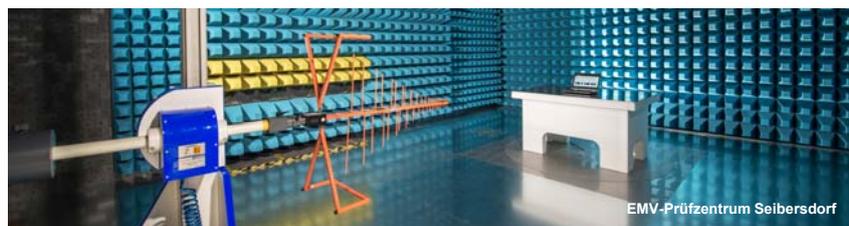


Einführung in die EMV-Geräteprüfung

Besuch HTL-Mödling im EMV-Prüfzentrum Seibersdorf, 17. 2. 2020

Dr. Kurt Lamedschwandner, Fachbereichsleiter EMV, Seibersdorf Labor GmbH

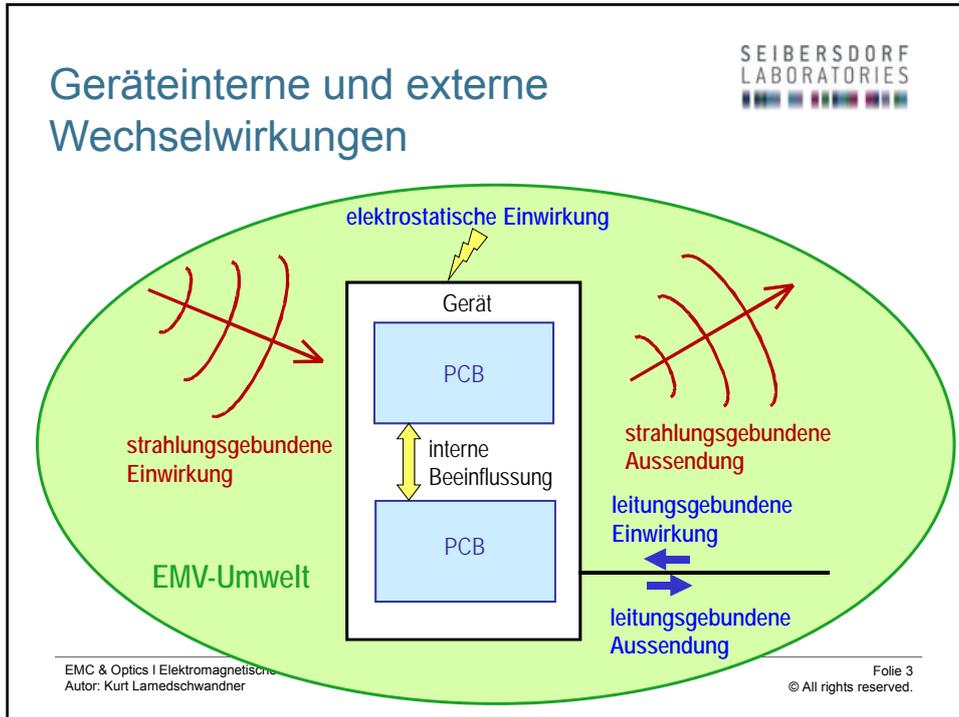


www.seibersdorf-laboratories.at/produkte/elektromagnetische-felder

Inhalt

Einführung in die EMV-Geräteprüfung

- Was ist EMV? - Fachbegriffe und EMV-Definition
- EMV-Normen & Vorschriften – ein kurzer Einblick
- EMV-Messtechnik, Prüflabor & Akkreditierung
- Schirmwirkung von Gerätegehäusen
- Zusammenfassung & Literatur



EMV-Störphänomene*

Störemission:	Störfestigkeit gegen:
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Störfeldstärke 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 50 / 60 Hz Magnetfelder ▪ HF-Felder <p style="text-align: right;">gestrahlt</p>
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Netzrückwirkungen ▪ Störspannung ▪ Störstrom ▪ Störleistung 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ HF-Spannungen ▪ ESD, Burst, Surge ▪ Spannungseinbrüche, Kurzzeitunterbrechungen und Spannungsschwankungen <p style="text-align: right;">leitungsgeführt</p>

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

SEIBERSDORF
LABORATORIES

Folie 4
© All rights reserved.

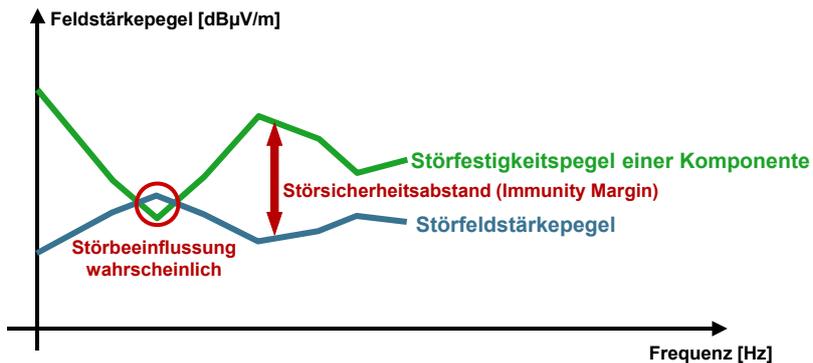
EMC & Optics | Elektromagnetische Verträglichkeit
Autor: Kurt Lamedschwandner

Störsicherheitsabstand

SEIBERSDORF
LABORATORIES

Störbeeinflussung dann wahrscheinlich, wenn kein Störsicherheitsabstand eingehalten wird.

Ziel: EM-Verträglichkeit (EMV) sicherstellen und EM-Störbeeinflussungen (EMB) vermeiden.



EMC & Optics | Elektromagnetische Verträglichkeit
Autor: Kurt Lamedschwandner

Folie 5
© All rights reserved.

EMV - Definition

SEIBERSDORF
LABORATORIES

“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.”

„Verträglichkeitsprinzip“

EMC & Optics | Elektromagnetische Verträglichkeit
Autor: Kurt Lamedschwandner

Folie 6
© All rights reserved.

