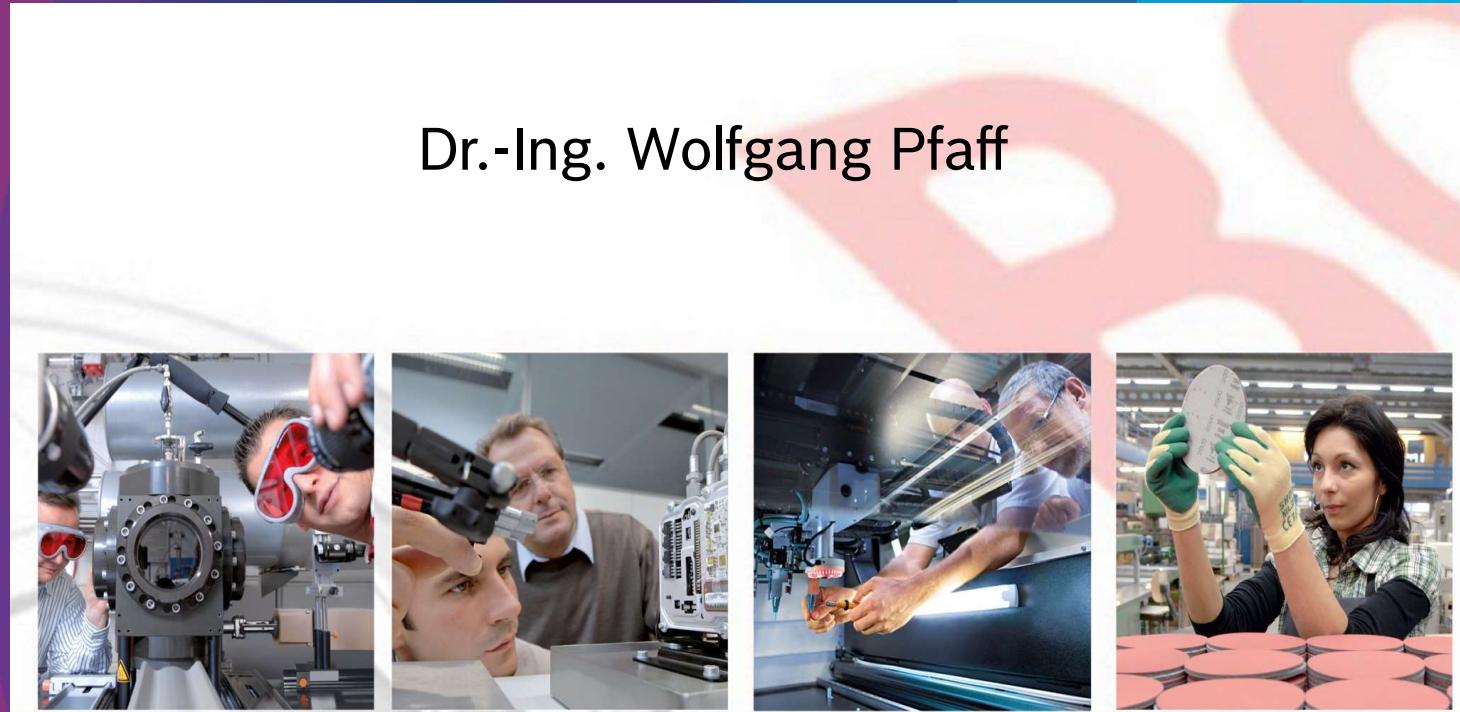


EMV in der Automobiltechnik

- ▶ Einführung
(Bosch – ein Unternehmen stellt sich vor)
- ▶ 1 Grundlagen der elektromagnetischen Verträglichkeit (EMV) in der Automobiltechnik
- ▶ 2 EMV-Anforderungsanalyse und Design
- ▶ 3 EMV-Integration
- ▶ 4 EMV-Prüfverfahren in der Automobiltechnik
- ▶ 5 EMV-Simulation
- ▶ Literatur

Dr.-Ing. Wolfgang Pfaff



4. EMV-Prüfverfahren in der Automobiltechnik

4. EMV-Prüfverfahren in der Automobiltechnik

Übersicht

- ▶ 4.1 EMV-Prüfungen: Grundlagen
- ▶ 4.2 EMV-Vorschriften
- ▶ 4.3 Messausstattung: Überblick
- ▶ 4.4 Störaussendungsmessungen
- ▶ 4.5 Störfestigkeitsmessungen

4. EMV-Prüfverfahren in der Automobiltechnik

- ▶ 4.1 EMV-Prüfungen:
Grundlagen
- ▶ 4.2 EMV-Vorschriften
- ▶ 4.3 Messausrüstung:
Überblick
- ▶ 4.4 Störaussendungs-
messungen
- ▶ 4.5 Störfestigkeits-
messungen

EMV Prüfungen



Freigabemessungen

=> **Anwendung: Nachweis / Überprüfung, dass Anforderungen eingehalten werden**

=> Komponentenfreigabe,
QB – Prüfungen

- Standardisierte Messungen
- Ziel: gute Reproduzierbarkeit
- Prüfverfahren, Messaufbau, Mess- einrichtungen, Messgelände, Betriebs- arten der Messgeräte und Grenzwerte sind in einem **Standard** definiert

Entwicklungsmessungen

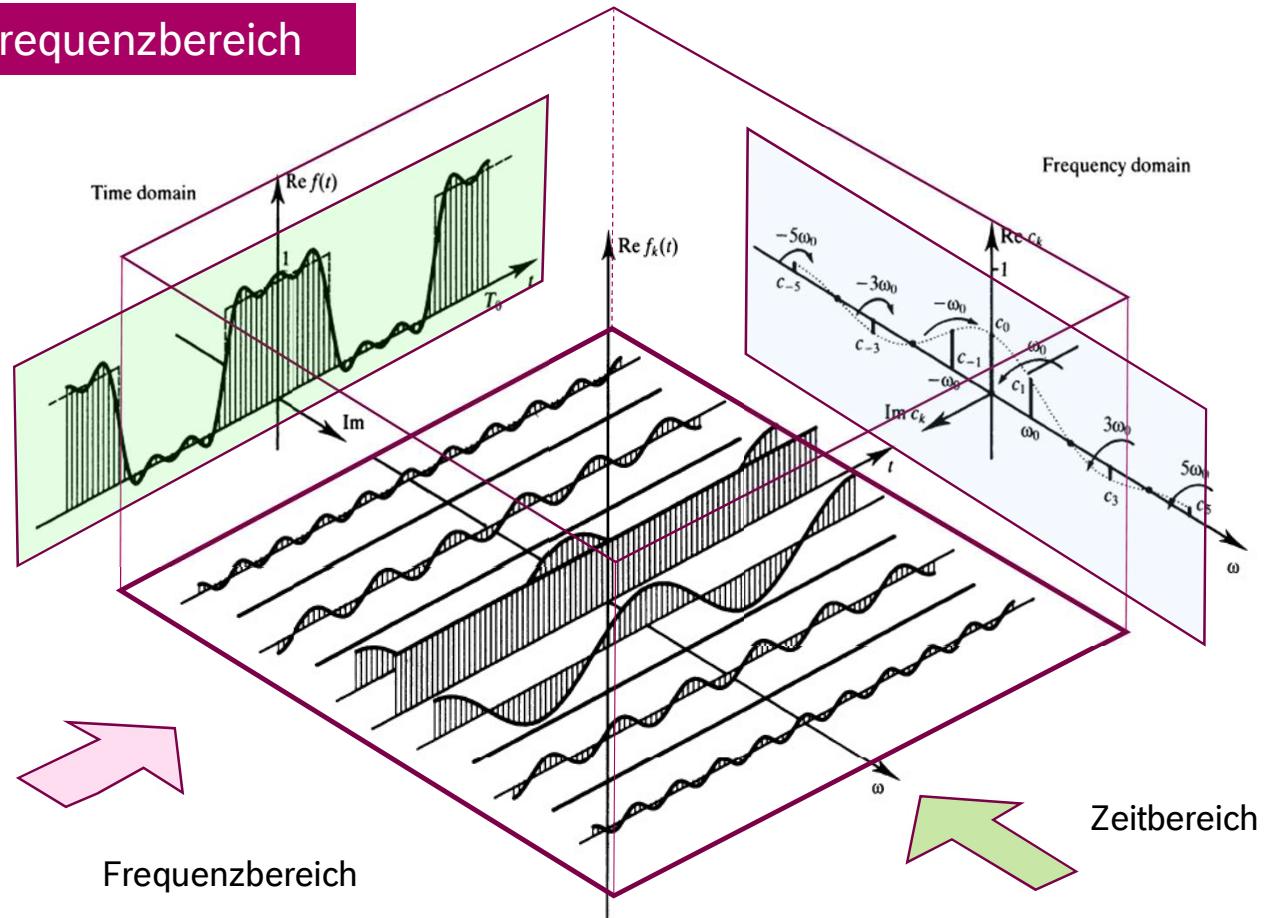
=> **Anwendung: Messungen während der Entwicklungsphase**

- teilweise keine standardisierten Messungen
- Ziel: EMV-Analyse
 - Maßnahmenüberprüfung
 - Modellerstellung
 - Störpfadanalyse
- Messverfahren, Messeinrichtung, Mess- aufbau, Betriebsart der Messgeräte werden gemäß dem Ziel der EMV-Analyse definiert

4. EMV-Prüfverfahren in der Automobiltechnik

Zeit- und Frequenzbereich

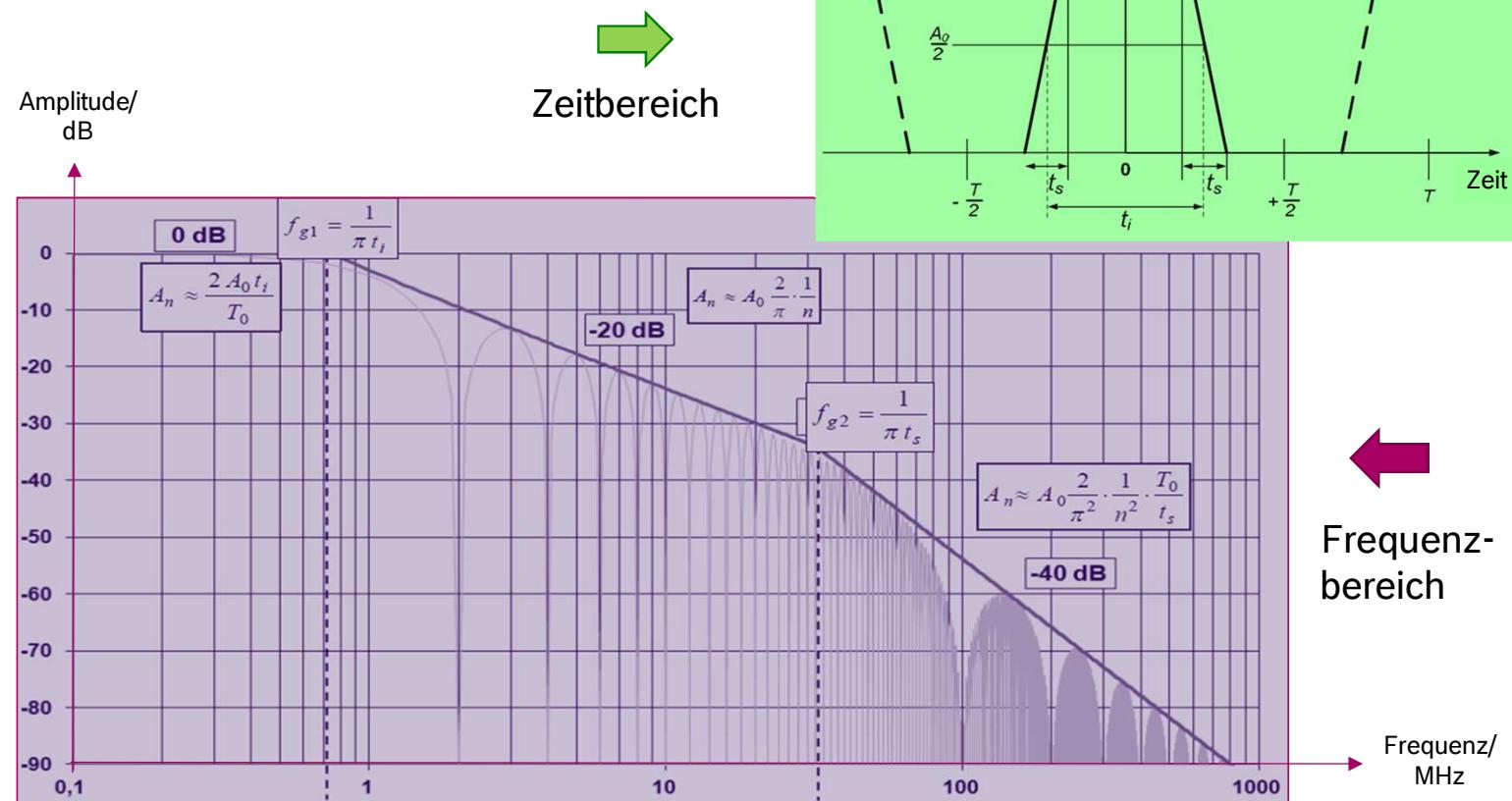
- ▶ 4.1 EMV-Prüfungen:
Grundlagen
- ▶ 4.2 EMV-Vorschriften
- ▶ 4.3 Messausrüstung:
Überblick
- ▶ 4.4 Störaussendungs-
messungen
- ▶ 4.5 Störfestigkeits-
messungen



4. EMV-Prüfverfahren in der Automobiltechnik

Zeit- und Frequenzbereich

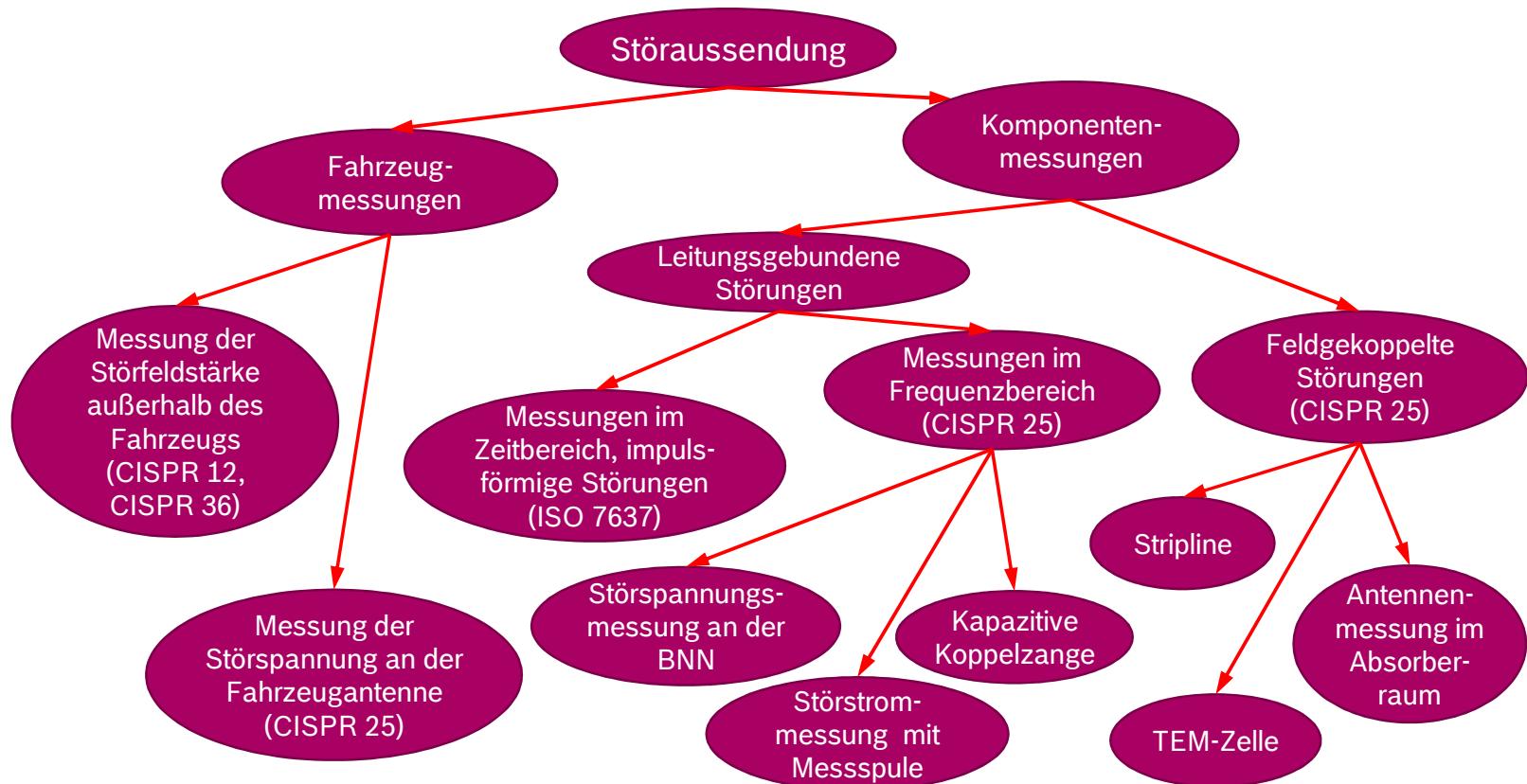
- ▶ 4.1 EMV-Prüfungen:
Grundlagen
- ▶ 4.2 EMV-Vorschriften
- ▶ 4.3 Messausrüstung:
Überblick
- ▶ 4.4 Störaussendungs-
messungen
- ▶ 4.5 Störfestigkeits-
messungen



4. EMV-Prüfverfahren in der Automobiltechnik

EMV – Messverfahren in der Automobiltechnik

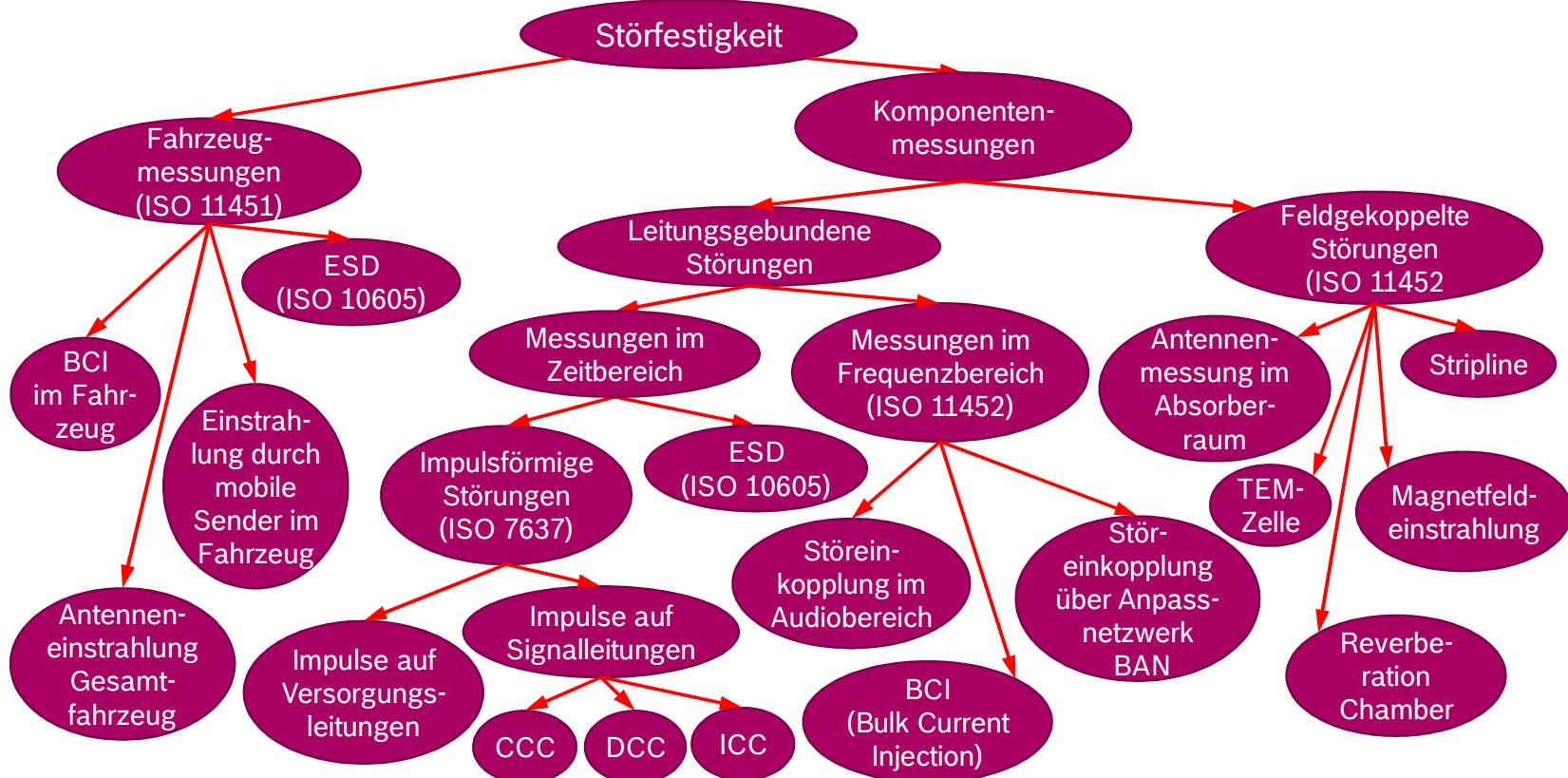
- ▶ 4.1 EMV-Prüfungen:
Grundlagen
- ▶ 4.2 EMV-Vorschriften
- ▶ 4.3 Messausrüstung:
Überblick
- ▶ 4.4 Störaussendungs-
messungen
- ▶ 4.5 Störfestigkeits-
messungen



4. EMV-Prüfverfahren in der Automobiltechnik

EMV – Messverfahren in der Automobiltechnik

- 4.1 EMV-Prüfungen:
Grundlagen
- 4.2 EMV-Vorschriften
- 4.3 Messausrüstung:
Überblick
- 4.4 Störaussendungs-
messungen
- 4.5 Störfestigkeits-
messungen



4. EMV-Prüfverfahren in der Automobiltechnik

EMV Prüfungen – internationale Standards – Fahrzeug und Komponenten

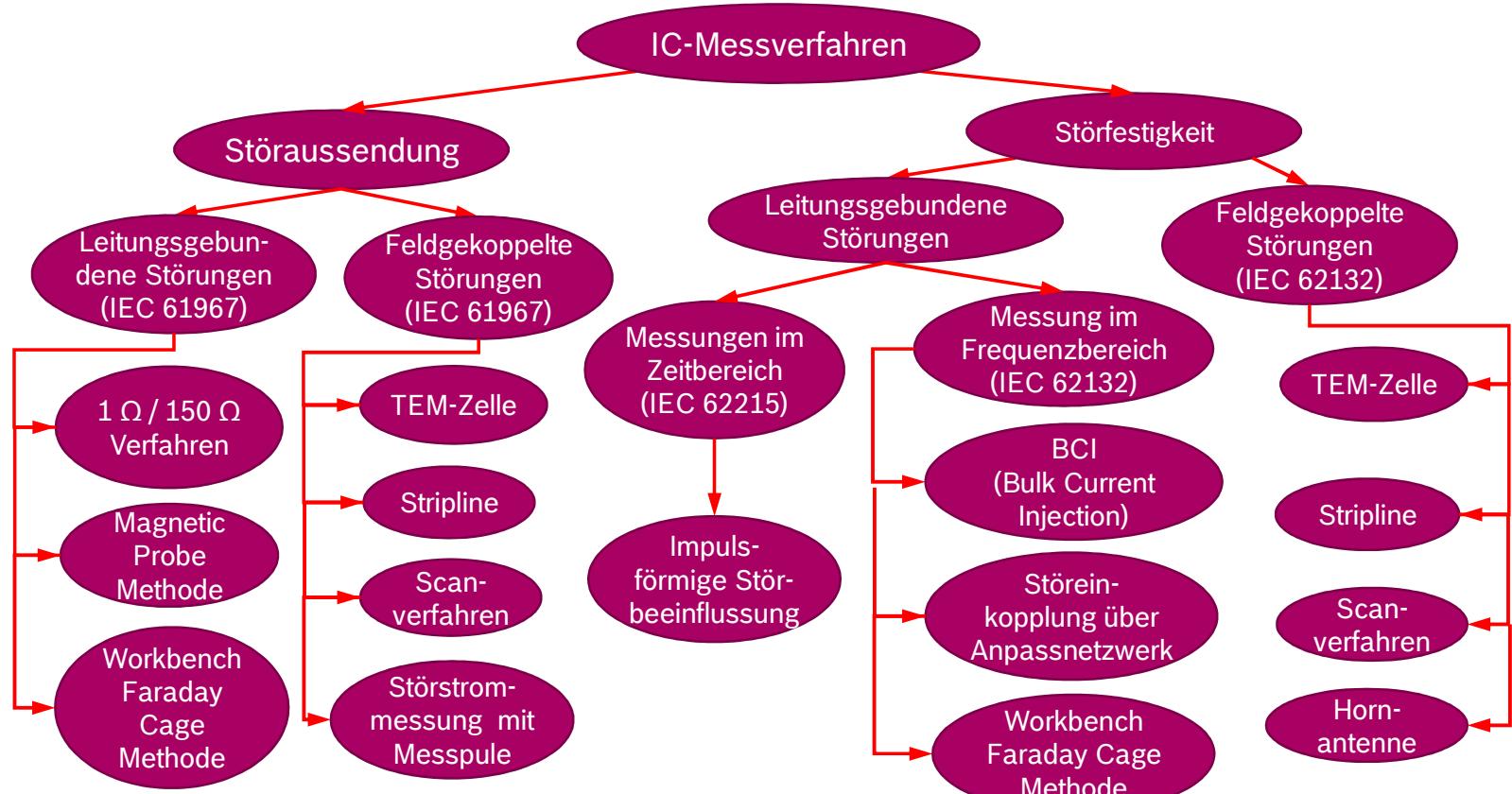
- ▶ 4.1 EMV-Prüfungen:
Grundlagen
- ▶ 4.2 EMV-Vorschriften
- ▶ 4.3 Messausrüstung:
Überblick
- ▶ 4.4 Störaussendungs-
messungen
- ▶ 4.5 Störfestigkeits-
messungen

