

# ESD-Prüfungen im Kfz-Bereich

## Überblick über in der Kfz-Industrie angewendete Mess- und Prüfverfahren

**D**urch den Einsatz von Kunststoffen und Kunstfasern sowohl in vielen Bereichen des täglichen Lebens als auch in der industriellen Umgebung spielt die Festigkeit von elektronischen Komponenten und Schaltungen gegenüber elektrostatischen Entladungen eine wichtige Rolle. Neben dem bisherigen Hauptaspekt einer problemlosen Funktion eines elektrischen Systems in der eigentlichen Anwendungsumgebung, kommt neuerdings auch dem Bereich Handling eine wachsende Bedeutung zu. Zum besseren Verständnis der hier beschriebenen Problematik werden in diesem ersten Abschnitt einige Grundlagen zum Thema ‚Elektrostatische Entladung‘ zusammengestellt.

Elektrostatische Entladung nennt man den Vorgang, wenn zwischen festen, flüssigen oder gasförmigen Medien unterschiedlicher elektrostatischer Ladung ein Ladungsausgleich stattfindet. Dieser Ladungsausgleich wird durch Entladungserscheinungen (z.B. Funkenentladung, Kontaktentladung usw.) begleitet, die in ihrer Wirkung dabei stark variieren: Bei Funkenentladungen kann es zum Beispiel zum Entzünden von brennbaren Gasen kommen, während bei einer Kontaktentladung an einem elektrischen Modul vor allem die Lebenszeit von elektronischen Bauteilen drastisch reduziert werden kann. Im Bereich der EMV sind vor allem die Wirkungen auf Bauteile und deren Funktion von Bedeutung.

### Autoren

Dipl.-Ing. ROLAND EIDHER ist Geschäftsführer bei der botronic gmbh;  
Jurastr. 10, D-70565 Stuttgart  
Fon: 0711/687-4842, Fax: 0711/687-6830  
E-Mail: r.eidher@botronic.de

ARMIN HUTH ist Labortechniker Schaltungstechnik und EMV an der Fachhochschule Aschaffenburg;  
Würzburger Str. 45, D-63743 Aschaffenburg  
Fon: 06021/314-830, Fax: 06021/314-801  
E-Mail: huth@fh-aschaffenburg.de

Prof. Dr.-Ing. ULRICH BOCHTLER ist Mitglied des VDE mit Schwerpunkt EMV und Professor für Schaltungstechnik, Sensorik und EMV an der FH Aschaffenburg;  
Fon: 06021/314-816, Fax: 06021/314-801  
E-Mail: bochtler@fh-aschaffenburg.de

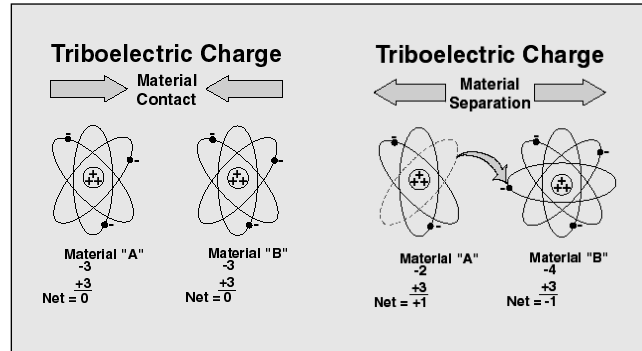


Abb. 1:  
Ladungstrennung durch Materialkontakt bzw. Materialtrennung

### Ladungserzeugung

Die einer elektrostatischen Entladung (ESD) immer vorausgehende Ladungserzeugung erfolgt in den meisten Fällen durch eine der beiden folgenden Prinzipien:

- Ladungstrennung durch den triboelektrischen Effekt. Hierbei entsteht Ladung, indem man zwei unterschiedliche Materialien aneinander reibt. Nach Trennung der beiden Materialien ist dann das in der triboelektrischen Reihe höher eingestufte Material positiv (+) geladen, das andere negativ (-). Zu dieser Art der Ladungstrennung fallen einem spontan einige Beispiele ein, die jeder an seiner ‚eigenen

Haut‘ schon einmal erlebt hat. Aufladung durch Begehen eines Kunststoffbodens mit Kunststoffsohlen, Abrollen einer Folienbahn, etc..