Inhalt

Einführung in die EMV-Geräteprüfung

- Was ist EMV? - Fachbegriffe und EMV-Definition
- EMV-Normen & Vorschriften – ein kurzer Einblick
- EMV-Messtechnik, Prüflabor & Akkreditierung
- Schirmwirkung von Gerätegehäusen
- Zusammenfassung & Literatur

Seit 20. 4. 2016 in Kraft: 3. EMV-Richtlinie

29.3.2014	DE	Amtsblatt der Europäischen Union	L 96/79
RICHTLINIE 2014/30/EU DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 26. Februar 2014 zur Harmonisierung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten über die elektromagnetische Verträglichkeit (Neufassung) (Text von Bedeutung für den EWR)			
DAS EUROPÄISCHE PARLAMENT UND DER RAT DER EUROPÄISCHEN UNION —		Rechtsvorschriften angewandt werden sollen, um eine einheitliche Grundlage für die Überarbeitung oder Neufassung dieser Rechtsvorschriften zu bieten. Die Richtlinie 2004/108/EG sollte an diesen Beschluss angepasst werden.	
gestützt auf den Vertrag über die Arbeitsweise der Europäischen Union, insbesondere auf Artikel 114,		(4) Die Mitgliedstaaten sollten gewährleisten, dass Funkdienstnetze, einschließlich Rundfunkempfang und Amateurfunkdienst, die gemäß der Vollzugsordnung für den Funkdienst der Internationalen Fernmeldeunion (ITU) betrieben werden, Stromversorgungs- und Telekommunikationsnetze sowie die an diese Netze angeschlossene Geräte gegen elektromagnetische Störungen geschützt wer-	
auf Vorschlag der Europäischen Kommission,			
nach Zuleitung des Entwurfs des Gesetzgebungsakts an die nationalen Parlamente,			

Gegenstand der Richtlinie ist so wie bisher die EMV von Betriebsmitteln.
 Sie besteht aus 6 Kapiteln mit 47 Artikeln und VI Anhängen.

Wesentliche Anforderungen der EMV-Richtlinie



1. Allgemeine Anforderungen (vormals Schutzanforderungen):

„Betriebsmittel müssen nach dem Stand der Technik so entworfen und gefertigt sein, dass

- a) die von ihnen verursachten **elektromagnetischen Störungen** keinen Pegel erreichen, bei dem ein bestimmungsgemäßer Betrieb von Funk- und Telekommunikationsgeräten oder anderen Betriebsmitteln nicht möglich ist;
- b) sie gegen die bei bestimmungsgemäßem Betrieb zu erwartenden elektromagnetischen Störungen **hinreichend unempfindlich** sind, um ohne unzumutbare Beeinträchtigung bestimmungsgemäß arbeiten zu können."

EMVV 2015



BUNDESGESETZBLATT FÜR DIE REPUBLIK ÖSTERREICH

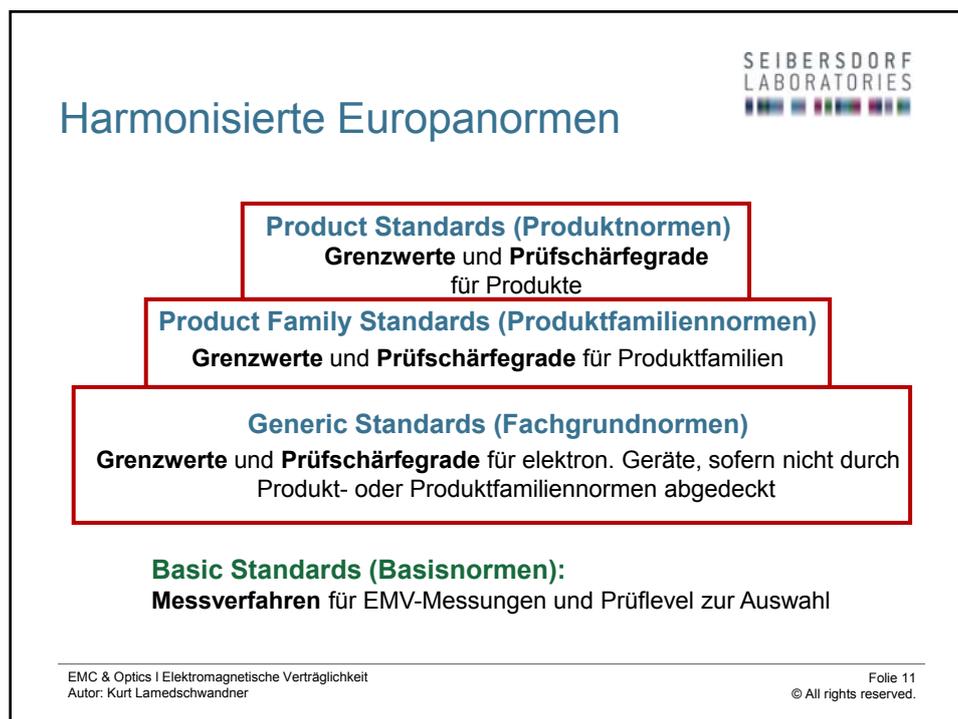
Jahrgang 2016 Ausgegeben am 22. Jänner 2016 Teil II

22. Verordnung: Elektromagnetische Verträglichkeitsverordnung 2015 – EMVV 2015
[CELEX-Nr.: 32014L0030]

22. Verordnung des Bundesministers für Wissenschaft, Forschung und Wirtschaft über
elektromagnetische Verträglichkeit (Elektromagnetische
Verträglichkeitsverordnung 2015 – EMVV 2015)

Die EMVV 2015 setzt die EMV-RL 2014/30/EU in österreichisches Recht um.
Sie besteht aus 26 Paragraphen und IV Anhängen.

Die **allgemeinen Teile** sind im **ETG 1992 idF Novelle 2017 umgesetzt!!!**
z.B. §9a/b/c/d Pflichten der Hersteller/Bevollmächtigte/Einführer/Händler; §9g
Marktüberwachung; §9j Marktüberwachungsmaßnahmen;...



