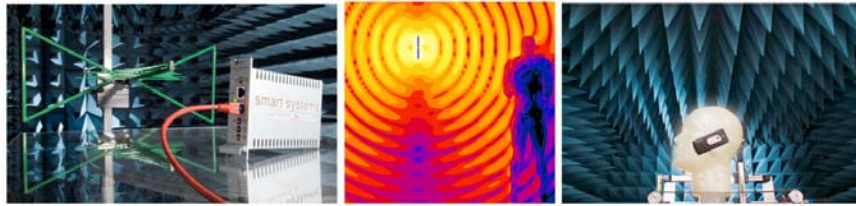


## EMV in der Praxis

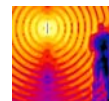
Wirkungen elektromagnetischer Felder auf  
elektronische Geräte und auf den Menschen

Kurt Lamedschwandner

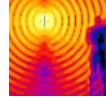


## Inhalt

- Begriffsklärung
- Elektromagnetische Felder
- EMV elektronischer Geräte
- Wirkungen em-Felder auf den Menschen
- Zusammenfassung und Ausblick
- Anhang: Kontaktdaten und Dienstleistungsangebot

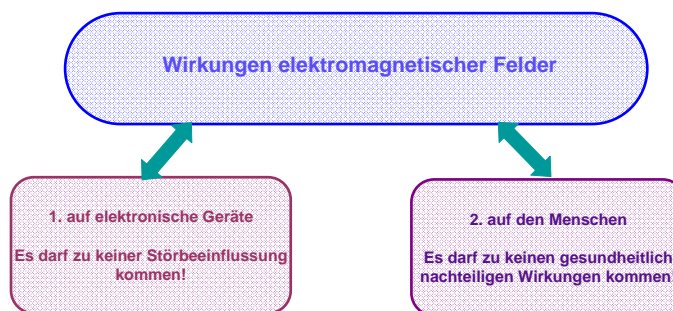


## Inhalt



- **Begriffsklärung**
- Elektromagnetische Felder
- EMV elektronischer Geräte
- Wirkungen em-Felder auf den Menschen
- Zusammenfassung und Ausblick
- Anhang: Kontaktdaten und Dienstleistungsangebot

## EMV - Geräte und Umwelt



Zwei grundsätzliche Forderungen, damit eine Technologie erfolgreich eingesetzt werden kann/darf!

## EMV - Fachbegriffe

### Geräte:

- EMV bzw. EMVG: EMV elektronischer Geräte
- EMC: Electromagnetic Compatibility

### Umwelt:

- EMVU: elektromagnetische Umweltverträglichkeit
- EMF: Electromagnetic Fields bzw. elektrische, magnetische und elektromagnetische Felder

## Was versteht man unter EMVG?

### Elektromagnetische Verträglichkeit (EMVG)

EMV ist die Fähigkeit eines Gerätes in seiner elektromagnetischen Umgebung bestimmungsgemäß zu funktionieren ohne dabei andere Geräte zu stören.

### Elektronische Komponenten „vertragen“ sich dh.

- „stören nicht“ und
- „werden nicht gestört“

EM-verträglich zu sein ist ein **Qualitätsmerkmal** eines Gerätes!

## Was versteht man unter EMVU?



### **Elektromagnetische Umweltverträglichkeit (EMVU)**

**Im Gegensatz zur Geräte - EMV steht die öffentliche Diskussion, ob technisch erzeugte elektromagnetische Felder auf den Menschen nachteilige gesundheitliche Effekte haben können.**

## Wer benötigt EMVG-Wissen? (1)



### **Jeder Inverkehrbringer von elektrischen/elektronischen Geräten!**

**Denn: Die EMV Konformität ist Voraussetzung für das Inverkehrbringen elektrischer/elektronischer Geräte!  
(EMV-Richtlinie 2004/108/EG)**

Europa: **CE** -Kennzeichnung



## Wer benötigt EMVG-Wissen? (2)



### **Jeder Designer von elektrischen/elektronischen Geräten!**

**Denn: ohne EMV Know-How ist das sichere Funktionieren von komplexen elektrischen/elektronischen Systemen nur schwer realisierbar (Produkthaftung)!**

**EU-Richtlinien legen nur gesetzliche Mindestanforderungen fest!  
Produkthaftung fordert jedoch den Stand der Technik!!!**

## Wer benötigt EMVU-Wissen? (1)



### **Jeder Inverkehrbringer von Funkanlagen und Telekomendeinrichtungen!**

**Denn: Die Schutzanforderungen der zutreffenden Einzelrichtlinie (R&TTE-Richtlinie 1999/5/EG) fordern auch den Schutz der Gesundheit des Benutzers.**

## Wer benötigt EMVU-Wissen? (2)



### **Jeder Betreiber von Mobilfunkbasisstationen!**

**Denn: Diese haben Sicherheitsabstände festzulegen, um die Konformität mit den Schutzziele der R&TTE-Richtlinie nachzuweisen.**

## Wer benötigt EMVU-Wissen? (3)



### **Jeder Arbeitgeber!**

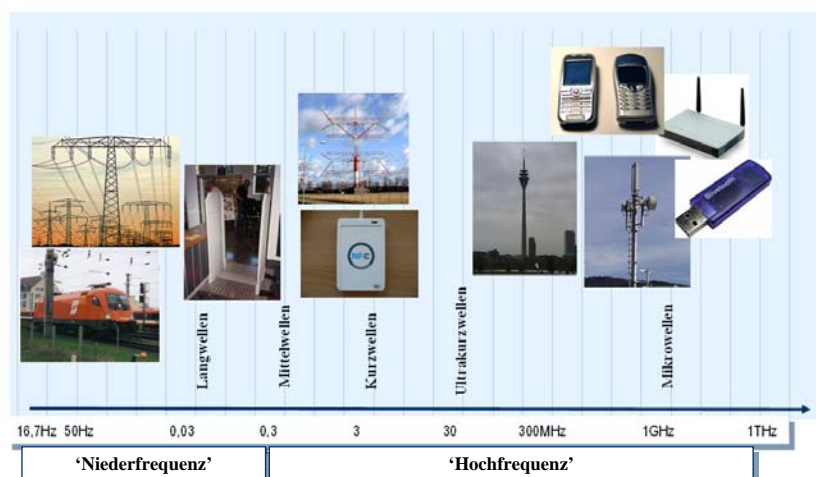
**Denn: Sind Arbeitnehmer elektromagnetischen Feldern ausgesetzt, so hat der Arbeitgeber in Zukunft eine entsprechende Bewertung vorzunehmen, um die Mindestvorschriften zum Schutz von Sicherheit und Gesundheit der Arbeitnehmer gemäß Richtlinie 2004/40/EG zu gewährleisten.**

## Inhalt

- Begriffsklärung
- **Elektromagnetische Felder**
- EMV elektronischer Geräte
- Wirkungen em-Felder auf den Menschen
- Zusammenfassung und Ausblick
- Anhang: Kontaktdaten und Dienstleistungsangebot



## Das elektromagnet. Spektrum



## Quellen hochfrequenter Felder

### Typische Quellen im Haushalt:

- Mikrowellenherd (2450 MHz)
- Mobiltelefone (GSM 900/1750 MHz, UMTS 1960 MHz)
- Schnurlostelefon (DECT 1880 - 1900 MHz)
- drahtlose Datenkommunikation (WLAN 2450 / 5300 MHz, Bluetooth 2450 MHz, WiMAX 3500 MHz,...)
- Babyphone (27 MHz, 460 MHz, 860 MHz, 2450 MHz)
- div. andere Geräte (drahtlose Kopfhörer, drahtlose Webcams, Funkfernsteuerungen, ...)