- Ladungstrennung durch Influenz nennt man den Effekt, wenn ein elektrisch leitendes Material in ein elektrostatisches Feld eingebracht wird. Hierbei findet in dem eingebrachten Material eine Polarisation der Ladung statt. Kann nun ein Teil der Ladung durch Funkenüberschlag oder durch eine leitende Verbindung abfließen, so ist das eingebrachte Material positiv oder negativ aufgeladen. Diese Ladung verbleibt auch, wenn das Material wieder aus dem elektrostatischen Feld entnommen wird. Für diese Ladungstrennung gibt es ebenfalls ein sehr anschauliches Beispiel: Vor Gewittern existieren hohe statische Felder zwischen Erde und Himmel. Wenn sich nun ein Mensch in diesem Feld aufhält, stehen ihm die ‚Haare zu Berge‘, da sich Körper und Haare mit unterschiedlicher Polarität aufgeladen haben.

Tabelle 1: Triboelektrische Reihe von Fasern

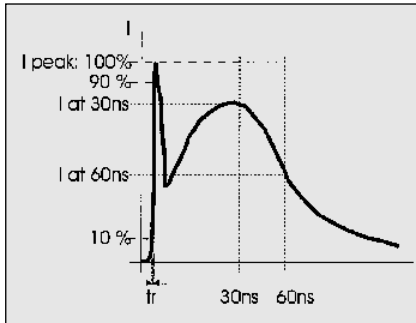
+ positiv	Wolle (am stärksten positiv)
	PA/Polyamid 6.6 (Nylon 6.6)
	PA/Polyamid 6 (Nylon 6)
	Seide
	CV/Regeneratcellulose (Viskose, Modal)
	CO/Baumwolle
	PVA/Polyvinylalkohol
	CVA/Triazetatcellulose
	AC/Polyacryl
	PTFE/Polytetrafluorethylene (Teflon)
	PE/Polyethylene
- negativ	PET/Polyethyleneterephthalat (Polyester)
	PBT/Polybutyleneterephthalat
	MAC/Modacryl
	PVC/Polyvinylchlorid

Auszug aus: P.A. Smith, G.C. East, R.C. Brown, D. Wake, Generation of Triboelectric Charge, in Journal of Electrostatics, 1988, 21, p. 81-98

### Entstehende Spannungen und deren Ableitung

#### Beschreibung des Impulses

Die Aufgabe des Gesetzgebers bzw. der Normungskomitees war es, diese ‚natürlichen‘ physikalischen Effekte zu einer allgemein gültigen Beschreibung einer Prüfvorschrift zusammenzufassen. Als Impulsgrundstruktur, die heute in allen gültigen Normen auftritt, wurde eine Impulsform gewählt, die eine Anstiegszeit von 0,7 ns bis 1 ns und eine halbe Impulsabfallzeit von ca. 30 ns aufweist. Die Höhe der Scheitelspannung liegt je nach Anwendungsbereich der Norm zwi-



**Abb. 2: Normimpuls für ESD-Prüfung (tr: rise time, Anstiegszeit, 0,7 bis 1 ns)**

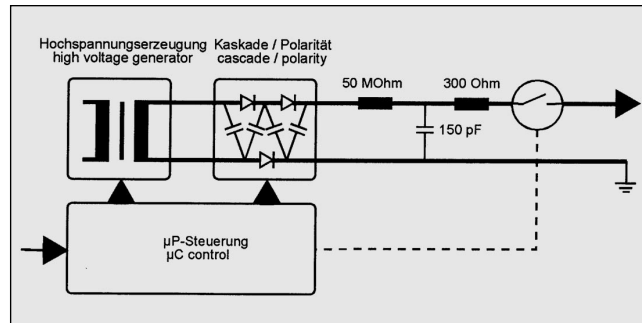
schen 2 kV und 25 kV (in Sonderfällen sogar bis 32 kV).

So einheitlich wie der Einzelimpuls über die gesamte Normenpalette sich darstellt, so unterschiedlich werden die Einkopplungsnetzwerke definiert. Das nachfolgende gezeigte Abb. 3 stellt den schematischen Schaltplan der RC-Einkopplung eines ESD-Generators dar.

Die dabei in den einzelnen Normen vorgeschriebenen Werte der zu verwendenden Widerstände und Kondensatoren sind in Tabelle 2 exemplarisch dargestellt.

### Die gefahrlose Ableitung der Ladung

Das eigentliche Problem von ESD besteht nicht in der Aufladung eines Körpers, die im Regelfall langsam geschieht (Sekundenbereich), sondern in der kurzzeitigen Ableitung der Ladungen, die zur Zerstörung und Schädigung von elektronischen Bauteilen (auch passiven!) führen können. Im industriellen Produktions- und Messbereich wird deshalb darauf geachtet, dass alle Anordnungen und das mit dem Umgang betraute Personal hochohmig mit einer gemeinsamen Masse verbunden sind. Die verwendeten Widerstände liegen in der Größenordnung von 1 bis 10 M $\Omega$  und gewährleisten ein langsames, sprich ungefährliches Abfließen der Ladung. Durch eine einfache Simulation kann nachgewiesen