SEIBERSDORF
LABORATORIES

Beispiele für Produktfamiliennormen

Produktgruppe	Störemission	Störfestigkeit
▪ Industrielle, wiss. und med. Geräte (ISM)	EN 55011	Generics
▪ Haushaltsgeräte, Elektrowerkzeuge u.ä.	EN 55014-1	EN 55014-2
▪ Beleuchtungseinrichtungen	EN 55015	EN 61547
▪ Rundfunk, Fernsehen, Unterhaltungselektronik	EN 55013	EN 55020
▪ Informationstechnische Einrichtungen (ITE)	EN 55022	EN 55024
▪ Audio- und Videoeinrichtungen	EN 55103-1	EN 55103-2
	Zusammengefasst zu Multimedia-Produktfamiliennormen EN 55032	EN 55035

EMC & Optics | Elektromagnetische Verträglichkeit
Autor: Kurt Lamedschwandner © All rights reserved.

Multimedia-Produktfamilienorm EN 55032



**ÖVE/ÖNORM
EN 55032**
Ausgabe: 2016-03-01

**Elektromagnetische Verträglichkeit von
Multimediageräten und -einrichtungen –
Anforderungen an die Störaussendung**
(CISPR 32:2015)

Electromagnetic compatibility of multimedia equipment –
Emission Requirements
(CISPR 32:2015)

Compatibilité électromagnétique des équipements multimédia –
Exigences d'émission
(CISPR 32:2015)

Multimedia-Produktfamilienorm EN 55035



OVE EN 55035
Ausgabe: 2018-05-01

**Elektromagnetische Verträglichkeit von
Multimediageräten –
Anforderungen zur Störfestigkeit**
(CISPR 35:2016, modifiziert)

Electromagnetic compatibility of multimedia equipment –
Immunity requirements
(CISPR 35:2016, modified)

Compatibilité électromagnétique des équipements multimédia –
Exigences d'immunité
(CISPR 35:2016, modifiée)

Weitere EMV-Normen



Neben den harmonisierten ENs gibt es auch noch viele andere EMV-Normen:

Militär Luft- und Raumfahrt:

- MIL-Standard MIL-STD 461, Department of Defense, USA
- NATO-Standard AECTP 500
- VG-Normenwerk, Deutschland
- Luftfahrt-Standard RTCA DO-160
- ESA-Standard

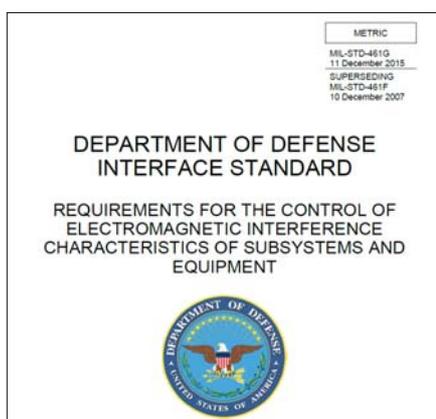
Kraftfahrzeuge:

- Für Typgenehmigung: UN/ECE Reg.No.10, ISO 7637-2, ISO 11452-x,...
- Werksnormen der Kfz-Hersteller wie z.B. VW TL 80000, Volvo Note Spec 31850329, Renault 36-00-808/--N,...

Integrierte Schaltungen:

- IEC 61967 (Emission) und IEC 62132 (Störfestigkeit)

US-MIL-STD 461



Requirement	Description
CE101	Conducted Emissions, Audio Frequency Currents, Power Leads
CE102	Conducted Emissions, Radio Frequency Potentials, Power Leads
CE106	Conducted Emissions, Antenna Port
CS101	Conducted Susceptibility, Power Leads
CS103	Conducted Susceptibility, Antenna Port, Intermodulation
CS104	Conducted Susceptibility, Antenna Port, Rejection of Undesired Signals
CS105	Conducted Susceptibility, Antenna Port, Cross-Modulation
CS109	Conducted Susceptibility, Structure Current
CS114	Conducted Susceptibility, Bulk Cable Injection
CS115	Conducted Susceptibility, Bulk Cable Injection, Impulse Excitation
CS116	Conducted Susceptibility, Damped Sinusoidal Transients, Cables and Power Leads
CS117	Conducted Susceptibility, Lightning Induced Transients, Cables and Power Leads
CS118	Conducted Susceptibility, Personnel Borne Electrostatic Discharge
RE101	Radiated Emissions, Magnetic Field
RE102	Radiated Emissions, Electric Field
RE103	Radiated Emissions, Antenna Spurious and Harmonic Outputs
RS101	Radiated Susceptibility, Magnetic Field
RS103	Radiated Susceptibility, Electric Field
RS105	Radiated Susceptibility, Transient Electromagnetic Field

Inhalt

Einführung in die EMV-Geräteprüfung

- Was ist EMV? - Fachbegriffe und EMV-Definition
- EMV-Normen & Vorschriften – ein kurzer Einblick
- EMV-Messtechnik, Prüflabor & Akkreditierung
- Schirmwirkung von Gerätegehäusen
- Zusammenfassung & Literatur

Anforderungen an Prüflabore

Voraussetzung für die Durchführung normkonformer, akkreditierter Prüfungen:

- **Kompetentes, unabhängiges Personal** für die Durchführung aller **Verfahren im Akkreditierungsumfang**
- Kenntnis und Verfügbarkeit der **aktuellen Rechtsdokumente** (Gesetze, Verordnungen, Leitfäden) **und Prüfnormen** für die unterschiedlichen Produktkategorien (Kfz, Bahn, Funk, MIL, ...)
- Verfügbarkeit qualitativ hochwertiger **Prüfinfrastruktur** (regelmäßig kalibrierte und gewartete Messmittel)
- QM-System und Nachweis der Anforderungen an die Kompetenz durch **Akkreditierung**

Normative Basis für Prüflabore

ÖVE/ÖNORM EN ISO/IEC 17025:2017

- Englische Fassung der neuen ISO/IEC 17025:2017-11 „General requirements for the competence of testing and calibration laboratories“ am 30.11.2017 veröffentlicht. Deutsche Fassung im Februar 2018.
- Legt die Anforderungen an Prüf- und Kalibrierlaboratorien fest.
- **Kompetenz** der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, **Objektivität**, **Unparteilichkeit** und **Vertraulichkeit** sind die zentralen Anforderungen!



