

Exposition durch Ultra-Wideband Technologien

Kurzzusammenfassung der Ergebnisse

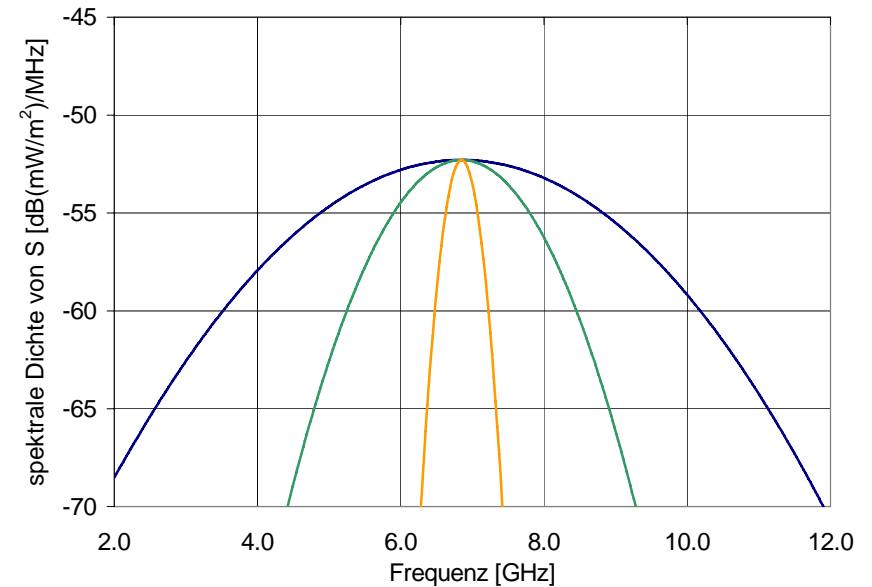
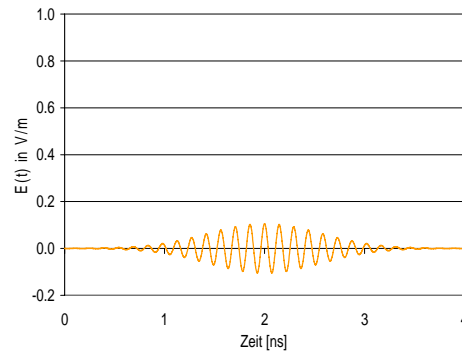
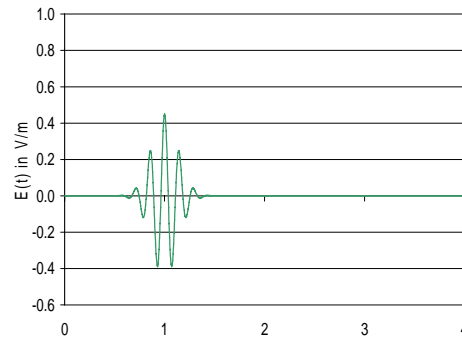
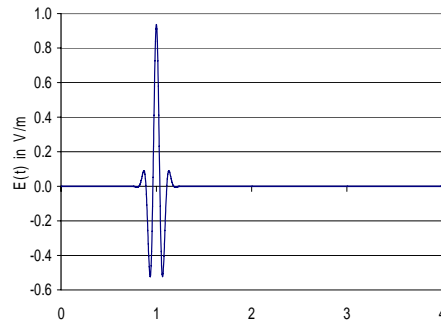
Gernot Schmid
Mobile Communications Safety



Begriff “Ultra-Wideband” (UWB) ⁽¹⁾

- Ursprünglich: sehr kurze Impulse \Rightarrow große Bandbreite
lange Impulswiederholzeit (Duty Cycle < 0,5%) \Rightarrow geringe mittlere Leistung bei teilweise beträchtlicher Impulsspitzenleistung