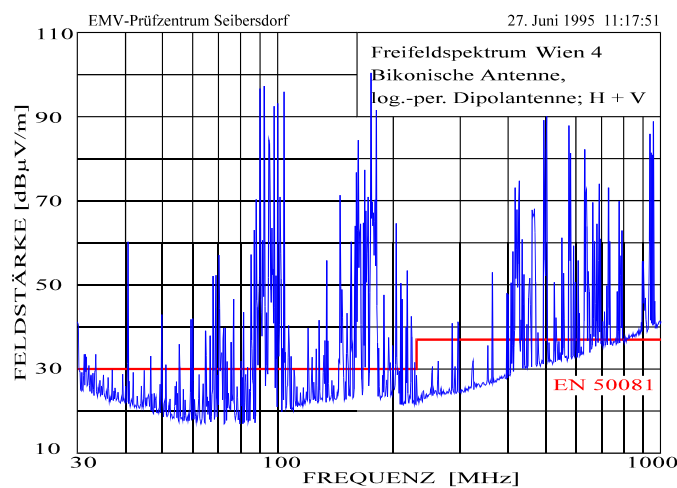


### Typische externe Quellen:

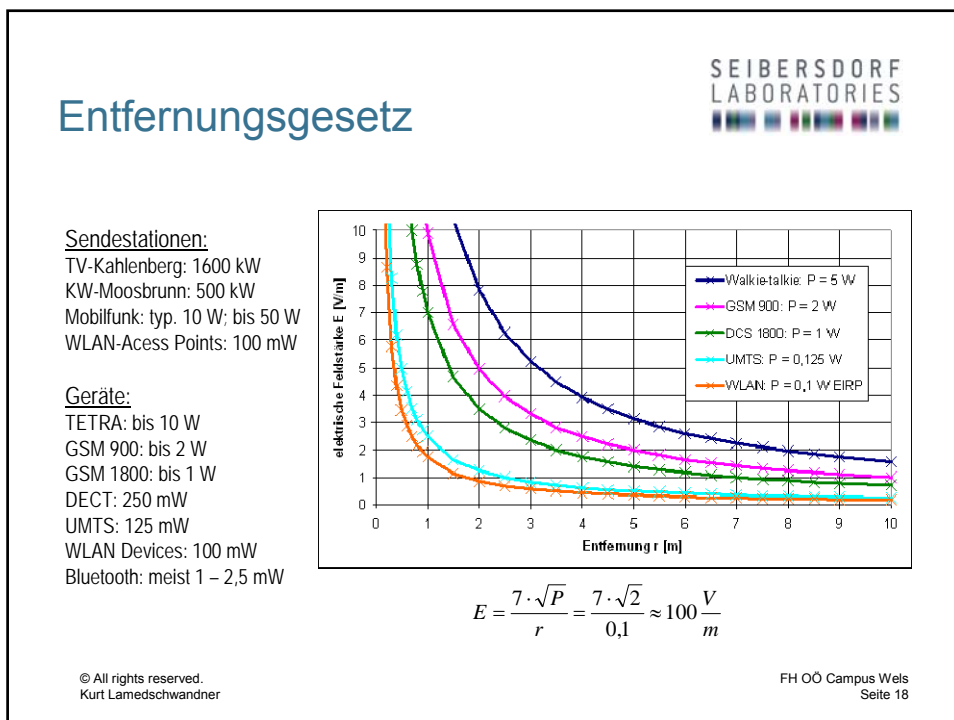
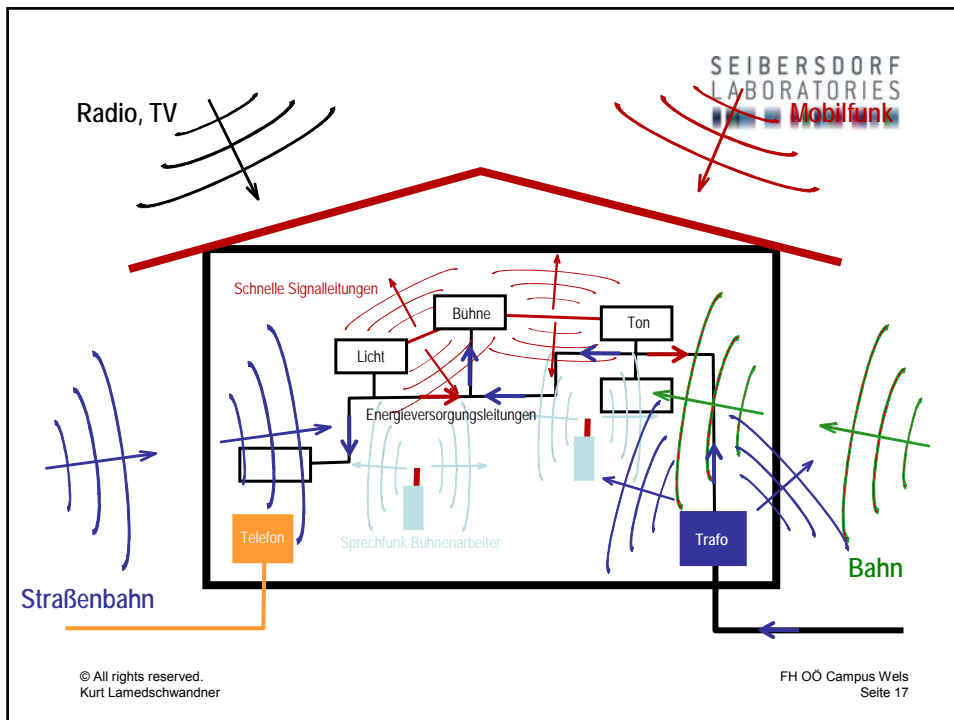
- LW/MW/KW - Sendeanlagen (150 kHz – 30 MHz)
- UKW Rundfunksender (87 - 108 MHz)
- VHF/UHF - TV Sender (170 - 860 MHz)
- Mobilfunk-Basisstationen (GSM 940/1840 MHz, UMTS 2140 MHz)
- WLAN Access Points (2,45 GHz und 5 GHz)
- WiMAX Basisstationen (3,6 GHz)



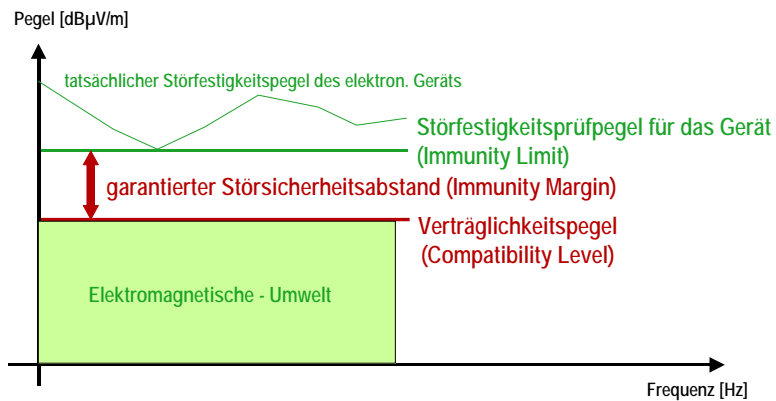
## Elektromagnetische Umwelt





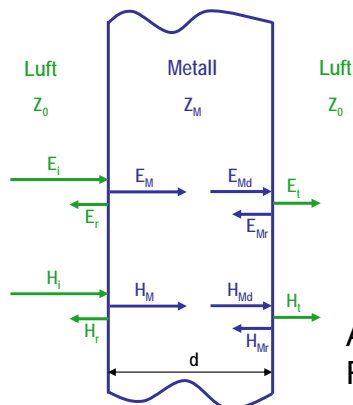


## Störsicherheitsabstand



## Erhöhung der Störfestigkeit durch Schirmung

Schirmdämpfung von Metallblechen:  $S [dB] = A [dB] + R [dB]$



$$S [dB] = 20 * \log \left( \frac{E_i}{E_t} \right)$$

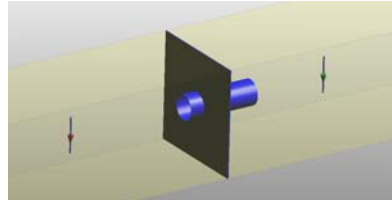
$$S [dB] = 20 * \log \left( \frac{H_i}{H_t} \right)$$

S...Schirmdämpfung,  
E...elektr. Feldstärke, H...magnet. Feldstärke  
i...incident, t...transmitted

Absorption  $A \sim \sigma, f, \mu_r, d$   
Reflexion  $R \sim \sigma, 1/f, 1/\mu_r$  (Fernfeld)

## Schirmgehäuse mit Öffnung

Hohlleiter ermöglichen unterhalb der Grenzfrequenz  $f_c$  eine hohe Schirmdämpfung trotz Gehäuseöffnung



Beispiel: Öffnung in Schirmgehäuse mit 7cm Durchmesser und 21cm Länge

$$\text{Cut-off Frequenz für Kreishohlleiter: } f_c = \frac{c_0}{\lambda_c} = \frac{c_0}{1,71 \cdot d} = \frac{1,75 \cdot 10^8}{d} = \frac{1,75 \cdot 10^8}{0,07} = 2,5 \text{ GHz}$$

Wenn  $t/d \geq 3$  Schirmdämpfung ca. 100 dB.

$c_0$ ...Lichtgeschwindigkeit,  $f_c$ ...Cut-off frequency (Grenzfrequenz),  $\lambda_c$ ...Cut-off wavelength,  $d$ ...Durchmesser des Hohlleiters,  $t$ ...Rohrlänge des Hohlleiters

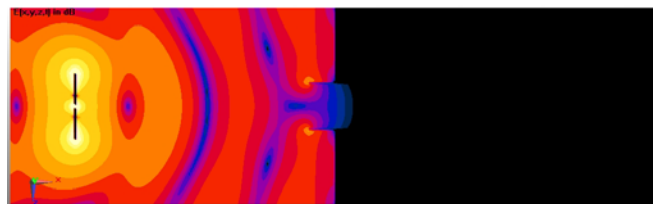
© All rights reserved.  
Kurt Lamedschwandner

FH OÖ Campus Wels  
Seite 21

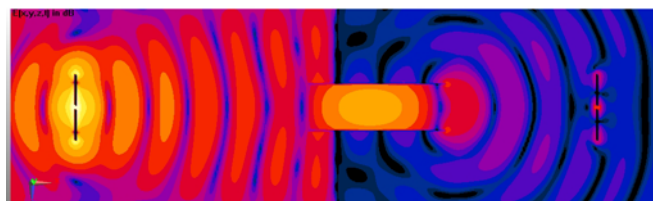
## Ausbreitung em-Wellen

Geometrie Kreishohlleiter:  $d = 7 \text{ cm}$ ,  $t = 21 \text{ cm}$

$f = 1,28 \text{ GHz}$



$f = 2,56 \text{ GHz}$



© All rights reserved.  
Kurt Lamedschwandner

FH OÖ Campus Wels  
Seite 22

## Inhalt

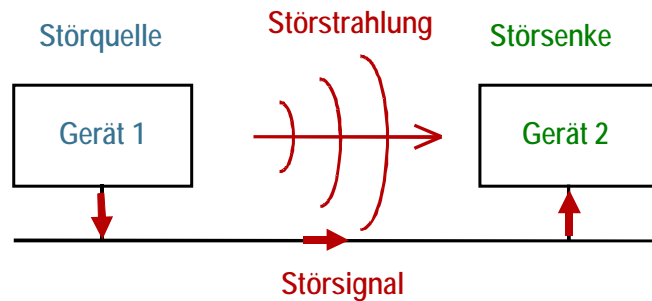
- Begriffsklärung
- Elektromagnetische Felder
- **EMV elektronischer Geräte**
- Wirkungen em-Felder auf den Menschen
- Zusammenfassung und Ausblick
- Anhang: Kontaktdaten und Dienstleistungsangebot