Gesetzliche Grundlage in Ö

AKKREDITIERUNGSGESETZ (AkkG 2012)

- Bundesgesetz über die Akkreditierung von Konformitätsbewertungsstellen
- BGBl. I Nr. 28/2012, zuletzt geändert durch BGBl. I Nr. 40/2014
- in Ergänzung zur VO 765/2008



Beispiele für Messmittel (1)



SAC

Daten & Fakten:

- SAC mit 3 m Messstrecke und höhenverstellbarem Mast (1 - 4 m) mit Tilting-Funktion für EN, ETSI, FCC,...
- 9,1 m x 6,4 m x 6,0 m (L x B x H)
- Ferritabsorber- und partielle Hybridabsorber-Auskleidung



Automotive SAC (ACTC)

Daten & Fakten:

- ACTC – Automotive Component Testing Chamber mit 1 m / 3 m Messstrecke
- Auch für Messungen nach MIL-STD, ...
- 6,4 m x 5,5 m x 3,8 m (L x B x H)
- Ferritabsorber- und partielle Hybridabsorber-Auskleidung

Beispiele für Messmittel (2)



FAR

Daten & Fakten:

- Auskleidung mit Schaumstoffpyramidenabsorbieren auf allen 6 Flächen
- Bis zu 3 m Messstrecke
- 8,5 m x 4,3 m x 4,3 m (L x B x H)
- Nur mehr für experimentelle Messungen im Einsatz

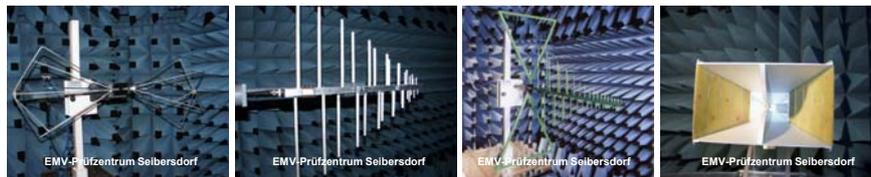


OATS

Daten & Fakten:

- Bis zu 10 m Messstrecke
- Elektrisch gut leitende, ebene Bodenfläche
- Keine Objekte in der näheren Umgebung
- Probleme: Fremdfelder, Witterung

EMV - Antennen

**BIKO**

20 MHz - 300 MHz

LPDA

200 MHz - 1 GHz

BILOG

30 MHz - 2 GHz

HORN1 GHz - 18 GHz
18 GHz - 40 GHz

Weitere Messmittel

- Geschirmte Räume für leitungsgeführte Messungen
- TEM-Zellen
- Streifenleitung (Stripline)
- Prüfplätze: Automotive-Pulse, Netzoverschwingungen und Flicker, ...
- Signalgeneratoren, Messempfänger, Verstärker, Netznachbildungen (LISNs), Stromzangen, Feldsonden usw.



EMV-Prüfumfang für typisches Gerät (1)

Störemission (Frequenzbereich ziviler Normen):

- Netzurückwirkungen (<10 Hz - 2 kHz)
- Störspannung (150 kHz - 30 MHz)
- Störstrom (150 kHz - 30 MHz)
- Störleistung (30 MHz - 300 MHz)
- Störfeldstärke (30 MHz - 6 GHz)

EMV-Prüfumfang für typisches Gerät (2)

Störfestigkeit (Frequenzbereich ziviler Normen):

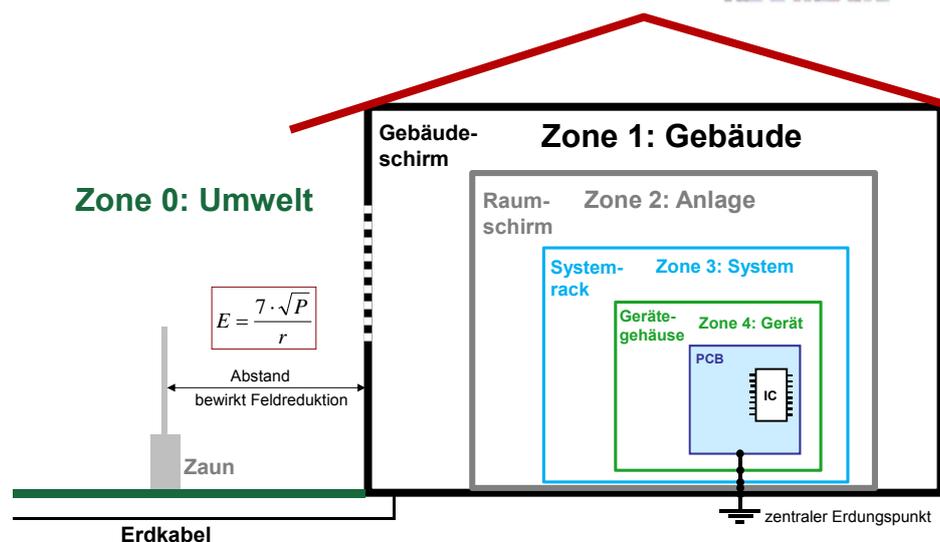
- Störfestigkeit gegen netzfrequente Magnetfelder (50/60 Hz)
- Störfestigkeit gegen Hochfrequenzspannungen (150 kHz - 80 MHz)
- Störfestigkeit gegen Hochfrequenzfelder (80 MHz – 6 GHz)
- ESD, Burst (energiearm), Surge (energiereich)
- Störfestigkeit gegen Spannungseinbrüche, Kurzzeitunterbrechungen und Spannungsschwankungen