**Abb. 3: Einkoppelnetzwerk eines ESD-Generators bzw. einer ESD-Pistole / 15/**

**Tabelle 3: Einkoppelnetzwerk und Scheitelspannung der verschiedenen Kfz-Herstellernormen**

Hersteller	Entladenetzwerk		Entladespannung		Bemerkung
	Widerstand	Kondensator	Kontakt	Luft	
BMW	330 Ohm	150 pF	$\pm 2$ kV - $\pm 8$ kV	$\pm 2$ kV - $\pm 15$ kV	wie EN 61000-4-2
Mercedes	2000 Ohm	330 pF	$\pm 4$ kV - $\pm 8$ kV	$\pm 4$ kV - $\pm 15$ kV	Komponente aus Fahrzeug von außerhalb des Fahrzeugs
				$\pm 4$ kV - $\pm 15$ kV	
				$\pm 4$ kV - $\pm 25$ kV	
VW	330 Ohm	150 pF	$\pm 2$ kV - $\pm 8$ kV	$\pm 4$ kV - $\pm 15$ kV	Packaging Laboraufbau Fahrzeug
				$\pm 4$ kV - $\pm 25$ kV	
				$\pm 4$ kV - $\pm 25$ kV	
Ford	2000 Ohm	150 p	$\pm 2$ kV - $\pm 10$ kV	$\pm 2$ kV - $\pm 10$ kV	Packaging Laboraufbau Fahrzeug
		330 pF			
		2000 Ohm F			
		330 pF			
GM	2000 Ohm	150 pF	$\pm 4$ kV - $\pm 8$ kV	$\pm 8$ kV - $\pm 25$ kV	Packaging im Fahrzeug von außerhalb des Fahrzeugs
		150 pF / 330 pF		$\pm 2$ kV - $\pm 15$ kV	
Renault	330 Ohm	150 pF	$\pm 2$ kV - $\pm 8$ kV	$\pm 2$ kV - $\pm 8$ kV	Packaging System
Peugeot	2000 Ohm	330 pF	$\pm 2$ kV - $\pm 8$ kV	$\pm 2$ kV - $\pm 15$ kV	System
Mack	2000 Ohm	330 pF	$\pm 2$ kV - $\pm 8$ kV	$\pm 2$ kV - $\pm 15$ kV	Packaging System

werden, dass bei Anlegen einer Ladespannung von 10 kV bei einem niederohmigen Lastwiderstand von 10 Ohm Spitzenströme von etwa 30 A fließen, während bei Abschluss mit dem oben erwähnten 10-M $\Omega$ -Widerstand nur noch Stromspitzen von wenigen mA auftreten.

### Erforderliche Messungen – vor allem Kfz

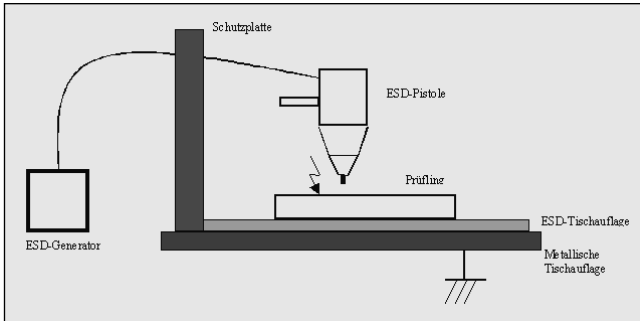
#### Normen, Anforderungen

In der folgenden Tabelle soll ein Überblick über die in der Kfz-Industrie üblichen Prüfanforderungen und -pegel gegeben werden.

Neben den Normen, die sich mit der reibungslosen Funktion eines elektrischen bzw. elektronischen Moduls in seiner späteren Anwendungsumgebung befassen, nehmen Vorschriften, die den Bereich Transport und Handling zum Gegenstand haben, eine wachsende Bedeutung ein. Dabei wird insbesondere geprüft, ob auch bei nicht sachgemäßer Verarbeitung (ESD von bis zu 20 kV) die Funktion im späteren Betrieb gewährleistet werden kann und eine Gefährdung des Personals (z. B. beim Airbag) auszuschließen ist.