$$C = B \cdot \log_2 \left(1 + \frac{S}{N} \right)$$



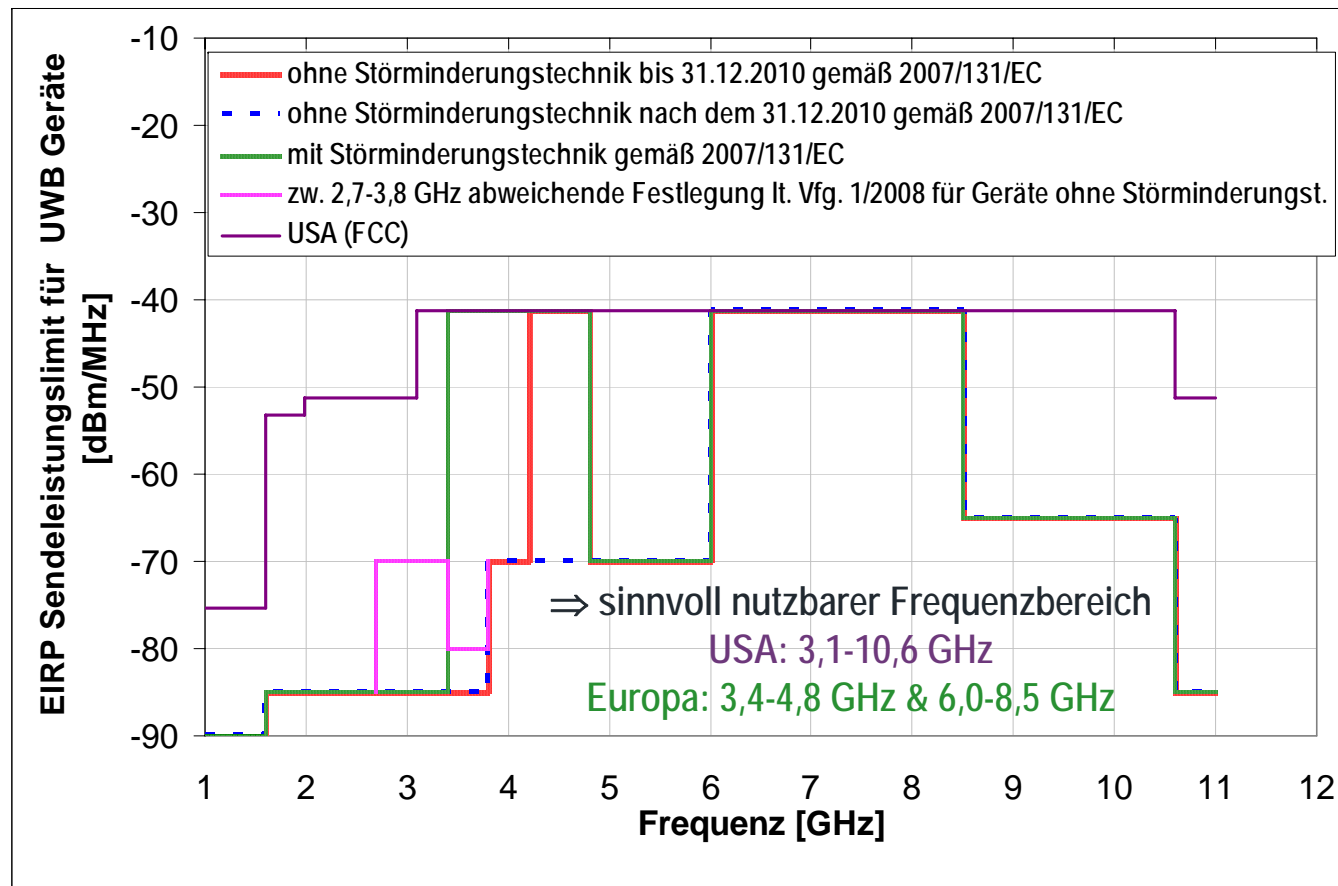
Definition „UWB“ gemäß Funkregulierung

- Freigabe von Frequenzressourcen für UWB-Geräte (für den Massenmarkt) ging 2002 von den USA (FCC) aus
- Definition „UWB“, gemäß Funkregulierung:
Bandbreite > 500 MHz oder $> 20\%$ der Mittenfrequenz
(z.B. 1,4 GHz bei $f_0 = 7$ GHz)
- „ > 500 MHz“-Definition wurde von „OFDM-Industrielobby“ hineinreklamiert
- Februar 2007: 2007/131/EG Entscheidung der Kommission¹⁾ zur harmonisierten Nutzung des Spektrums für UWB Anwendungen
- Jänner 2008: Vfg 1/2008 Allgemeinzuteilung durch Bundesnetzagentur in D

¹⁾ In 2007/131/EG wird als Mindestbandbreite 50 MHz definiert \Rightarrow offensichtlich Druckfehler !?

Funkregulierung für UWB

- Limit für mittlere spektrale EIRP Sendeleistungsdichte: -41,3 dBm / MHz
- Limit für spektrale EIRP Spitzen-Sendeleistungsdichte: 0 dBm / 50 MHz



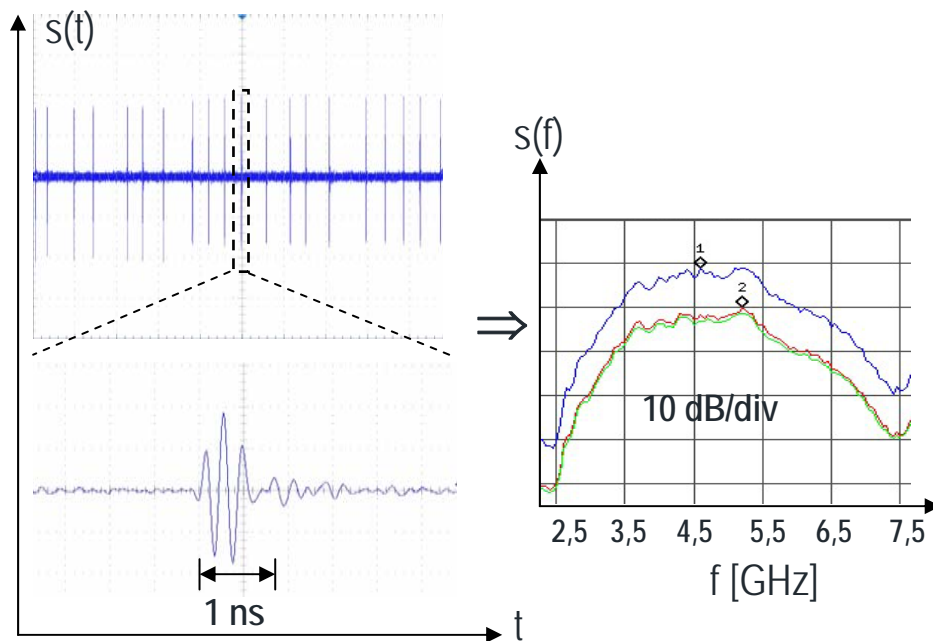
-41,3 dBm/MHz EIRP
entspricht dem
FCC-Emissionslimit für
"unintentional radiators"
im Frequenzbereich
960MHz – 40 GHz:
54 dB μ V/m
in 3 m Abstand

UWB-Standardisierung (1)

- ab ca. 2004: 2 stark konkurrierende Industriekonsortien

“UWB-Forum”

propagiert “klassisches” Impuls-basiertes UWB



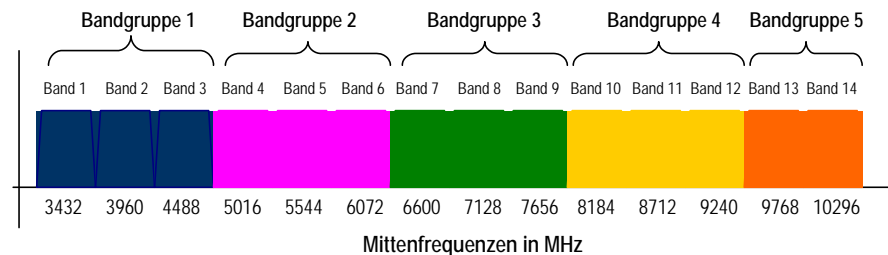
“WiMedia Alliance”

propagiert MultiBand-OFDM

ca. 120, je ca. 4 MHz breite OFDM Träger

Unterteilung des UWB-Frequenzbereiches (3,1-10,6 GHz) in Bandgruppen und Bänder

Bandbreite: 528 MHz



UWB-Standardisierung (2)