Inhalt

Einführung in die EMV-Geräteprüfung

- Was ist EMV? - Fachbegriffe und EMV-Definition
- EMV-Normen & Vorschriften – ein kurzer Einblick
- EMV-Messtechnik, Prüflabor & Akkreditierung
- Schirmwirkung von Gerätegehäusen
- Zusammenfassung & Literatur

Maßnahme Zonenkonzept

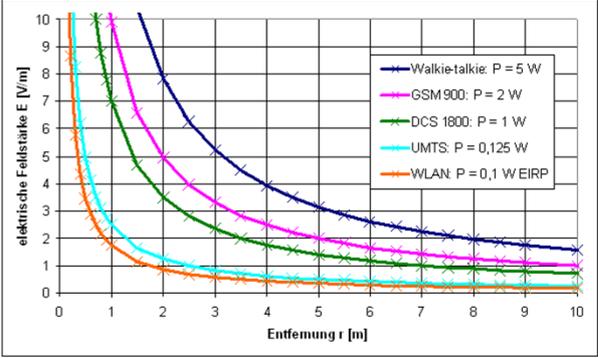




Entfernungsgesetz

Sendestationen:
 TV-Kahlenberg: 1600 kW
 KW-Moosbrunn: 500 kW
 Mobilfunk: typ. 10 W; bis 50 W
 WLAN-Access Points: 100 mW

Geräte:
 TETRA: bis 10 W
 GSM 900: bis 2 W
 GSM 1800: bis 1 W
 DECT: 250 mW
 UMTS: 125 mW
 WLAN Devices: 100 mW
 Bluetooth: meist 1 – 2,5 mW



$$E = \frac{7 \cdot \sqrt{P}}{r} = \frac{7 \cdot \sqrt{2}}{0,1} \approx 100 \frac{V}{m}$$

EMC & Optics | Elektromagnetische Verträglichkeit
Autor: Kurt Lamedschwandner

Folie 31
© All rights reserved.



Herleitung der Formel für die Abschätzung der Feldstärke

im Fernfeld eines Senders mit bekannter Leistung: $E \approx \frac{7 \cdot \sqrt{P}}{r}$

Wirkleistungstransport: $S = E \cdot H$

Feldwellenwiderstand: $Z_0 = \frac{E}{H}$

$$S = H^2 \cdot Z_0 = \frac{E^2}{Z_0}$$

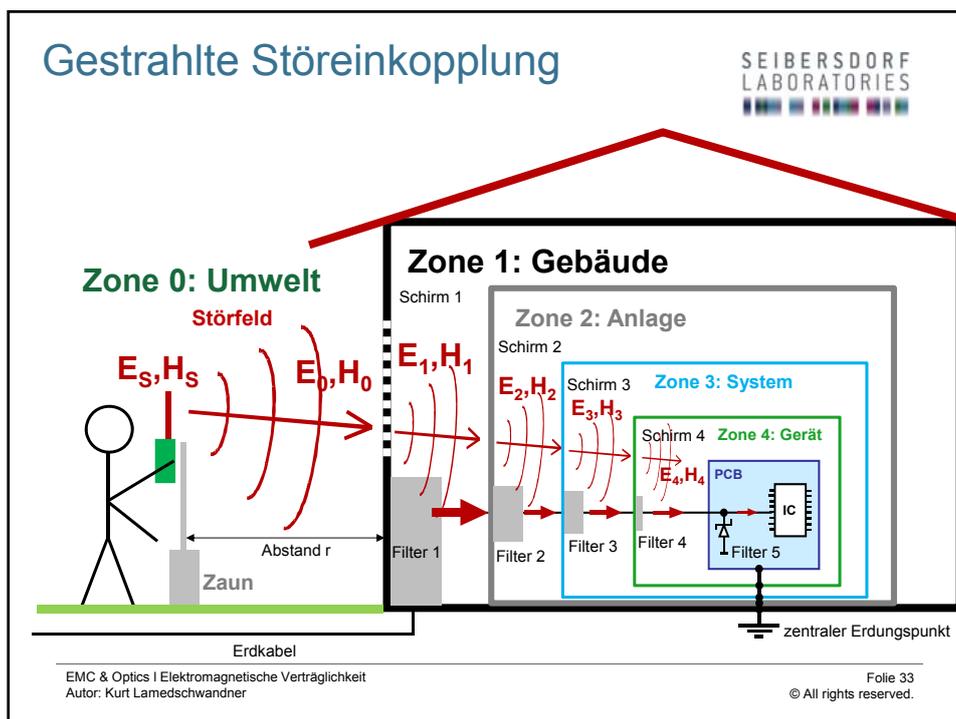
Leistungsdichte in Abstand r zu Antenne mit ihr zugeführter Leistung P und Gewinn G: $S = \frac{P \cdot G}{4 \cdot \pi \cdot r^2}$

Für einen $\lambda/2$ -Strahler mit einem Gewinn $G_i=1,64$ ergibt sich für E in Hauptstrahlrichtung:

$$E = \sqrt{Z_0 \cdot S} = \sqrt{\frac{Z_0 \cdot P \cdot G_i}{4 \cdot \pi \cdot r^2}} = \sqrt{\frac{377 \cdot P \cdot 1,64}{4 \cdot \pi \cdot r^2}} = \frac{7 \cdot \sqrt{P}}{r}$$

EMC & Optics | Elektromagnetische Verträglichkeit
Autor: Kurt Lamedschwandner

Folie 32
© All rights reserved.