## EMVG - Definition

**“die Fähigkeit eines Apparates, einer Anlage oder eines Systems, in der elektromagnetischen Umwelt zufriedenstellend zu arbeiten, ohne dabei selbst elektromagnetische Störungen zu verursachen, die für alle in dieser Umwelt vorhandenen Apparate, Anlagen oder Systeme unannehmbar wären.”**

## EMV-Störmodell



### 3 Komponenten:

- Störquelle
- Störsenke
- Kopplungswege (Leitung + Strahlung)

## EMV-Störphänomene\*

### Störemission:

- Störfeldstärke

### Störfestigkeit gegen:

- 50 / 60 Hz Magnetfelder
  - HF-Felder
- gestrahlt

- Netzurückwirkungen

- Störspannung

- Störstrom

- Störleistung

- HF-Spannungen
- leitungsgeführt

- ESD, Burst, Surge

- Spannungseinbrüche,  
Kurzzeitunterbrechungen und  
Spannungsschwankungen

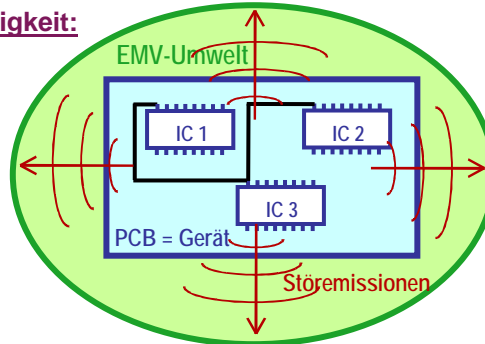
\*) Diese EMV-Störphänomene werden in den üblichen zivilen Normen betrachtet.

## EMV elektronischer Geräte

### Betrachtet Emission + Störfestigkeit:

Im Prüffrequenzbereich wirken die Leiterbahnen am PCB und die angeschlossenen Kabel als optimale (resonante) Antennen.


$$f_{res} = \frac{c_0}{\lambda} = \frac{c_0}{4 * l}$$



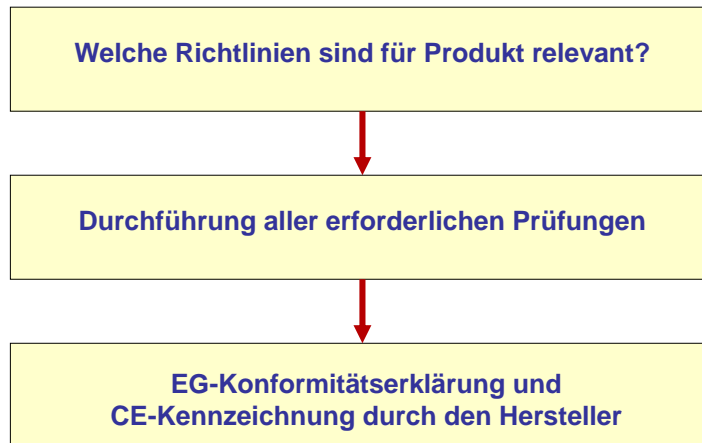
Antenne	Leitung am Die	Package Lead	PCB Leiterbahn	externes Kabel	langes ext. Kabel
Leitungslänge l	1 mm	1 cm	10 cm	1 m	10 m
Wellenlänge $\lambda=4*l$	4 mm	4 cm	40 cm	4 m	40 m
Resonanzfrequenz $f_{res}$	75 GHz	7,5 GHz	750 MHz	75 MHz	7,5 MHz

## Warum ist Sicherstellung der EMV so wichtig?

### Forderung nach Sicherstellung der elektromagnetischen Verträglichkeit, weil

- **Rechtliche Erfordernis:** Einhaltung der EMVV 2006 zum ETG 1992 gesetzlich verpflichtend (EMV-Mindestanforderungen!) - Voraussetzung für das Inverkehrbringen am europäischen Markt 
- **Funktionale Sicherheit:** spezielle Einsatzsituationen von Geräten erfordern für ein Sicheres Funktionieren zusätzliche EMV-Maßnahmen; Hersteller haftet für Schäden, die sein Produkt verursacht - Produkthaftung!
- **Kundenwunsch:** Auftraggeber verlangen die Einhaltung höherer EMV-Anforderungen - Qualitätsmerkmal eines Produkts

## Der Weg zur CE-Kennzeichnung



## EMVV 2006

### BUNDESGESETZBLATT FÜR DIE REPUBLIK ÖSTERREICH

Jahrgang 2006      Ausgegeben am 28. Dezember 2006      Teil II

529. Verordnung:      Elektromagnetische Verträglichkeitsverordnung 2006 – EMVV 2006  
[CELEX-Nr.: 32004L0108]

529. Verordnung des Bundesministers für Wirtschaft und Arbeit und des Bundesministers für Verkehr, Innovation und Technologie über elektromagnetische Verträglichkeit (Elektromagnetische Verträglichkeitsverordnung 2006 – EMVV 2006)

Auf Grund

1. der §§ 2, Abs. 1 und 6, 7, Abs. 1, 5 und 6 und 10, Abs. 2 des Elektrotechnikgesetzes 1992

**Die EMVV 2006 setzt die EMV-RL 2004/108/EG in österreichisches Recht um. Sie besteht aus 21 Paragraphen und V Anhängen.**

## Weitere EU-Richtlinien relevant für EMVG (Auszug)

### R&TTE – Richtlinie (beinhaltet auch den Schutz der Gesundheit)

L 91/10	EN	Official Journal of the European Communities	7. 4. 1999
<b>DIRECTIVE 1999/5/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL</b> of 9 March 1999 on radio equipment and telecommunications terminal equipment and the mutual recognition of their conformity			



### Kfz-EMV – Richtlinie (Typgenehmigung erforderlich!)

13.11.2004	DE	Amtsblatt der Europäischen Union	L 337/13
<b>RICHTLINIE DER KOMMISSION 2004/104/EG</b> vom 14. Oktober 2004 zur Anpassung der Richtlinie 72/245/EWG des Rates über die Funkstörung (elektromagnetische Verträglichkeit) von Kraftfahrzeugen an den technischen Fortschritt und zur Änderung der Richtlinie 70/156/EWG des Rates zur Angleichung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten über die Betriebserlaubnis von Kraftfahrzeugen und Kraftfahrzeuganhängern			



## Richtlinien verweisen auf harmonisierte Europeanormen

**Product Standards (Produktnormen)**  
Grenzwerte für Produkte

**Product Family Standards (Produktfamiliennormen)**  
Grenzwerte für Produktfamilien

**Generic Standards (Fachgrundnormen)**  
Grenzwerte für elektron. Geräte, sofern nicht durch Produkt- oder Produktfamiliennormen abgedeckt

**Basic Standards (Basisnormen):**  
Messverfahren für EMV-Messungen und Prüfschärfegrade

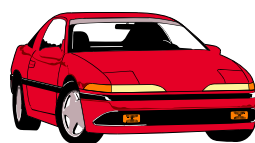


## Welche EMV-Anforderungen muss mein Produkt erfüllen?

- **Gesetzliche** Mindestanforderungen (weltweit unterschiedlich!)
- Zusätzliche Maßnahmen nötig, da ansonsten **funktionale Sicherheit** des Produkts nicht gegeben ist.
- Zusätzliche Anforderungen des **Auftraggebers** z.B. sind sehr häufig für Kfz-Zulieferer „Hausnormen“ der Kfz-Hersteller zu erfüllen
- Spezialanforderungen z.B. MIL-Std., ESA-Std.
- Keine gesetzlichen Anforderungen, aber **Kundenwunsch** z.B. bei ICs



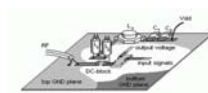
## EMV Anforderungen auf verschiedenen Ebenen



### Fahrzeug-Ebene

RL 2004/104/EG  
CISPR 12  
ISO 11451

EUB-Ebene  
RL 2004/104/EG  
CISPR 25  
ISO 11452  
ISO 7637 / DIN 40839



### IC-Ebene

IEC 61967  
IEC 62132



## Wie wird die Systemverträglichkeit sichergestellt?

### „CONSUMER ELECTRONICS - WELT“

EMV-Gerätegrenzwerte  
harmonisierte EMV-Normen



EMV-Systemverträglichkeit  
nicht sichergestellt

CE + CE = CE

### „DEPENDABILITY - WELT“

EMV-Systemverträglichkeit  
EMV-Systemanalyse



EMV-Anforderungen an  
Systemkomponenten

CE + CE ≠ CE

## Zu EMV - Systemanalyse

CE + CE ≠ CE

Das bedeutet,  
dass der **Nachweis der Konformität durch Anwendung harmonisierter Normen die Störungsfreiheit im praktischen Betrieb nicht garantiert.**



**Ist zum Nachweis der Sicherheit nicht ausreichend!**

## Wer haftet wenn es zu em-Beeinflussungen kommt?



**Hersteller haftet** für Schäden die durch sein Produkt verursacht wurden: **Produkthaftung**

**EMV-Richtlinie** ist keine Sicherheitsrichtlinie!

**“Die Sicherheit von Betriebsmitteln in Bezug auf Menschen, Haustiere oder Vermögenswerte ist nicht Gegenstand der EMV-Richtlinie.“ (Leitfaden, S. 8)**

**Hersteller** muss wissen, ob er für sein spezielles Produkt mehr zu tun hat als die bloße Anwendung harmonisierter Normen

z.B. ist für komplexe, sicherheitskritische Systeme eine EMV-Systemanalyse, wie im MIL-Bereich üblich, anzuraten.