- WiMedia Alliance: einigte sich 2006 auf einen Standard
- UWB-Forum: kein Standard aufgrund interner Uneinigkeit, 2007 aufgelöst
- IEEE 802.15a: Auflösung 2006

⇒ **UWB-basierte Datenkommunikations-Endgeräte werden nach WiMedia Standard mit MB-OFDM arbeiten (z.B. Bluetooth 3.0)**

- In den USA erste Produkte bereits auf dem Markt "Wireless USB", "Cable Free USB"



- In Europa angekündigt (⇒ in Europa restriktivere Regulierung unterhalb von 6 GHz)

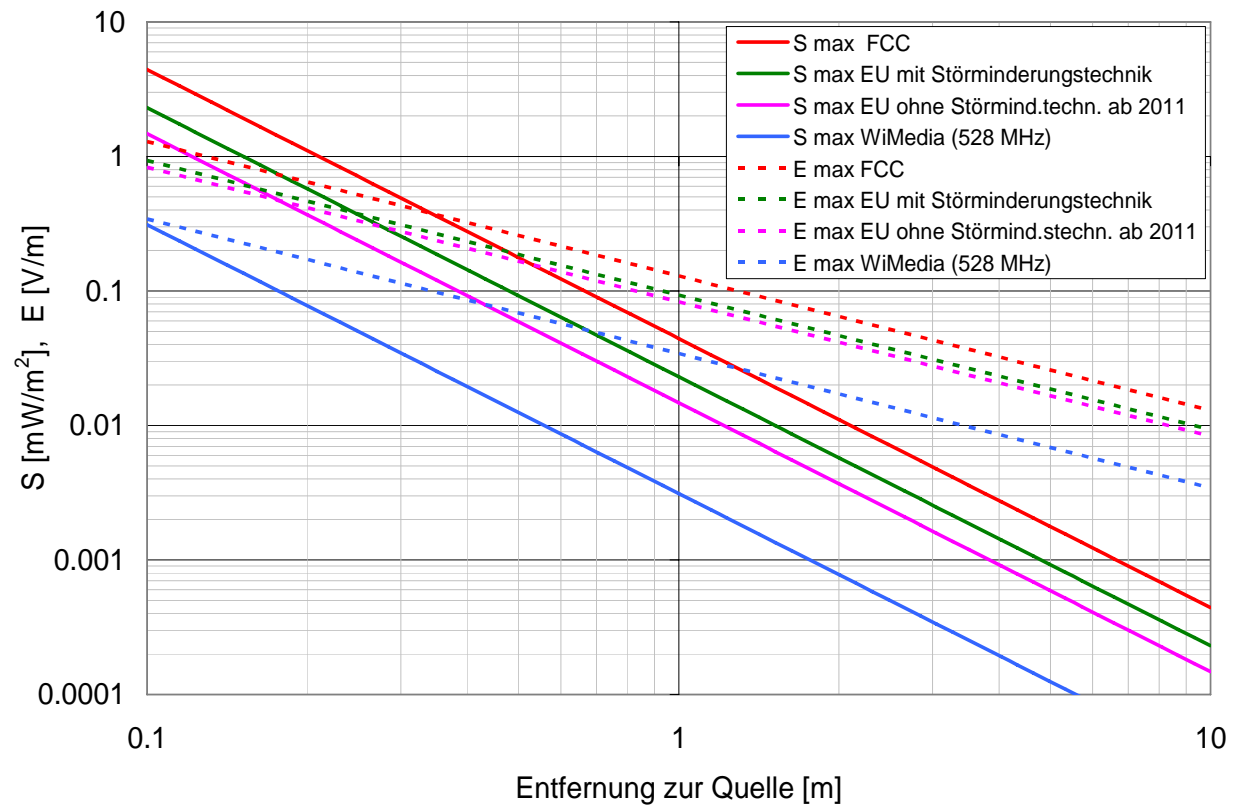
⇒ **"Impuls-UWB" (vorerst) fast ausschließlich für Anwendungen mit Ortungsfunktionalität (ohne Standard)**

Theoretische Obergrenze von UWB-Immissionen eines UWB-Gerätes

- Umrechnung der lt. Regulierung erlaubten mittleren EIRP spektralen Sendeleistungsdichte auf E bzw. S (bei 100%Ausnutzung des zur Verfügung stehenden Spektrums):

max. EIRP-Sendeleistungen

Regulierung	B_{\max} [MHz]	$P_{\text{EIRP,max}}$ [mW]
FCC (USA)	7500	0,556
EU mit St.min.tech.	3900	0,289
EU ohne St.min.tech.	2500	0,185
WiMedia-Standard	528	0,039



Messtechnische Immissionserfassung ⁽¹⁾

- Extrem geringe, breitbandige Immissionen \Rightarrow Messung mit Standard-Messgeräten (*Antenne & Breitband-Oszilloskop* oder *Antenne & Spektrumanalysator*) im Abstand $> 1\text{m}$ zur Quelle praktisch nicht mehr möglich.

z.B.: 50 cm Abstand: $E_{\text{max,typ}}$ (Europa) $\approx 0,1\text{ V/m}$ (100 dB $\mu\text{V/m}$), Frequenz 6.0-7.0 GHz (Bandbreite 1 GHz)

Antennenfakt (omni): 40-45 dBm/m

Antennenfakt (dir; z.B. Horn oder LogPer): 30-35 dBm/m

Antenne & Breitbandoszi (8 GHz)

$$U_{\text{meas,max}} = 100 - \text{AF} \approx 60\text{ dB}\mu\text{V/m} \quad (\sim 1\text{ mV})$$