Schirmung

SEIBERSDORF
LABORATORIES

Entkopplung der Zonen durch Schirmwände:

- Gebäude- (Stahlbeton, verschweißte Gitterpunkte) sowie Raum-, System-, Geräteschirmung (Faraday'sche Käfige)
- Fenster, Leckstellen bei Dichtungen, Gehäuseöffnungen, ... reduzieren die Schirmdämpfung S

$$S_E(f)[dB] = 20 \cdot \log\left(\frac{E_0(f)}{E_1(f)}\right) \quad S_H(f)[dB] = 20 \cdot \log\left(\frac{H_0(f)}{H_1(f)}\right)$$

- Gesamtschirmdämpfung ergibt sich durch Addition:

$$S_{E(0,4)}[dB] = S_{E(0,1)}[dB] + S_{E(1,2)}[dB] + S_{E(2,3)}[dB] + S_{E(3,4)}[dB]$$

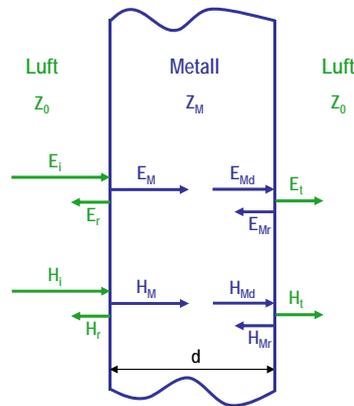
$$S_{H(0,4)}[dB] = S_{H(0,1)}[dB] + S_{H(1,2)}[dB] + S_{H(2,3)}[dB] + S_{H(3,4)}[dB]$$

S(f)..Schirmdämpfung als Funktion der Frequenz f
E₀...Amplitude der elektrischen Feldstärke vor der Schirmwand bei der Frequenz f
E₁...Amplitude der elektrischen Feldstärke hinter der Schirmwand bei der Frequenz f
H₀...Amplitude der magnetischen Feldstärke vor der Schirmwand bei der Frequenz f
H₁...Amplitude der magnetischen Feldstärke hinter der Schirmwand bei der Frequenz f

EMC & Optics | Elektromagnetische Verträglichkeit
Autor: Kurt Lamedschwandner

Folie 34
© All rights reserved.

Schirmwirkung von Metallblechen



$$S_E(f)[dB] = 20 \cdot \log \left(\frac{E_i(f)}{E_t(f)} \right)$$

$$S_H(f)[dB] = 20 \cdot \log \left(\frac{H_i(f)}{H_t(f)} \right)$$

S...Schirmdämpfung als Funktion der Frequenz f
 E...elektr. Feldstärke, H...magnet. Feldstärke
 i...incident, t...transmitted

Bei den Impedanzsprüngen tritt Reflexion und Transmission auf.
 Innerhalb des Metalls erfolgt Absorption wegen der ohm'schen Verluste.

Berechnung Schirmdämpfung

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

Absorptionsdämpfung: $A [dB] = 20 \cdot \log e^{\frac{d}{\delta}} = 8,686 \cdot d \cdot \sqrt{\pi \cdot f \cdot \mu_0 \cdot \mu_r \cdot \sigma}$

Mit Eindringtiefe: $\delta = \sqrt{\frac{2}{\omega \cdot \mu \cdot \sigma}} = \frac{1}{\sqrt{\pi \cdot f \cdot \mu \cdot \sigma}}$ → A steigt mit d, f, μ, σ

Reflexionsdämpfung: $R [dB] = 20 \cdot \log \left(\frac{Z_0}{4 \cdot Z_M} \right)$

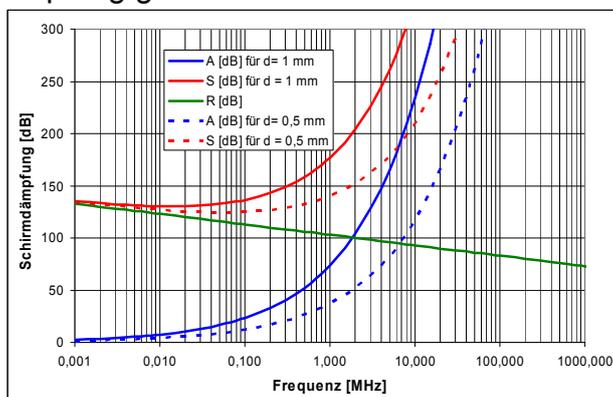
Für $Z \neq Z_0$ (Nahfeld):
 → R steigt bei $Z > Z_0$ (Dipol)
 → R sinkt bei $Z < Z_0$ (Loop)

Mit Materialimpedanz: $|Z_M| = \sqrt{\frac{\omega \cdot \mu}{\sigma}} = \sqrt{\frac{2 \cdot \pi \cdot f \cdot \mu}{\sigma}}$

Für $Z = Z_0$:
 → R steigt mit σ
 → R sinkt mit f, μ

δ ...Eindringtiefe, f ...Frequenz, d ...Dicke der Schirmwand
 σ ...el. Leitfähigkeit des Materials, μ ...Permeabilität des Materials
 Z_0 ...Feldwellenwiderstand Luft, Z_M ...Feldwellenwiderstand Material

Messingblech

Schirmdämpfung gerechnet für $d = 1 \text{ mm}$ und $d = 0,5 \text{ mm}$ Gilt nur im Fernfeld ($Z_0 = 377 \Omega$)!

Beispiel für Raumschirmung

Absorberhalle: Realisierung eines Faraday'schen Käfigs

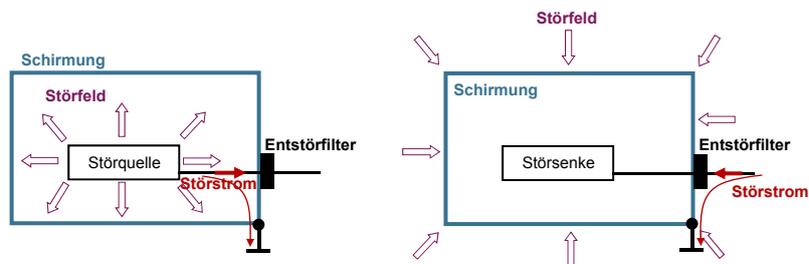
Ausführung: elektrisch leitfähige Schirmwände, meist verzinktes Stahlblech; verschweißt oder verschraubt; Wabenkamine für Lüftung; Türe mit Kontaktfedersystem; Zuleitungen gefiltert → hohe Schirmdämpfungen von über 100 dB erzielbar