Bezeichnung	Titel
Störfestigkeit	
Road vehicles - Electrical disturbances from conduction and coupling	
ISO 7637-1	Part 1: Definitions and general considerations
ISO 7637-2	Part 2: Electrical transient conduction along supply lines only
ISO 7637-3	Part 3: Vehicles with nominal 12 V or 24 V supply voltage -- Electrical transient transmission by capacitive and inductive coupling via lines other than supply lines
Road vehicles - Vehicle test methods for electrical disturbances from narrowband radiated electromagnetic energy	
ISO 11451-1	Part 1: General principles and terminology
ISO 11451-2	Part 2: Off-vehicle radiation sources
ISO 11451-3	Part 3: Onboard transmitter simulation
ISO 11451-4	Part 4: Bulk current injection (BCI)
Road vehicles - Component test methods for electrical disturbances from narrowband radiated electromagnetic energy	
ISO 11452-1	Part 1: General principles and terminology
ISO 11452-2	Part 2: Absorber-lined shielded enclosure
ISO 11452-3	Part 3: Transverse electromagnetic mode (TEM) cell
ISO 11452-4	Part 4: Bulk current injection (BCI)
ISO 11452-5	Part 5: Stripline
ISO 11452-7	Part 7: Direct radio frequency (RF) power Injection
ISO 11452-8	Part 8: Immunity to magnetic fields
ISO 11452-9	Part 9: Portable transmitters
ISO 11452-10	Part 10: Conducted Immunity in the Extended
ISO 11452-11	Part 11: Radiated immunity test method using a reverberation chamber)
ESD - Elektrostatische Entladungen	
ISO 10605	Road vehicles -- Test methods for electrical disturbances from electrostatic discharge
Störaussendung	
Vehicles, boats and internal combustion engines	
IEC/CISPR 12	Radio disturbance characteristics – Limits and methods of measurement for the protection of off-board receivers
IEC/CISPR 25	Limits and methods of measurement for the protection of on-board receivers
IEC/CISPR 36	Electric and hybrid road vehicles - Radio disturbance characteristics - Limits and methods of measurement for the protection of off-board receivers below 30 MHz

4. EMV-Prüfverfahren in der Automobiltechnik

EMV – Messverfahren – Halbleiter / integrierte Schaltungen

- 4.1 EMV-Prüfungen:
Grundlagen
- 4.2 EMV-Vorschriften
- 4.3 Messausrüstung:
Überblick
- 4.4 Störaussendungs-
messungen
- 4.5 Störfestigkeits-
messungen



4. EMV-Prüfverfahren in der Automobiltechnik

EMV Prüfungen – internationale Standards – integrierte Schaltungen

- 4.1 EMV-Prüfungen:
Grundlagen
- 4.2 EMV-Vorschriften
- 4.3 Messausrüstung:
Überblick
- 4.4 Störaussendungs-
messungen
- 4.5 Störfestigkeits-
messungen

Bezeichnung	Titel
Impulse	
IEC/TS 62215-2	Integrated circuits - Measurement of impulse immunity - Part 2: Synchronous transient injection method
IEC 62215-3	Integrated circuits - Measurement of impulse immunity - Part 3: Non-synchronous transient injection method
Störfestigkeit Integrated circuits - Measurement of electromagnetic immunity	
IEC 62132-1	150 kHz to 1 GHz - Part 1: General conditions and definitions
IEC 62132-2	Part 2: Measurement of radiated immunity - TEM cell and wideband TEM cell method
IEC 62132-3	150 kHz to 1 GHz - Part 3: Bulk current injection (BCI) method
IEC 62132-4	150 kHz to 1 GHz - Part 4: Direct RF power injection method
IEC 62132-5	150 kHz to 1 GHz - Part 5: Workbench Faraday cage method
IEC 62132-6	150 kHz to 1 GHz - Part 6: Local injection horn antenna (LIHA) method
IEC 62132-8	Part 8: Measurement of radiated immunity - IC Stripline method
IEC/TS 62132-9	Part 9: Measurement of radiated immunity - Surface scan method
Störaussendung Integrated circuits - Measurement of electromagnetic emissions	
IEC 61967-1	150 kHz to 1 GHz - Part 1: General conditions and definitions
IEC/TR 61967-1-1	Part 1: General conditions and definitions - Near-field scan data exchange format
IEC 61967-2	150 kHz to 1 GHz - Part 2: Measurement of radiated emissions - TEM cell and wideband TEM cell method
IEC/TS 61967-3	150 kHz to 1 GHz - Part 3: Measurement of radiated emissions - Surface scan method
IEC 61967-4	150 kHz to 1 GHz - Part 4: Measurement of conducted emissions; 1 Ohm /150 Ohm direct coupling method
IEC/TR 61967-4-1	150 kHz to 1 GHz - Part 4-1: Measurement of conducted emissions - 1 Ohm / 150 Ohm - direct coupling method - Application guidance to IEC 61967-4
IEC 61967-5	150 kHz to 1 GHz - Part 5: Measurement of conducted emissions; Workbench Faraday cage method
IEC 61967-6	150 kHz to 1 GHz - Part 6: Measurement of conducted emissions - Magnetic probe method
IEC 61967-8	Part 8: Measurement of radiated emissions - IC stripline method

4. EMV-Prüfverfahren in der Automobiltechnik

Gremienlandschaft

► Deutschland

- 4.1 EMV-Prüfungen:
Grundlagen
- 4.2 EMV-Vorschriften
- 4.3 Messausrüstung:
Überblick
- 4.4 Störaussendungs-
messungen
- 4.5 Störfestigkeits-
messungen

- Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik
im DIN und VDE (**DKE**)
- Die DKE ist die in Deutschland zuständige Organisation für die Erarbeitung von Normen und Sicherheitsbestimmungen in dem Bereich der Elektrotechnik, Elektronik und Informationstechnik.
- **EMV Gremien - Automobilbereich**
 - **UK 767.13**
Elektromagnetische Verträglichkeit,
Fahrzeuge
 - **UK 767.14**
Funk-Entstörung von Fahrzeugen,
Fahrzeugausrüstungen und
Verbrennungsmotoren



4. EMV-Prüfverfahren in der Automobiltechnik

Gremienlandschaft

- ▶ 4.1 EMV-Prüfungen:
Grundlagen
- ▶ 4.2 EMV-Vorschriften
- ▶ 4.3 Messausrüstung:
Überblick
- ▶ 4.4 Störaussendungs-
messungen
- ▶ 4.5 Störfestigkeits-
messungen

► International (1/2)

- ▶ International Electrotechnical Commission (IEC)
 - Internationale Normung auf dem Gebiet der Elektrotechnik
 - Bei der IEC ist auch CISPR angesiedelt
- ▶ EMV-Gremien (non-Automotive):
 - TC 77 Technical Committee Electromagnetic Compatibility
 - SC 77A Low-frequency phenomena
 - SC 77B High frequency continuous and transient phenomena, including ESD
 - SC 77C High power transients such as EM fields produced by high-altitude nuclear detonations (HEMP)



4. EMV-Prüfverfahren in der Automobiltechnik

Gremienlandschaft

► International (2/2) Automotive

- 4.1 EMV-Prüfungen:
Grundlagen
- 4.2 EMV-Vorschriften
- 4.3 Messausrüstung:
Überblick
- 4.4 Störaussendungs-
messungen
- 4.5 Störfestigkeits-
messungen

- International special committee on radio interference (**CISPR**)
 - CIS/D Electromagnetic disturbances related to electric/electronic equipment on vehicles and internal combustion engine powered devices
 - WG1 Vehicle
 - WG2 Components
- International Organization for Standardization (**ISO**)
 - Technical Committee: TC 22 – Road vehicles
 - Subcommittee: TC 22/SC32 – Electrical and electronic equipment
 - Working Group: TC 22/SC32/WG3 – Electrical interferences



4. EMV-Prüfverfahren in der Automobiltechnik

EMV-Abstrahlung (EMC Emission) – Entwicklung

Beispiel: DC Motoren

- ▶ 4.1 EMV-Prüfungen:
Grundlagen
- ▶ 4.2 EMV-Vorschriften
- ▶ 4.3 Messausrüstung:
Überblick
- ▶ 4.4 Störaussendungs-
messungen
- ▶ 4.5 Störfestigkeits-
messungen

- ▶ Vergangenheit: VDE 0879-Teil 3:
 - ▶ nur leitungsgeführte Störaussendung (CE)
 - ▶ Frequenzbereich: 0,15 ... 108 MHz
 - ▶ Bewertung: Quasi-Peak-Detektor
- ▶ Bisher: CISPR 25 / 2nd Edition
 - ▶ zusätzlich: gestrahlte Störaussendung (RE)
 - ▶ Frequenzbereich: bis 1 GHz
 - ▶ Bewertung: Quasi Peak Detektor
- ▶ Bisher: CISPR 25 / 3rd Edition und **OEM Lastenhefte**
 - ▶ Frequenzbereich: bis 2,5 GHz
 - ▶ Bewertung: Häufig nur noch **Peak Detektor**
- ▶ Heute: CISPR 25 / 4th Edition und **OEM Lastenhefte**
 - ▶ Frequenzbereich: bis 2,5 GHz (**>2,5 GHz**)
 - ▶ Bewertung: Häufig nur noch **Peak Detektor**

Detaillierte Festlegung gemäß Anforderungen der
Fahrzeughersteller / gesetzliche Anforderungen

1998

2003

2008

2017

CE = Conducted Emission
(Funkstörspannungsmessung)

RE = Radiated Emission
(Absorberhalle)

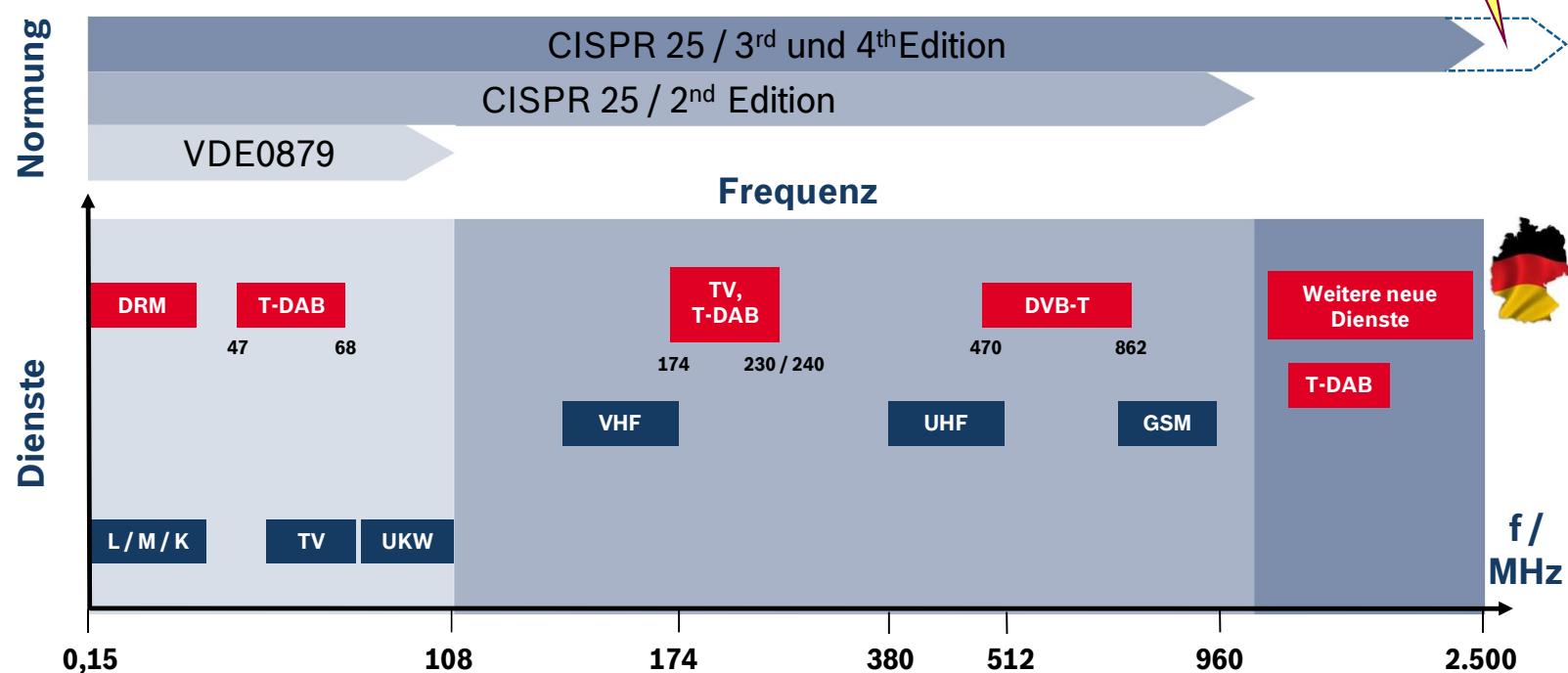
4. EMV-Prüfverfahren in der Automobiltechnik

EMV-Abstrahlung (EMC Emission)

Zukünftig bis
6 GHz in
Diskussion

Abdeckungsbereiche vs. Normen und Dienste (Deutschland)

- 4.1 EMV-Prüfungen:
Grundlagen
- 4.2 EMV-Vorschriften
- 4.3 Messausrüstung:
Überblick
- 4.4 Störaussendungs-
messungen
- 4.5 Störfestigkeits-
messungen



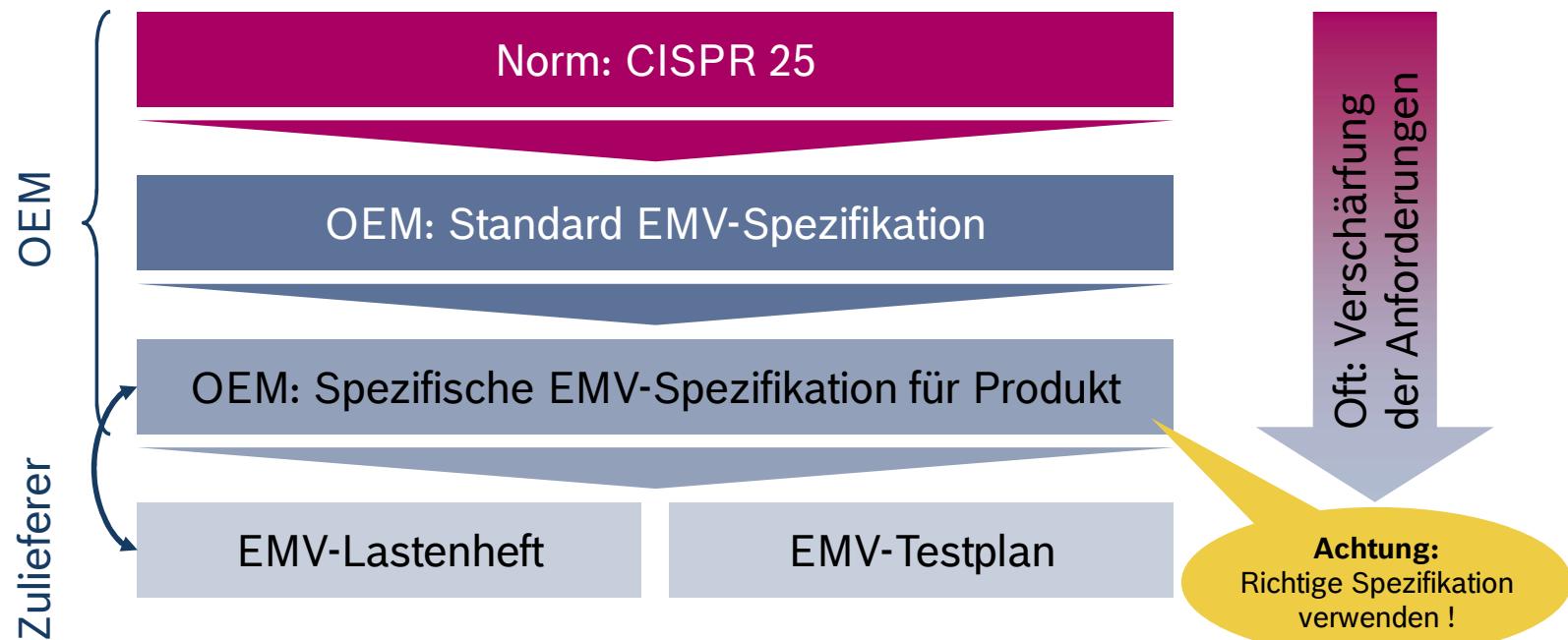
4. EMV-Prüfverfahren in der Automobiltechnik

Herausforderung

Individuelle Vorgehensweise der OEM

- Schematisch:

- 4.1 EMV-Prüfungen:
Grundlagen
- 4.2 EMV-Vorschriften
- 4.3 Messausrüstung:
Überblick
- 4.4 Störaussendungs-
messungen
- 4.5 Störfestigkeits-
messungen



4. EMV-Prüfverfahren in der Automobiltechnik

Individuelle Vorgehensweise der OEM

Beispiel

- ▶ 4.1 EMV-Prüfungen:
Grundlagen
- ▶ 4.2 EMV-Vorschriften
- ▶ 4.3 Messausrüstung:
Überblick
- ▶ 4.4 Störaussendungs-
messungen
- ▶ 4.5 Störfestigkeits-
messungen

► VW – für Elektrische Servolenkung

Kriterien	Standard / Spezifikation	Spezifische Spezifikation
→ ESL	→ Entstörgrade TL 965	→ Entstörgrade TL 965
→ Emission Funk- störspannung	→ 4/5/4/4/6	→ 5/6/5/4/6
→ Emission Antenne	→ 4/4/4/4/5/4/4/4/4/4/4/4/3/5/3/3/3	→ 5/5/5/5/5/5/5/5/5/5/5/4/5/3/2/1

Erläuterung: Entstörgrade sind Zahlenwerte, die den Störpegeln in den unterschiedlichen Frequenzbereichen zugeordnet werden, die Entstörgrade haben einen konstanten Abstand in dB

4. EMV-Prüfverfahren in der Automobiltechnik

Messausrüstung Störaussendung: Überblick

- ▶ 4.1 EMV-Prüfungen:
Grundlagen
- ▶ 4.2 EMV-Vorschriften
- ▶ 4.3 Messausrüstung:
Überblick
- ▶ 4.4 Störaussendungs-
messungen
- ▶ 4.5 Störfestigkeits-
messungen



4. EMV-Prüfverfahren in der Automobiltechnik

Messausrüstung Störfestigkeit: Überblick

- ▶ 4.1 EMV-Prüfungen:
Grundlagen
- ▶ 4.2 EMV-Vorschriften
- ▶ 4.3 Messausrüstung:
Überblick
- ▶ 4.4 Störaussendungs-
messungen
- ▶ 4.5 Störfestigkeits-
messungen

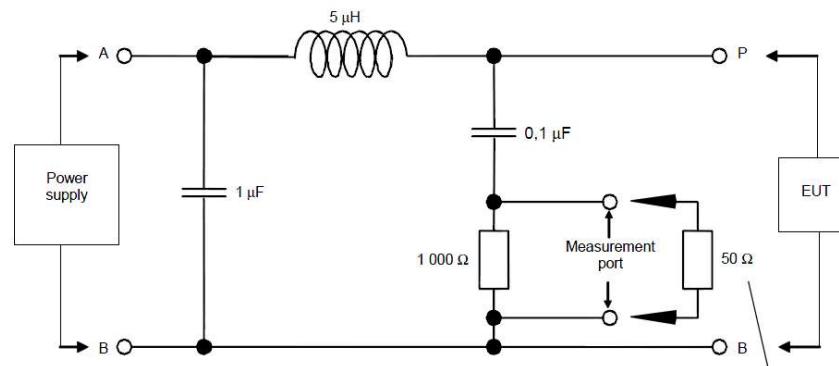


4. EMV-Prüfverfahren in der Automobiltechnik

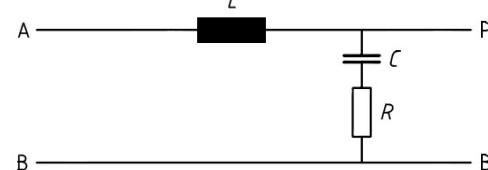
Bordnetznachbildung (BNN)

Bsp.: 2 Bordnetznachbildungen

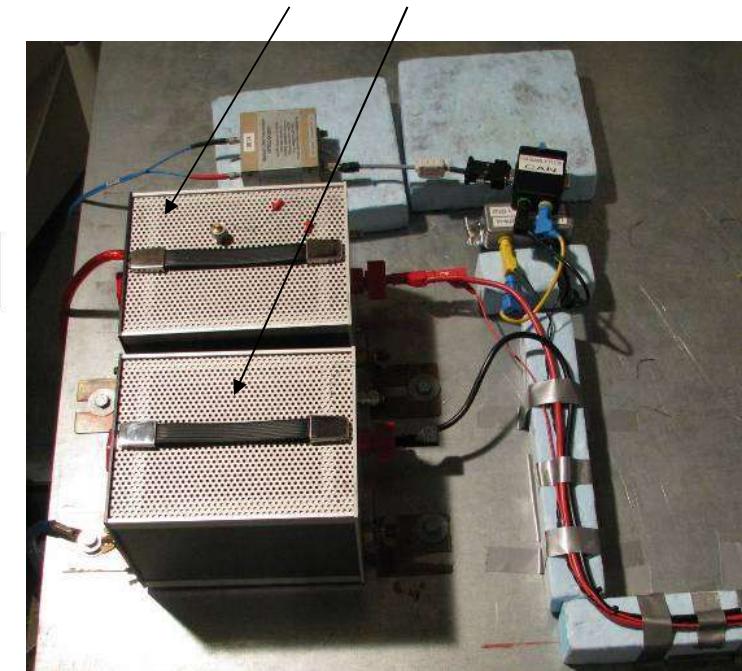
Nach CISPR 25



nach ISO 7637-2



$$R = 50 \Omega, L = 5 \mu\text{H}, C = 0,1 \mu\text{F}$$



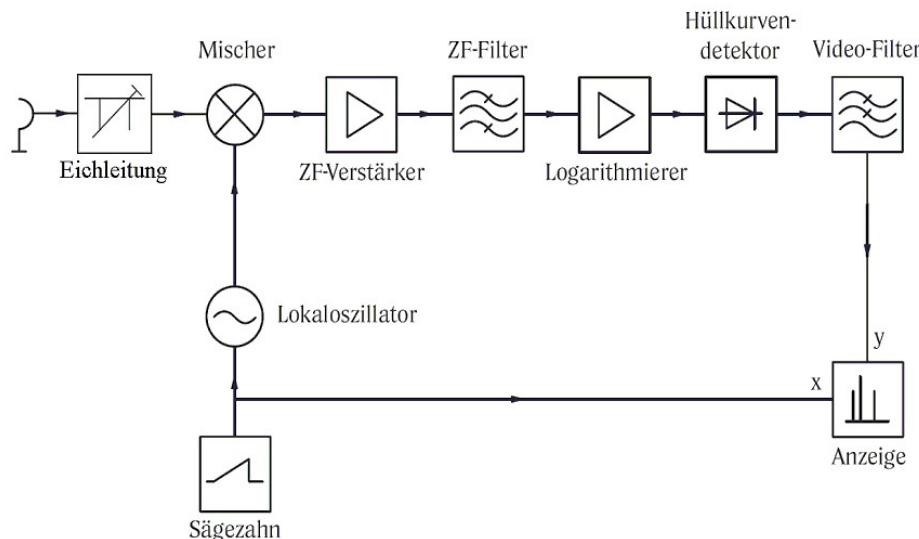
Funktion:
HF-Entkopplung des Kabelbaumes
und Simulation des Bordnetzes

4. EMV-Prüfverfahren in der Automobiltechnik

Spektrumanalysator

- ▶ 4.1 EMV-Prüfungen: Grundlagen
- ▶ 4.2 EMV-Vorschriften
- ▶ 4.3 Messausrüstung: Überblick
- ▶ 4.4 Störaussendungsmessungen
- ▶ 4.5 Störfestigkeitsmessungen