\Rightarrow gerade noch sinnvoll messbar

Gerätekosten ca. $>75.000,-$

Antenne & Spektrumanalysator (RBW_{max}=5 MHz)

$$U_{\text{meas,max}} = 100 - \text{AF} - 46 \approx 14\text{ dB}\mu\text{V/m} \quad (\sim 5\ \mu\text{V})$$

\Rightarrow gerade noch sinnvoll messbar

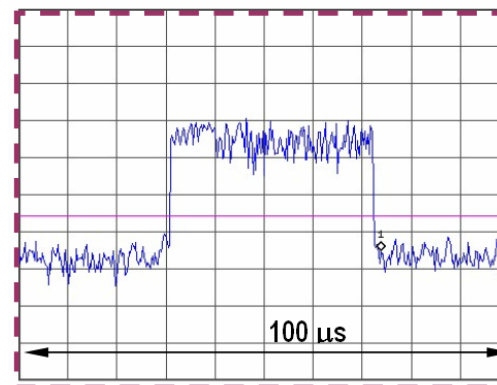
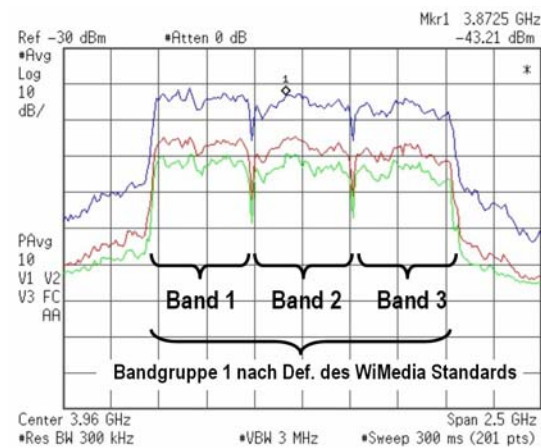
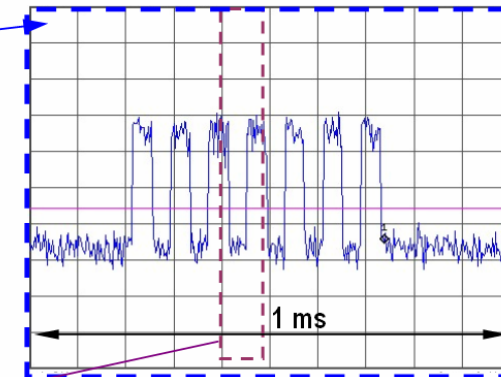
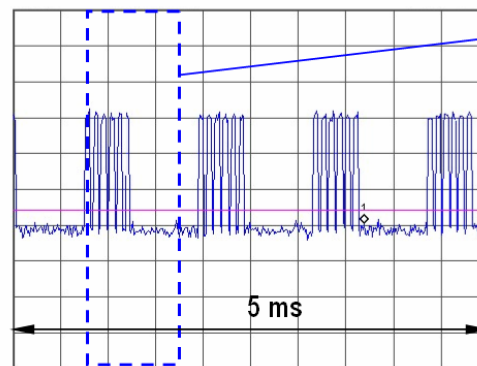
Gerätekosten ca. 30.000,-

\Rightarrow Praxis: **direktive Messantenne (Horn, LogPer) & Spektrumanalysator**

Nachteil: Pulsform nicht darstellbar

Messtechnische Immissionserfassung (2)

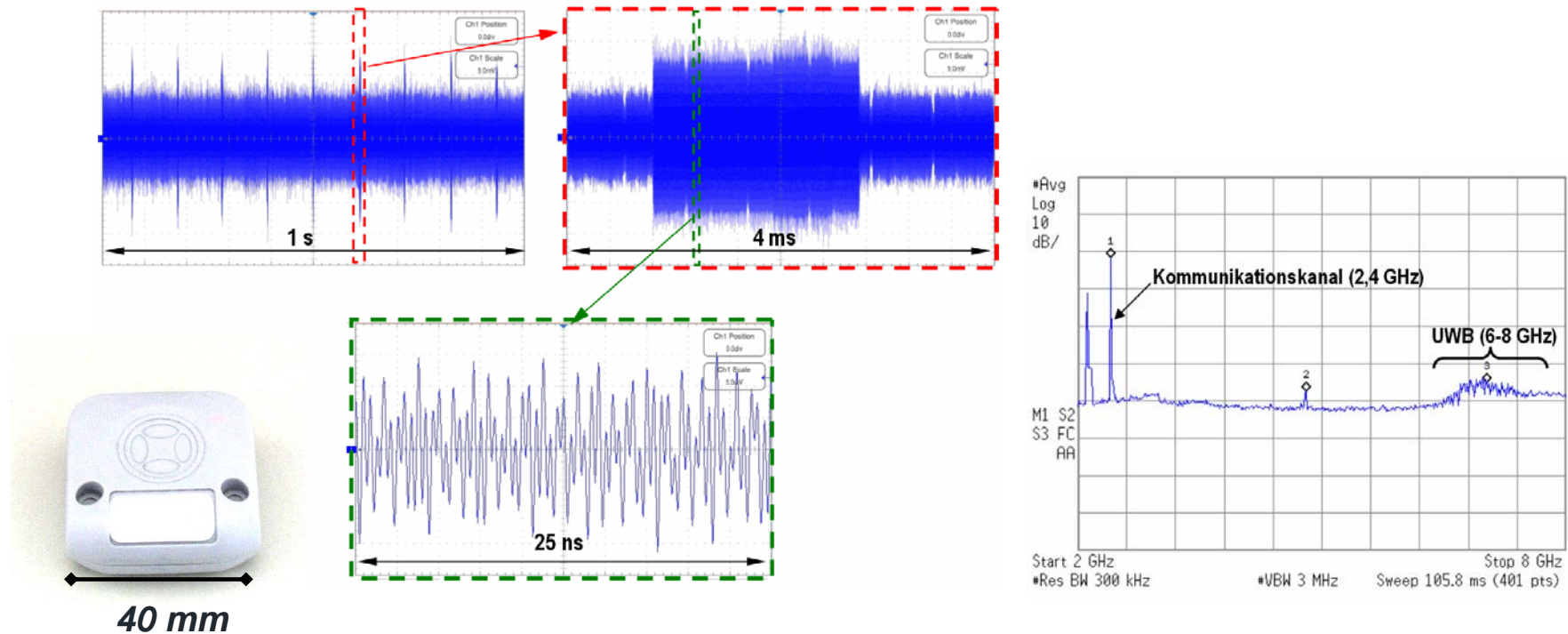
- z.B. *Belkin Cable Free USB Hub (MB-OFDM; FCC konform)*