## Ab welcher Phase der Produktentwicklung soll die EMV berücksichtigt werden?



### **Nicht empfehlenswerte Vorgangsweise:**

- Erst kurz vor der Auslieferung eines Produkts wird mit dem EMV-Prüflabor ein Prüftermin vereinbart
- Wenn Produkt nicht konform, wird nachgebessert (Gefahr, dass teures Redesign erforderlich ist)

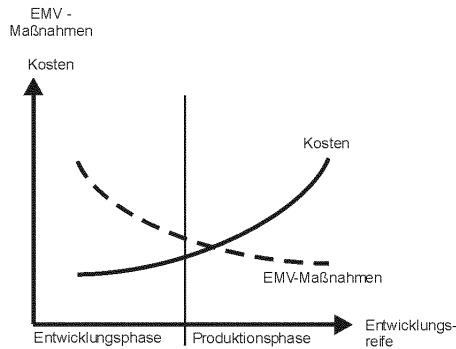
### **Risikoärmerer und meist kostengünstigerer Weg zur EMV:**

- EMV-Planung bereits zu Projektbeginn
- Entwicklungsbegleitende Messungen bereits am ersten Prototyp (**diese sind manchmal bereits in weniger als 1 Stunde zu erledigen!!!**)
- Normgerechte Abnahmemessungen („Produktzertifizierung“)

## Kosten - Nutzen - Überlegung

### Wirtschaftlicher Weg zur EMV:

- Berücksichtigung der EMV bereits in der Entwicklungsphase
- Nur wenn EMV-Probleme sehr früh in der Entwicklungsphase erkannt werden, können diese wirtschaftlich behoben werden
- Nachträgliche Maßnahmen sind meist nur schwierig und mit sehr hohem Kostenaufwand realisierbar!



Bildquelle: B. Deutschmann, K. Lamedschwandner: "EMV-gerechte Entwicklung von ITE-Geräten", Telematik Nummer 1 / 2001, Graz, S. 32 - 33

**Es gilt der Grundsatz: Je später desto teurer!**

## Prüfumfang für typisches Gerät

### Störemission:

Netzberschwingungen, Flicker und Spannungsschwankungen  
Störspannung und / oder Störstrom, Störleistung, Störfeldstärke

### Störfestigkeit:

Störfestigkeit gegen netzfrequente Magnetfelder, Hochfrequenzfelder und Hochfrequenzspannungen

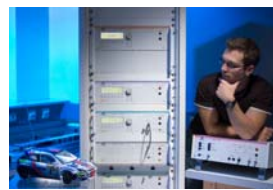
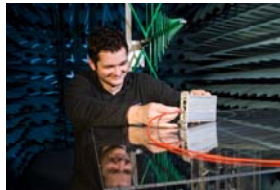
ESD, Burst, Surge

Störfestigkeit gegen Spannungseinbrüche, Kurzzeitunterbrechungen und Spannungsschwankungen

## Mess- und Prüfaufgaben von EMV-Prüflaboratorien

SEIBERSDORF  
LABORATORIES

- Störfestigkeitsprüfungen
- Störaussendungsmessungen
- MIL- und Kfz-Pulse
- Funktechnische Messungen
- Streifenleitungsmethode
- Stromeinspeisung (BCI-Verfahren)



© All rights reserved.  
Kurt Lamedschwandner

FH OÖ Campus Wels  
Seite 41

## EMV-Prüflaboren verfügen über aufwändige Laborausrüstungen

SEIBERSDORF  
LABORATORIES

- Absorberhalle
- Freifeldmessgelände
- Geschirmtes HF - Labor
- Kfz – Prüfplatz
- Netzoverschwingungen und Flicker - Prüfplatz
- TEM - Zellen
- Streifenleitung (Stripline)
- Verstärker, Messempfänger
- Antennen, Feldsonden, Stromzangen, usw.



© All rights reserved.  
Kurt Lamedschwandner

FH OÖ Campus Wels  
Seite 42

## Typische EMV - Antennen



**BIKO**

30 MHz - 200 MHz

**LPDA**

200 MHz - 1 GHz

**BILOG**

30 MHz - 2 GHz

**HORN**

1 GHz - 40 GHz

## Automatisierte Prüfabläufe ermöglichen zeitsparende Messungen



**BILOG Antenne**  
30 MHz - 2 GHz



**Steuersoftware**

**Verstärker**  
80 MHz - 1 GHz

## Spezielle Mess- und Prüfplätze



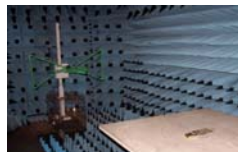
Kfz-Prüfpulse für das Bordnetz



Netzoverschwingungen + Flicker

## Methoden zur Charakterisierung des Abstrahlverhaltens

**Fernfeld:**  
Störfeldstärkemessung in  
Absorberhalle / Freifeldmessgelände



$$E_{Antenne}(f) = \frac{Z_0 \pi f^2}{r_{Antenne} \cdot c_0^2} \cdot \sum_{i=1}^n (I(f)_i \cdot A_i)$$

Enthält Information über  
PCB-Abstrahleigenschaften!

**Nahfeld:**  
Messung mit  
Miniaturfeldsonde



$$U_{Sonde}(f) = N \cdot 2 \pi f \cdot \mu \cdot H(f) \cdot A_{Sonde}$$

$$H(f) = \frac{I(f)}{2 \pi r_{Leiter}}$$

Enthält **keine** Information über  
PCB-Abstrahleigenschaften!

## Störfeldstärkemessung – Fernfeld (1)

30 MHz - 6 GHz\*

\*) Generics: bis 1 GHz

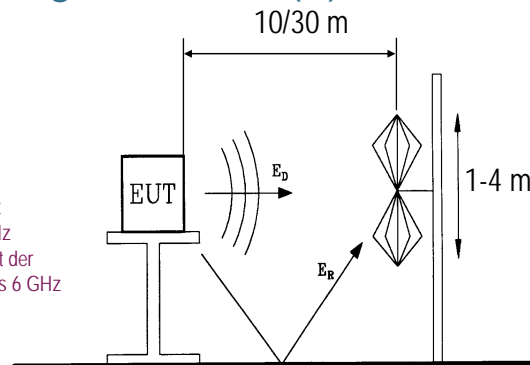
EN 55022:

wenn interne Frequenz < 108 MHz: bis 1 GHz

wenn interne Frequenz 108-500 MHz: bis 2 GHz

wenn interne Frequenz 500-1000 MHz: bis 5 GHz

wenn interne Frequenz > 1 GHz: fünffacher Wert der höchsten internen Frequenz oder bis 6 GHz



Messaufbau nach CISPR 22 auf einem Freifeldmessplatz gemäß CISPR 16-1

## Störfeldstärkemessung – Fernfeld (2)

Das Antennensignal wird mit einem Spektrumanalysator über den gewünschten Frequenzbereich gemessen.

Die Feldstärke errechnet sich durch Addition des Antennenfaktors (frequenzabhängig!) und der Kabeldämpfung (frequenzabhängig!) zum am Spektrumanalysator gemessenen Signal:

$$E \text{ [dB}\mu\text{V/m]} = U \text{ [dB}\mu\text{V]} + AF \text{ [dB/m]} + D \text{ [dB]}$$

$$E \left[ \frac{\text{V}}{\text{m}} \right] = 10^{\left( \frac{E \left( \frac{\text{dB}\mu\text{V}}{\text{m}} \right) - 120}{20} \right)}$$

Mit:

E = Elektrische Feldstärke

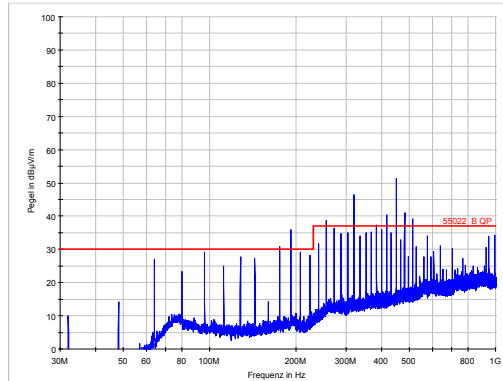
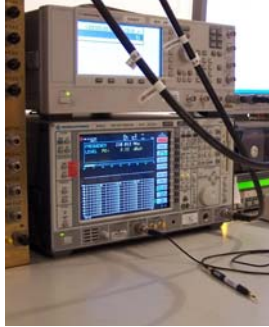
U = Signal am Spektrumanalysatoreingang