- Funktion: Messempfänger
- Messgröße: Spannungsspektrum / Leistungsspektrum



- Mehrdeutigkeit → Einführung von Detektoren



Quelle: Rohde & Schwarz

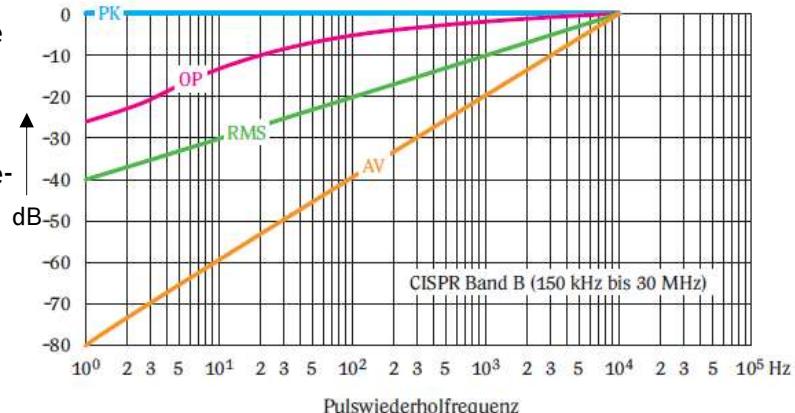
4. EMV-Prüfverfahren in der Automobiltechnik

Detektoren - integriert im Messgerät (Norm: CISPR 16-1-1)

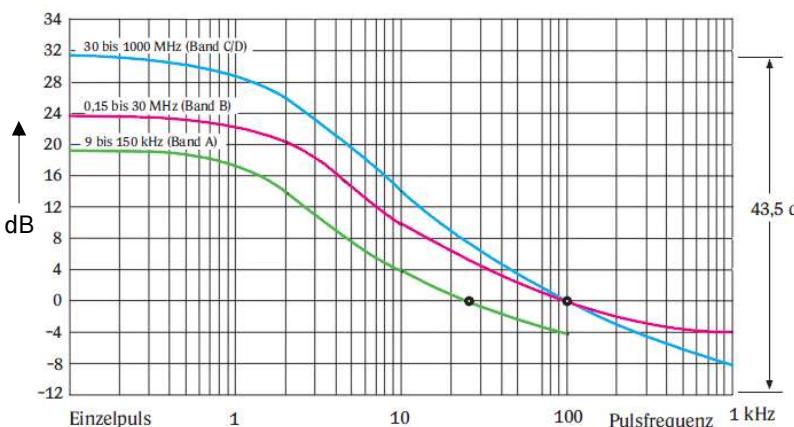
- ▶ 4.1 EMV-Prüfungen: Grundlagen
- ▶ 4.2 EMV-Vorschriften
- ▶ 4.3 Messausrüstung: Überblick
- ▶ 4.4 Störaussendungsmessungen
- ▶ 4.5 Störfestigkeitsmessungen

- Spitzenwertdetektor (*Eng.: Peak detector*)
- Mittelwertdetektor (*Eng.: Average detector*)
- Effektivwertdetektor (*Eng.: RMS detector*)
- Quasi-Spitzenwertdetektor (*Eng.: Quasi-peak detector*)

Pegelanzeige für unterschiedliche Detektoren und Pulsfolgefrequenzen relativ zur Spitzenwertanzeige:



Spitzenwertdetektor mit Tiefpass in Bezug zu der Pulswiederholfrequenz



4. EMV-Prüfverfahren in der Automobiltechnik

→ Tastkopf

- Anwendung: Spannungsmessung
- Hochohmiger Eingang → wenig Rückwirkung
- Grundprinzip: Spannungsteiler

- ▶ 4.1 EMV-Prüfungen: Grundlagen
- ▶ 4.2 EMV-Vorschriften
- ▶ 4.3 Messausrüstung: Überblick
- ▶ 4.4 Störaussendungsmessungen
- ▶ 4.5 Störfestigkeitsmessungen



→ Stromzange (HF-Stromwandler)

- Anwendung: Messung der asymmetrischen Stromkomponenten
- Wenig Rückwirkung
- Grundprinzip: Induktionsgesetz



 **BOSCH**

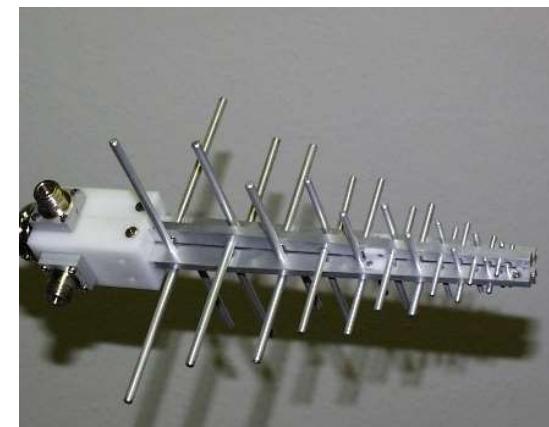
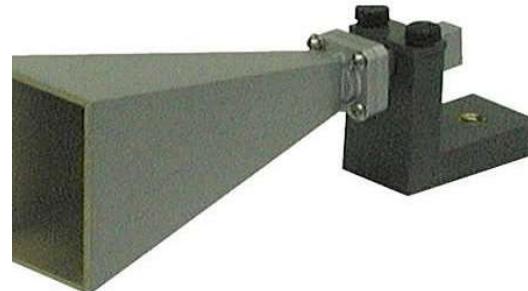
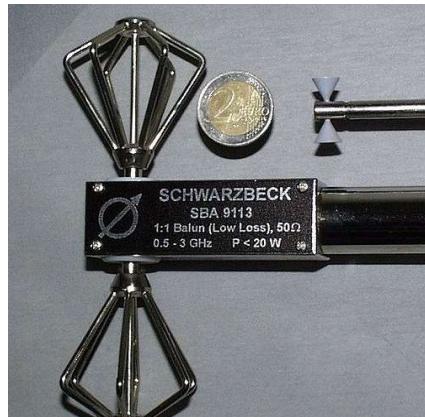
4. EMV-Prüfverfahren in der Automobiltechnik

→ Messantennen

- ▶ 4.1 EMV-Prüfungen:
Grundlagen
- ▶ 4.2 EMV-Vorschriften
- ▶ 4.3 Messausrüstung:
Überblick
- ▶ 4.4 Störaussendungs-
messungen
- ▶ 4.5 Störfestigkeits-
messungen

Anwendung: Störfeldstärkemessung

- Rahmenantennen
- Stabantennen
- Dipolantennen
- Logarithmisch-periodische Antennen
- Horn-Antennen
- usw.



4. EMV-Prüfverfahren in der Automobiltechnik

→ Netzwerk Analysator

- ▶ 4.1 EMV-Prüfungen:
Grundlagen
- ▶ 4.2 EMV-Vorschriften
- ▶ 4.3 Messausrüstung:
Überblick
- ▶ 4.4 Störaussendungs-
messungen
- ▶ 4.5 Störfestigkeits-
messungen

- Hauptanwendung in der EMV:
Entwicklungsmessungen
- Messergebnis:
Systemantwort im Frequenzbereich
in Form der Streuparameter (S-Parameter)

$$\bar{\bar{S}} = \begin{bmatrix} S_{11} & \cdots & S_{1n} \\ \cdots & \cdots & \cdots \\ S_{n1} & \cdots & S_{nn} \end{bmatrix}$$

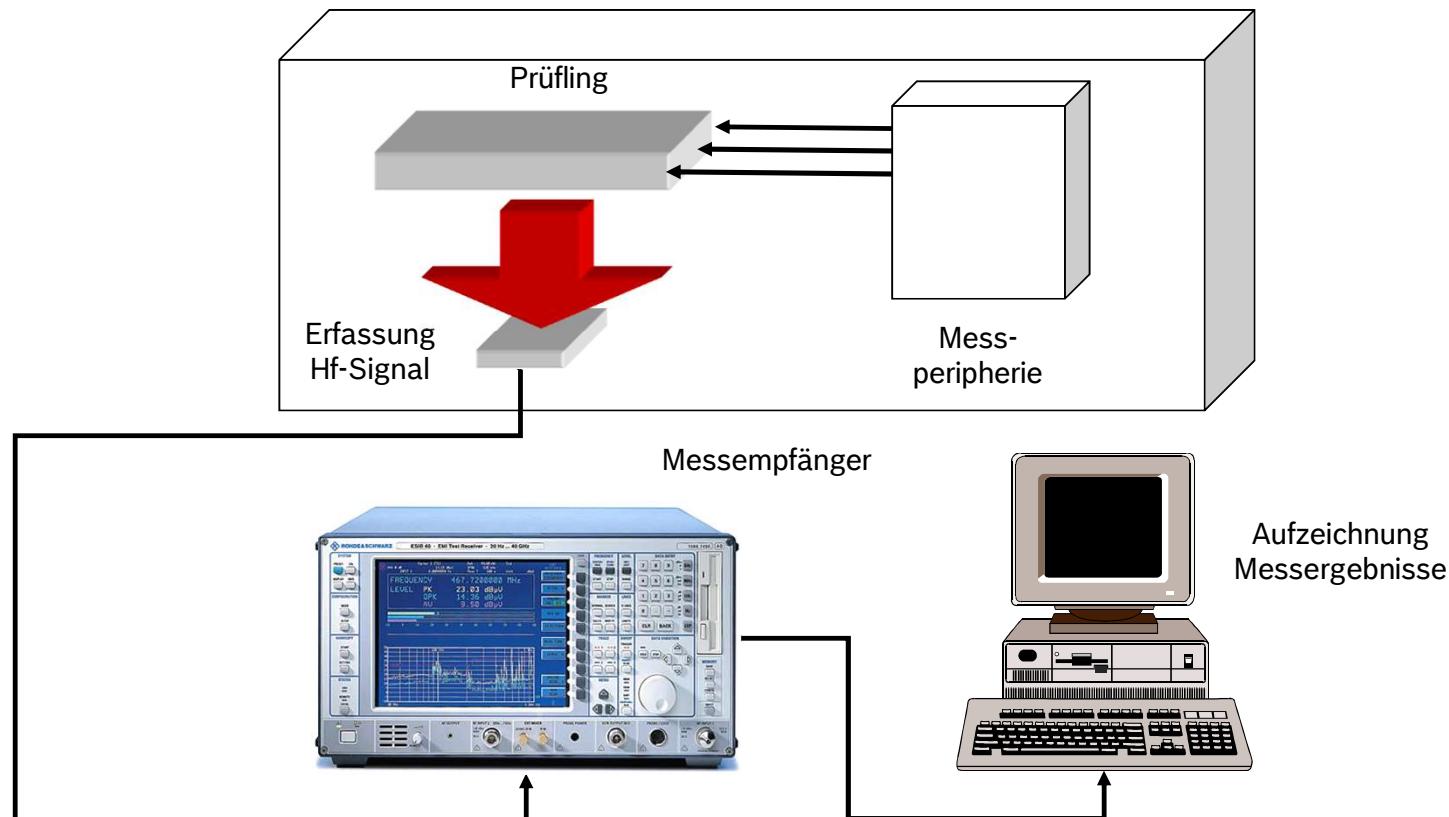
- S_{kk} : Transmissionsfaktoren
- S_{km} , $k \neq m$: Reflexionsfaktoren
- S-Parameter lassen sich in Z-, Y-, A-Parameter umrechnen
→ eindeutige Charakterisierung des n-Torobjektes
- Kleinsignalmessung (nur lineare Effekte)



4. EMV-Prüfverfahren in der Automobiltechnik

Prinzipieller Messaufbau Störaussendungsmessung

- ▶ 4.1 EMV-Prüfungen:
Grundlagen
- ▶ 4.2 EMV-Vorschriften
- ▶ 4.3 Messausrüstung:
Überblick
- ▶ 4.4 Störaussendungs-
Messungen
 - 4.4.1 Störspannungsmessung
an der BNN
 - 4.4.2 Störstrommessung
 - 4.4.3 Störfeldstärkemessung
 - 4.4.4 Störaussendungs-
messung Impulse
- ▶ 4.5 Störfestigkeits-
messungen



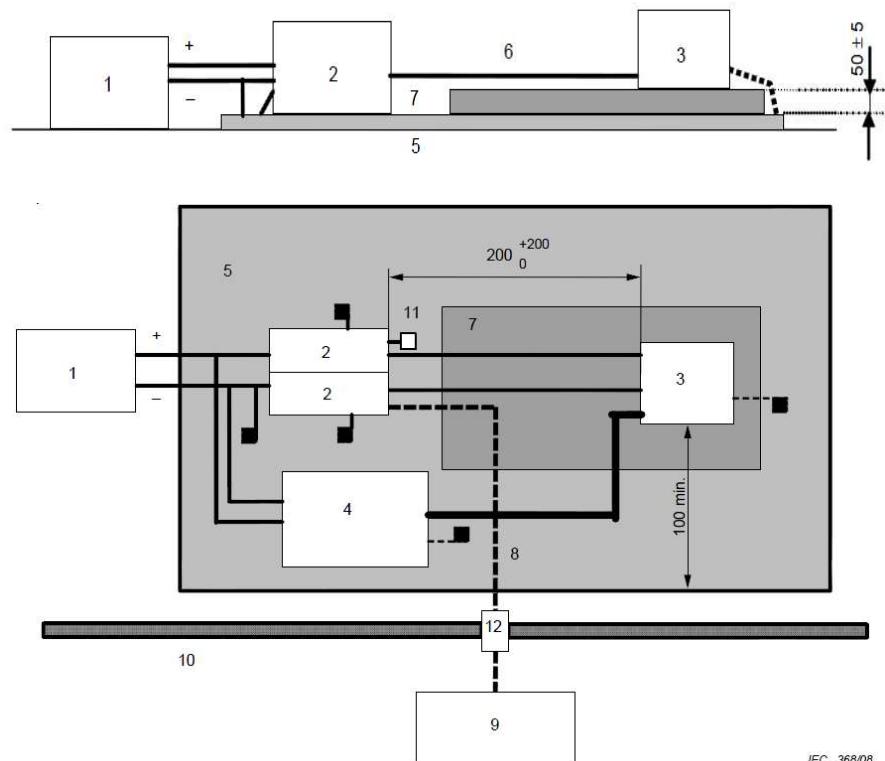
4. EMV-Prüfverfahren in der Automobiltechnik

Störspannungsmessung

Messanordnung nach CISPR 25

- ▶ 4.1 EMV-Prüfungen:
Grundlagen
- ▶ 4.2 EMV-Vorschriften
- ▶ 4.3 Messausrüstung:
Überblick
- ▶ 4.4 Störaussendungs-
Messungen
 - 4.4.1 Störspannungsmessung
an der BNN
 - 4.4.2 Störstrommessung
 - 4.4.3 Störfeldstärkemessung
 - 4.4.4 Störaussendungs-
messung Impulse
- ▶ 4.5 Störfestigkeits-
messungen

- 1: Batterie
- 2: BNN (Bordnetznachbildung)
- 3: Prüfling
(Eng: EUT, Equipment under test)
- 4: Lastsimulator
- 5: Messtisch (Bezugsmasseplatte)
- 6: Versorgungskabelbaum
- 7: Abstandshalter ($\varepsilon_r < 1,4$)
- 8: geschirmtes Messkabel
- 9: Messempfänger
- 10: Schirm
- 11: 50-Ω-Last
- 12: Klemme



4. EMV-Prüfverfahren in der Automobiltechnik

Grenzwerte nach CISPR 25 (Grenzwertklassen)

➤ Leitungsgebundene Störungen

- ▶ 4.1 EMV-Prüfungen:
Grundlagen
- ▶ 4.2 EMV-Vorschriften
- ▶ 4.3 Messausrüstung:
Überblick
- ▶ 4.4 Störaussendungs-
Messungen
 - 4.4.1 Störspannungsmessung
an der BNN
 - 4.4.2 Störstrommessung
 - 4.4.3 Störfeldstärkemessung
 - 4.4.4 Störaussendungs-
messung Impulse
- ▶ 4.5 Störfestigkeits-
messungen

Service / Band	Frequency MHz	Levels in dB(μV)														
		Class 5			Class 4			Class 3			Class 2					
		Peak	Quasipeak	Average	Peak	Quasipeak	Average	Peak	Quasipeak	Average	Peak	Quasipeak	Average			
BROADCAST																
LW	0.15 to 0.30	70	57	50	80	67	60	90	77	70	100	87	80	110	97	90
MW	0.53 to 1.8	54	41	34	62	49	42	70	57	50	78	65	58	86	73	66
SW	5.9 to 6.2	53	40	33	59	46	39	65	52	45	71	58	51	77	64	57
FM	76 to 108	38	25	18	44	31	24	50	37	30	56	43	38	62	49	42
TV Band I	41 to 88	34	—	24	40	—	30	46	—	36	52	—	42	58	—	48
TV Band III	174 to 230															
DAB III	171 to 245															
TV Band IV	468 to 944															
DTTV	470 to 770															
DAB L Band	1 447 to 1 494															
SDARS	2 320 to 2 345															
MOBILE SERVICES																
CB	26 to 28	44	31	24	50	37	30	56	43	38	62	49	42	68	55	48
VHF	30 to 54	44	31	24	50	37	30	56	43	38	62	49	42	68	55	48
VHF	68 to 87	38	25	18	44	31	24	50	37	30	56	43	38	62	49	42
VHF	142 to 175															
Analogue UHF	380 to 512															
RKE	300 to 330															
RKE	420 to 450															
Analogue UHF	820 to 960															
GSM 800	860 to 895															
EGSM/GSM 900	925 to 960															
GPS L1 civil	1 567 to 1 583															
GLONASS L1	1 591 to 1 613															
GSM 1800 (PCN)	1 803 to 1 882															
GSM 1900	1 850 to 1 990															
3G / IMT 2000	1 900 to 1 992															
3G / IMT 2000	2 010 to 2 025															
3G / IMT 2000	2 180 to 2 172															
Bluetooth/802.11	2 400 to 2 500															

Conducted emission – Voltage method
Not applicable

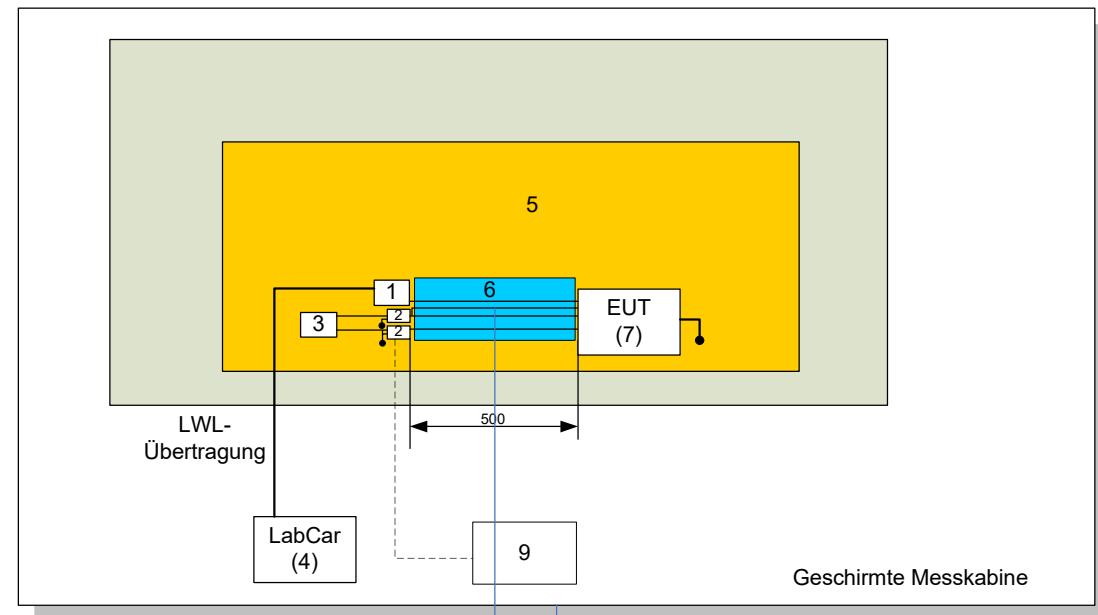
Conducted emission – Voltage method
Not applicable

4. EMV-Prüfverfahren in der Automobiltechnik

Messanordnung laut des Testplans im Projekt ESL3

- ▶ 4.1 EMV-Prüfungen:
Grundlagen
- ▶ 4.2 EMV-Vorschriften
- ▶ 4.3 Messausrüstung:
Überblick
- ▶ 4.4 Störaussendungs-
Messungen
 - 4.4.1 Störspannungsmessung
an der BNN
 - 4.4.2 Störstrommessung
 - 4.4.3 Störfeldstärkemessung
 - 4.4.4 Störaussendungs-
messung Impulse
- ▶ 4.5 Störfestigkeits-
messungen

- Kabelbaumlänge
 $l = 0,5 \text{ m}$
- Ansteuerung
über CAN-Bus
- Sonst konform zu
CISPR 25 -
Messanordnung

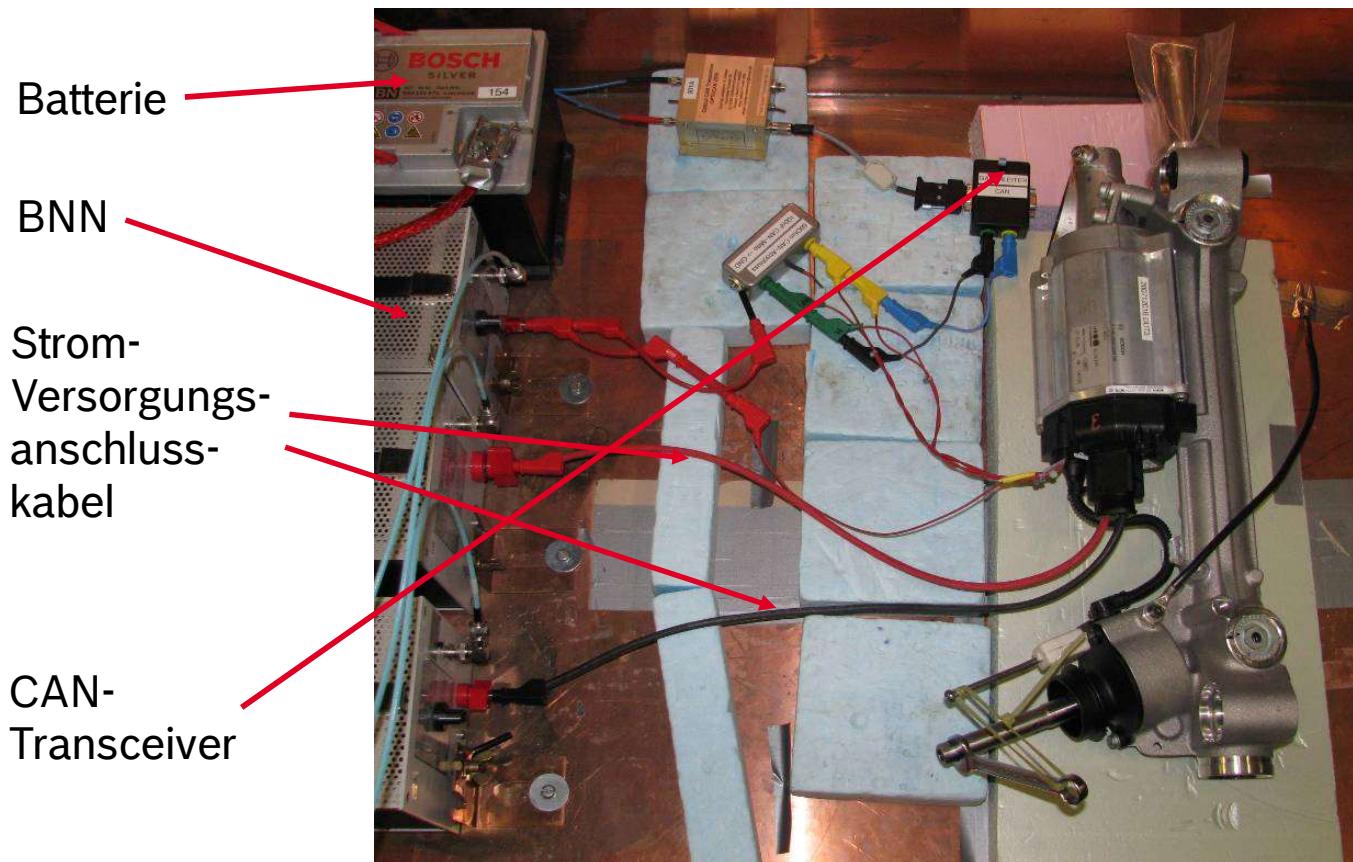


Legende	
1	CAN Transceiver
2	LISN (Netznachbildung)
3	Batterie / Spannungsversorgung
4	LabCar
5	Bezugsmasseplatte
6	Isolation ($\epsilon_r \leq 1,4$)
7	EUT auf Lenkgestänge galvanisch mit GND-Plane verbunden
9	Messempfänger

4. EMV-Prüfverfahren in der Automobiltechnik

Störspannungsmessungen im Projekt ESL3

- ▶ 4.1 EMV-Prüfungen:
Grundlagen
- ▶ 4.2 EMV-Vorschriften
- ▶ 4.3 Messausrüstung:
Überblick
- ▶ 4.4 Störaussendungs-
Messungen
 - 4.4.1 Störspannungsmessung
an der BNN
 - 4.4.2 Störstrommessung
 - 4.4.3 Störfeldstärkemessung
 - 4.4.4 Störaussendungs-
messung Impulse
- ▶ 4.5 Störfestigkeits-
messungen