$S_{\text{äqu,avg,max}} (15 \text{ cm}): 0,085 \text{ mW/m}^2$
 $S_{\text{äqu,peak,max}} (15 \text{ cm}): 0,52 \text{ mW/m}^2$

Messtechnische Immissionserfassung ⁽³⁾

- z.B. Ubisense 7000 Tag (Impuls-UWB; Europa-konform)

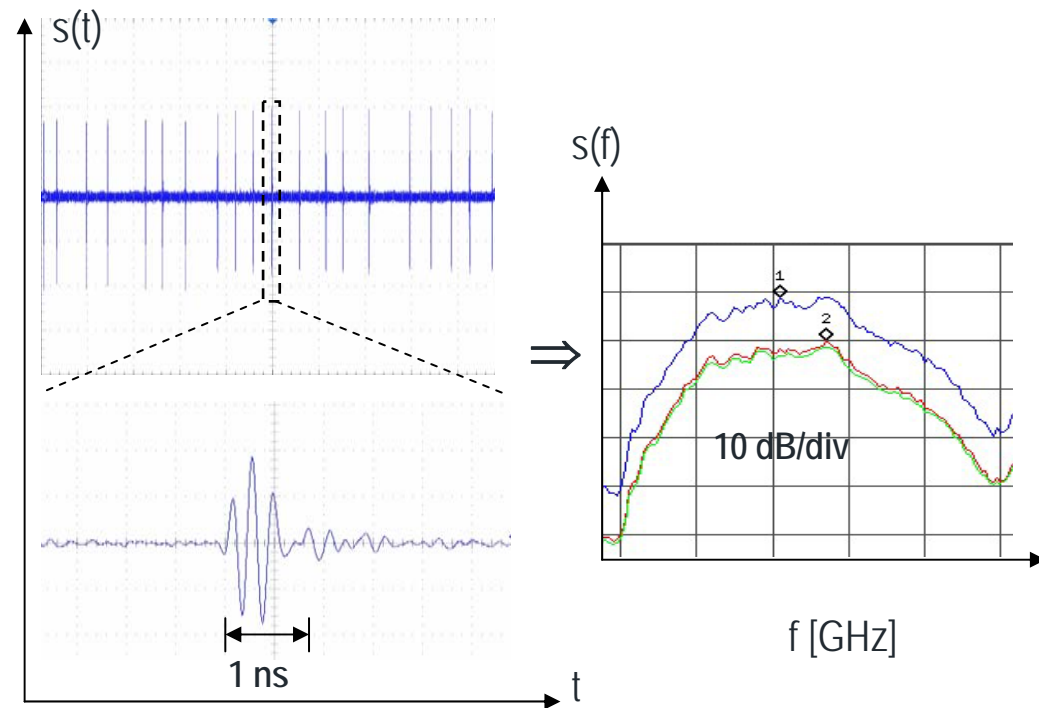


$$S_{\text{äqu,avg,max}} (15 \text{ cm}): 0,037 \text{ mW/m}^2$$

$$S_{\text{äqu,peak,max}} (15 \text{ cm}): 2,4 \text{ mW/m}^2$$

Messtechnische Immissionserfassung (4)

- z.B. UWB-Referenzdesign (Impuls-UWB; FCC-konform)