AF = Antennenfaktor

D = Kabeldämpfung



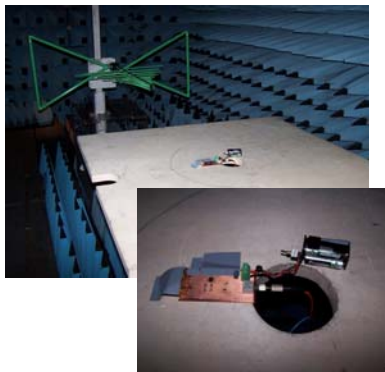
## Beispiel: Ergebnis Störemissionsmessung gestrahlt



Spektrum 30 MHz – 1 GHz, frequenzselektiv, Peakmessung

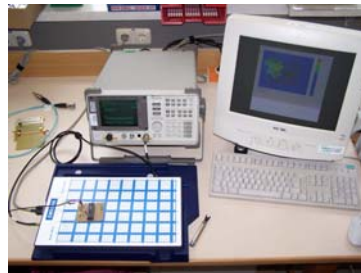
## Beispiel: EMV-Analyse mittels Fernfeld- und Nahfeldmessung

**Fernfeld:**  
Absorberhalle



Fully Anechoic Room (FAR)

**Nahfeld:**  
Nahfeldscanner

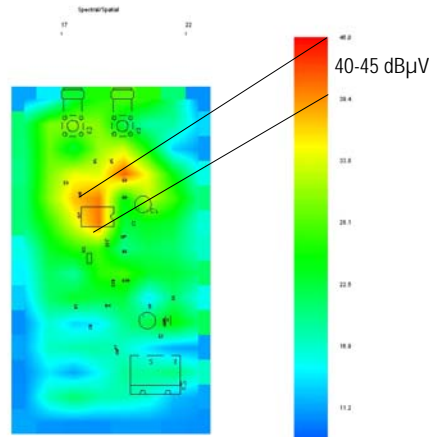
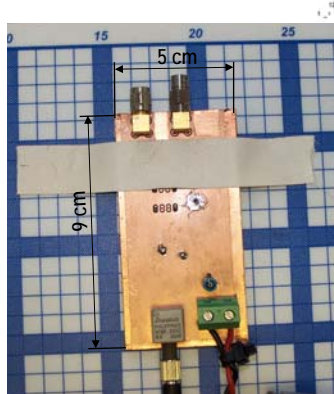


Matrix von  $32 \times 40 = 1280$   
kleinen H-Feld-Sonden

# Beispiel: Nahfeldmessung



## Spatial Scan, 30 MHz – 1 GHz:

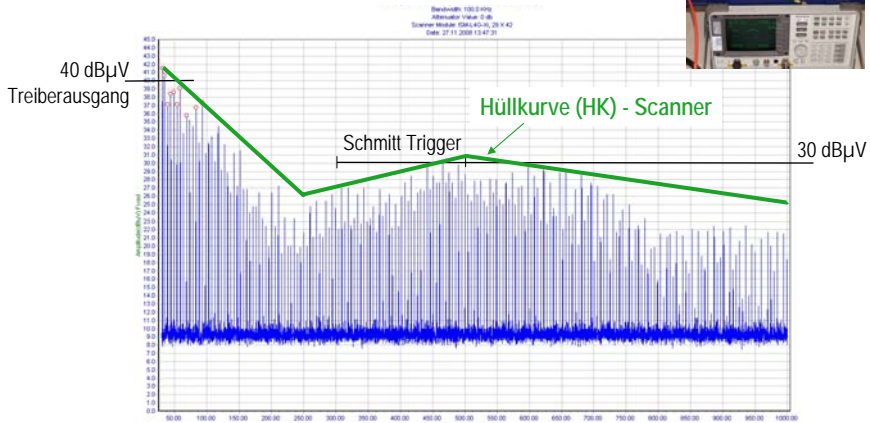


© All rights reserved.  
Kurt Lamedschwandner

# Beispiel: Nahfeldmessung



## Spectral Scan, 30 MHz – 1 GHz:



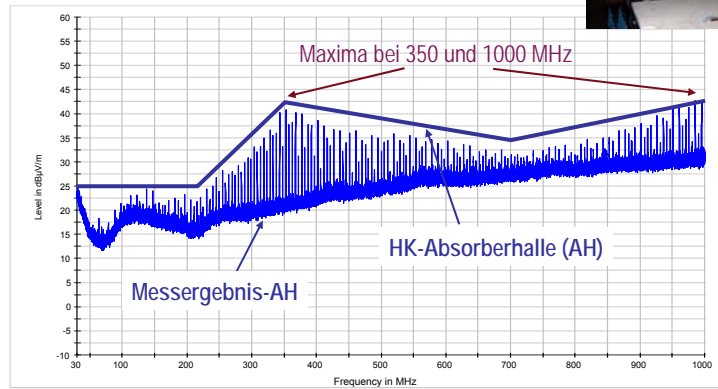
© All rights reserved.  
Kurt Lamedschwandner

## Beispiel: Vergleich mit Messung in Absorberhalle

SEIBERSDORF  
LABORATORIES



### Störemission, 30 MHz – 1 GHz, H-polarisiert:

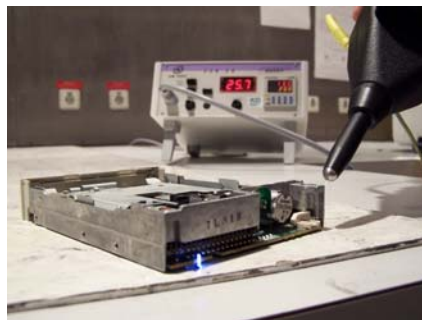


Zu beachten: Obwohl die höchsten Scannerpegel bei 30MHz gemessen wurden, treten die höchsten Störfeldstärkepegel oberhalb von 300MHz auf!

© All rights reserved.  
Kurt Lamedschwandner

## Beispiel: ESD-Prüfung

SEIBERSDORF  
LABORATORIES



Laborprüfung eines Tischgerätes nach EN 61000-4-2

© All rights reserved.  
Kurt Lamedschwandner

FH OÖ Campus Wels  
Seite 54

## Beispiel: Prüfung nach Kfz-EMV-Richtlinie

SEIBERSDORF  
LABORATORIES



Prüfung eines Kabelbaums in der Streifenleitung

© All rights reserved.  
Kurt Lamedschwandner

FH OÖ Campus Wels  
Seite 55

## Beispiel: leitungsgeführte Störfestigkeitsprüfung nach MIL

SEIBERSDORF  
LABORATORIES



Bulk Cable Injection Test CS 116 according to MIL-STD 461

© All rights reserved.  
Kurt Lamedschwandner

FH OÖ Campus Wels  
Seite 56

## Beispiel: gestrahlte Störfestigkeitsprüfung nach MIL

SEIBERSDORF  
LABORATORIES



Radiated Susceptibility Test 1 – 18 GHz according to MIL-STD 461 D/E

© All rights reserved.  
Kurt Lamedschwandner

FH OÖ Campus Wels  
Seite 57

## Beispiel: Störfestigkeitsprüfung eines kommerziellen Gerätes

SEIBERSDORF  
LABORATORIES



EN 61000-6-1  
EN 61000-6-2

Prüfung bis 2,7 GHz!

EMV-Prüfzentrum Seibersdorf

**Präzision ist gefragt:** Sowohl Over- als auch Untertesting sind nicht erwünscht

© All rights reserved.  
Kurt Lamedschwandner

FH OÖ Campus Wels  
Seite 58

## Inhalt

- Begriffsklärung
- Elektromagnetische Felder
- EMV elektronischer Geräte
- **Wirkungen em-Felder auf den Menschen**
- Zusammenfassung und Ausblick
- Anhang: Kontaktdaten und Dienstleistungsangebot



## Em-Feldquellen am Arbeitsplatz (1)

### Exposition von Arbeitnehmern:



Medizinische Anwendungen  
z.B. Diathermiegeräte



Industrielle Anwendungen  
z.B. Plastikschiessgeräte



## Em-Feldquellen am Arbeitsplatz (2)

### Exposition von Arbeitnehmern:



Industrielle Anwendungen

z.B. Elektroschweissgeräte (linkes Bild) und Textiltrocknungsanlage (rechtes Bild)

## Em-Feldquellen in unserer Umwelt (1)

### Exposition der Allgemeinbevölkerung:



Anwendungen im Gewerbe  
z.B. Warensicherungsanlagen



Nachrichtentechnische Anwendungen  
z.B. Sendemast (DVB-T, Richtfunk,...)