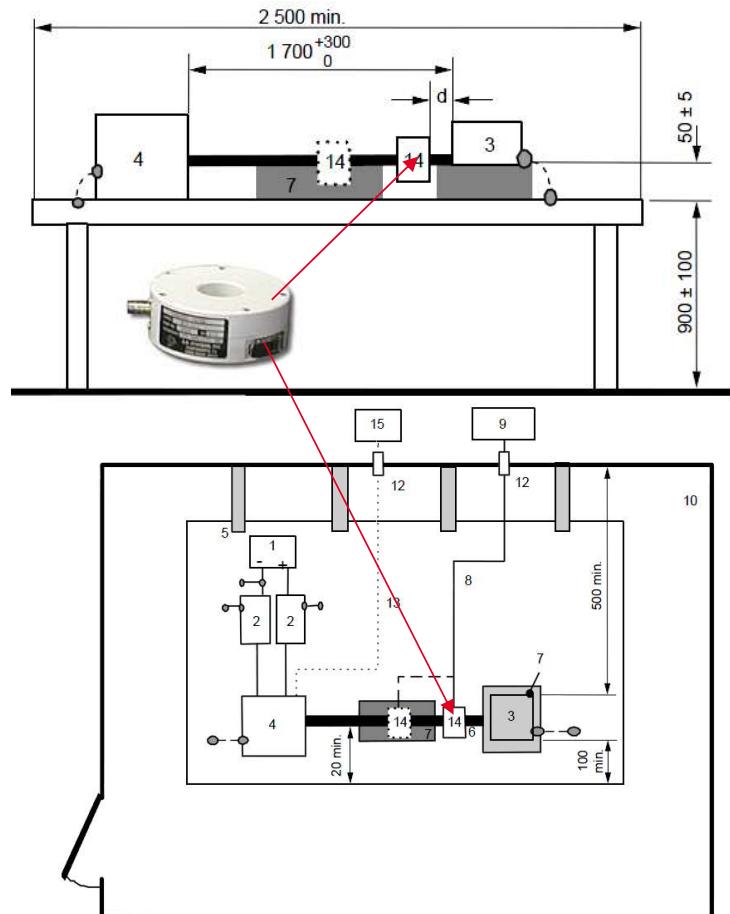


4. EMV-Prüfverfahren in der Automobiltechnik

- ▶ 4.1 EMV-Prüfungen:
Grundlagen
- ▶ 4.2 EMV-Vorschriften
- ▶ 4.3 Messausrüstung:
Überblick
- ▶ 4.4 Störaussendungs-
Messungen
 - 4.4.1 Störspannungsmessung
an der BNN
 - 4.4.2 Störstrommessung
 - 4.4.3 Störfeldstärkemessung
 - 4.4.4 Störaussendungs-
messung Impulse
- ▶ 4.5 Störfestigkeits-
messungen

Störstrommessung Messanordnung nach CISPR 25

- 1: Batterie
- 2: BNN (Bordnetznachbildung)
- 3: Prüfling
(Eng: EUT, *Equipment unter test*)
- 4: Lastsimulator
- 5: Messtisch (Bezugsmasseplatte)
- 6: Versorgungskabelbaum
- 7: Abstandshalter ($\varepsilon_r < 1,4$)
- 8: geschirmtes Messkabel
- 9: Messempfänger
- 10: Schirm
- 11: 50-Ω-Last
- 12: Durchführung
- 14: Stromzange (Stromprobe)



4. EMV-Prüfverfahren in der Automobiltechnik

- ▶ 4.1 EMV-Prüfungen:
Grundlagen
- ▶ 4.2 EMV-Vorschriften
- ▶ 4.3 Messausrüstung:
Überblick
- ▶ 4.4 Störaussendungs-
Messungen
 - 4.4.1 Störspannungsmessung
an der BNN
 - 4.4.2 Störstrommessung
 - 4.4.3 Störfeldstärkemessung
 - 4.4.4 Störaussendungs-
messung Impulse
- ▶ 4.5 Störfestigkeits-
messungen

Grenzwerte nach CISPR 25 (Grenzwertklassen)

➤ Leitungsgebundene
Störungen

Service / Band	Frequency MHz	Levels in dB(μA)									
		Class 1		Class 2		Class 3		Class 4		Class 5	
		Peak	Quasi- peak	Peak	Quasi- peak	Peak	Quasi- peak	Peak	Quasi- peak	Peak	Quasi- peak
BROADCAST											
LW	0,15 - 0,30	90	77	80	67	70	57	60	47	50	37
MW	0,53 - 1,8	58	45	50	37	42	29	34	21	26	13
SW	5,9 - 6,2	43	30	37	24	31	18	25	12	19	6
FM	76 - 108	28	15	22	9	16	3	10	-3	4	-9
TV Band I	41 - 88	24	-	18	-	12	-	6	-	0	-
TV Band III	174 - 230										
DAB III	171 - 245										
TV Band IV/V	468 - 944										
DTTV	470 - 770										
DAB L band	1447 - 1494										
SDARS	2320 - 2345										
MOBILE SERVICES											
CB	26 - 28	34	21	28	15	22	9	16	3	10	-3
VHF	30 - 54	34	21	28	15	22	9	16	3	10	-3
VHF	68 - 87	28	15	22	9	16	3	10	-3	4	-9
VHF	142 - 175										
Analogue UHF	380 - 512										
RKE	300 - 330										
RKE	420 - 450										
Analogue UHF	820 - 960										
GSM 800	860 - 895										
EGSM/GSM 900	925 - 960										
GPS L1 civil	1567 - 1583										
GSM 1800 (PCN)	1803 - 1882										
GSM 1900	1850 - 1990										
3G / IMT 2000	1900 - 1992										
3G / IMT 2000	2010 - 2025										
3G / IMT 2000	2108 - 2172										
Bluetooth/802.11	2400 - 2500										

4. EMV-Prüfverfahren in der Automobiltechnik

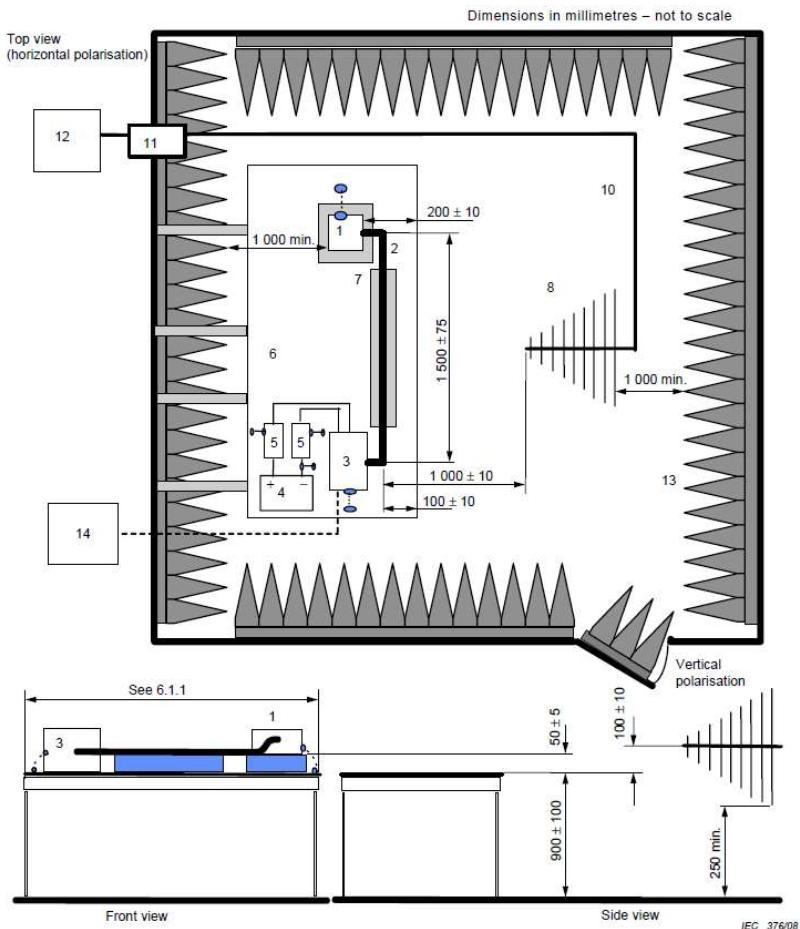
ALSE-Methode

ALSE: Absorber-lined shielded enclosure

Messanordnung nach CISPR 25

- ▶ 4.1 EMV-Prüfungen:
Grundlagen
- ▶ 4.2 EMV-Vorschriften
- ▶ 4.3 Messausrüstung:
Überblick
- ▶ 4.4 Störaussendungs-
Messungen
 - 4.4.1 Störspannungsmessung
an der BNN
 - 4.4.2 Störstrommessung
 - 4.4.3 Störfeldstärkemessung
 - 4.4.4 Störaussendungs-
messung Impulse
- ▶ 4.5 Störfestigkeits-
messungen

- 1: EUT
- 2: Kabelbaum
- 3: Lastsimulator
- 4: Batterie
- 5: BNN
- 6: Messtisch (geerdet)
- 7: Abstandshalter ($\epsilon_r < 1,4$)
- 8: Antenne
(hier logarithmisch-periodische)
- 10: geschirmtes Messkabel
- 11: HF-Durchführung
- 12: Empfänger
- 13: Absorber
- 14: Steuerrechner



4. EMV-Prüfverfahren in der Automobiltechnik

ALSE-Methode: Spezifikation nach CISPR 25

- ▶ 4.1 EMV-Prüfungen:
Grundlagen
- ▶ 4.2 EMV-Vorschriften
- ▶ 4.3 Messausrüstung:
Überblick
- ▶ 4.4 Störaussendungs-
Messungen
 - 4.4.1 Störspannungsmessung
an der BNN
 - 4.4.2 Störstrommessung
 - 4.4.3 Störfeldstärkemessung
 - 4.4.4 Störaussendungs-
messung Impulse
- ▶ 4.5 Störfestigkeits-
messungen

- Absorber: Reflexionsdämpfung min. 6 dB (70 MHz-2,5 GHz)
- Abstand zwischen den Wänden und Prüfling bzw.
Messantenne : > 1 m
- Antenne:
 - SWR (Stehwellenverhältnis) < 2
 - Zwecks der Reproduzierbarkeit werden folgende Antennen empfohlen:

0,15 MHz to 30 MHz	1 m vertical monopole (where this is not 50 Ω, a suitable antenna matching unit must be used);
30 MHz to 300 MHz	a biconical antenna;
200 MHz to 1 000 MHz	a log-periodic antenna;
1 000 MHz to 2 500 MHz	a horn or log-periodic antenna.

- Messgröße ist die elektrische Feldstärke
- Übersetzung in die Empfängermessspannung:
$$E \text{ (in } \text{dB}\mu\text{V/m)} = U \text{ (in } \text{dB}\mu\text{V)} + A_F \text{ (in } \text{dB/m)}$$

Messspannung

Antennenfaktor



4. EMV-Prüfverfahren in der Automobiltechnik

Grenzwerte für die elektrische Feldstärke nach CISPR 25 (Grenzwertklassen)

- ▶ 4.1 EMV-Prüfungen:
Grundlagen
- ▶ 4.2 EMV-Vorschriften
- ▶ 4.3 Messausrüstung:
Überblick
- ▶ 4.4 Störaussendungs-
Messungen
 - 4.4.1 Störspannungsmessung
an der BNN
 - 4.4.2 Störstrommessung
 - 4.4.3 Störfeldstärkemessung
 - 4.4.4 Störaussendungs-
messung Impulse
- ▶ 4.5 Störfestigkeits-
messungen

Service / Band	Frequency MHz	Levels in dB(µV/m)									
		Class 1		Class 2		Class 3		Class 4		Class 5	
		Peak	Quasi-peak	Peak	Quasi-peak	Peak	Quasi-peak	Peak	Quasi-peak	Peak	Quasi-peak
BROADCAST											
LW	0,15 - 0,30	86	73	76	63	66	53	56	43	46	33
MW	0,53 - 1,8	72	59	64	51	56	43	48	35	40	27
SW	5,9 - 6,2	64	51	58	45	52	39	46	33	40	27
FM	76 - 108	62	49	56	43	50	37	44	31	38	25
TV Band I	41 - 88	52	-	46	-	40	-	34	-	28	-
TV Band III	174 - 230	56	-	50	-	44	-	38	-	32	-
DAB III	171 - 245	50	-	44	-	38	-	32	-	26	-
TV Band IV/	468 - 944	65	-	59	-	53	-	47	-	41	-
DTTV	470 - 770	69	-	63	-	57	-	51	-	45	-
DAB L band	1447 - 1494	52	-	46	-	40	-	34	-	28	-
SDARS	2320 - 2345	58	-	52	-	46	-	40	-	34	-
MOBILE SERVICES											
CB	26 - 28	64	51	58	45	52	39	46	33	40	27
VHF	30 - 54	64	51	58	45	52	39	46	33	40	27
VHF	68 - 87	59	46	53	40	47	34	41	28	35	22
VHF	142 - 175	59	46	53	40	47	34	41	28	35	22
Analogue UHF	380 - 512	62	49	56	43	50	37	44	31	38	25
RKE	300 - 330	56	-	50	-	44	-	38	-	32	-
RKE	420 - 450	56	-	50	-	44	-	38	-	32	-
Analogue UHF	820 - 960	68	55	62	49	56	43	50	37	44	31
GSM 800	860 - 895	68	-	62	-	56	-	50	-	44	-
EGSM/GSM 900	925 - 960	68	-	62	-	56	-	50	-	44	-
GPS L1 civil	1567 - 1583	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
GSM 1800 (PCN)	1803 - 1882	68	-	62	-	56	-	50	-	44	-
GSM 1900	1850 - 1990	68	-	62	-	56	-	50	-	44	-
3G / IMT 2000	1900 - 1992	68	-	62	-	56	-	50	-	44	-
3G / IMT 2000	2010 - 2025	68	-	62	-	56	-	50	-	44	-
3G / IMT 2000	2108 - 2172	68	-	62	-	56	-	50	-	44	-
Bluetooth/802.11	2400 - 2500	68	-	62	-	56	-	50	-	44	-

4. EMV-Prüfverfahren in der Automobiltechnik

Beispiel: Bosch ALSE-Halle in Reutlingen

- ▶ 4.1 EMV-Prüfungen:
Grundlagen
- ▶ 4.2 EMV-Vorschriften
- ▶ 4.3 Messausrüstung:
Überblick
- ▶ 4.4 Störaussendungs-
Messungen
 - 4.4.1 Störspannungsmessung
an der BNN
 - 4.4.2 Störstrommessung
 - 4.4.3 Störfeldstärkemessung
 - 4.4.4 Störaussendungs-
messung Impulse
- ▶ 4.5 Störfestigkeits-
messungen

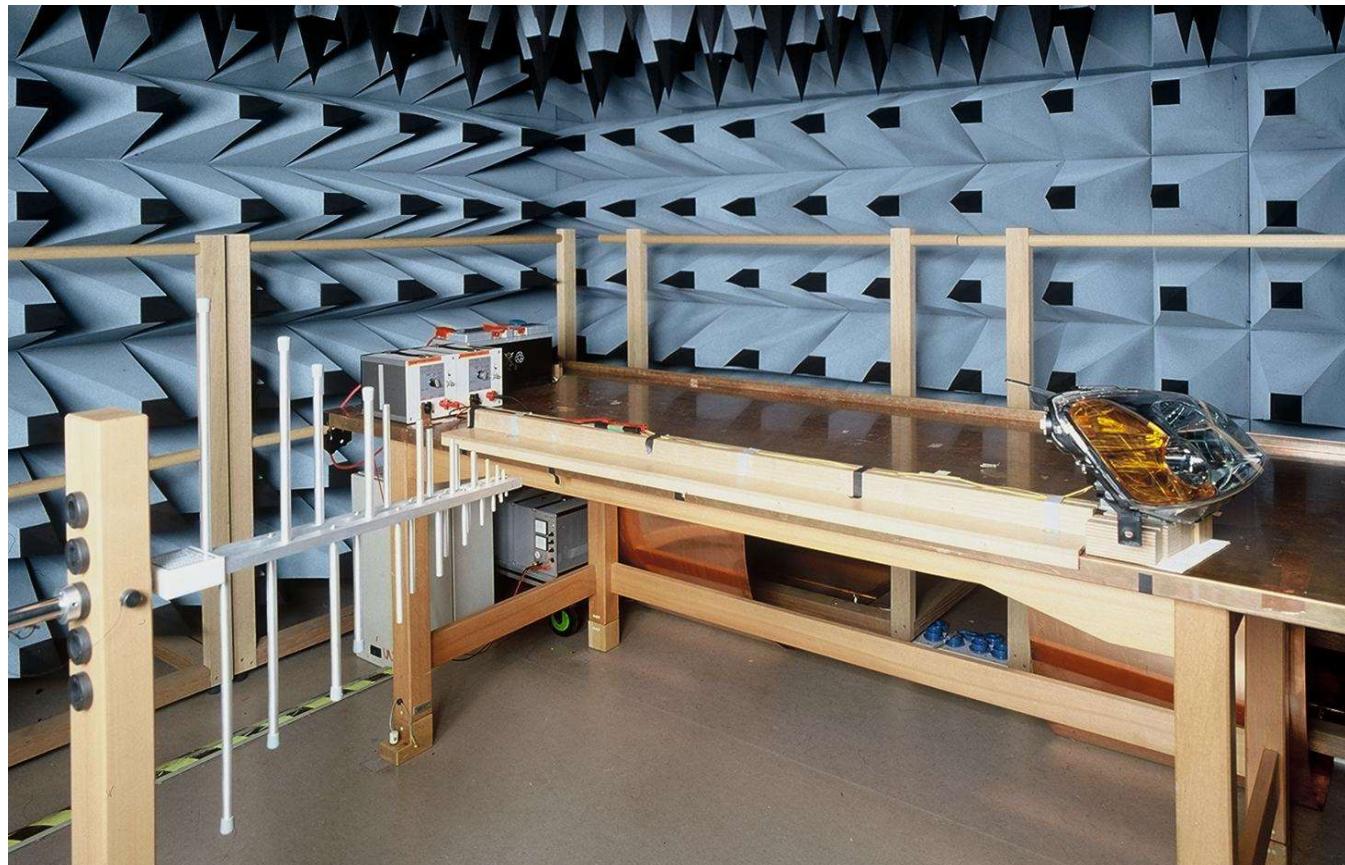
Typ	Absorber-lined Chamber
Absorber	Ferrite / Pyramide
Größe	5 m x 3,5 m x 2,2 m (l x w x h)
Normen	ISO 11452-x CISPR 25
RF - Leistung	1 kW (80 MHz– 1000 MHz) 500 W (9 kHz-1000 MHz) 250 W (1 -2 GHz) 200 W (2 -4 GHz)
Prüf- verfahren	Radiated Immunity Ant. Radiated Emission Ant. Immunity BCI Immunity Stripline Cond. Emission Volt. Cond. Current



4. EMV-Prüfverfahren in der Automobiltechnik

Beispiel: Bosch ALSE-Halle in Schwieberdingen

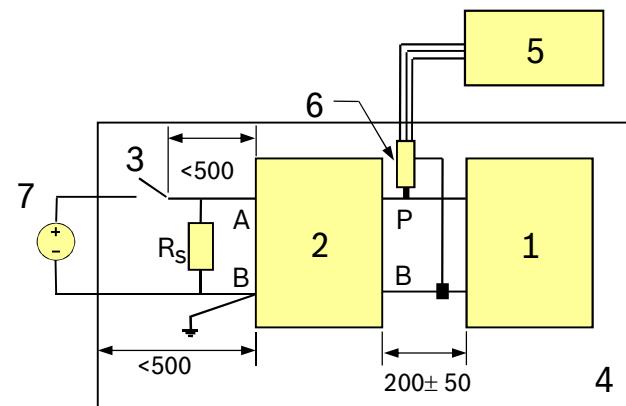
- ▶ 4.1 EMV-Prüfungen:
Grundlagen
- ▶ 4.2 EMV-Vorschriften
- ▶ 4.3 Messausrüstung:
Überblick
- ▶ 4.4 Störaussendungs-
Messungen
 - 4.4.1 Störspannungsmessung
an der BNN
 - 4.4.2 Störstrommessung
 - 4.4.3 Störfeldstärkemessung
 - 4.4.4 Störaussendungs-
messung Impulse
- ▶ 4.5 Störfestigkeits-
messungen



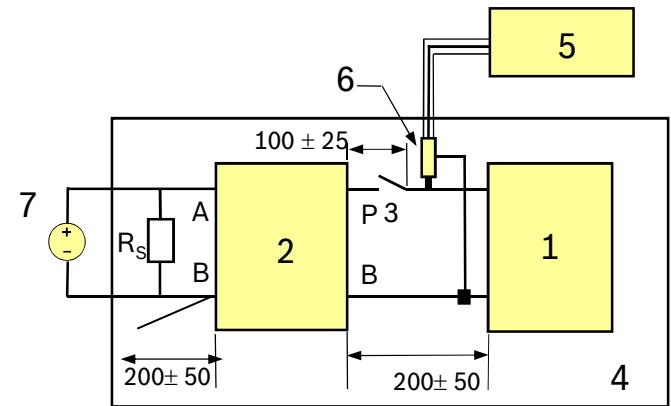
4. EMV-Prüfverfahren in der Automobiltechnik

Bordnetzimpulse – Störaussendung auf den Versorgungsleitungen

Langsame Impulse (Impuls 1, 2)



Schnelle Impulse (Impuls 3a,b)



- 1: Störquelle, Prüfling
- 2: Bordnetznachbildung
- 3: Schalter
- 4: Blechplatte
- 5: Oszilloskop
- 6: Tastkopf
- 7: Spannungsversorgung

-> Limits und
Kategori-
sierung
gemessener
Impulse (12 V)
nach ISO 7637

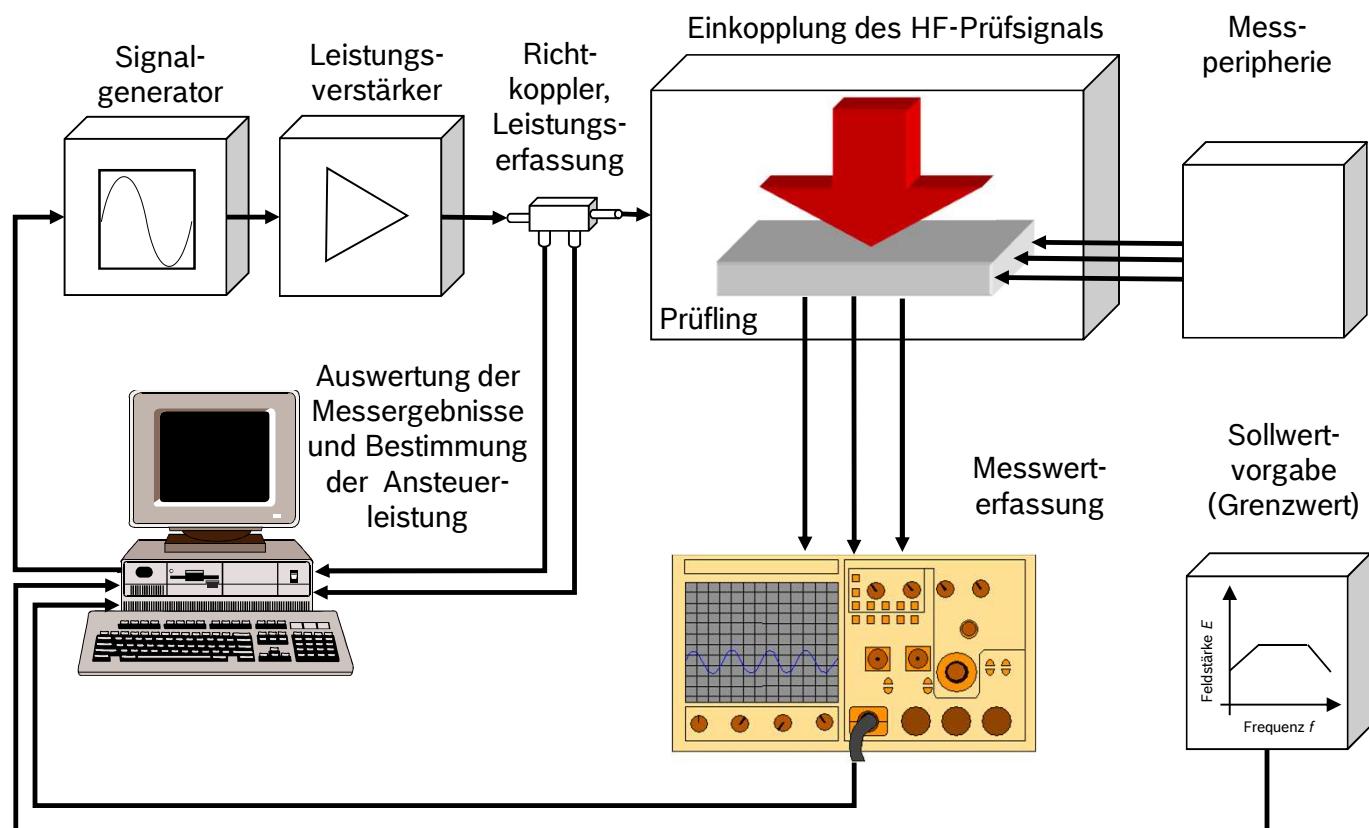
Pulse amplitude (U_s)	Suggested limit for U_s for severity levels I to V			
	I / II	III	IV	V ^a
Positive slow pulses (ms range or slower)	+25 V	+37 V	+75 V	
Negative slow pulses (ms range or slower)	-50 V	-75 V	-100 V	
Positive fast pulses (μs to ns range)	+50 V	+75 V	+100 V	
Negative fast pulses (μs to ns range)	-75 V	-112 V	-150 V	

^a Values to be determined by vehicle manufacturer and equipment supplier.