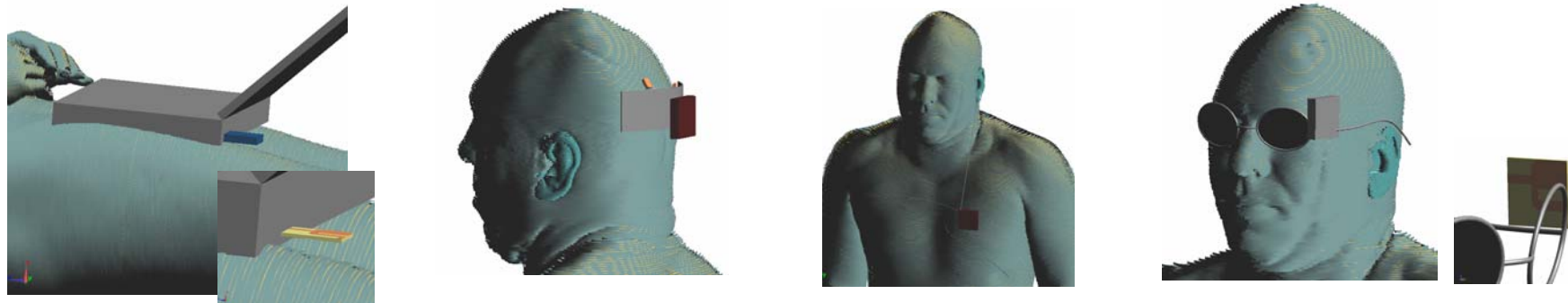


$S_{\text{äqu,avg,max}} (15 \text{ cm}): 0,32 \text{ mW/m}^2$

$S_{\text{äqu,peak,max}} (15 \text{ cm}): 2,1 \text{ mW/m}^2$

Numerische Berechnungen ⁽¹⁾

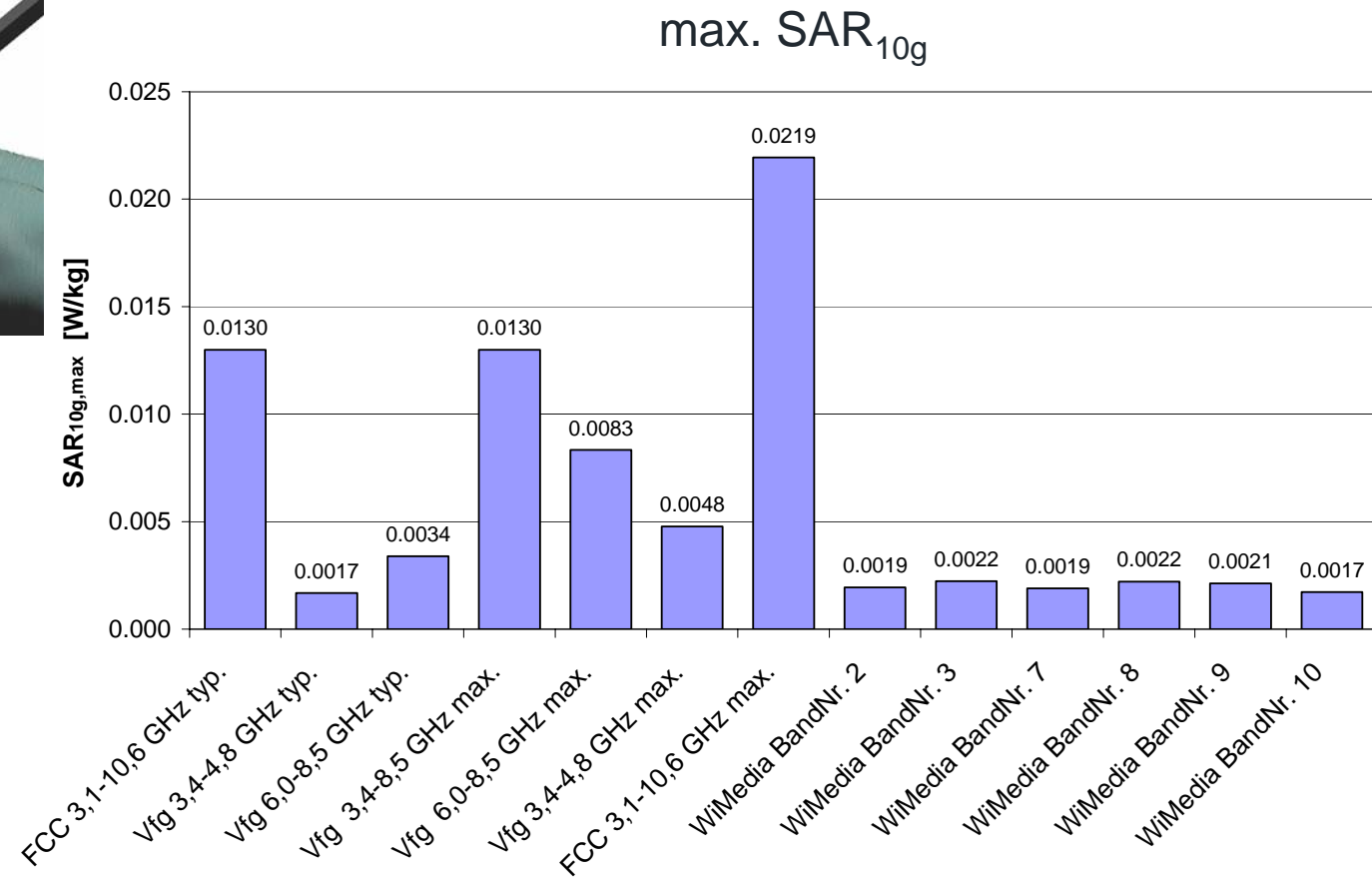
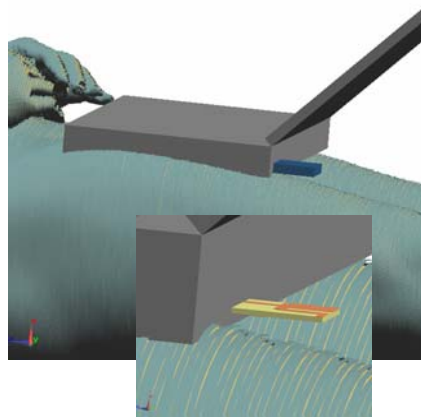
- FDTD-Berechnungen (SEMCAD X):
 - Breitbandanregung
 - Anatomisches Körpermodell
 - Berücksichtigung dispersiver Gewebeparameter (Debye-Modell)
 - Export der E (x,y,z,t) Ergebnisdaten \Rightarrow
Fouriertransformation Berechnung der resultierenden SAR in MATLAB
- Betrachtung künftig denkbarer “body worn” Anwendungen