## Wirkungen em-Felder auf den Menschen

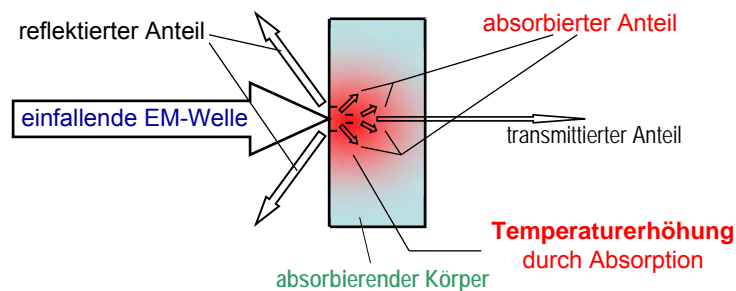
### Effekte durch induzierte Stromdichten:

- Reizwirkung elektrischer Ströme auf Nervenzellen
- Relevant für Frequenzen bis 10 MHz
- Begrenzung der Stromdichten im Zentralnervensystem auf unbedenkliche Werte [ $A/m^2$ ]

### Thermische Wirkungen:

- Mechanismus der „dielektrischen Erwärmung“
- Relevant oberhalb von 100 kHz (keine scharfe Grenze)
- Ausmaß der Leistungsaufnahme im Gewebe wird durch die spezifische Absorptionsrate angegeben => SAR-Wert [ $W/kg$ ]

## Absorption elektromagnetischer Hochfrequenzfelder



### Anteil, der reflektiert / absorbiert / transmittiert wird abhängig von:

- Eigenschaften der einfallenden Welle (Polarisation, Frequenz, Feldstärken)
- Eigenschaften des Körpers (Materialeigenschaften, Orientierung relativ zu Feld, Größe)



## Sicherheitsgrenzwerte

### unterscheiden zwischen:

- Basisgrenzwerten
- Referenzwerten

Basisgrößen beziehen sich auf die eigentliche Wirkgröße im Körper, Referenzgrößen sind physikalische Größen, die einer Messung zugänglich sind.

Auf Basis der vorliegenden wissenschaftlichen Daten kommt die Mehrzahl der internationalen und nationalen Expertengremien zu der Einschätzung, dass bei **Einhaltung der Basisgrenzwerte** nach heutigem Kenntnisstand mit **keinen gesundheitlich nachteiligen Wirkungen zu rechnen** ist.

Dokumente: ICNIRP-Grenzwertempfehlungen, EU-Ratsempfehlung EMF 1999/519/EG, Arbeitnehmerschutzrichtlinie EMF 2004/40/EG, ÖNORM E8850

## Gesetzliche Anforderungen in Europa

### EU-Richtlinie 1999/5/EG: „R&TTE-RL“

RICHTLINIE 1999/5/EG DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES  
vom 9. März 1999  
über Funkanlagen und Telekommunikationsendeinrichtungen und die gegenseitige Anerkennung ihrer Konformität

Fordert den **Schutz der Gesundheit und die Sicherheit des Benutzers und anderer Personen.**

### EU-Richtlinie 2006/95/EG: „Niederspannungs-RL“

RICHTLINIE 2006/95/EG DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES  
vom 12. Dezember 2006  
zur Angleichung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten betreffend elektrische Betriebsmittel zur Verwendung innerhalb bestimmter Spannungsgrenzen

Fordert, dass **die Sicherheit von Menschen und Nutztieren sowie die Erhaltung von Sachwerten nicht gefährdet wird.**

## Beispiel: Zitat aus User Guide eines Handys

CE 168

### DECLARATION OF CONFORMITY:

„We XXX corporation declare under our sole responsibility that the product yy-zz is in conformity with to provisions of the following Council Directive: 1999/5/EC“

### Certification information (SAR):

„THIS DEVICE MEETS INTERNATIONAL GUIDELINES FOR EXPOSURE TO RADIO WAVES.“

„The highest SAR value for this device when tested for use at the ear is 0.52 W/kg.“ (Limit = 2 W/kg)

## Weitere EU-Dokumente für Personenschutz vor EMF

### EU – Ratsempfehlung (→ Allgemeinbevölkerung)

EMPFEBUNG DES RATES  
vom 12. Juli 1999  
zur Begrenzung der Exposition der Bevölkerung gegenüber elektromagnetischen Feldern  
(0 Hz — 300 GHz)  
(1999/519/EG)

### EU – Richtlinie (→ berufliche Exposition)

RICHTLINIE 2004/40/EG DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES  
vom 29. April 2004  
über Mindestvorschriften zum Schutz von Sicherheit und Gesundheit der Arbeitnehmer vor der Gefährdung durch physikalische Einwirkungen (elektromagnetische Felder) (18. Einzelrichtlinie im Sinne des Artikels 16 Absatz 1 der Richtlinie 89/391/EWG)

## EU-Richtlinie 2004/40/EG

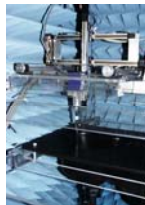
### EMF-Arbeitnehmerschutzrichtlinie:

- Sind Arbeitnehmer elektromagnetischen Feldern ausgesetzt, so hat der Arbeitgeber eine entsprechende Bewertung vorzunehmen, um die Mindestvorschriften zum **Schutz von Sicherheit und Gesundheit** der Arbeitnehmer zu gewährleisten.
- Basiert auf ICNIRP-Guidelines für berufliche Exposition.  
„Basisgrenzwert“ → „Expositionsgrenzwert“; „Referenzwert“ → „Auslösewert“
- Ist bis 30.4.2012 von den Mitgliedstaaten in nationales Recht umzusetzen.
- In Österreich: **„Verordnung Elektromagnetische Felder und Optische Strahlung“** in Vorbereitung

## Expositionsbestimmung (1)

### Messtechnische Methoden:

- Breitbandmessung von Feldstärke oder Leistungsflussdichte
- Frequenzselektive Messung von Feldstärke oder Leistungsflussdichte
- SAR-Bestimmung von mobilen Geräten



## Beispiel: Feldmessung



Präzisionsdipolantenne für  
frequenzselektive Messung

80 MHz – 3 GHz

(Eigenentwicklung Seibersdorf)

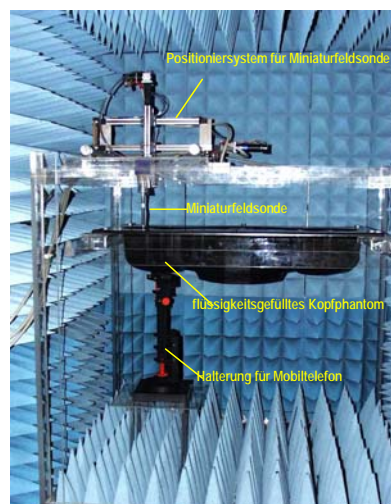


Messanordnung mit freier Sicht auf  
einen DVB-T Sender in Graz

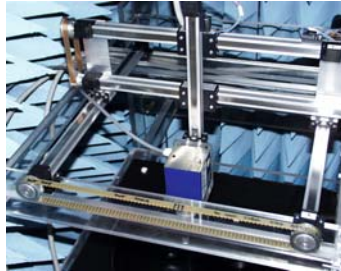
## Beispiel: SAR- Messung

### Messaufbau bestehend aus:

- Miniaturfeldsonde
- Positioniersystem
- Phantom mit gewebesimulierender Flüssigkeit gefüllt (Hirngewebe)
- Mobiltelefonhalterung
- Kommunikation zu Basisstationssimulator
- Spektrumanalysator als Messgerät



## SAR-Messsystem (Details)



3-achsiges  
Positioniersystem für  
Miniaturfeldsonde



Positionierung des  
Mobiltelefons

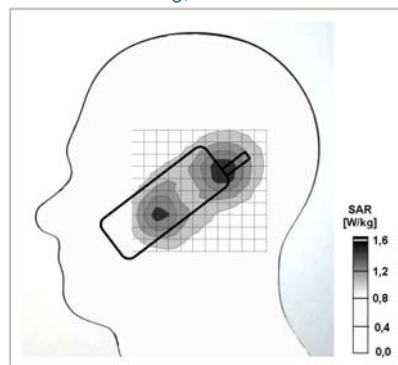
## Ergebnis: SAR-Verteilung im Kopf

$$SAR = \sigma \cdot \frac{|E|^2}{\rho}$$

$\sigma = 0,99 \text{ S/m}$  bei 900 MHz  
 $\sigma = 1,38 \text{ S/m}$  bei 1800 MHz  
 $\rho = 1 \text{ g/cm}^3$ , 10 g entsprechen 10 cm<sup>3</sup>

SAR...Spezifische Absorptionsrate [W/kg]  
 $\sigma$ ...spezifische Leitfähigkeit des exponierten Mediums [S/m]  
 $\rho$ ...Dichte des exponierten Mediums [kg/m<sup>3</sup>]  
 $E$ ...elektrische Feldstärke [V/m]

1800 MHz, linke Kopfhälfte, „cheek“-Position,  
max. Sendeleistung, Bandmitte



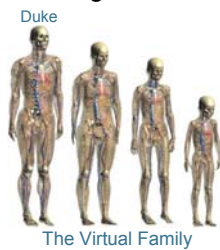
Gemessene SAR-Werte liegen unterhalb des  
Basisgrenzwertes von 2 W/kg.