4. EMV-Prüfverfahren in der Automobiltechnik

Prinzipieller Messaufbau Störausfestigkeitsmessung

- ▶ 4.1 EMV-Prüfungen:
Grundlagen
- ▶ 4.2 EMV-Vorschriften
- ▶ 4.3 Messausrüstung:
Überblick
- ▶ 4.4 Störaussendungs-
Messungen
- ▶ 4.5 Störfestigkeits-
messungen
 - 4.5.1 Störfestigkeit - Absorberraum
 - 4.5.2 Störfestigkeit - Streifenleitung
 - 4.5.3 Störfestigkeit - TEM-Zelle
 - 4.5.4 BCI-Prüfung (HF-Strom)
 - 4.5.5 Störfestigkeit gegenüber
Transienten
 - 4.5.6 ESD-Prüfung



4. EMV-Prüfverfahren in der Automobiltechnik

Prüfung der Störfestigkeit mit CW und Modulation

- ▶ 4.1 EMV-Prüfungen:
Grundlagen
- ▶ 4.2 EMV-Vorschriften
- ▶ 4.3 Messausrüstung:
Überblick
- ▶ 4.4 Störaussendungs-
Messungen
- ▶ 4.5 Störfestigkeits-
messungen
 - 4.5.1 Störfestigkeit - Absorberraum
 - 4.5.2 Störfestigkeit - Streifenleitung
 - 4.5.3 Störfestigkeit - TEM-Zelle
 - 4.5.4 BCI-Prüfung (HF-Strom)
 - 4.5.5 Störfestigkeit gegenüber
Transienten
 - 4.5.6 ESD-Prüfung

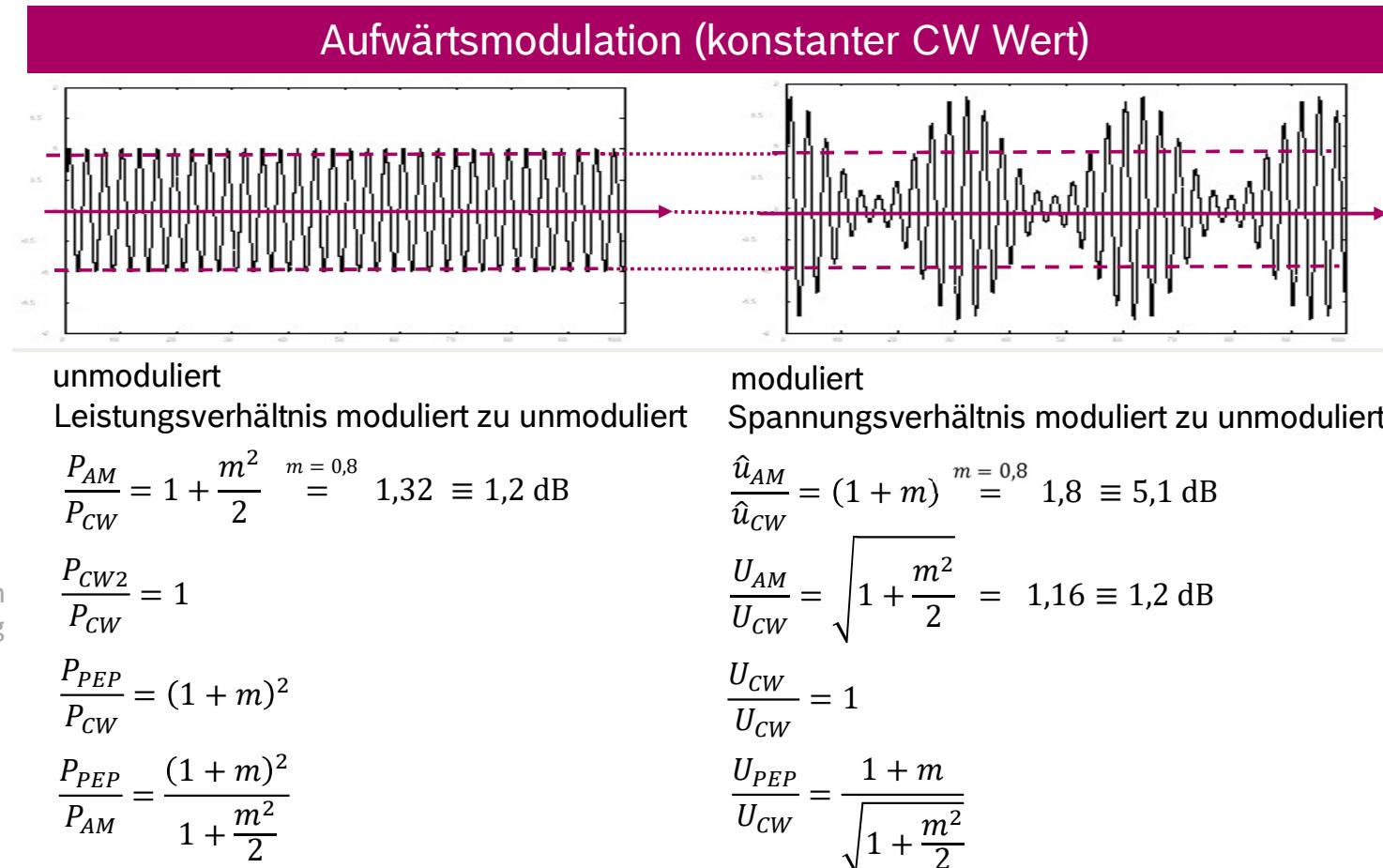
Generell:

Die Störfestigkeitsprüfung im Frequenzbereich erfolgt mit CW-Signal und unterschiedlichen Modulationen

- CW höchster Leistungseintrag
- AM-Modulation (Amplituden-Modulation) => Simulation von analogen Sendersignalen
- PM-Modulation (Puls-Modulation) => Simulation von digitalen Sendersignalen (z.B. Radareinstrahlung)

4. EMV-Prüfverfahren in der Automobiltechnik

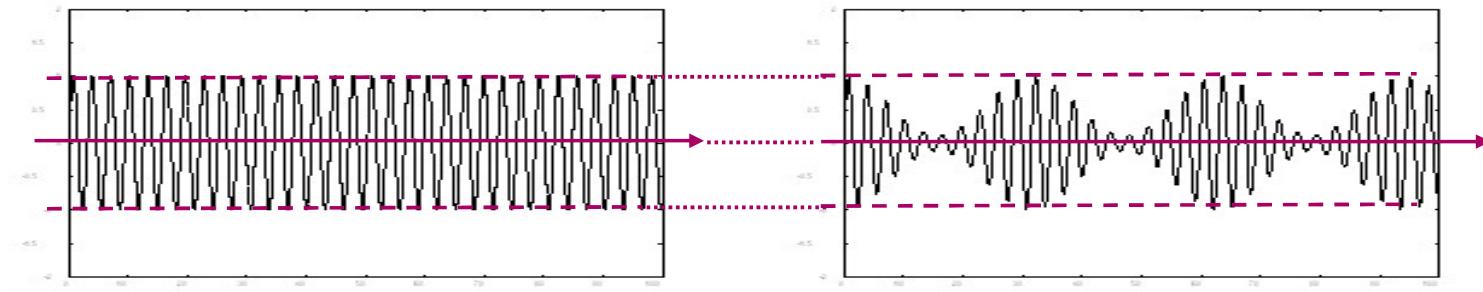
- ▶ 4.1 EMV-Prüfungen:
Grundlagen
- ▶ 4.2 EMV-Vorschriften
- ▶ 4.3 Messausrüstung:
Überblick
- ▶ 4.4 Störaussendungs-
Messungen
- ▶ 4.5 Störfestigkeits-
messungen
 - 4.5.1 Störfestigkeit - Absorberraum
 - 4.5.2 Störfestigkeit - Streifenleitung
 - 4.5.3 Störfestigkeit - TEM-Zelle
 - 4.5.4 BCI-Prüfung (HF-Strom)
 - 4.5.5 Störfestigkeit gegenüber
Transienten
 - 4.5.6 ESD-Prüfung



4. EMV-Prüfverfahren in der Automobiltechnik

- ▶ 4.1 EMV-Prüfungen:
Grundlagen
- ▶ 4.2 EMV-Vorschriften
- ▶ 4.3 Messausrüstung:
Überblick
- ▶ 4.4 Störaussendungs-
Messungen
- ▶ 4.5 Störfestigkeits-
messungen
 - 4.5.1 Störfestigkeit - Absorberraum
 - 4.5.2 Störfestigkeit - Streifenleitung
 - 4.5.3 Störfestigkeit - TEM-Zelle
 - 4.5.4 BCI-Prüfung (HF-Strom)
 - 4.5.5 Störfestigkeit gegenüber
Transienten
 - 4.5.6 ESD-Prüfung

Abwärtsmodulation (konstante Maximalamplitude)



unmoduliert
Leistungsverhältnis moduliert zu unmoduliert

$$\frac{P_{AM}}{P_{CW}} = \frac{1 + \frac{m^2}{2}}{(1 + m)^2} \quad m = 0,8 \quad 0,407 \equiv -3,9 \text{ dB}$$

$$\frac{P_{CW2}}{P_{CW}} = \frac{1}{(1 + m)^2} \quad = \quad 0,309 \equiv -5,1 \text{ dB}$$

$$\frac{P_{PEP}}{P_{CW}} = 1$$

moduliert
Spannungsverhältnis moduliert zu unmoduliert

$$\frac{\hat{U}_{AM}}{\hat{U}_{CW}} = 1$$

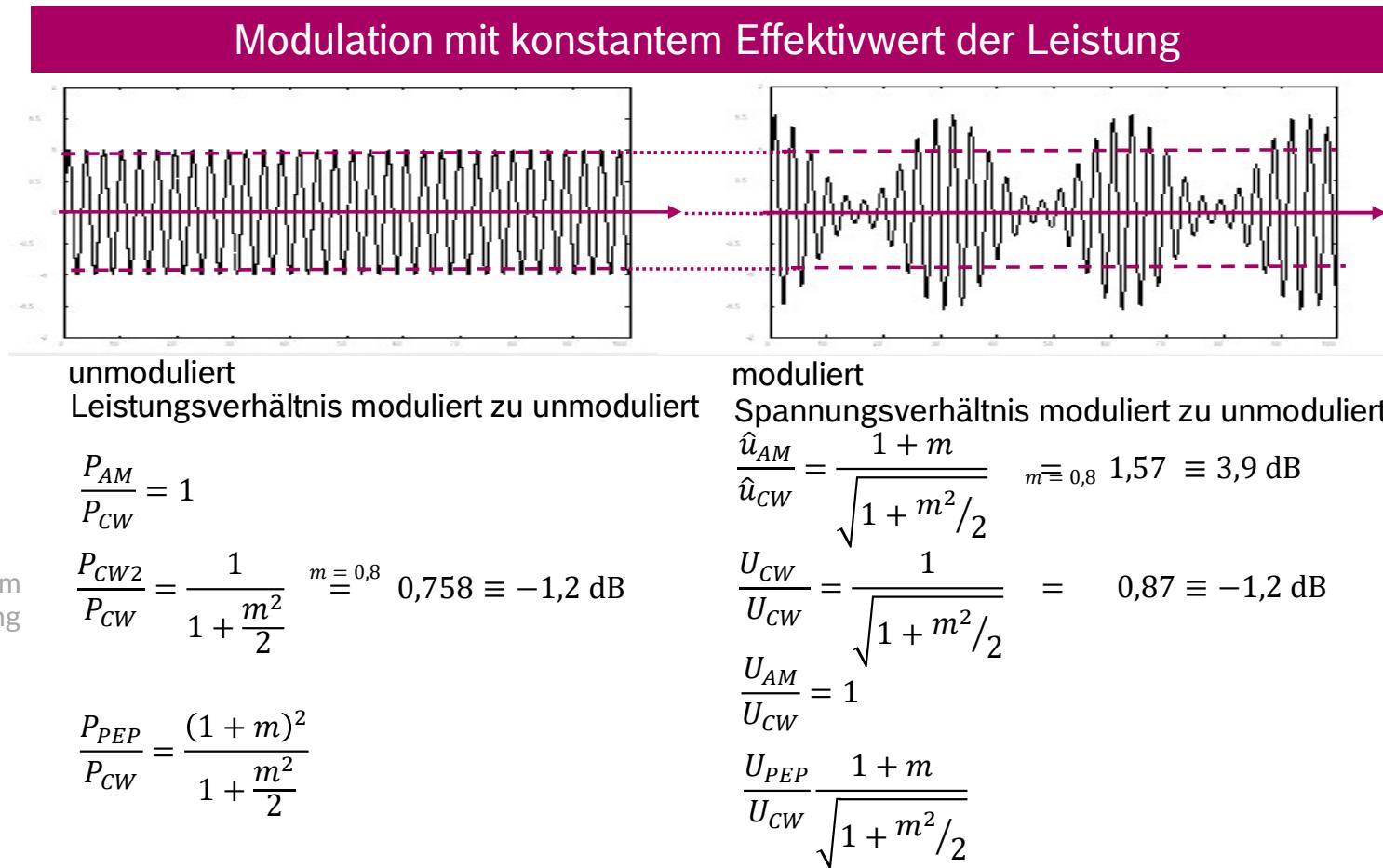
$$\frac{U_{AM}}{U_{CW}} = \frac{\sqrt{1 + \frac{m^2}{2}}}{1 + m} \quad m = 0,8 \quad 0,63 \equiv -3,9 \text{ dB}$$

$$\frac{U_{CW2}}{U_{CW}} = \frac{1}{1 + m} \quad = \quad 0,555 \equiv -5,1 \text{ dB}$$

$$\frac{U_{PEP}}{U_{CW}} = 1$$

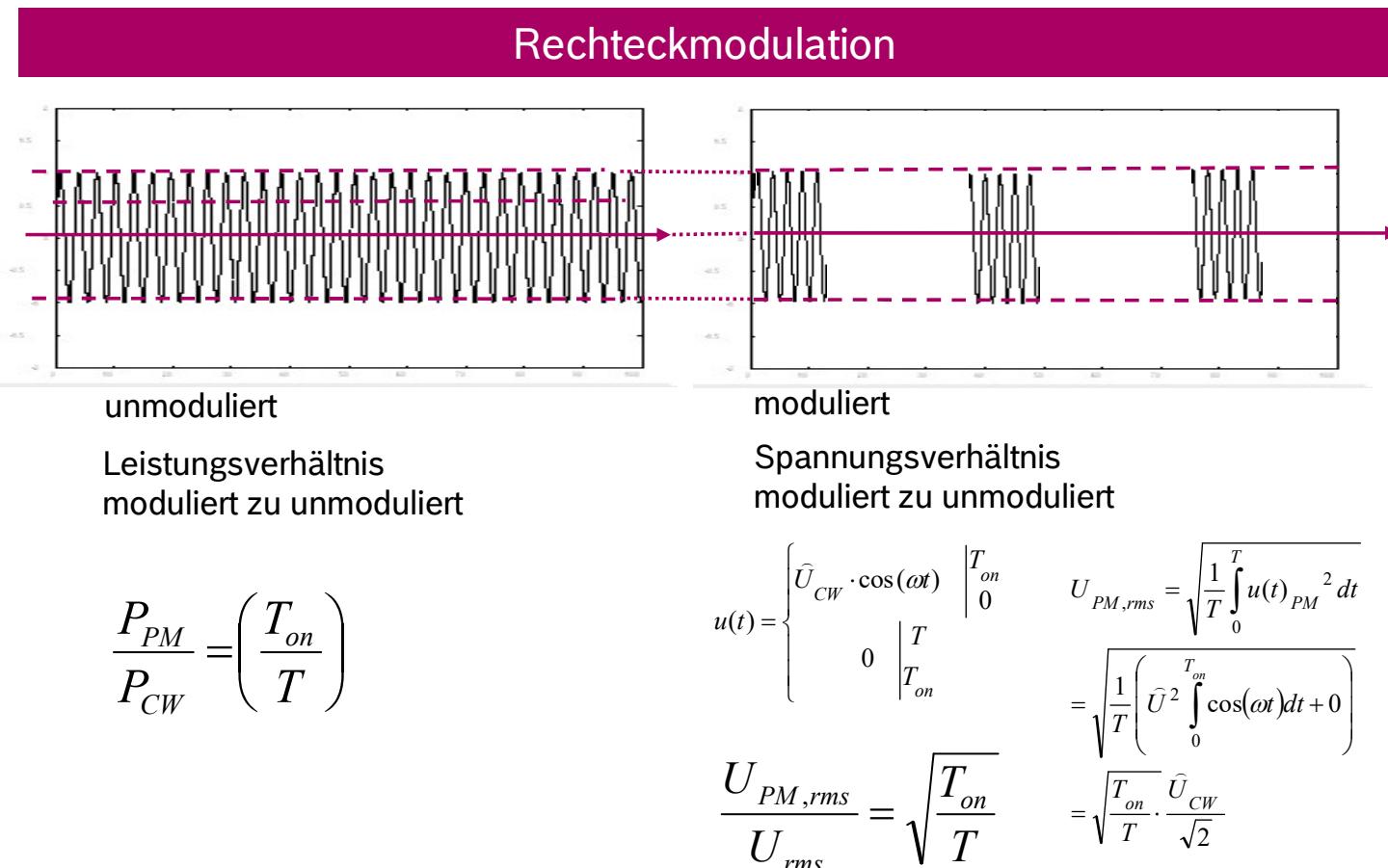
4. EMV-Prüfverfahren in der Automobiltechnik

- ▶ 4.1 EMV-Prüfungen:
Grundlagen
- ▶ 4.2 EMV-Vorschriften
- ▶ 4.3 Messausrüstung:
Überblick
- ▶ 4.4 Störaussendungs-
Messungen
- ▶ 4.5 Störfestigkeits-
messungen
 - 4.5.1 Störfestigkeit - Absorberraum
 - 4.5.2 Störfestigkeit - Streifenleitung
 - 4.5.3 Störfestigkeit - TEM-Zelle
 - 4.5.4 BCI-Prüfung (HF-Strom)
 - 4.5.5 Störfestigkeit gegenüber
Transienten
 - 4.5.6 ESD-Prüfung



4. EMV-Prüfverfahren in der Automobiltechnik

- ▶ 4.1 EMV-Prüfungen:
Grundlagen
- ▶ 4.2 EMV-Vorschriften
- ▶ 4.3 Messausrüstung:
Überblick
- ▶ 4.4 Störaussendungs-
Messungen
- ▶ 4.5 Störfestigkeits-
messungen
 - 4.5.1 Störfestigkeit - Absorberraum
 - 4.5.2 Störfestigkeit - Streifenleitung
 - 4.5.3 Störfestigkeit - TEM-Zelle
 - 4.5.4 BCI-Prüfung (HF-Strom)
 - 4.5.5 Störfestigkeit gegenüber
Transienten
 - 4.5.6 ESD-Prüfung



4. EMV-Prüfverfahren in der Automobiltechnik

Einstellung der Prüffeldstärke / Prüfstrom

- ▶ 4.1 EMV-Prüfungen:
Grundlagen
- ▶ 4.2 EMV-Vorschriften
- ▶ 4.3 Messausrüstung:
Überblick
- ▶ 4.4 Störaussendungs-
Messungen
- ▶ 4.5 Störfestigkeits-
messungen
 - 4.5.1 Störfestigkeit - Absorberraum
 - 4.5.2 Störfestigkeit - Streifenleitung
 - 4.5.3 Störfestigkeit - TEM-Zelle
 - 4.5.4 BCI-Prüfung (HF-Strom)
 - 4.5.5 Störfestigkeit gegenüber
Transienten
 - 4.5.6 ESD-Prüfung

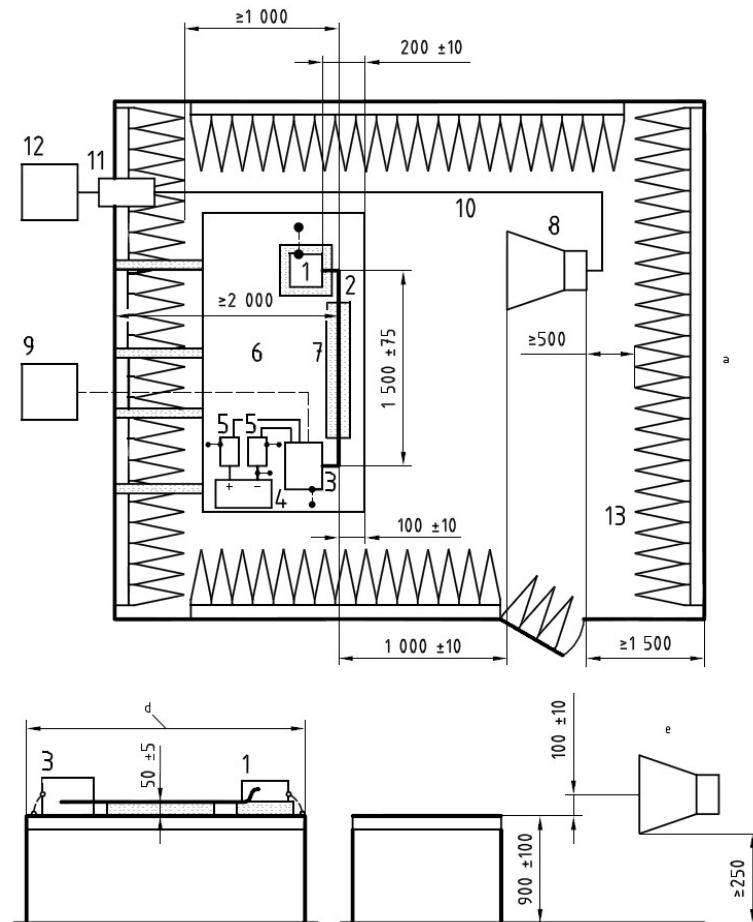
- Die **Prüfgröße** (Feldstärke, HF-Strom) wird in der Regel unter Verwendung der **Substitutionsmethode** eingestellt (Ausnahme closed-loop-method bei BCI).
- **Messtechnische Realisierung:**
In der Messeinrichtung, z.B. im Absorberraum, wird im definierten Messaufbau, ohne den Prüflingsaufbau die Prüfgrösse mit einem geeigneten Sensor (z.B. einer Feldsonde) in einem definierten „Referenzpunkt“ gemessen. Die Ansteuerung der Sendeeinrichtung wird so eingestellt, dass in diesem Referenzpunkt die gewünschte Prüfgröße, z.B. die elektrische Feldstärke, erreicht wird.
Die so ermittelten Ansteuerdaten werden dann bei der eigentlichen Prüfung eingestellt und der Prüfling mit der Prüfgröße beaufschlagt.
- **Realisierung über Berechnung:**
Bei den TEM-Wellenleitern, wie der stripline oder der TEM-Zelle, kann die Feldstärke alternativ auch über den Wellenwiderstand des Wellenleiters berechnet werden. Hier empfiehlt sich allerdings ebenfalls eine messtechnische Überprüfung

4. EMV-Prüfverfahren in der Automobiltechnik

ALSE-Methode Messanordnung nach ISO 11452-2

- ▶ 4.1 EMV-Prüfungen:
Grundlagen
- ▶ 4.2 EMV-Vorschriften
- ▶ 4.3 Messausrüstung:
Überblick
- ▶ 4.4 Störaussendungs-
Messungen
- ▶ 4.5 Störfestigkeits-
messungen
 - 4.5.1 Störfestigkeit - Absorberraum
 - 4.5.2 Störfestigkeit - Streifenleitung
 - 4.5.3 Störfestigkeit - TEM-Zelle
 - 4.5.4 BCI-Prüfung (HF-Strom)
 - 4.5.5 Störfestigkeit gegenüber
Transienten
 - 4.5.6 ESD-Prüfung

- 1: EUT
- 2: Kabelbaum
- 3: Lastsimulator
- 4: Batterie
- 5: BNN
- 6: Messtisch (geerdet)
- 7: Abstandshalter ($\varepsilon_r < 1,4$)
- 8: Antenne
- 9: Prüflingsdatenaufzeichnung
- 10: geschirmtes Antennenkabel
- 11: Durchführung
- 12: HF-Signalgenerator und
Verstärker
- 13: Absorber