- Betrachtung unterschiedlicher spektraler Kompositionen der Anregung

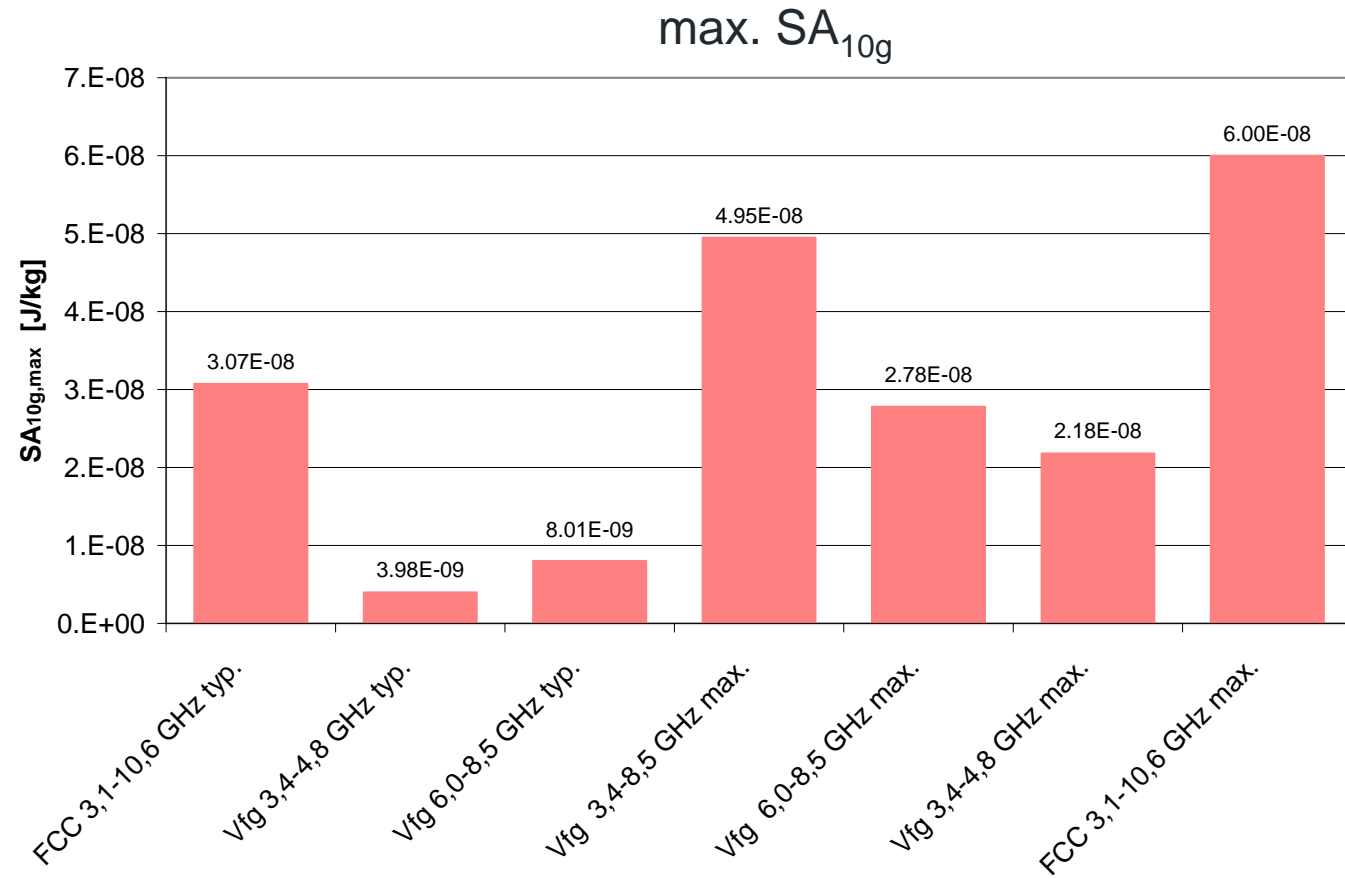
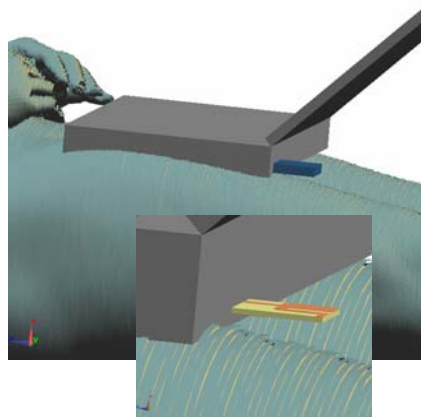
Numerische Berechnungen (2)

Ergebnisse (Beispiel Notebook) (1) :