## Expositionsbestimmung (2)



### Simulationstechnische Methoden:

- Computersimulation von Feldverteilungen in Räumen, Stromdichte oder SAR im Körper
- Verwendung anatomisch korrekter Modelle des Menschen
- Beurteilung nach Basisgrenzwerten (wenn Referenzwerte überschritten sind)



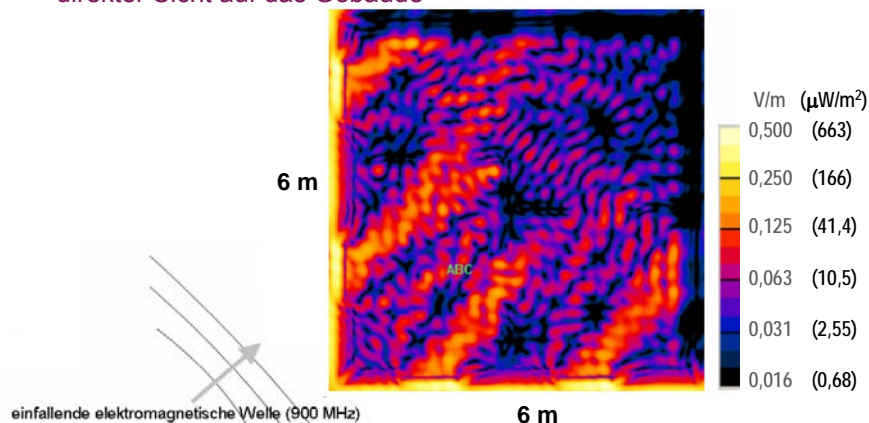
Body model „Duke“: male, 34 years, 70 kg, 174 cm  
Body model „Louis“: male, 14 years, 50 kg, 165 cm

© All rights reserved.  
Kurt Lamedschwandner

FH OÖ Campus Wels  
Seite 75

## Simulationsbeispiel: Feldverteilung im Raum

Szenario: Befeldung von außen durch Mobilfunkbasisstation mit direkter Sicht auf das Gebäude

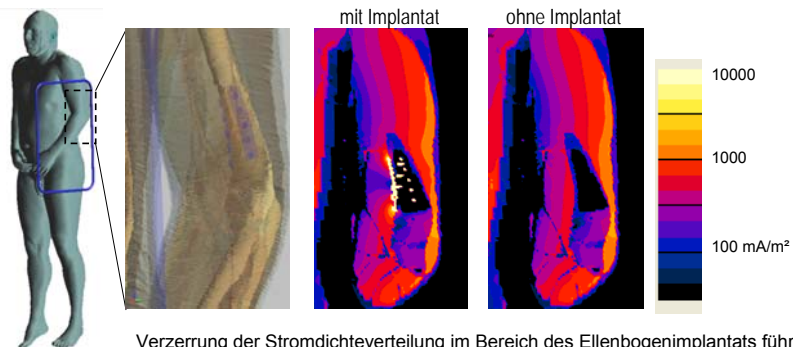


© All rights reserved.  
Kurt Lamedschwandner

FH OÖ Campus Wels  
Seite 76

## Simulationsbeispiel: Stromdichte im Oberarm

Szenario: Oberarm (nach einer Fraktur verschraubt) in der Nähe eines RFID-Zutrittskontrollsystems (125 kHz)



Verzerrung der Stromdichteverteilung im Bereich des Ellenbogenimplantats führt zu erhöhten lokalen Stromdichten.

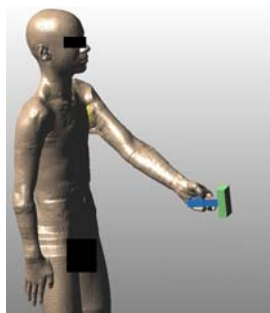
© All rights reserved.  
Kurt Lamedschwandner

FH OÖ Campus Wels  
Seite 77

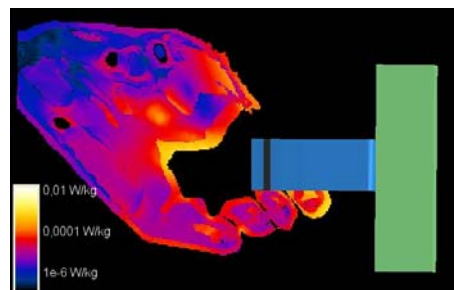
## Simulationsbeispiel: SAR Verteilung in einer Hand

Szenario: NFC Mobiltelefon an NFC reader

- Maximum SAR<sub>10g-averaged</sub>: 6.52 mW/kg (4 W/kg Teilkörper-GW für Extremitäten)



Nokia 6212c in der Hand von „Louis“



SAR Verteilung im Querschnitt der Hand

© All rights reserved.  
Kurt Lamedschwandner

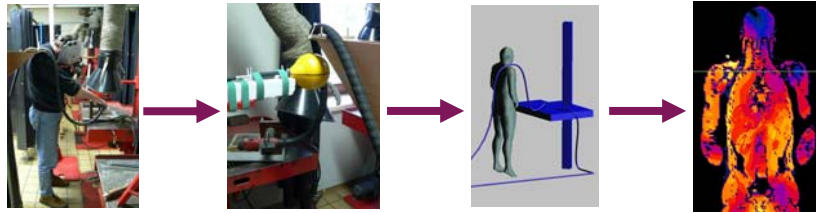
FH OÖ Campus Wels  
Seite 78



## Expositionsbestimmung (3)

### Mess- + simulationstechnisch:

- Wenn Referenzwerte (= Auslösewerte) überschritten sind, ist zu überprüfen, ob auch die Basisgrenzwerte (= Expositions-GW) überschritten sind.
- Ermittlung der Stromdichte im Körper bzw. der SAR mittels numerischer Simulation und geeignetem Körpermodell (z.B. Visible Human).



Nur wenn der Nachweis, dass die Expositionsgrenzwerte eingehalten werden, nicht erbracht werden kann, ist ein Aktionsprogramm des Arbeitgebers erforderlich!

## Technische & persönliche Schutzmaßnahmen

- Bei Überschreitung der Referenzwerte sind technische, organisatorische oder administrative Maßnahmen erforderlich (außer es kann gezeigt werden, dass die Basisgrenzwerte eingehalten werden)
- Abstand zwischen exponierter Person und EMF Quelle vergrößern
- Absenkung oder Vermeidung der Exposition (z.B. Leistungsreduktion, Leitungsanordnung,..)
- reduzierte Aufenthaltsdauer (nur HF Bereich)
- Abschirmungen





## EMF-Arbeitnehmerschutz-RL

**fordert Evaluierung und Maßnahmen zur Vermeidung oder Verringerung von Risiken:**

- Zugangsbeschränkungen
- Warneinrichtungen (hör- und/oder sichtbare)
- Einhaltung von Sicherheitsabständen
- Leistungsreduktion, Abschirmungen, reduzierte Aufenthaltsdauer,...



## Inhalt

- Begriffsklärung
- Elektromagnetische Felder
- EMV elektronischer Geräte
- Wirkungen em-Felder auf den Menschen
- **Zusammenfassung und Ausblick**
- Anhang: Kontaktdaten und Dienstleistungsangebot



## Zusammenfassung (1)

- Für ein **sicheres Funktionieren** komplexer Systeme ist das frühzeitige Erkennen potentieller EMV-Probleme Grundvoraussetzung! („Vorbeugen ist besser als Heilen“)
- **Richtlinienkonformität (inkludiert EMV-Konformität)** ist Voraussetzung für das Inverkehrbringen elektrischer/elektronischer Geräte am europäischen Markt (CE-Kennzeichnung)!
- EMV bereits bei der **Projektplanung** berücksichtigen - EMV-Anforderungen vor Projektbeginn abklären, evt. externe Normenberatung in Anspruch nehmen, EMV-Plan erstellen um Kostenminimierung zu erreichen!

## Zusammenfassung (2)

- Ohne **vorbeugende Berücksichtigung der EMV**, besteht die Gefahr, dass teure Redesigns erforderlich werden (entwicklungsbegleitende Messung der EMV-Eigenschaften)!
- Die **funktionale Sicherheit** erfordert das frühzeitige Erkennen potentieller EMV-Gefahren (Produkthaftung)!
- Bei **Einhaltung der Personenschutzgrenzwerte** ist nach heutigem Kenntnisstand mit **keinen gesundheitsrelevanten Effekten** zu rechnen.
- Adequate **Risikokommunikation** hilft die **Akzeptanz** neuer Funktechnologien zu **erhöhen**.

## Ausblick

### Bedeutung der EMV wird steigen wegen:

- höherer Arbeitsgeschwindigkeiten/Taktraten bei Signalübertragung
- höherer Integrationsdichten (in Geräten, auf PCBs, auf ICs)
- zunehmender Anzahl potentieller Störquellen (UMTS,...)
- zunehmender Komplexität von Systemen

### Wichtigkeit von EMF wird zunehmen wegen:

- neue Technologien, drahtlose Vernetzung nimmt zu (z.B. „Internet der Dinge“)
- steigende Anzahl von Implantaten - Wechselwirkung mit Feldern
- Neue gesetzliche Anforderungen z.B. EMF- Arbeitnehmerschutzrichtlinie 2004/40/EG



Danke für Ihre Aufmerksamkeit!