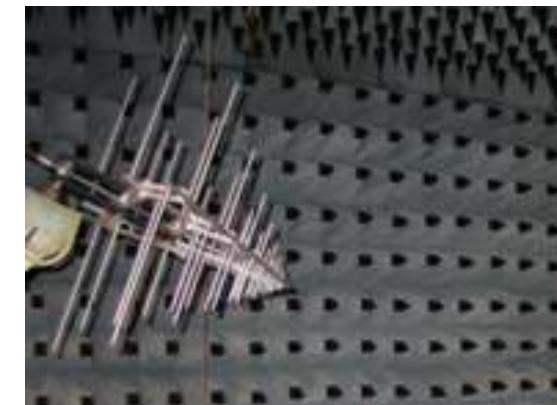
4. EMV-Prüfverfahren in der Automobiltechnik

Testprozedur

- ▶ 4.1 EMV-Prüfungen:
Grundlagen
- ▶ 4.2 EMV-Vorschriften
- ▶ 4.3 Messausrüstung:
Überblick
- ▶ 4.4 Störaussendungs-
Messungen
- ▶ 4.5 Störfestigkeits-
messungen
 - 4.5.1 Störfestigkeit - Absorberraum
 - 4.5.2 Störfestigkeit - Streifenleitung
 - 4.5.3 Störfestigkeit - TEM-Zelle
 - 4.5.4 BCI-Prüfung (HF-Strom)
 - 4.5.5 Störfestigkeit gegenüber
Transienten
 - 4.5.6 ESD-Prüfung

- Bestrahlung des Prüflings
- Feldstärke entspricht der geforderten
Gerätekasse

Test severity level	Value V/m
I	25
II	50
III	75
IV	100
V	Specific value agreed between the users of this part of ISO 11452, if necessary



- Kontrolle des Betriebs-
zustandes des Prüflings
- Z.B.: siehe ESL3 Testplan:

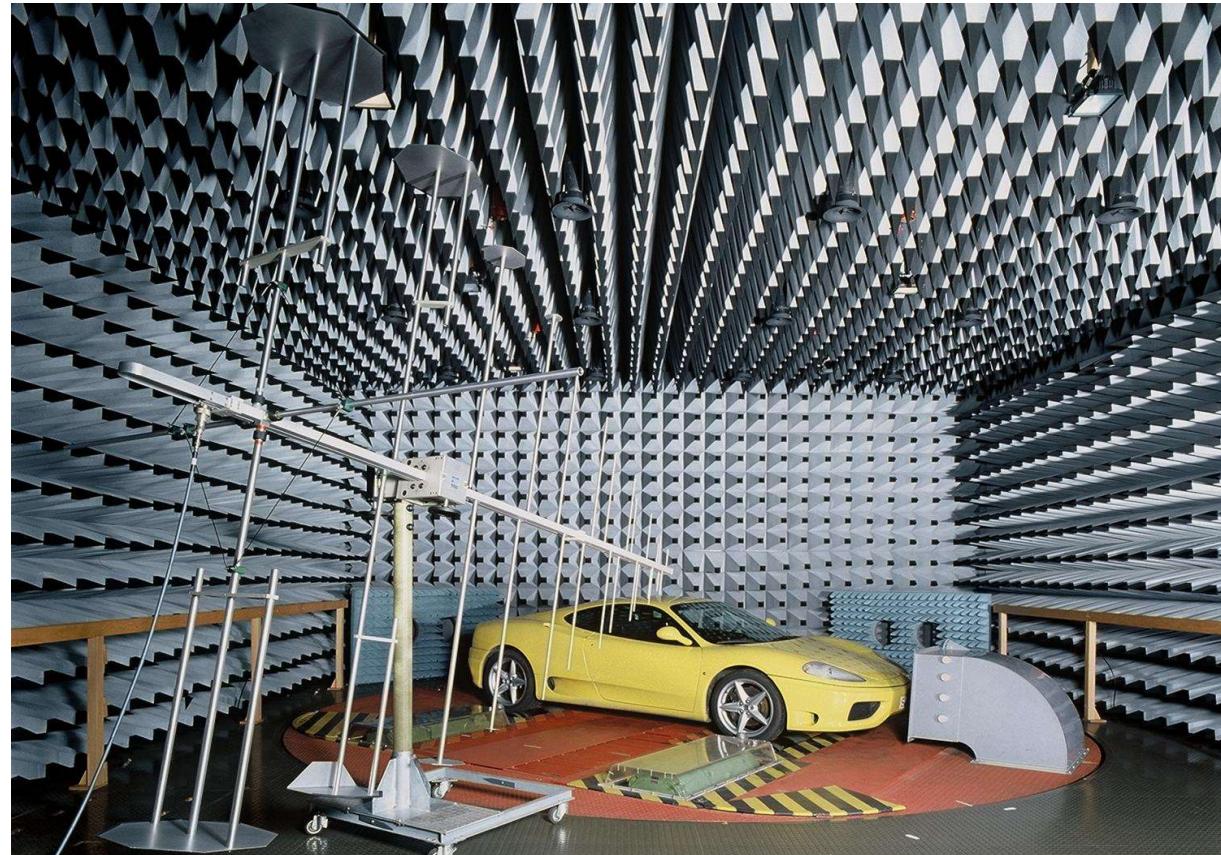
Prüfparameter			
Anzahl der Prüflinge	1		
DUT Betriebszustand	B3 (Lenken) DUT Strom 4A ±1A		
Antennenposition	400 - 1000MHz Mitte Kabelbaum, 1 - 3GHz direkt vor DUT		
Frequenzbereich	400 MHz .. 3 GHz		
Antennenpolarisation	vertikal 400 – 3000MHz, horizontal 400 – 3000MHz		
Modulation	AM 1 kHz 80 %	im Bereich	400 MHz .. 1000 MHz
	CW	im Bereich	400 MHz .. 3000 MHz
	GSM	im Bereich	800 MHz .. 3000 MHz
Messzeit:	≥ 2 s		
Schrittweite	5 MHz	im Bereich	400 MHz .. 1000 MHz
	10 MHz	im Bereich	1000 MHz .. 3000 MHz
Grenzwert	100 V/m	Klasse A	
Max. Prüffeldstärke	200 V/m	-	

4. EMV-Prüfverfahren in der Automobiltechnik

Beispiel: Bosch Fahrzeughalle in Schieberdingen

- ▶ 4.1 EMV-Prüfungen: Grundlagen
- ▶ 4.2 EMV-Vorschriften
- ▶ 4.3 Messausrüstung: Überblick
- ▶ 4.4 Störaussendungs-Messungen
- ▶ 4.5 Störfestigkeitsmessungen
 - 4.5.1 Störfestigkeit - Absorberraum
 - 4.5.2 Störfestigkeit - Streifenleitung
 - 4.5.3 Störfestigkeit - TEM-Zelle
 - 4.5.4 BCI-Prüfung (HF-Strom)
 - 4.5.5 Störfestigkeit gegenüber Transienten
 - 4.5.6 ESD-Prüfung

Einstrahlung mit Antenne



4. EMV-Prüfverfahren in der Automobiltechnik

Beispiel: Bosch Fahrzeughalle in Schwieberdingen
Einstrahlung mit Fahrzeugstripline

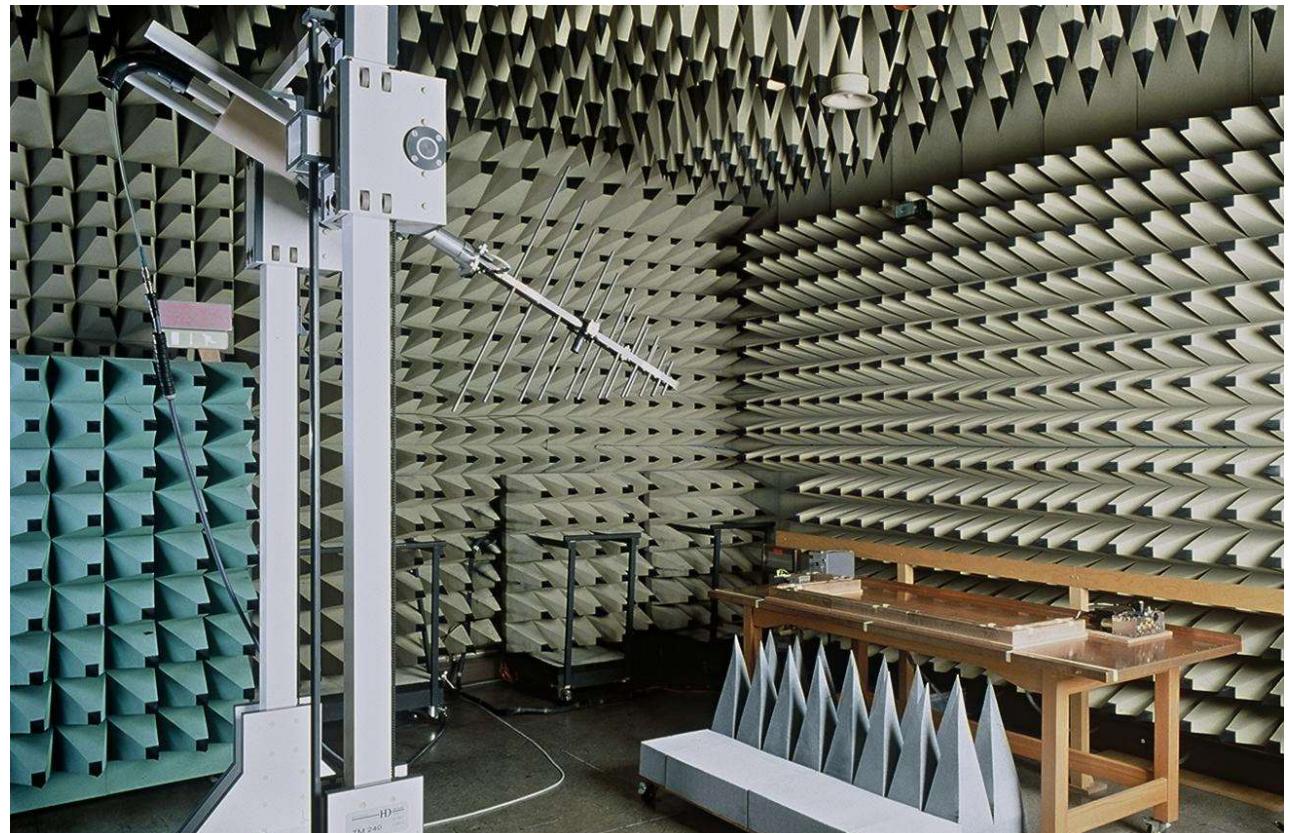
- ▶ 4.1 EMV-Prüfungen:
Grundlagen
- ▶ 4.2 EMV-Vorschriften
- ▶ 4.3 Messausrüstung:
Überblick
- ▶ 4.4 Störaussendungs-
Messungen
- ▶ 4.5 Störfestigkeits-
messungen
 - 4.5.1 Störfestigkeit - Absorberraum
 - 4.5.2 Störfestigkeit - Streifenleitung
 - 4.5.3 Störfestigkeit - TEM-Zelle
 - 4.5.4 BCI-Prüfung (HF-Strom)
 - 4.5.5 Störfestigkeit gegenüber
Transienten
 - 4.5.6 ESD-Prüfung



4. EMV-Prüfverfahren in der Automobiltechnik

Beispiel: Bosch ALSE-Halle in Schwieberdingen

- ▶ 4.1 EMV-Prüfungen:
Grundlagen
- ▶ 4.2 EMV-Vorschriften
- ▶ 4.3 Messausrüstung:
Überblick
- ▶ 4.4 Störaussendungs-
Messungen
- ▶ 4.5 Störfestigkeits-
messungen
 - 4.5.1 Störfestigkeit - Absorberraum
 - 4.5.2 Störfestigkeit - Streifenleitung
 - 4.5.3 Störfestigkeit - TEM-Zelle
 - 4.5.4 BCI-Prüfung (HF-Strom)
 - 4.5.5 Störfestigkeit gegenüber
Transienten
 - 4.5.6 ESD-Prüfung

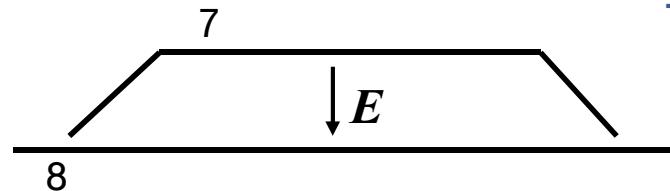
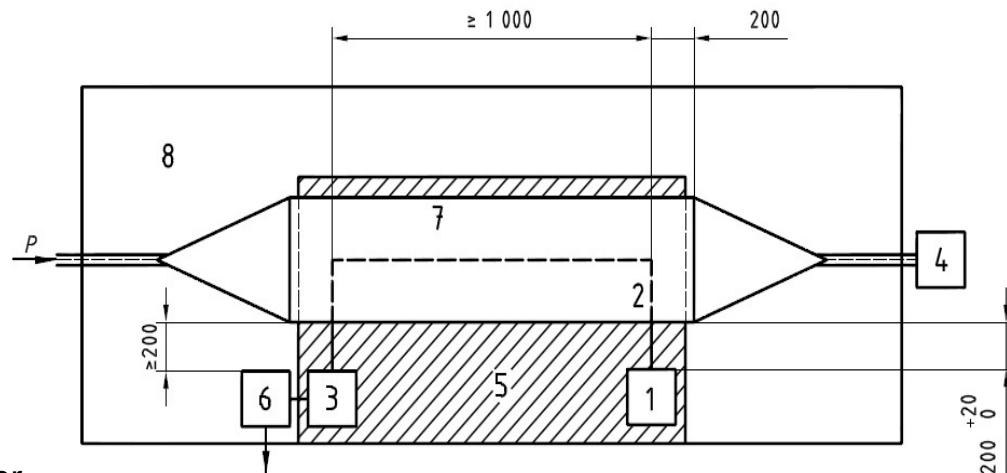


4. EMV-Prüfverfahren in der Automobiltechnik

Messanordnung nach ISO 11452-5

- ▶ 4.1 EMV-Prüfungen:
Grundlagen
- ▶ 4.2 EMV-Vorschriften
- ▶ 4.3 Messausrüstung:
Überblick
- ▶ 4.4 Störaussendungs-
Messungen
- ▶ 4.5 Störfestigkeits-
messungen
 - 4.5.1 Störfestigkeit - Absorberraum
 - 4.5.2 Störfestigkeit - Streifenleitung
 - 4.5.3 Störfestigkeit - TEM-Zelle
 - 4.5.4 BCI-Prüfung (HF-Strom)
 - 4.5.5 Störfestigkeit gegenüber
Transienten
 - 4.5.6 ESD-Prüfung

- 1: EUT
- 2: Kabelbaum
- 3: Lastsimulator
- 4: Abschlusswiderstand
- 5: Abstandshalter
 $(\epsilon_r < 1,4)$
- 6: BNN
- 7: Stripline: Hinleiter
- 8: Masseplatte: Rückleiter



→ Störfeld

- Homogenes Feld zwischen
Streifenleitung und Masseplatte (*ground*)
- Vorteil: Geringe Leistung erforderlich
- Nachteil: Resonanzen ab Grenzfrequenz

4. EMV-Prüfverfahren in der Automobiltechnik

Beispiel: Bosch Stripline in Schwieberdingen

- ▶ 4.1 EMV-Prüfungen:
Grundlagen
- ▶ 4.2 EMV-Vorschriften
- ▶ 4.3 Messausrüstung:
Überblick
- ▶ 4.4 Störaussendungs-
Messungen
- ▶ 4.5 Störfestigkeits-
messungen
 - 4.5.1 Störfestigkeit - Absorberraum
 - 4.5.2 Störfestigkeit - Streifenleitung
 - 4.5.3 Störfestigkeit - TEM-Zelle
 - 4.5.4 BCI-Prüfung (HF-Strom)
 - 4.5.5 Störfestigkeit gegenüber
Transienten
 - 4.5.6 ESD-Prüfung

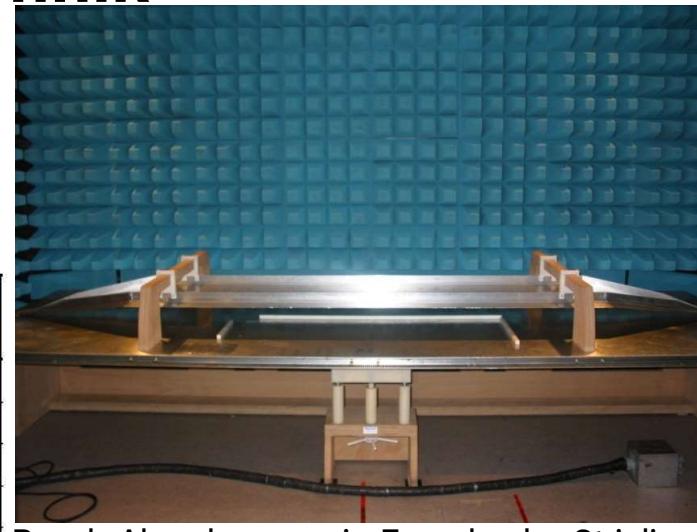


4. EMV-Prüfverfahren in der Automobiltechnik

Testprozedur

- Einstrahlung auf den Prüfling
- Feldstärke entspricht dem geforderten Gerätekasse

Test severity level	Value V/m
I	50
II	100
III	150
IV	200
V	Specific value agreed between the users of this part of ISO 11452, if necessary.



Bosch-Absorberraum in Feuerbach - Stripline

- Kontrolle des Betriebszustandes des Prüflings
- z.B.: siehe ESL3 Testplan:

Prüfparameter			
Anzahl der Prüflinge	1		
DUT Betriebszustand	B3 (Lenken) DUT Strom 4A ±1A		
Frequenzbereich	1 MHz .. 400 MHz		
Modulation	AM 1 kHz 80 %	im Bereich	1 MHz .. 400 MHz
	CW	im Bereich	1 MHz .. 400 MHz
Messzeit:	≥ 2 s		
Schrittweite	1 MHz	im Bereich	1 MHz .. 200 MHz
	2 MHz	im Bereich	200 MHz .. 400 MHz
Grenzwert	200 V/m	Klasse A	
Max. Prüffeldstärke	200 V/m		

4. EMV-Prüfverfahren in der Automobiltechnik

Messanordnung nach ISO 11452-3

- ▶ 4.1 EMV-Prüfungen:
Grundlagen
- ▶ 4.2 EMV-Vorschriften
- ▶ 4.3 Messausrüstung:
Überblick
- ▶ 4.4 Störaussendungs-
Messungen
- ▶ 4.5 Störfestigkeits-
messungen
 - 4.5.1 Störfestigkeit - Absorberraum
 - 4.5.2 Störfestigkeit - Streifenleitung
 - 4.5.3 Störfestigkeit - TEM-Zelle
 - 4.5.4 BCI-Prüfung (HF-Strom)
 - 4.5.5 Störfestigkeit gegenüber
Transienten
 - 4.5.6 ESD-Prüfung

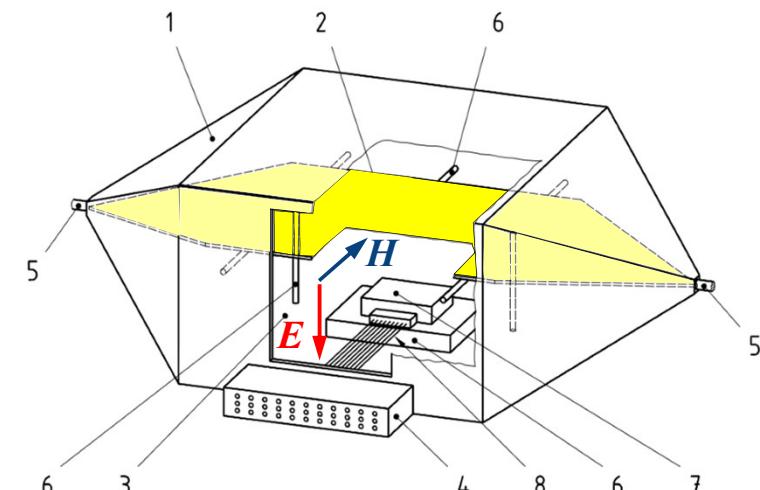
- 1: Hülle (Schirm)
- 2: Leitendes Septum
- 3: Zugangstür
- 4: Anschlussleiste
- 5: Koaxialanschlüsse
- 6: Dielektrische Stütze ($\epsilon_r < 1,4$)
- 7: Prüfling
- 8: Leiterkarte mit Ein- und Ausgangsleitungen

→ Vorteile

- Geringe Leistung erforderlich
- Keine Ausstrahlung in die Umgebung
- TEM-Wellen

→ Nachteile

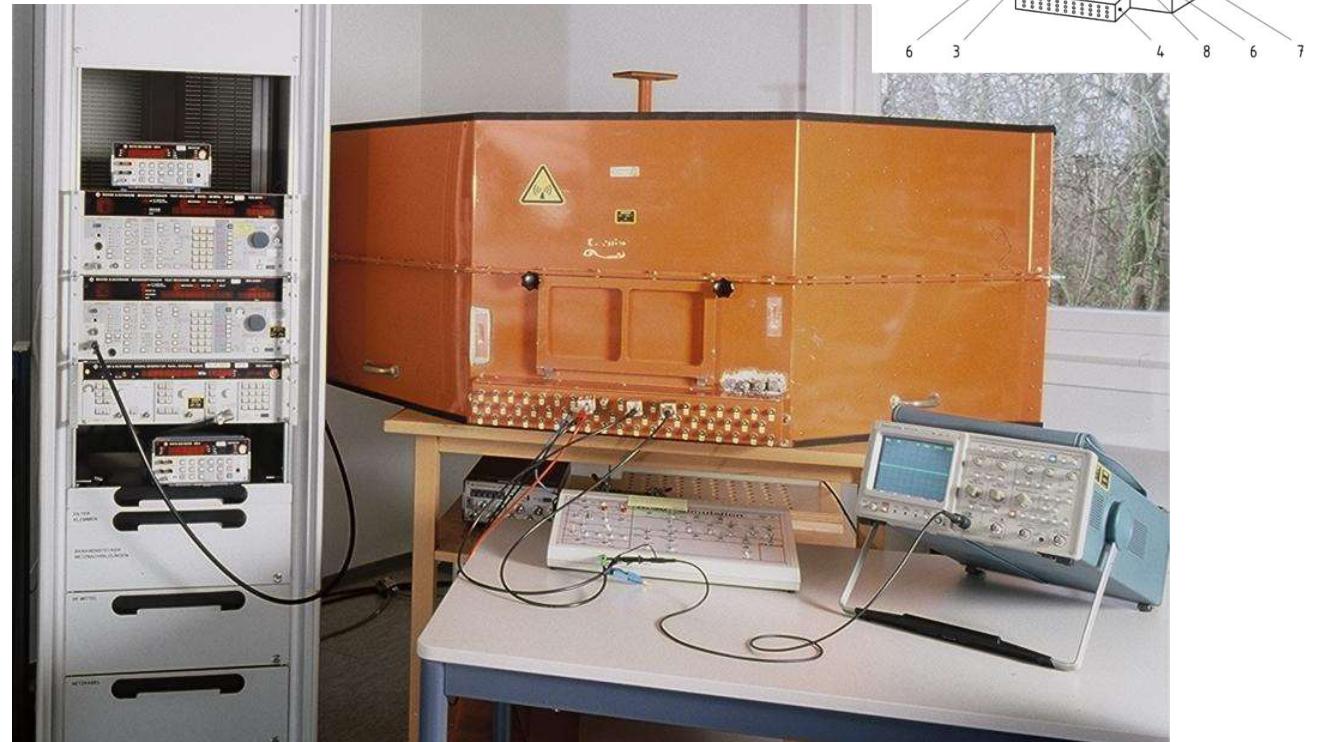
- Resonanzen der TEM-Zelle → begrenzter Frequenzbereich
- Üblich bis 200 MHz, GTEM-Zellen bis 1 GHz und darüber



4. EMV-Prüfverfahren in der Automobiltechnik

Bosch TEM-Zelle in Schwieberdingen

- ▶ 4.1 EMV-Prüfungen:
Grundlagen
- ▶ 4.2 EMV-Vorschriften
- ▶ 4.3 Messausrüstung:
Überblick
- ▶ 4.4 Störaussendungs-
Messungen
- ▶ 4.5 Störfestigkeits-
messungen
 - 4.5.1 Störfestigkeit - Absorberraum
 - 4.5.2 Störfestigkeit - Streifenleitung
 - 4.5.3 Störfestigkeit - TEM-Zelle
 - 4.5.4 BCI-Prüfung (HF-Strom)
 - 4.5.5 Störfestigkeit gegenüber
Transienten
 - 4.5.6 ESD-Prüfung

