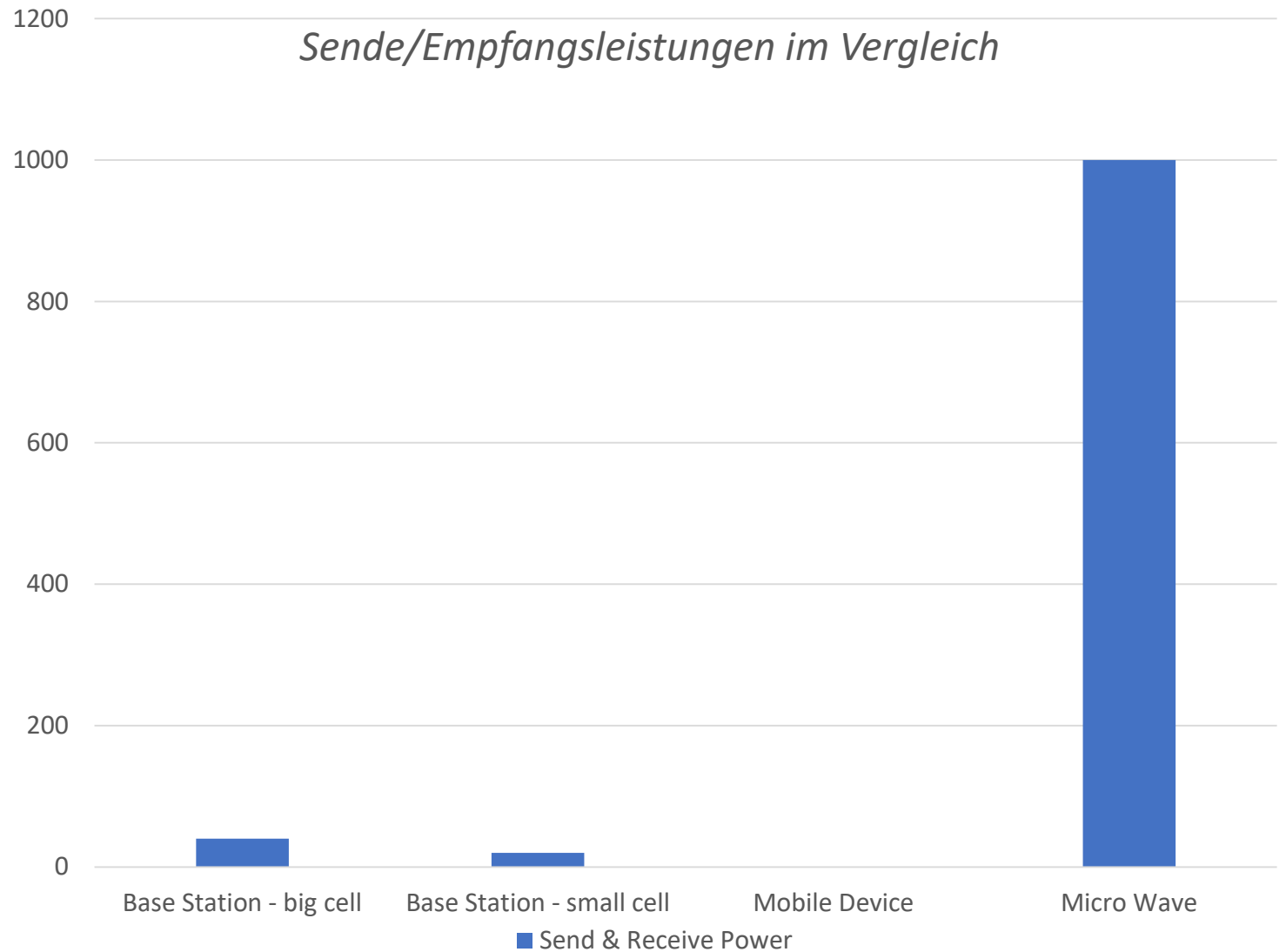


# 5G Frequenzen - global

	<1GHz	3GHz	4GHz	5GHz	24-28GHz	37-40GHz	64-71GHz	>95GHz
	600MHz (2x35MHz)	2.5/2.6GHz (B41/n41)	3.45-3.55GHz 3.55-3.7GHz 3.7-4.2GHz	5.9-7.1GHz	24.25-24.45GHz 24.75-25.25GHz 27.5-28.35GHz	37-37.6GHz 37.6-40GHz 47.2-48.2GHz	64-71GHz	>95GHz
	600MHz (2x35MHz)		3.55-3.7 GHz		26.5-27.5GHz 27.5-28.35GHz	37-37.6GHz 37.6-40GHz	64-71GHz	
	700MHz (2x30 MHz)		3.4-3.8GHz	5.9-6.4GHz	24.5-27.5GHz			
	700MHz (2x30 MHz)		3.4-3.8GHz		26GHz			
	700MHz (2x30 MHz)		3.4-3.8GHz		26GHz			
	700MHz (2x30 MHz)		3.46-3.8GHz		26GHz			
	700MHz (2x30 MHz)		3.6-3.8GHz		26.5-27.5GHz			
	700MHz	2.5/2.6GHz (B41/n41)	3.3-3.6GHz	4.8-5GHz	24.75-27.5GHz	37-42.5GHz		
	700/800MHz	2.3-2.39GHz	3.4-3.42GHz 3.42-3.7GHz 3.7-4.0GHz	5.9-7.1GHz	25.7-26.5GHz 26.5-28.9GHz 28.9-29.5GHz	37.5-38.7GHz		