## Folien zum Vortrag



Den Vortrag finden Sie auf unserer Homepage unter:  
<http://www.seibersdorf-laboratories.at/downloads>

## Inhalt

- Begriffsklärung
- Elektromagnetische Felder
- EMV elektronischer Geräte
- Wirkungen em-Felder auf den Menschen
- Zusammenfassung und Ausblick
- **Anhang: Kontaktdaten und Dienstleistungsangebot**



## Anhang Kontaktdaten + Dienstleistungsangebot

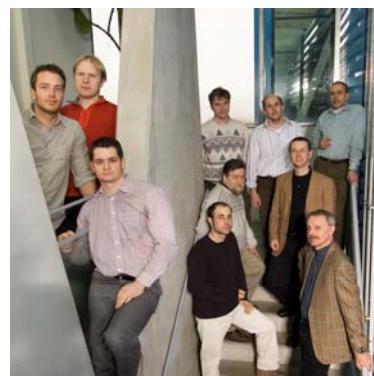


Seibersdorf Labor GmbH, 2444 Seibersdorf

## EMV-Prüfzentrum Seibersdorf (1)

**Bei Fragen einfach anrufen.  
Wir beraten Sie gerne!**

**Kurt Lamedschwandner**, Klappe 2805  
**Hans Preineder**, Klappe 2808  
**Thomas Nakovits**, Klappe 2561  
**Benjamin Petric**, Klappe 2818  
**Michael Szobel**, Klappe 2564  
**Tel.: +43 (0)50550 - Klappe**



## EMV-Prüfzentrum Seibersdorf (2)

SEIBERSDORF  
LABORATORIES

### Dienstleistungsportfolio:

- EMV - Rechts- und Normungsberatung
- EMV – Analyse bei auftretenden Störungen
- Entwicklungsbegleitende Messungen
- Unterstützung bei der EMV gerechten Geräteentwicklung
- CE - Konformitätsprüfungen
- Wiss. Untersuchungen der EMV komplexer Systeme
- Vor-Ort-EMV-Messungen an Anlagen
- EMV - Prüfungen für Kfz-Elektronik
- Mobilfunkmessungen
- Störfestigkeitsuntersuchungen elektronischer Implantate



© All rights reserved.  
Kurt Lamedschwandner

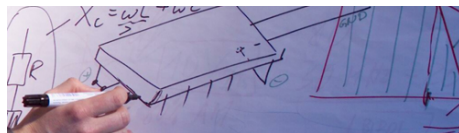
FH OÖ Campus Wels  
Seite 91

## EMV-Prüfzentrum Seibersdorf (3)

SEIBERSDORF  
LABORATORIES

### Gut geschultes Personal

- mit jahrelanger Erfahrung in EMV- und Funkmesstechnik
- welches Sie über den Letztstand der gesetzlichen und normativen Anforderungen bestmöglich beraten kann
- und Ihnen gerne bei der Geräteentwicklung mit Rat und Tat zur Seite steht



© All rights reserved.  
Kurt Lamedschwandner

FH OÖ Campus Wels  
Seite 92

## EMV-Prüfzentrum Seibersdorf (4)



### In Europa und USA anerkannte Prüfberichte:

- Akkreditierte Prüfstelle Nr. 312 (seit 1995)
- Benannte Stelle Nr. 0438 nach EMV-Richtlinie
- Notifiziertes Prüflabor nach Kfz-EMV-Richtlinie
- FCC gelistetes Labor Nr. 285819



## Seminare unserer Akademie



### EMV-Seminarreihe:

Module 1 bis 5, einzeln oder gesamt buchbar  
Nächster Termin: 5. und 6. sowie 18. bis 20. Mai 2011

### EMV-Auffrischkurs:

Nächster Termin: 27. Mai 2011

### EMF-Seminarreihe:

Module 1 bis 3, einzeln oder gesamt buchbar  
Nächster Termin: 27. bis 29. Juni 2011

**Details entnehmen Sie bitte dem Kursprogramm der Seibersdorf Academy**  
<http://www.seibersdorf-laboratories.at/produkte-services/academy>

## Internetinfos?

SEIBERSDORF  
LABORATORIES

EMV-Prüfzentrum

SEIBERSDORF LABORATORIES

HOME ÜBER UNS PRODUKTE / SERVICES VERANSTALTUNGEN DOWNLOADS NEWS KONTAKT EN

Produkte / Services

- Akademie
- Chemikalanalyse
- Elektromagnätschutz
- **Verträglichkeit**
- VPE-Design
- Zulassungsaufbau
- Metallische Folien
- Verdrahtungs- und Schutzmaßnahmen
- Laser & optische Strahlung
- Radiation Safety and Assurances
- Testzellen

### Elektromagnetische Verträglichkeit / EMV-Prüfzentrum

Elektrische und elektronische Geräte und Systeme müssen strengen Anforderungen hinsichtlich ihrer elektromagnetischen Abstrahlung sowie ihrer Störfestigkeit gegen solche Felder entsprechen und eine CE-Kennzeichnung tragen.

Forschungs- und Entwicklungs- Dienstleistungen

- Elektromagnetische Verträglichkeit von Geräten
- Konformitätsprüfung
- Funktionelle Messungen
- KFZ - EMV - Prüfungen

Suchbox

Kontakt

Dipl.-Ing. Dr. Kurt Lamedschwandner, MBA  
T + 43 (0) 50550-2850  
F + 43 (0) 50550-2851  
k.lamedschwandner@seibersdorf-lab.com

Akkreditierte Prüfstelle

Die Fachnormen-Systeme Mobilkommunikation betreibt seit 1995 eine akkreditierte Prüfstelle für elektromagnetische Verträglichkeit.

Mitglied der IEEE EMC Society

Ziel des Internationalen EMC Chapters ist es, den internationalen Meinung- und Erfahrungsaustausch zwischen EMV-Ingenieuren zu fördern.

Auf unserer Homepage finden Sie weitere Infos und Links zum Thema: <http://www.seibersdorf-laboratories.at/emv>

## Weitere Internetinfos?

SEIBERSDORF

SEIBERSDORF LABORATORIES

HOME ÜBER UNS PRODUKTE / SERVICES VERANSTALTUNGEN DOWNLOADS NEWS KONTAKT EN

Produkte / Services

- Akademie
- Chemikalanalyse
- Elektromagnätschutz
- **Verträglichkeit**
- VPE-Design
- Zulassungsaufbau
- Metallische Folien
- Verdrahtungs- und Schutzmaßnahmen
- Laser & optische Strahlung
- Radiation Safety and Assurances
- Testzellen

### Elektromagnetische Verträglichkeit von Geräten

Elektronische Geräte und Systeme werden zunehmend komplex. Der Trend geht dabei in Richtung höhere Integrationsdichte, schnellere Komponenten und stärkere Vernetzung.

Damit solche Geräte und Systeme in Europa in Verkehr gebracht werden dürfen, haben diese strenge EMV-Anforderungen zu erfüllen. EU-Richtlinien legen die gesetzlichen Mindestanforderungen fest, die Produktentwicklung den Stand der Wissenschaft und Technik. Die Verantwortung dafür liegt beim Hersteller.

Wir verfügen über mehr als 15 Jahre Erfahrung bei der EMV-Konformitätsbewertung elektronischer Geräte und Systeme und beraten Sie gerne. Mit unseren modernen Messplätzen können wir EMV-Messungen bis 40 GHz durchführen. In unserem akkreditierten Prüflabor bieten wir flexible Prüfpläne, kurze Durchlaufzeiten sowie europaweit anerkannte Prüfzertifikate!

Darüberhinaus unterstützen wir Sie gerne bei der Erarbeitung und Haltung Ihrer Produkte und bei EMV-Problemlösungen in Ihren Forschungs- und

Suchbox

Kontakt

Dipl.-Ing. Dr. Kurt Lamedschwandner, MBA  
T + 43 (0) 50550-2850  
F + 43 (0) 50550-2851  
k.lamedschwandner@seibersdorf-lab.com

Ing. Hans Pflümel  
T + 43 (0) 50550-2858  
F + 43 (0) 50550-2858  
h.pfluel@seibersdorf-lab.com

DEMYT Mitglied

Das Deutsche Institut für Technische EMV (DEMYT) ist eine gemeinnützige Einrichtung für die Förderung der EMV-Forschung und -Entwicklung. DEMYT ist ein Mitglied der IEEE EMC Society.

EMV

Link zur DEMVT: <http://www.demvt.de>



## Interesse an Meinungs- und Erfahrungsaustausch zum Thema EMV?

SEIBERSDORF  
LABORATORIES



### Falls ja:

- werden Sie Mitglied der internationalen IEEE EMC-Society!
- nehmen Sie an den Veranstaltungen des Austria Chapters teil (Mitgliedschaft ist keine Bedingung für Teilnahme)
- IEEE EMC Austria Chapter: <http://ieee.ict.tuwien.ac.at/content/view/35/64/>



2009 Graz



2010 Seibersdorf



2010 Seibersdorf

© All rights reserved.  
Kurt Lamedschwandner

FH OÖ Campus Wels  
Seite 97

## EMV-Fachtagung



SEIBERSDORF  
LABORATORIES

findet jährlich statt – wechselweise am Campus  
Seibersdorf und an der TU-Graz:

SEIBERSDORF  
LABORATORIES

OVE akademie



Letzte EMV-Fachtagung, Frühjahr 2010, Seibersdorf:  
<http://www.seibersdorf-laboratories.at/produkte-services/elektromagnetische-vertraeglichkeit/veranstaltungen-und-schulungen/emv-fachtagung-2010.html>

Nächste EMV-Fachtagung, Frühjahr 2011, TU-Graz

© All rights reserved.  
Kurt Lamedschwandner

FH OÖ Campus Wels  
Seite 98

**Dipl.-Ing. Dr.techn. Kurt Lamedschwandner, M.B.A.**  
SEIBERSDORF LABORATORIES

Seibersdorf Labor GmbH, 2444 Seibersdorf, Austria  
T +43 (0) 50 550-2805, F +43 (0) 50 550-2881  
kurt.lamedschwandner@seibersdorf-laboratories.at  
[www.seibersdorf-laboratories.at](http://www.seibersdorf-laboratories.at)