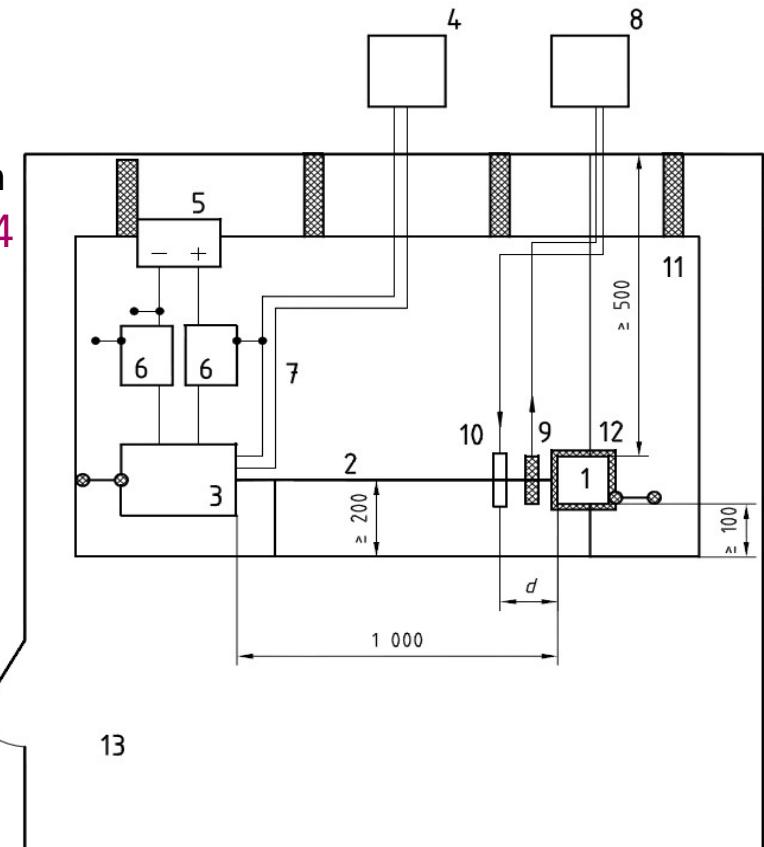


4. EMV-Prüfverfahren in der Automobiltechnik

Stromeinspeisung (BCI-Prüfung)

- ▶ 4.1 EMV-Prüfungen:
Grundlagen
- ▶ 4.2 EMV-Vorschriften
- ▶ 4.3 Messausrüstung:
Überblick
- ▶ 4.4 Störaussendungs-
Messungen
- ▶ 4.5 Störfestigkeits-
messungen
 - 4.5.1 Störfestigkeit - Absorberraum
 - 4.5.2 Störfestigkeit - Streifenleitung
 - 4.5.3 Störfestigkeit - TEM-Zelle
 - 4.5.4 BCI-Prüfung (HF-Strom)
 - 4.5.5 Störfestigkeit gegenüber
Transienten
 - 4.5.6 ESD-Prüfung

- Eng.: Bulk current injection
 - Störfestigkeitsprüfung gegen
leitungsgebundenen Störungen
 - Stromeinprägung in den Kabelbaum
 - **Messanordnung nach ISO 11452-4**
- | | |
|--------|-----------------------------------|
| 1: | Prüfling |
| 2: | Kabelbaum |
| 3: | Lastsimulator |
| 4: | Betriebszustandsmonitoring |
| 5: | Batterie |
| 6: | BNN |
| 7: | optische Messwert-
übertragung |
| 8: | Messempfänger |
| 9: | Stromprobe (Stromzange) |
| 10: | Einspeisestromzange |
| 11,12: | Masseplatte, -anbindung |
| 13: | Schirmraum |



4. EMV-Prüfverfahren in der Automobiltechnik

Beispiel: Bosch BCI-Aufbau im Schirmraum
Schwieberdingen

- ▶ 4.1 EMV-Prüfungen:
Grundlagen
- ▶ 4.2 EMV-Vorschriften
- ▶ 4.3 Messausrüstung:
Überblick
- ▶ 4.4 Störaussendungs-
Messungen
- ▶ 4.5 Störfestigkeits-
messungen
 - 4.5.1 Störfestigkeit - Absorberraum
 - 4.5.2 Störfestigkeit - Streifenleitung
 - 4.5.3 Störfestigkeit - TEM-Zelle
 - 4.5.4 BCI-Prüfung (HF-Strom)**
 - 4.5.5 Störfestigkeit gegenüber
Transienten
 - 4.5.6 ESD-Prüfung



4. EMV-Prüfverfahren in der Automobiltechnik

- ▶ 4.1 EMV-Prüfungen:
Grundlagen
- ▶ 4.2 EMV-Vorschriften
- ▶ 4.3 Messausrüstung:
Überblick
- ▶ 4.4 Störaussendungs-
Messungen
- ▶ 4.5 Störfestigkeits-
messungen
 - 4.5.1 Störfestigkeit - Absorberraum
 - 4.5.2 Störfestigkeit - Streifenleitung
 - 4.5.3 Störfestigkeit - TEM-Zelle
 - 4.5.4 BCI-Prüfung (HF-Strom)
 - 4.5.5 Störfestigkeit gegenüber
Transienten
 - 4.5.6 ESD-Prüfung

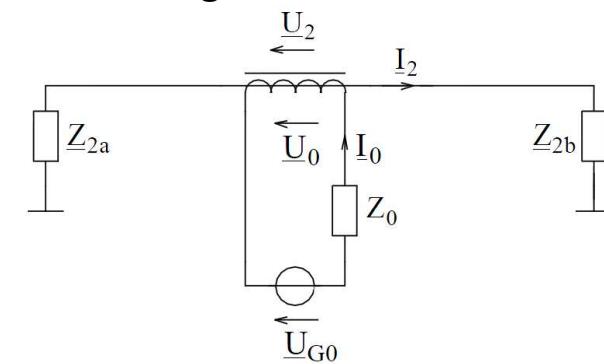
Stromeinspeisung (BCI)

Stromzange

- ➔ Der eingeprägter Strom hängt von vielen Faktoren ab:
 - Leistung des Generators
 - Kabelbaum
 - Eingangsimpedanzen EUT und AE
 - Stromzange
- ➔ **Fazit:** zwei Alternativen für die Stromsteuerung bzw. Stromregelung
 - Open-Loop-Verfahren
 - Closed-Loop-Verfahren
 - Auswahl des Verfahrens
→ OEM, Testplan



Stromzange: ESB



4. EMV-Prüfverfahren in der Automobiltechnik

BCI: Open-Loop-Verfahren

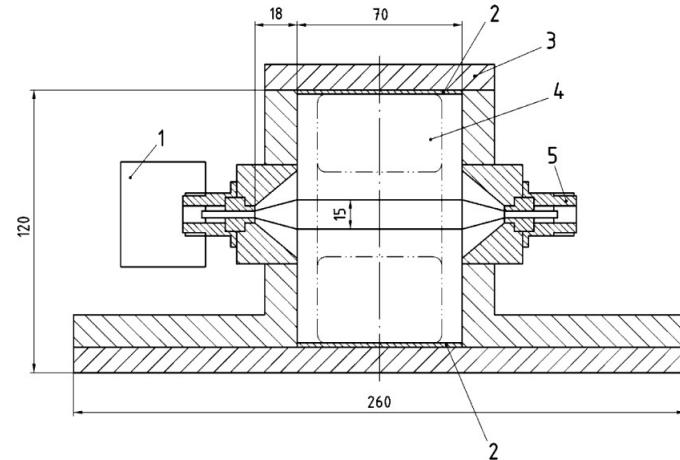
- ▶ 4.1 EMV-Prüfungen:
Grundlagen
- ▶ 4.2 EMV-Vorschriften
- ▶ 4.3 Messausrüstung:
Überblick
- ▶ 4.4 Störaussendungs-
Messungen
- ▶ 4.5 Störfestigkeits-
messungen
 - 4.5.1 Störfestigkeit - Absorberraum
 - 4.5.2 Störfestigkeit - Streifenleitung
 - 4.5.3 Störfestigkeit - TEM-Zelle
 - 4.5.4 BCI-Prüfung (HF-Strom)
 - 4.5.5 Störfestigkeit gegenüber
Transienten
 - 4.5.6 ESD-Prüfung

- Kalibrierung der Einspeisezange mittels des Kalibrierhalters (Yig)
- Die Messstromzange fehlt
- Da der Strom vom Prüfling, Kabelbaum und –Abschluss abhängt, kann der tatsächliche Wert des Stroms bei der Prüfung vom kalibrierten Wert abweichen

- 1: 50-Ω-Last
- 2: Isolation
- 3: Abnehmbarer Metaldeckel
- 4: Stromeinspeisezange
- 5: Direkt mit dem 50-Ω-Empfänger verbunden



Kalibrierhalter für die Einspeisezange

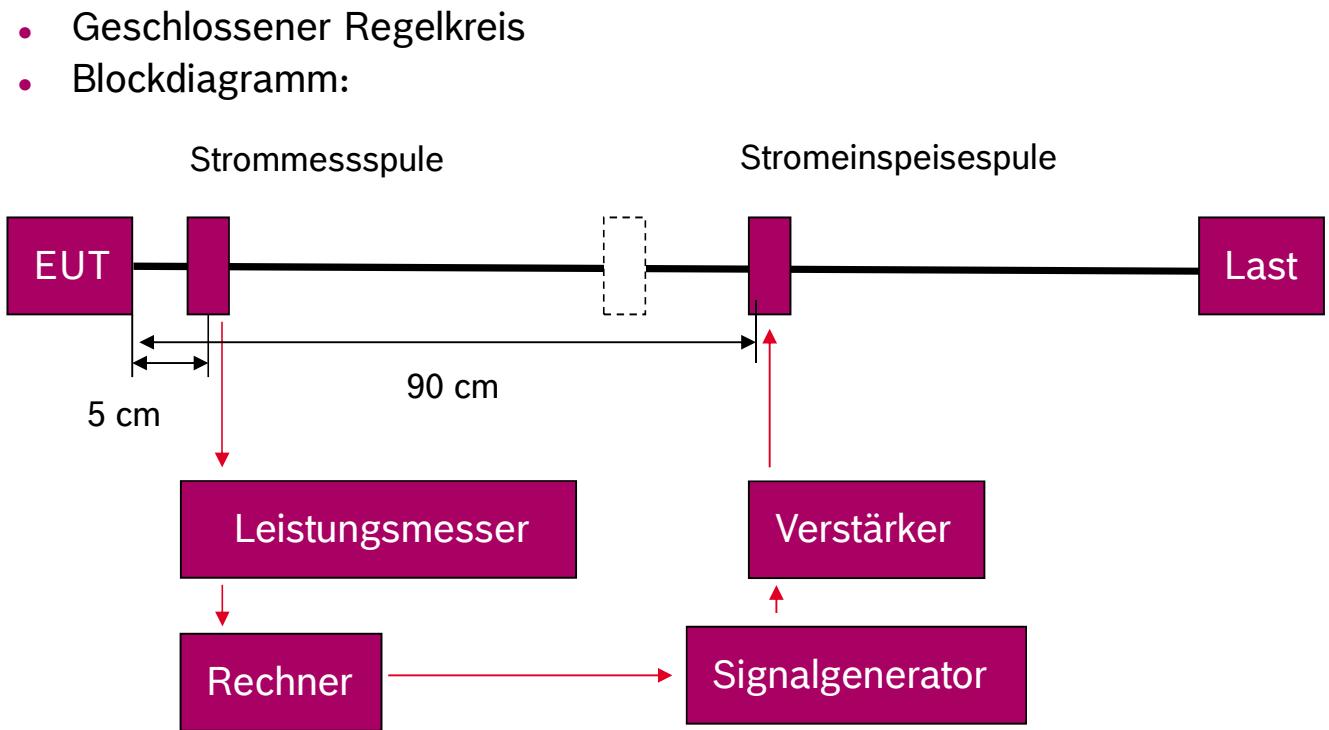


 **BOSCH**

4. EMV-Prüfverfahren in der Automobiltechnik

BCI: Closed-Loop-Verfahren

- ▶ 4.1 EMV-Prüfungen:
Grundlagen
- ▶ 4.2 EMV-Vorschriften
- ▶ 4.3 Messausrüstung:
Überblick
- ▶ 4.4 Störaussendungs-
Messungen
- ▶ 4.5 Störfestigkeits-
messungen
 - 4.5.1 Störfestigkeit - Absorberraum
 - 4.5.2 Störfestigkeit - Streifenleitung
 - 4.5.3 Störfestigkeit - TEM-Zelle
 - 4.5.4 BCI-Prüfung (HF-Strom)**
 - 4.5.5 Störfestigkeit gegenüber
Transienten
 - 4.5.6 ESD-Prüfung



4. EMV-Prüfverfahren in der Automobiltechnik

Testprozedur

- ▶ 4.1 EMV-Prüfungen:
Grundlagen
- ▶ 4.2 EMV-Vorschriften
- ▶ 4.3 Messausrüstung:
Überblick
- ▶ 4.4 Störaussendungs-
Messungen
- ▶ 4.5 Störfestigkeits-
messungen
 - 4.5.1 Störfestigkeit - Absorberraum
 - 4.5.2 Störfestigkeit - Streifenleitung
 - 4.5.3 Störfestigkeit - TEM-Zelle
 - 4.5.4 BCI-Prüfung (HF-Strom)**
 - 4.5.5 Störfestigkeit gegenüber
Transienten
 - 4.5.6 ESD-Prüfung

- Einspeisung im Frequenzbereich von 1 bis 400 MHz
- Der Testplan bestimmt Art und Frequenz der Modulation. Wenn keine Werte zwischen den Anwendern dieser Norm vereinbart sind, müssen die folgenden benutzt werden:
 - keine Modulation (CW)
 - 80% Amplituden-Modulation (AM) mit einer sinusförmigen Welle von 1 kHz
- Strom entspricht der geforderten Gerätekasse

Gegeben: Effektivwert der kontinuierlichen Welle

Prüfschärfegrad	Prüfwert mA
I	25
II	50
III	75
IV	100
V	Spezieller Wert, der zwischen den Anwendern dieser Norm vereinbart werden kann, falls erforderlich

- Kontrolle des Betriebszustandes des Prüflings

4. EMV-Prüfverfahren in der Automobiltechnik

Störfestigkeit Transienten auf Versorgungsleitungen

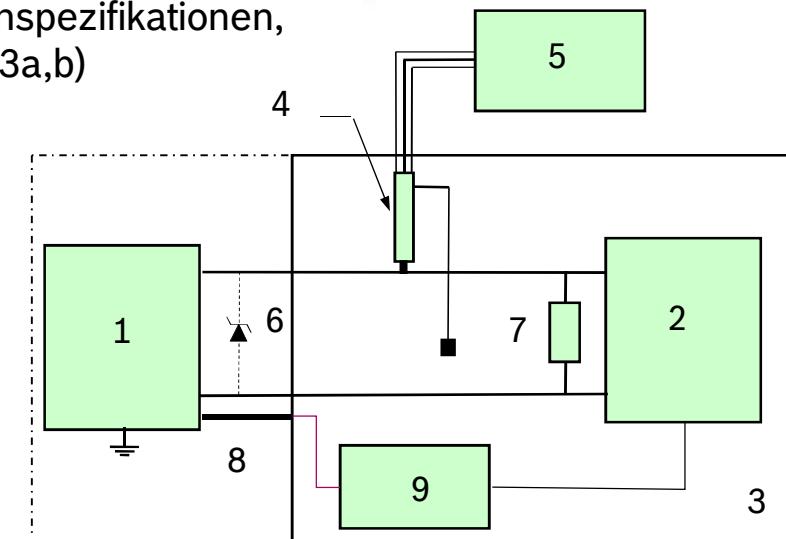
Impulse:

- ▶ 4.1 EMV-Prüfungen:
Grundlagen
- ▶ 4.2 EMV-Vorschriften
- ▶ 4.3 Messausrüstung:
Überblick
- ▶ 4.4 Störaussendungs-
Messungen
- ▶ 4.5 Störfestigkeits-
messungen
 - 4.5.1 Störfestigkeit - Absorberraum
 - 4.5.2 Störfestigkeit - Streifenleitung
 - 4.5.3 Störfestigkeit - TEM-Zelle
 - 4.5.4 BCI-Prüfung (HF-Strom)
 - 4.5.5 Störfestigkeit gegenüber
Transienten
 - 4.5.6 ESD-Prüfung

- Verschiedene Pulssformen definiert über:
- Amplitude
 - Anstiegs- und Abfallzeit
 - Wiederholrate

(Definition in Normen und Kundenspezifikationen,
Nach ISO 7637: Pulse 1, 2a, 2b, 3a,b)

Quelle: Teseq



 **BOSCH**

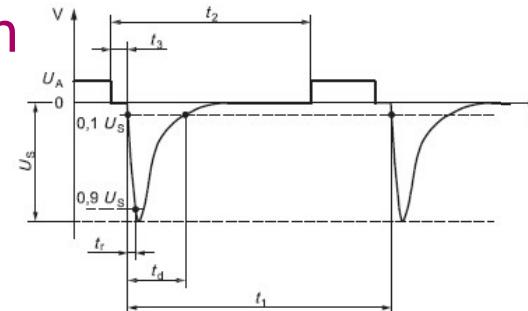
4. EMV-Prüfverfahren in der Automobiltechnik

Impulsformen

- ▶ 4.1 EMV-Prüfungen:
Grundlagen
- ▶ 4.2 EMV-Vorschriften
- ▶ 4.3 Messausrüstung:
Überblick
- ▶ 4.4 Störaussendungs-
Messungen
- ▶ 4.5 Störfestigkeits-
messungen

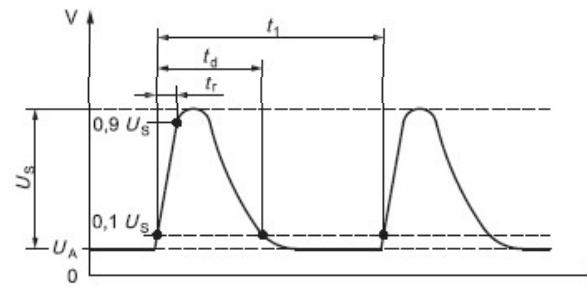
- 4.5.1 Störfestigkeit - Absorberraum
- 4.5.2 Störfestigkeit - Streifenleitung
- 4.5.3 Störfestigkeit - TEM-Zelle
- 4.5.4 BCI-Prüfung (HF-Strom)
- 4.5.5 Störfestigkeit gegenüber
Transienten
- 4.5.6 ESD-Prüfung

Impuls 1



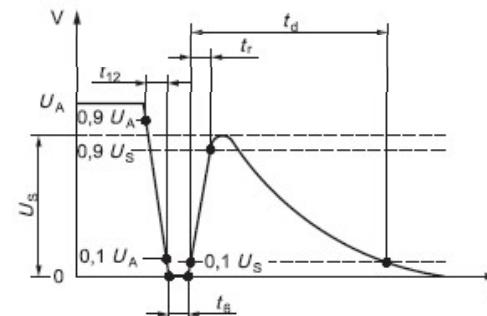
Parameter	12 V System	24 V System
U_s	-75 V bis -150 V	-300 V bis +600 V
R_i	10 Ω	50 Ω
t_d	2 ms	1 ms
t_r	1 (0 bis -0,5) μ s	3 (0 bis -1,5) μ s
t_1	$\geq 0,5$ s	
t_2		200 ms
t_3		< 100 μ s

Impuls 2



Parameter	12 V System und 24 V System
U_s	-37 V bis -112 V
R_i	2 Ω
t_d	0,05 ms
t_r	1 (0 bis -0,5) μ s
t_1	0,2 s bis 5 s
t_2	200 ms
t_3	< 100 μ s

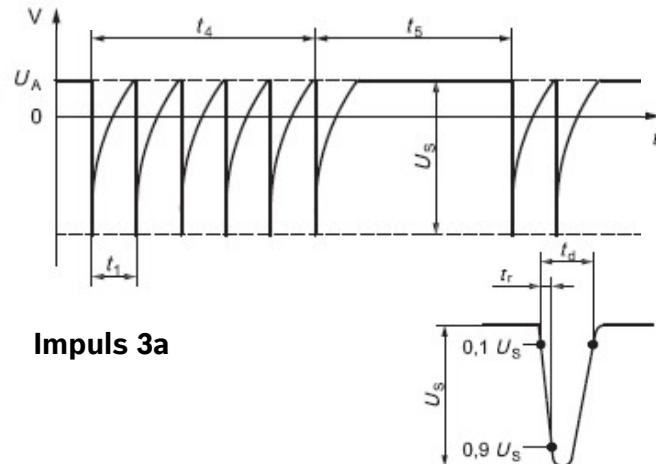
Impuls 2a



Parameter	12 V System	24 V System
U_s	10 V	20 V
R_i	0 Ω bis 0,05 Ω	
t_d	0,2 s bis 2 s	
t_{12}	1 ms \pm 0,5 ms	
t_r	1 ms \pm 0,5 ms	
t_6	1 ms \pm 0,5 ms	

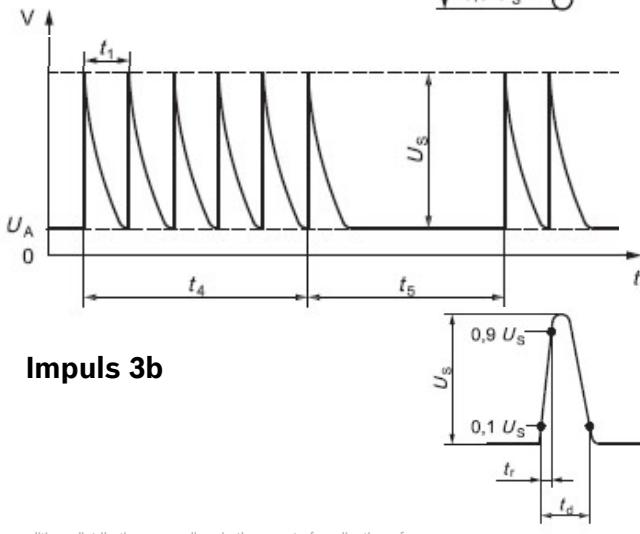
4. EMV-Prüfverfahren in der Automobiltechnik

- ▶ 4.1 EMV-Prüfungen:
Grundlagen
- ▶ 4.2 EMV-Vorschriften
- ▶ 4.3 Messausrüstung:
Überblick
- ▶ 4.4 Störaussendungs-
Messungen
- ▶ 4.5 Störfestigkeits-
messungen
 - 4.5.1 Störfestigkeit - Absorberraum
 - 4.5.2 Störfestigkeit - Streifenleitung
 - 4.5.3 Störfestigkeit - TEM-Zelle
 - 4.5.4 BCI-Prüfung (HF-Strom)
 - 4.5.5 Störfestigkeit gegenüber
Transienten
 - 4.5.6 ESD-Prüfung



Impulsformen

Parameter	12 V System	24 V System
U_s	-112 V bis -220 V	-150 V bis -300 V
R_i		50 Ohm
t_d	150 ns +/- 45 ns	
t_r	5 ns +/- 1,5 ns	
t_1		100 μ s
t_4		10 ms
t_5		90 ms



Parameter	12 V System	24 V System
U_s	+75 V bis +150 V	+150 V bis +300 V
R_i		50 Ohm
t_d	150 ns +/- 45 ns	
t_r	5 ns +/- 1,5 ns	
t_1		100 μ s
t_4		10 ms
t_5		90 ms

4. EMV-Prüfverfahren in der Automobiltechnik

Störfestigkeit Transienten auf Signal- und Steuerleitungen

- ▶ 4.1 EMV-Prüfungen:
Grundlagen
- ▶ 4.2 EMV-Vorschriften
- ▶ 4.3 Messausrüstung:
Überblick
- ▶ 4.4 Störaussendungs-
Messungen
- ▶ 4.5 Störfestigkeits-
messungen
 - 4.5.1 Störfestigkeit - Absorberraum
 - 4.5.2 Störfestigkeit - Streifenleitung
 - 4.5.3 Störfestigkeit - TEM-Zelle
 - 4.5.4 BCI-Prüfung (HF-Strom)
 - 4.5.5 Störfestigkeit gegenüber
Transienten
 - 4.5.6 ESD-Prüfung

- CCC-Methode (Eng.: capacitive coupling clamp)
- DCC-Methode (Eng.: direct coupling capacitor)
- ICC-Methode (Eng.: inductive coupling clamp)

→ Grundidee

Prüfung der Störfestigkeit gegen
eingekoppelte pulsförmige
Störungen im Kabelbaum

Anwendungsbereich der Methoden

Transienten-Typ	CCC Methode	DCC Methode	ICC Methode
langsame Impulse (1, 2, 2a)	nicht anwendbar	anwendbar	anwendbar
schnelle Impulse (3a, 3b)	anwendbar	anwendbar	nicht anwendbar