			3.6-4.1GHz	4.5-4.9GHz	26.6-27GHz 27-29.5GHz	39-43.5GHz		
	700MHz		3.3-3.6GHz		24.25-27.5GHz 27.5-29.5GHz	37-43.5GHz		
			3.4-3.7GHz		24.25-27.5GHz	39GHz		

# Sende- und Empfangsleistungen

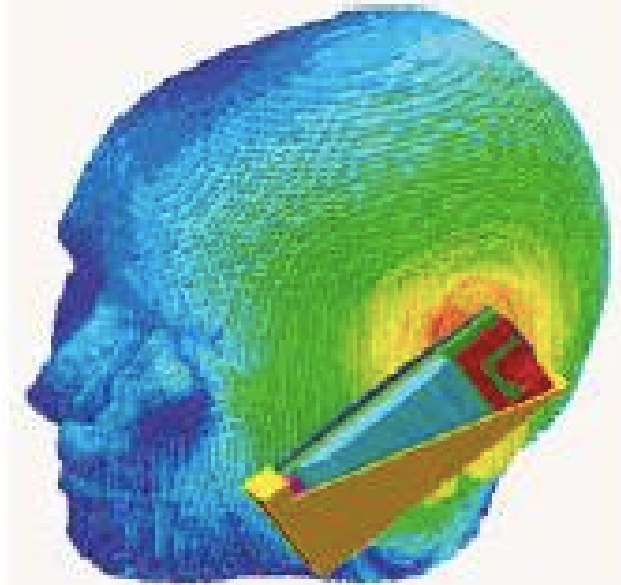
- 5G Basis Station
  - Grosse Zelle: 40Watt
  - Kleine Zelle: 20Watt
- Mobiltelefon
  - 4 & 5G: 200mWatt (0.2Watt)
- (Mikrowelle: 1000Watt)



# SAR Test – Spezifische Absorptions Rate

- Wieviel Energie wird vom Körper absorbiert?
- Einheit: Watt / Kg, Grenzwert: 2Watt/kg (EU)
- Bundesamt für Strahlenschutz listed alle kommerziell verfügbaren Mobiltelefone und ihre SAR werte:  
734 Mobiletelefone
- Lokale Erwärmung um das Ohr: deutlich höher bei Geräten von 1G und 2G (GSM)
- Geringer für 4G LTE / 5G als frühere Generationen