Wabenkamin für Lüftung
Absorberhalle Seibersdorf Labor GmbH

EMV-Prüfzentrum Seibersdorf

Schirmwände

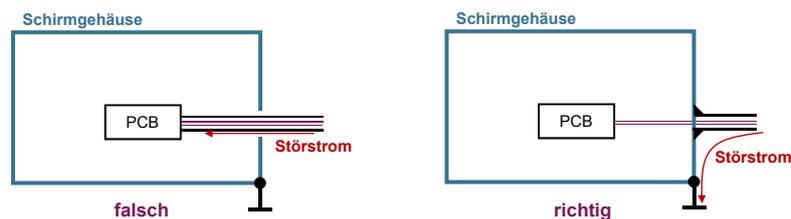
stellen die Schnittstelle zur em-Umwelt dar:



Lösung für ungeschirmte Leitungen: Einsatz von Entstörfiltern; wichtig ist eine gut leitende, flächige Verbindung des Filtergehäuses mit der Schirmwand

Durchführung von Leitungen durch eine Schirmwand

führt ohne Vorkehrungen zur Reduktion der Schirmdämpfung



Lösung für geschirmte Leitungen: Außenhülle der Leitung ist an der Durchtrittsstelle rundum gut leitend mit der Schirmwand zu verbinden (z.B. Kabelschirm-verschraubung)

SEIBERSDORF
LABORATORIES

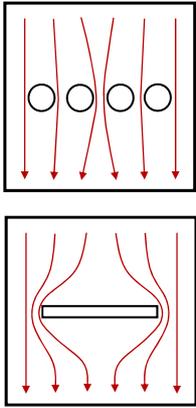
Öffnungen im Schirm

entstehen durch:

- Lüftungsöffnungen
- Öffnungen für Bedienelemente und Displays
- Gehäuseverbindungsstellen ohne Dichtungen
- Beschädigungen bzw. Korrosionseffekte bei den Dichtungen
- Unsachgemäße Kabeleinführungen
- ...

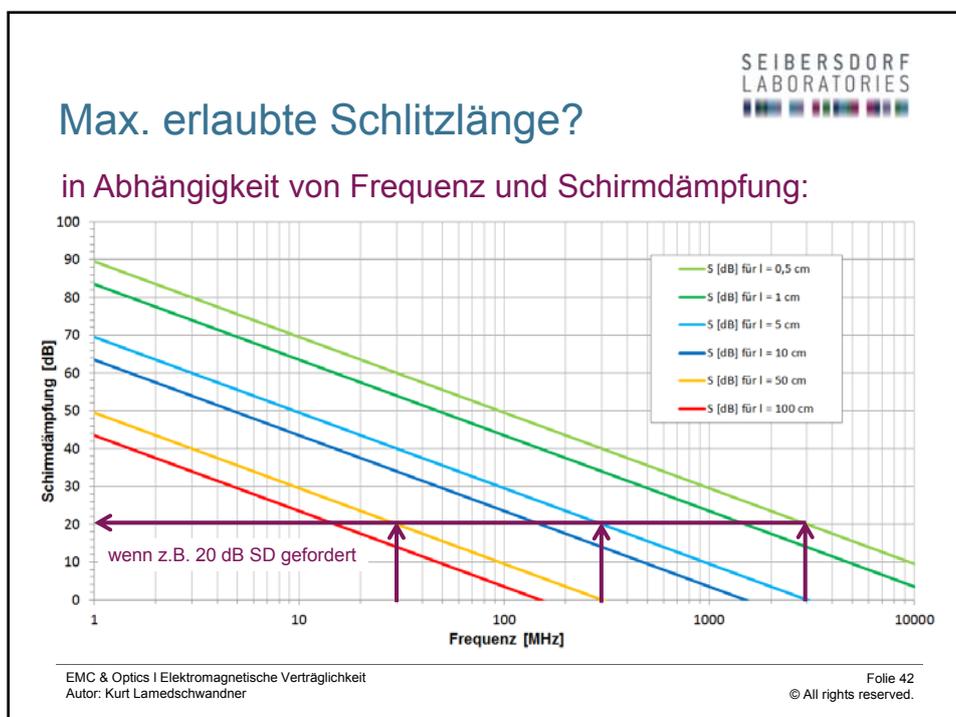
reduzieren die Schirmwirkung

- weil der durch das Wechselfeld induzierte Schirmstrom nicht mehr ungehindert fließen kann und
- dadurch „Schlitzantennen“ angeregt werden.
- Besonders ungünstig: sehr lange Schlitz



EMC & Optics | Elektromagnetische Verträglichkeit
Autor: Kurt Lamedschwandner

Folie 41
© All rights reserved.



Einfluss Schlitzlänge und -anzahl

Literatur: Ott (2009)

Näherungsformel: $S = 20 \cdot \log \frac{\lambda}{2 \cdot l} [dB]$ $\Delta S = -20 \cdot \log \sqrt{n} = -10 \cdot \log n [dB]$

S...Schirmdämpfung, l...größte Längsausdehnung, n...Anzahl der Öffnungen, λ...Wellenlänge

Schlitzlänge	bei 100 MHz (λ = 3m)				
	l [cm]	1 Schlitz S [dB]	2 Schlitz S [dB]	5 Schlitz S [dB]	10 Schlitz S [dB]
λ/1000	0,3	54	51	47	44
λ/500	0,6	48	45	41	38
λ/300	1	44	41	37	34
λ/200	1,5	40	37	33	30
λ/100	3	34	31	27	24
λ/50	6	28	25	21	18
λ/30	10	24	21	17	14
λ/20	15	20	17	13	10
λ/10	30	14	11	7	4
λ/5	60	8	5	1	
λ/3	100	4	1		
λ/2	150	0			

- Schlitzlänge λ/2 reduziert S auf 0!
- Halbierung der Schlitzlänge bringt 6 dB Verbesserung
- Erhöhung der Schlitzanzahl verringert S
2 Schlitz → -3 dB
5 Schlitz → -7 dB
10 Schlitz → -10 dB