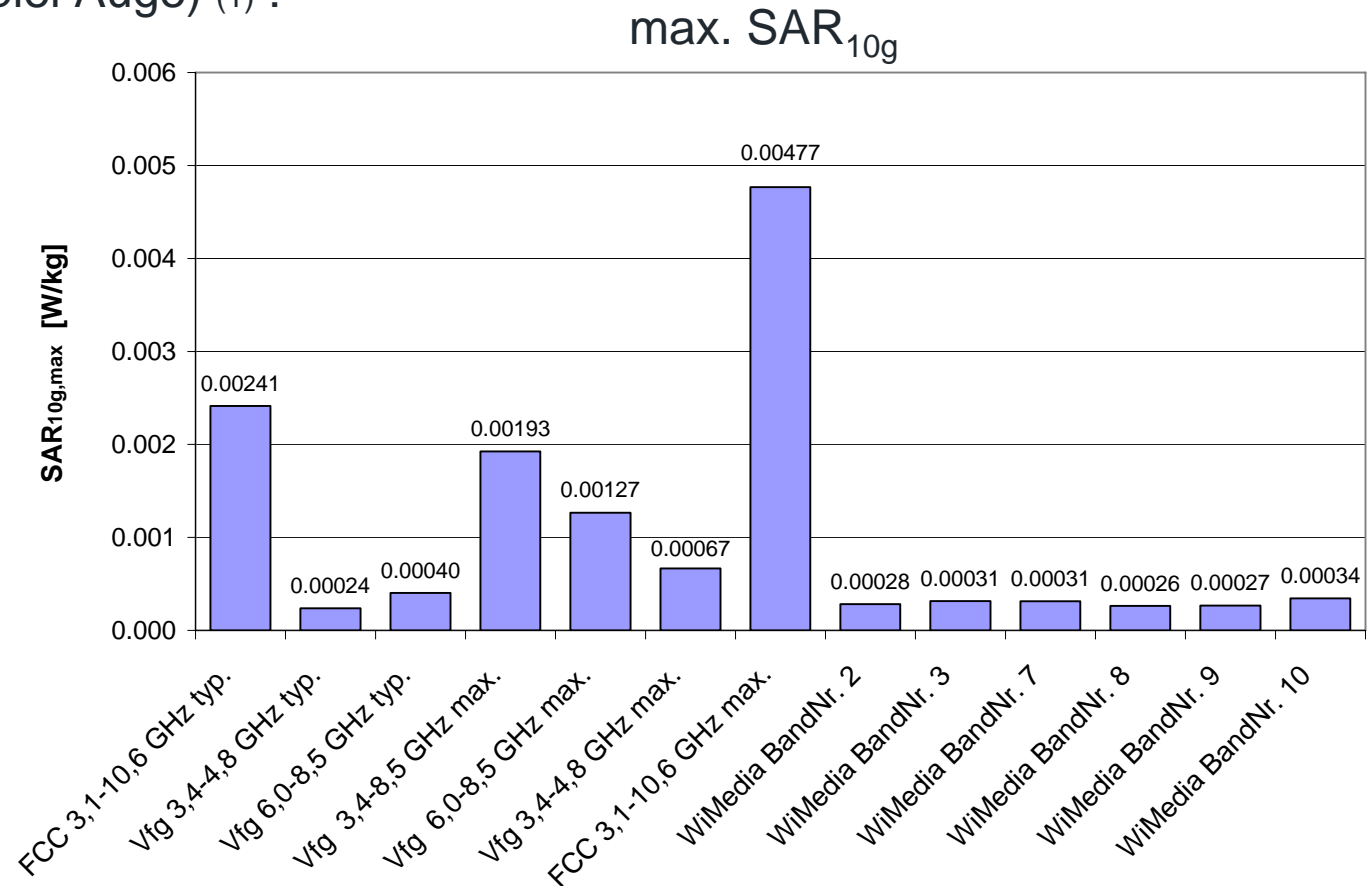
Numerische Berechnungen ⁽³⁾

Ergebnisse (Beispiel Notebook) ⁽²⁾ :



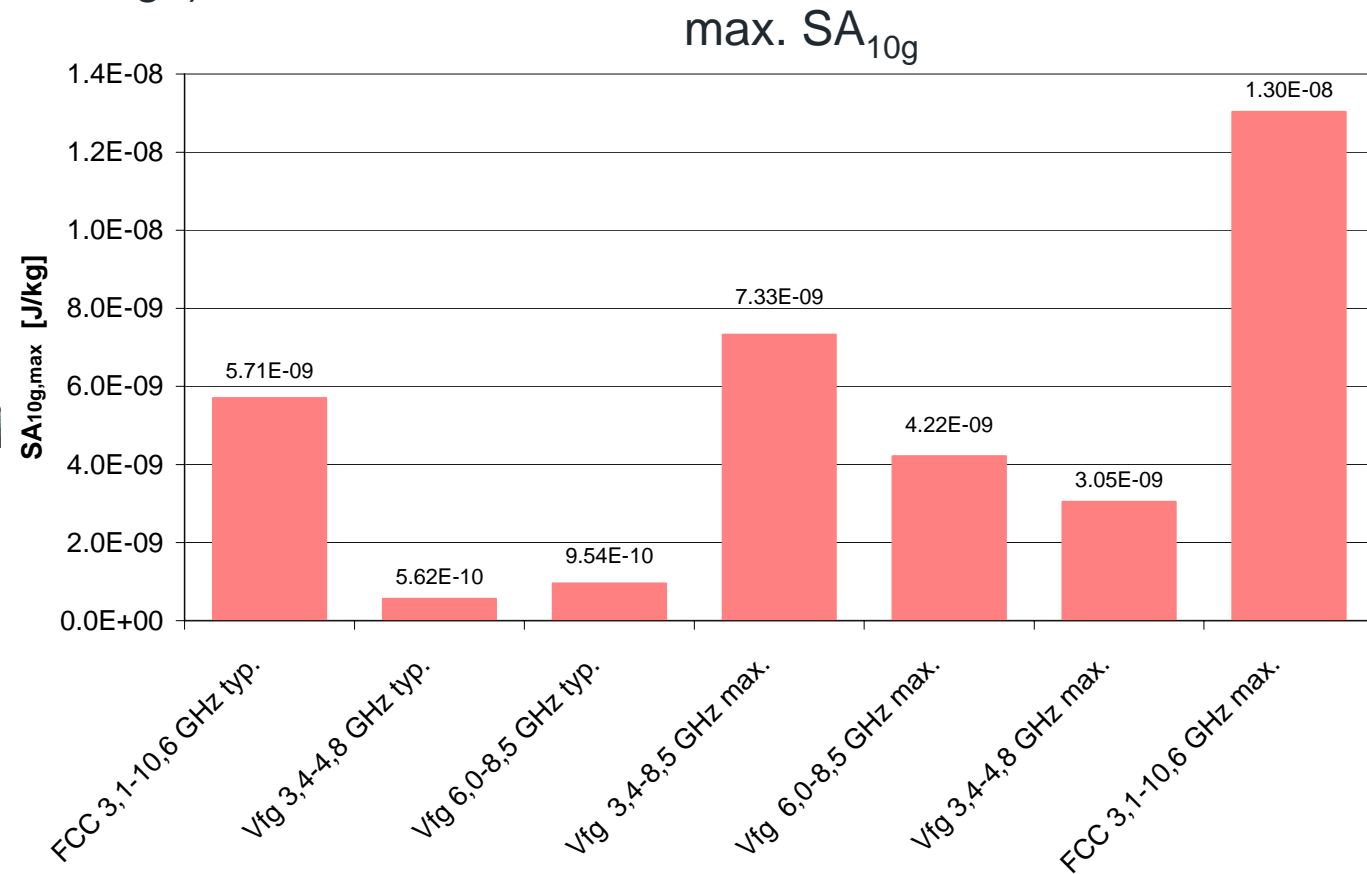
Numerische Berechnungen ⁽⁴⁾

Ergebnisse (Beispiel Auge) ⁽¹⁾ :



Numerische Berechnungen ⁽⁵⁾

Ergebnisse (Beispiel Auge) ⁽²⁾ :



Fazit

- UWB-Technologie (3,4-4,8 GHz & 6,0-8,5 GHz) in Europa unmittelbar vor Verbreitung
- Je nach Anwendung 2 Ausprägungen (MB-OFDM und "echtes" Impuls UWB)
- Mittlere Gesamtsendeleistung sehr gering (< 0,29 mW EIRP)
- Fernfeldimmissionen: **max. ca. 0,1 mW/m² in 0,5 m Entfernung**
- Körpernahe Anwendungen, **max. SAR_{10g}:** theoret. max.: < 0,03 W/kg
 typ. < 0,005 W/kg (< 0,25% SAR_{grenz})
- Körpernahe Anwendungen, **max. SA_{10g} (Impuls-UWB):** **typ. < 10⁻⁸ J/kg** (< 0,0005% SA_{grenz})