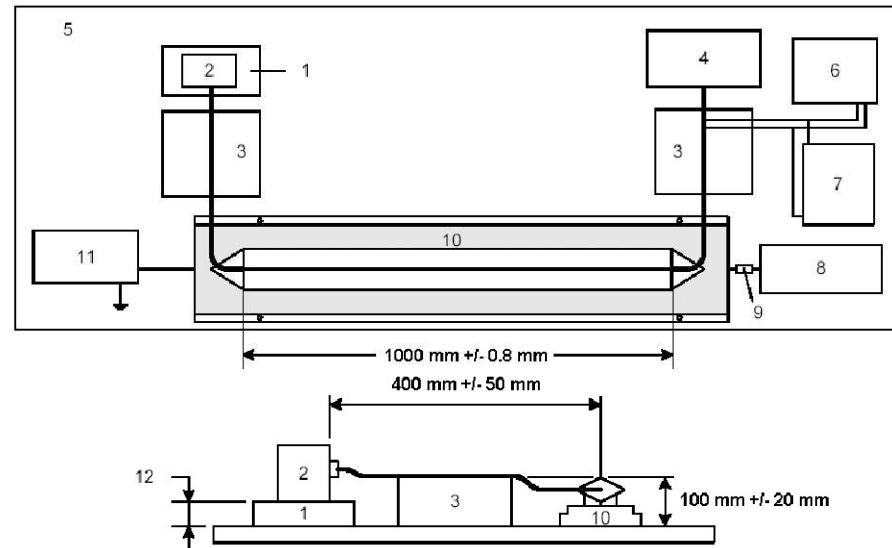
Bosch-Messplatz in Schwieberdingen



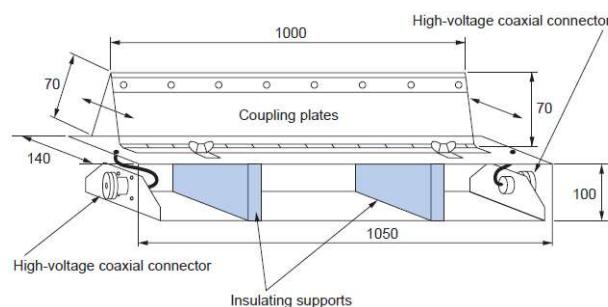
4. EMV-Prüfverfahren in der Automobiltechnik

CCC-Methode: Messanordnung nach ISO 7637-3

- ▶ 4.1 EMV-Prüfungen:
Grundlagen
- ▶ 4.2 EMV-Vorschriften
- ▶ 4.3 Messausrüstung:
Überblick
- ▶ 4.4 Störaussendungs-
Messungen
- ▶ 4.5 Störfestigkeits-
messungen
 - 4.5.1 Störfestigkeit - Absorberraum
 - 4.5.2 Störfestigkeit - Streifenleitung
 - 4.5.3 Störfestigkeit - TEM-Zelle
 - 4.5.4 BCI-Prüfung (HF-Strom)
 - 4.5.5 Störfestigkeit gegenüber
Transienten
 - 4.5.6 ESD-Prüfung



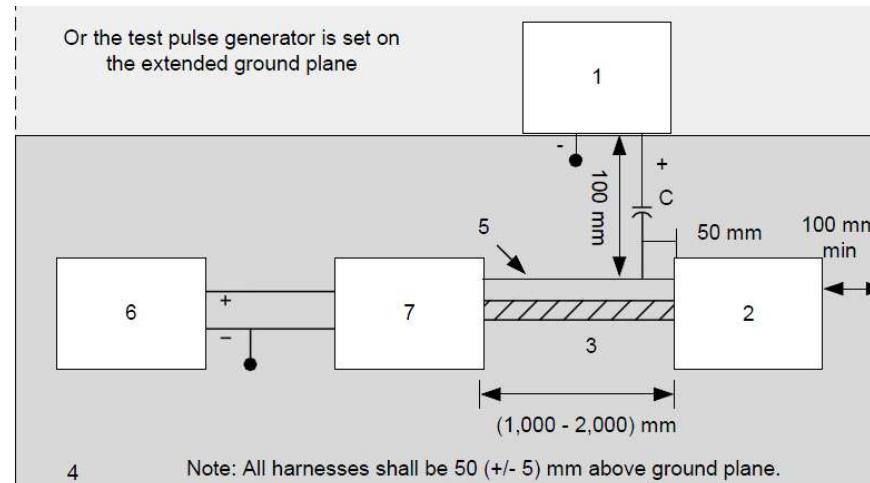
- 1: Isolation
- 2: Prüfling
- 3: Auflage ($\epsilon_r < 1,4$)
- 4: Zusatzgerät
- 5: Grundplatte (ground)
- 6: Batterie
- 7: Spannungsquelle
- 8: Oszilloskop
- 9: Spannungsteiler
- 10: CCC
- 11: Impulsgenerator



4. EMV-Prüfverfahren in der Automobiltechnik

DCC-Methode: Messanordnung laut ISO 7637-3

- ▶ 4.1 EMV-Prüfungen:
Grundlagen
- ▶ 4.2 EMV-Vorschriften
- ▶ 4.3 Messausrüstung:
Überblick
- ▶ 4.4 Störaussendungs-
Messungen
- ▶ 4.5 Störfestigkeits-
messungen
 - 4.5.1 Störfestigkeit - Absorberraum
 - 4.5.2 Störfestigkeit - Streifenleitung
 - 4.5.3 Störfestigkeit - TEM-Zelle
 - 4.5.4 BCI-Prüfung (HF-Strom)
 - 4.5.5 Störfestigkeit gegenüber
Transienten
 - 4.5.6 ESD-Prüfung



- 1: Impulsgenerator
- 2: Prüfling
- 3: Kabelbaum
- 4: Grundplatte
- 5: Kabelader
- 6: Batterie
- 7: Spannungsquelle
- C: HV-Kondensator (KerKo)



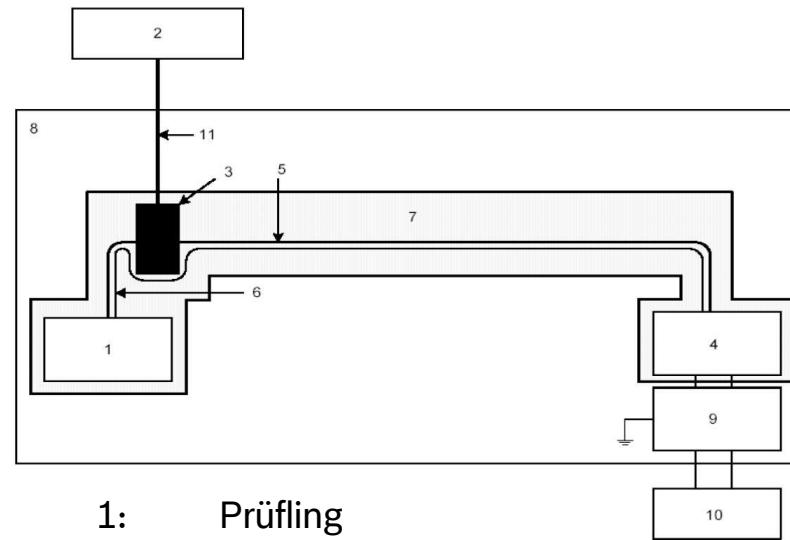
Koppelkondensator C

4. EMV-Prüfverfahren in der Automobiltechnik

ICC-Methode: Messanordnung nach ISO 7637-3

- ▶ 4.1 EMV-Prüfungen:
Grundlagen
- ▶ 4.2 EMV-Vorschriften
- ▶ 4.3 Messausrüstung:
Überblick
- ▶ 4.4 Störaussendungs-
Messungen
- ▶ 4.5 Störfestigkeits-
messungen

- 4.5.1 Störfestigkeit - Absorberraum
- 4.5.2 Störfestigkeit - Streifenleitung
- 4.5.3 Störfestigkeit - TEM-Zelle
- 4.5.4 BCI-Prüfung (HF-Strom)
- 4.5.5 Störfestigkeit gegenüber
Transienten
- 4.5.6 ESD-Prüfung



- 1: Prüfling
- 2: Pulsgenerator
- 3: Stromzange
- 4: Peripherie
- 5: Kabelbaum
- 7: Auflage ($\epsilon_r < 1,4$)
- 8, 9: Masseplatte und BNN
- 10: Spannungsversorgung
- 11: Zuleitung

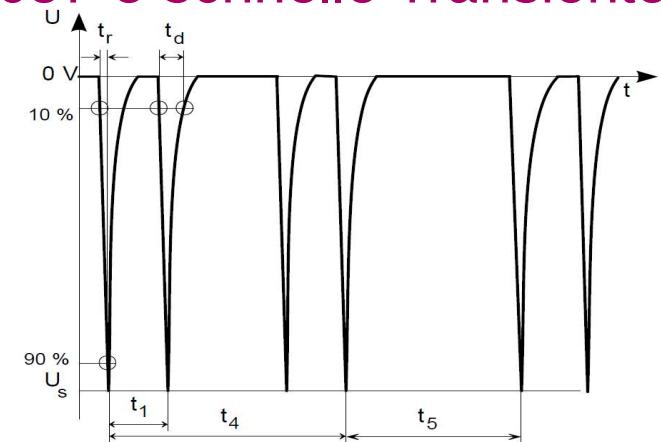


4. EMV-Prüfverfahren in der Automobiltechnik

Pulse: Definition nach ISO 7637-3 schnelle Transienten

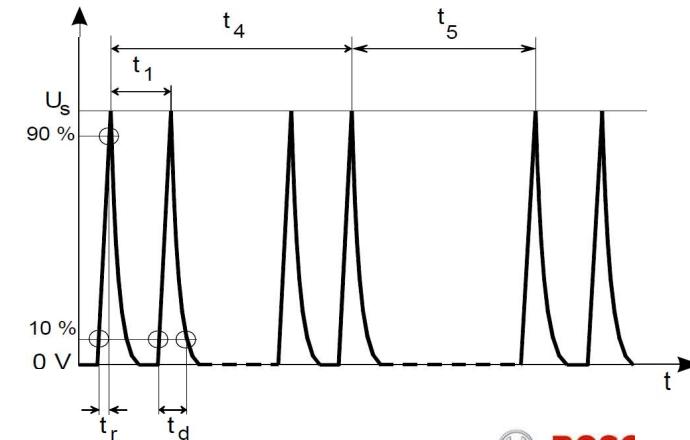
Impuls: 3a

Parameters	12 V System	24 V System
U_p in V	13.5	27
U_s in V	See Table A.1	See Table A.2
t_r in ns	5	5
t_d in μ s	0.1	0.1
t_1 in μ s	100	100
t_4 in ms	10	10
t_5 in ms	90	90
R_i in ohms	50	50



Impuls: 3b

Parameters	12 V System	24 V System
U_p in V	13.5	27
U_s in V	See Table A.1	See Table A.2
t_r in ns	5	5
t_d in μ s	0.1	0.1
t_1 in μ s	100	100
t_4 in ms	10	10
t_5 in ms	90	90
R_i in ohms	50	50

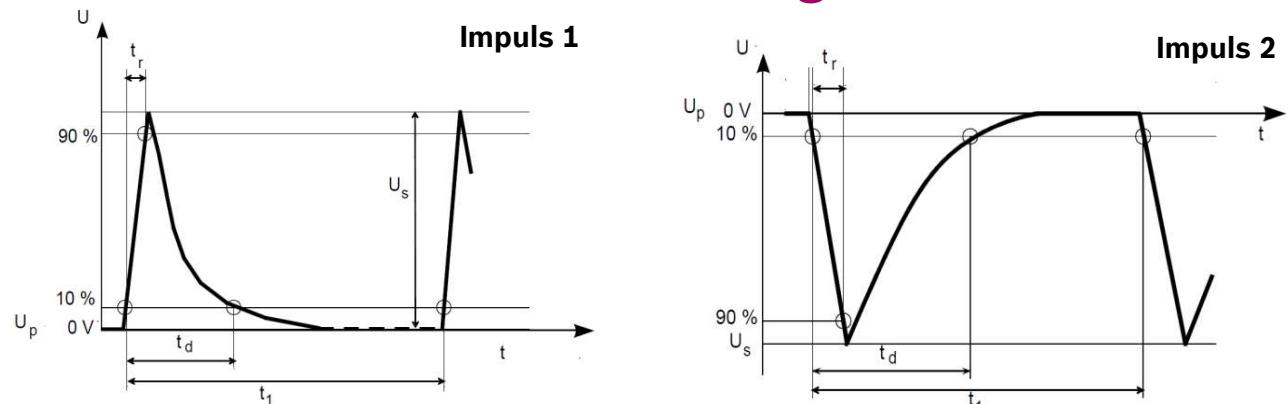


- ▶ 4.1 EMV-Prüfungen:
Grundlagen
- ▶ 4.2 EMV-Vorschriften
- ▶ 4.3 Messausrüstung:
Überblick
- ▶ 4.4 Störaussendungs-
Messungen
- ▶ 4.5 Störfestigkeits-
messungen
 - 4.5.1 Störfestigkeit - Absorberraum
 - 4.5.2 Störfestigkeit - Streifenleitung
 - 4.5.3 Störfestigkeit - TEM-Zelle
 - 4.5.4 BCI-Prüfung (HF-Strom)
 - 4.5.5 Störfestigkeit gegenüber
Transienten
 - 4.5.6 ESD-Prüfung

4. EMV-Prüfverfahren in der Automobiltechnik

Pulse: Definition nach ISO 7637-3 langsame Transienten

- ▶ 4.1 EMV-Prüfungen:
Grundlagen
- ▶ 4.2 EMV-Vorschriften
- ▶ 4.3 Messausrüstung:
Überblick
- ▶ 4.4 Störaussendungs-
Messungen
- ▶ 4.5 Störfestigkeits-
messungen
 - 4.5.1 Störfestigkeit - Absorberraum
 - 4.5.2 Störfestigkeit - Streifenleitung
 - 4.5.3 Störfestigkeit - TEM-Zelle
 - 4.5.4 BCI-Prüfung (HF-Strom)
 - 4.5.5 Störfestigkeit gegenüber
Transienten
 - 4.5.6 ESD-Prüfung



U_s definiert im
Testplan

$$R_i = 2 \text{ W}$$

$$t_1 = 0,5 \text{ s bis } 5 \text{ s}$$

$$t_d = 0,05 \text{ ms}$$

$$t_r \leq 1 \mu\text{s}$$

Tabelle für die
Test levels

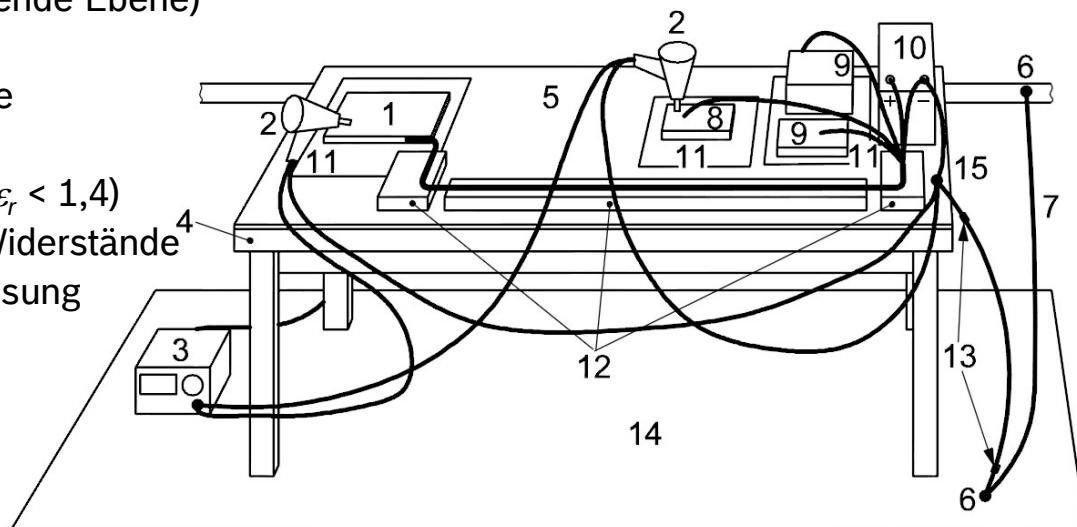
Test pulse 1)	Selected test level 3)	Test levels V_s 2) 4)				Test time min	Pulse cycle Time	
		I min.	II	III	IV Max.		ms	ms
Fast a (DCC and CCC)		- 10	- 20	- 40	- 60	10	100	100
Fast b (DCC and CCC)		+ 10	+ 20	+ 30	+ 40	10	100	100
DCC Slow +		+ 8	+ 15	+ 23	+ 30	5		
DCC Slow -		- 8	- 15	- 23	- 30	5		
ICC Slow +		+ 3	+ 4	+ 5	+ 6	TBD		
ICC Slow -		- 3	- 4	- 5	- 6	TBD		

4. EMV-Prüfverfahren in der Automobiltechnik

ESD (Eng.: electrostatic discharge), Messanordnung nach ISO 10605

- ▶ 4.1 EMV-Prüfungen:
Grundlagen
- ▶ 4.2 EMV-Vorschriften
- ▶ 4.3 Messausrüstung:
Überblick
- ▶ 4.4 Störaussendungs-
Messungen
- ▶ 4.5 Störfestigkeits-
messungen
 - 4.5.1 Störfestigkeit - Absorberraum
 - 4.5.2 Störfestigkeit - Streifenleitung
 - 4.5.3 Störfestigkeit - TEM-Zelle
 - 4.5.4 BCI-Prüfung (HF-Strom)
 - 4.5.5 Störfestigkeit gegenüber
Transienten
 - 4.5.6 ESD-Prüfung

- 1: Prüfling
- 2: ESD- Pistole
- 3: ESD-Pistole-Versorgung
- 4: nicht leitende Tisch
- 5: HCP (leitende Ebene)
- 6,7: Massung
- 9: Peripherie
- 10: Batterie
- 11: Auflage ($\epsilon_r < 1,4$)
- 13: 470 kΩ Widerstände
- 15: HCP Massung



4. EMV-Prüfverfahren in der Automobiltechnik

ESD-Generator

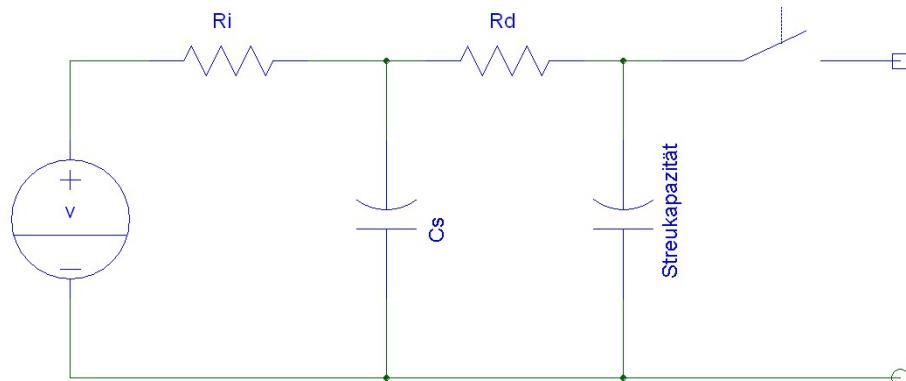
- ▶ 4.1 EMV-Prüfungen:
Grundlagen
- ▶ 4.2 EMV-Vorschriften
- ▶ 4.3 Messausrüstung:
Überblick
- ▶ 4.4 Störaussendungs-
Messungen
- ▶ 4.5 Störfestigkeits-
messungen
 - 4.5.1 Störfestigkeit - Absorberraum
 - 4.5.2 Störfestigkeit - Streifenleitung
 - 4.5.3 Störfestigkeit - TEM-Zelle
 - 4.5.4 BCI-Prüfung (HF-Strom)
 - 4.5.5 Störfestigkeit gegenüber
Transienten
 - 4.5.6 ESD-Prüfung

R_i : Innenwiderstand
(Lade-Widerstand)

C_s : Kondensator
(Ladungsquelle)

R_d : Entladewiderstand

ISO 10605



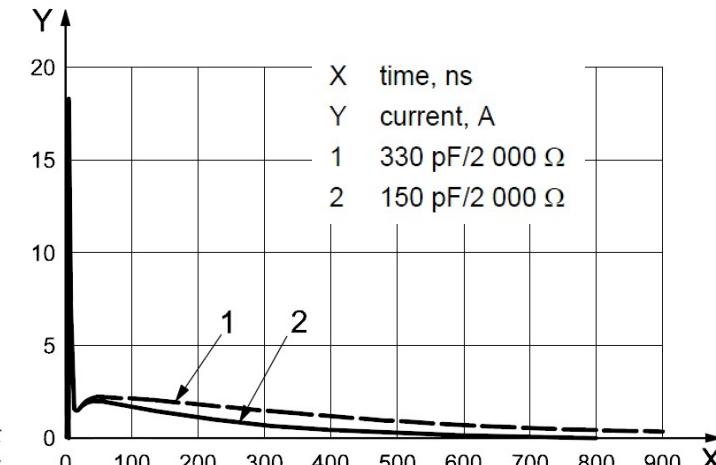
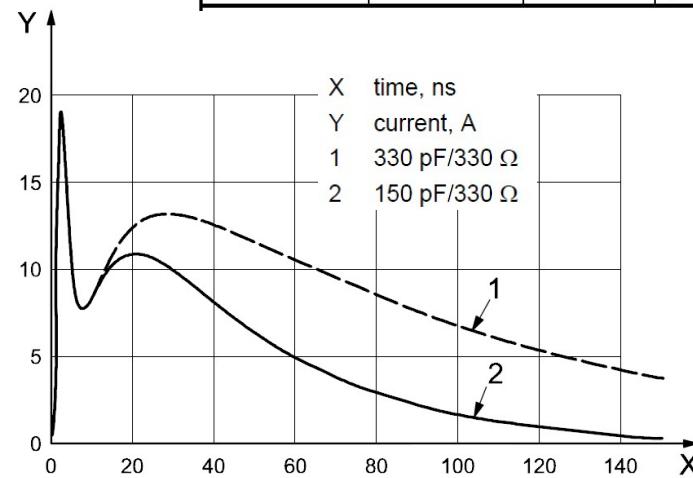
Parameter	Characteristic
Output voltage range contact discharge mode	2 kV to 15 kV, or as required in the test plan ^a
Output voltage range air discharge mode	2 kV to 25 kV, or as required in the test plan ^a
Output voltage accuracy	± 5 %
Output polarity	Positive and negative
Rise time of short circuit current in contact discharge mode (10 % to 90 %)	0,7 ns to 1,0 ns
Holding time	≥ 5 s
Storage capacitances	150 pF, 330 pF
Discharge resistances	330 Ω, 2 000 Ω

4. EMV-Prüfverfahren in der Automobiltechnik

Entladestrom: Spezifikation

- ▶ 4.1 EMV-Prüfungen:
Grundlagen
- ▶ 4.2 EMV-Vorschriften
- ▶ 4.3 Messausrüstung:
Überblick
- ▶ 4.4 Störaussendungs-
Messungen
- ▶ 4.5 Störfestigkeits-
messungen
 - 4.5.1 Störfestigkeit - Absorberraum
 - 4.5.2 Störfestigkeit - Streifenleitung
 - 4.5.3 Störfestigkeit - TEM-Zelle
 - 4.5.4 BCI-Prüfung (HF-Strom)
 - 4.5.5 Störfestigkeit gegenüber
Transienten
 - 4.5.6 ESD-Prüfung

Typical capacitance/ resistance values	Peak current/ charge voltage A/kV	Tolerance %	Current at t_1 / charge voltage A/kV		Tolerance %	Current at t_2 / charge voltage A/kV		Tolerance %
			A/kV (at $t_1 = 30$ ns)	%		A/kV (at $t_2 = 60$ ns)	%	
150 pF / 330 Ω	3,75	± 10	2		± 30	1		± 30
330 pF / 330 Ω	3,75	± 10	2		± 30	1		± 30
150 pF / 2 000 Ω	3,75	+30 0	0,275 0		± 30	0,15 0		± 50
330 pF / 2 000 Ω	3,75	+30 0	0,275 0		± 30	0,15 0		± 50



4. EMV-Prüfverfahren in der Automobiltechnik

Bosch : ESD- Messplatz in Schwieberdingen

- ▶ 4.1 EMV-Prüfungen:
Grundlagen
- ▶ 4.2 EMV-Vorschriften
- ▶ 4.3 Messausrüstung:
Überblick
- ▶ 4.4 Störaussendungs-
Messungen
- ▶ 4.5 Störfestigkeits-
messungen
 - 4.5.1 Störfestigkeit - Absorberraum
 - 4.5.2 Störfestigkeit - Streifenleitung
 - 4.5.3 Störfestigkeit - TEM-Zelle
 - 4.5.4 BCI-Prüfung (HF-Strom)
 - 4.5.5 Störfestigkeit gegenüber
Transienten
 - 4.5.6 ESD-Prüfung

Type	Test Bench
Absorbers	No absorbers
Size (test bench)	(l x w x h) hand-held test: 2,2 m x 1 m x 0,9 m automated test: 2,2 m x 1 m x 0,9 m
Standards	ISO 10605 IEC /EN 61000-4-2
Voltage	30 kV
Test Methods	Electrostatic discharge (hand-held test) Electrostatic discharge (automated test)

Handgeführte
ESD-Messungen



4. EMV-Prüfverfahren in der Automobiltechnik

Bosch : Automatisierter ESD- Messplatz in Schwieberdingen

- ▶ 4.1 EMV-Prüfungen:
Grundlagen
- ▶ 4.2 EMV-Vorschriften
- ▶ 4.3 Messausrüstung:
Überblick
- ▶ 4.4 Störaussendungs-
Messungen
- ▶ 4.5 Störfestigkeits-
messungen
 - 4.5.1 Störfestigkeit - Absorberraum
 - 4.5.2 Störfestigkeit - Streifenleitung
 - 4.5.3 Störfestigkeit - TEM-Zelle
 - 4.5.4 BCI-Prüfung (HF-Strom)
 - 4.5.5 Störfestigkeit gegenüber
Transienten
 - 4.5.6 ESD-Prüfung



Roboter für
ESD-Messungen