Faustformel für die Praxis: $l \leq \lambda/10$

Messtechnische Bestimmung von Schirmdämpfungen

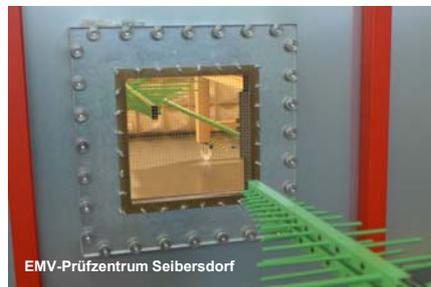
Öffnung in Absorberhallenwand mit Einspannvorrichtung

Abmessungen: 50 cm x 50 cm



EMV-Prüfzentrum Seibersdorf

Blick von Innen auf das Panel



EMV-Prüfzentrum Seibersdorf

Blick von Außen auf das Panel

Lösung für Lüftungsöffnungen

Hohlleiter:

- ermöglichen unterhalb der Grenzfrequenz f_c eine hohe Schirmdämpfung trotz Gehäuseöffnung
- Cut-off Frequenz für Kreishohlleiter:

$$f_c = \frac{c_0}{\lambda_c} = \frac{c_0}{1,71 \cdot d} = \frac{1,75 \cdot 10^8}{d}$$

- Bei Verhältnis Rohrlänge zu Rohrdurchmesser ≥ 3 ist die Schirmdämpfung ca. 100 dB $S = 32 \cdot \frac{t}{d}$
- Achtung: Hohlleiter ist nur ohne Leitung im Inneren ein Hochpass!



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

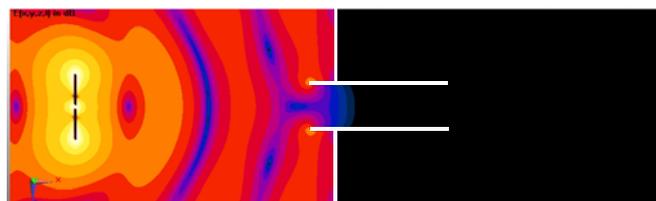
$$f_c = \frac{1,75 \cdot 10^8}{0,07} = 2,5 \text{ GHz} \quad S = 32 \cdot 3 = 96 \text{ dB}$$

S...Schirmdämpfung, c_0 ...Lichtgeschwindigkeit, f_c ...Cut-off frequency (Grenzfrequenz),
 λ_c ...Cut-off wavelength, d ...Durchmesser des Hohlleiters, t ...Rohrlänge des Hohlleiters

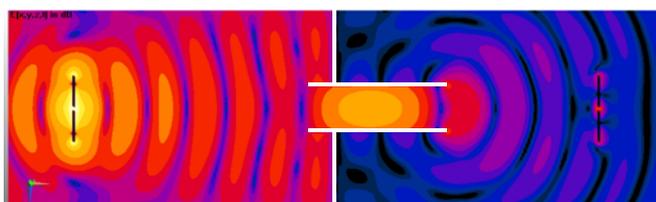
Wellenausbreitung

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

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



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



Inhalt

Einführung in die EMV-Geräteprüfung

- Was ist EMV? - Fachbegriffe und EMV-Definition
- EMV-Normen & Vorschriften – ein kurzer Einblick
- EMV-Messtechnik, Prüflabor & Akkreditierung
- Schirmwirkung von Gerätegehäusen
- Zusammenfassung & Literatur

Zusammenfassung

Einführung in die EMV-Geräteprüfung

- **EMV-Konformitätsbewertung** elektrischer/elektronischer Geräte ist erforderlich, um diese rechtmäßig auf den europäischen Markt bringen zu dürfen.
- Dafür ist die Kenntnis der **aktuellen EMV-Normen & Vorschriften** Voraussetzung.
- Mit Neuentwicklungen **so früh als möglich ins Labor**, auch bereits entwicklungsbegleitend → Dienstleistung akkreditierter Labore in Anspruch nehmen!
- Wesentliche Anforderungen der Akkreditierung sind: **Kompetenz, Objektivität, Unparteilichkeit** und **Vertraulichkeit**

Literatur

- Cecil S, Lamedschwandner K, Auinger B, Deutschmann B, Winkler G, Ritzberger G, Boxleitner P: "Möglichkeiten und Grenzen der simulationstechnischen Bestimmung der Schirmwirkung realer Gerätegehäuse", Vortrag bei der 15. EMV-Fachtagung, Graz, 26.- 27. April 2017, Tagungsband OVE Schriftenreihe Nr. 87, S. 230-245, ISBN 3-85133-093-5
- Kohling A: „EMV – Umsetzung der technischen und gesetzlichen Anforderungen an Anlagen und Gebäude sowie CE-Kennzeichnung von Geräten“, 2. Auflage, VDE-Verlag, 2012, ISBN 978-3-8007-3094-0
- Lamedschwandner K: "Betreiben akkreditierter EMV-Prüflabore", Vortrag bei der 16. EMV-Fachtagung, Seibersdorf, 12.- 13. Juni 2018, Tagungsband OVE Schriftenreihe Nr. 92, S. 43-57, ISBN 978-3-903249-02-8
- Mardiguan M: „Controlling Radiated Emissions By Design“, 3rd ed., Springer Verlag, 2014, ISBN 978-3-319-04770-6
- ÖVE/ÖNORM EN ISO/IEC 17025:2017: „Allgemeine Anforderungen an die Kompetenz von Prüf- und Kalibrierlaboratorien“, OVE, Wien, Ausgabe 2018-02-15
- Ott H W: "Electromagnetic Compatibility Engineering", John Wiley & Sons, 2009, ISBN: 978-0-470-18930-6
- Paul C R: „Introduction to Electromagnetic Compatibility“, 2nd ed., John Wiley & Sons, 2006, ISBN-13: 978-0-471-75500-5

Danke für Ihre Aufmerksamkeit!

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

Seibersdorf Labor GmbH, 2444 Seibersdorf, Austria
T +43 50 550-2805, F +43 50 550-2881

kurt.lamedschwandner@seibersdorf-laboratories.at

www.seibersdorf-laboratories.at/produkte/elektromagnetische-felder