Abbildung 6:  
Abstrahlung von Mobiltelefonen

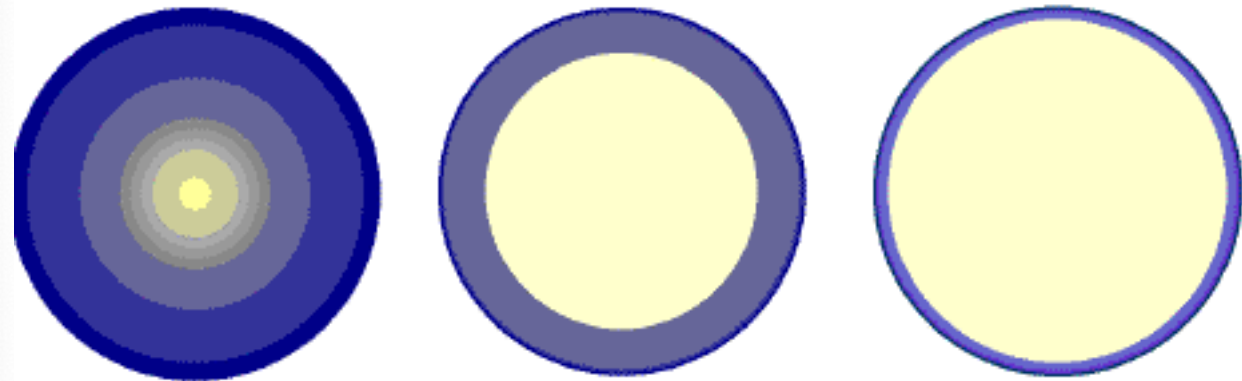


# Skin Effekt

Frequenzabhängige Eindringtiefe (Abfall auf  $1/e$ ,  
ca. 37 %) in einer Kupferleitung<sup>[3]</sup>

Frequenz	Eindringtiefe	Frequenz	Eindringtiefe
5 Hz	29,7 mm	5 MHz	29,7 $\mu\text{m}$
16 Hz	16,6 mm	16 MHz	16,6 $\mu\text{m}$
50 Hz	9,38 mm	50 MHz	9,38 $\mu\text{m}$
160 Hz	5,24 mm	160 MHz	5,24 $\mu\text{m}$
500 Hz	2,97 mm	500 MHz	2,97 $\mu\text{m}$
1,6 kHz	1,66 mm	1,6 GHz	1,66 $\mu\text{m}$
5 kHz	938 $\mu\text{m}$	5 GHz	938 nm
16 kHz	524 $\mu\text{m}$	16 GHz	524 nm
50 kHz	297 $\mu\text{m}$	50 GHz	297 nm
160 kHz	166 $\mu\text{m}$	160 GHz	166 nm
500 kHz	93,8 $\mu\text{m}$	500 GHz	93,8 nm
1,6 MHz	52,4 $\mu\text{m}$	1,6 THz	52,4 nm

Der Skin-Effekt (von engl. *Skin* für Haut) ist ein Stromverdrängungs-Effekt in von höherfrequentem [Wechselstrom](#) durchflossenen [elektrischen Leitern](#), durch den die [Stromdichte](#) im Inneren eines Leiters niedriger ist als in äußeren Bereichen.



Quelle: <https://de.wikipedia.org/wiki/Skin-Effekt>

# Zusammenfassung

- 5G ist eine 10 Jahre Evolution bis 2030
- 5G ist integraler Bestandteil einer modernen Infrastruktur – Standortfaktor
- Erste Ausbauphase konzentriert sich Frequenzen unterhalb 3.5GHz - Sehr ähnlich 4G. (keine mm Wellen)
- Bis 4G gibt es weltweit zahllose Studien über die gesundheitlichen Auswirkungen von Mobilfunk
- Forschungsbedarf über gesundheitliche Auswirkungen von 5G existiert. Der Effekt von mm Wellen auf den Menschen ist nicht hinreichend erforscht. Dennoch sind schädliche Wirkungen, in Anbetracht der geringen Sendeleistung und hohen Frequenz nach heutigem Wissensstand eher unwahrscheinlich.