**Tabelle 2: Einkoppelnetzwerke und Scheitelspannungen der verschiedenen Grundnormen**

Norm	Entladenetzwerk		Entladespannung		Bemerkung
	Widerstand	Kondensator	Kontakt	Luft	
EN 61000-4-2	330 Ohm	150 pF	$\pm 2$ kV - $\pm 8$ kV	$\pm 2$ kV - $\pm 15$ kV	
SAE J1113/13	2000 Ohm	330 pF	0 kV - $\pm 8$ kV	0 kV - $\pm 15$ kV	
ISO TR 10605	2000 Ohm	150 pF	$\pm 4$ kV - $\pm 8$ kV	$\pm 4$ kV - $\pm 15$ kV	
		330 pF			
MIL-STD 883	1500 Ohm	100 pF	20 V - 2000 V		Bauteiletest
VG 95373 Teil 14	150 Ohm	150 pF			
SN 73257	1500 Ohm	100 pF	20 V - 2000 V		Bauteiletest



**Abb. 4:**  
**Typischer Messaufbau  
für die ESD-Prüfung**

### Testaufbau

Bei Abnahmen nach der ISO TR 10605 wird der Prüfling auf einem genormten Prüftisch aufgebaut. Dieser Tisch besitzt eine metallisch leitende Oberfläche, auf der sich wiederum eine der Europäischen Norm EN BS 00015/1 entsprechende leitfähige bzw. ladungsabsorbierende Arbeitsunterlage befindet. Je nach Einzelnorm, kann hier auch eine leitende Oberfläche vorgeschrieben sein.

Da bei Prüfungen elektronische Bauteile (Widerstände, Transistoren, Kondensatoren) platzen können oder aufgrund der Funktion des zu untersuchenden Moduls (z. B. Airbag) Gefahren bestehen, wurde eine Schutzwand installiert, hinter der sich das Prüfpersonal aufhält; ggf. sind weitere Maßnahmen zu treffen.

Am Prüfling werden Testpunkte festgelegt, an denen jeweils die geforderte elektrostatische Entladung ausgeführt wird. Diese Testpunkte sind für alle Prüflinge gleich, wobei an jedem dieser Punkte die vorgeschriebenen Einzelprüfungen mit gleichbleibendem Entladungsspannungswert aber wechselnden Polaritäten durchzuführen sind.

Als Vertreter eines typischen für zahlreiche der oben genannten Normen anwendbaren ESD-Generators sei die Pistole des Typs SESD 2000 der Firma Schlöder, Keltern-Weiler, genannt. Mit Hilfe verschiedener Aufsteckmodule können hierbei die unterschiedlichen Einkoppelkombinationen für R und C realisiert werden. Bei der leitfähigen Tischauflage kann eine handelsübliche Auflage aus Nora-Synthese-Kautschuk mit einer strukturierten Oberfläche Verwendung finden. Diese Aufla-

gen aus doppellagigem Material mit ableitender Oberfläche und leitfähiger Unterseite in der Stärke 2,0 mm besitzen einen Volumenwiderstand im Bereich von  $10^5$  bis  $10^7 \Omega/\text{cm}^2$  und einem Oberflächenwiderstand von  $10^8$  bis  $10^{11} \Omega/\text{cm}^2$ . Mit diesen Daten ist die in der Norm (EN BS 00015/1) geforderte Entladezeit von 9 ms gewährleistet.

### Zusammenfassung

Im vorliegenden Artikel wurden die Grundlagen der Entstehung elektrostatischer Ladung erläutert und die normenrelevanten Prüfaufbauten erwähnt. Insbesondere bei den Einkoppelnetzwerken zeigt sich, dass im Automobilbereich vielfältige RC-Kombinationen existieren. Mit einer Tabelle der unterschiedlichen Anforderungen verschiedener Kfz-Hersteller konnte eine Gegenüberstellung getroffen werden, die es dem Entwickler und EMV-Prüfer ermöglicht, die jeweiligen Testgrößen zu ermitteln. Da diese Aufstellung selbstverständlich nur eine Augenblicksaufnahme der derzeitigen Normenlandschaft darstellt, kann bei einem Mess- oder Entwicklungsprojekt auf eine detaillierte Normen-Recherche nicht verzichtet werden.

### Literatur

- [1] Durcansky, G.: EMV-gerechtes Gerätedesign, Franzis-Verlag GmbH, Poing 1995
- [2] Kohling, A.: CE Kennzeichnung – Teure Unkenntnis, EET, Nr. 1 1999, S. 28–31
- [3] Lohrey, H.: EMV und Steuerungstechnik – welchen Beitrag leisten Gehäuse? etz, Heft 13/1999, S. 32 und 14/1999, S. 33

- [4] Roth, R.: Simulation elektrostatischer Entladung, Schaffner, Publ. 91008D
- [5] Verteidigungsgerätenorm VG 95375 T13, BmWB, Bonn
- [6] Deutsches Institut für Normung e.V.: Elektromagnetische Verträglichkeit 1: DIN-Normen und DIN-VDE-Normen; VDE-Verlag/Beuth, Berlin, 1991
- [7] Deutsches Institut für Normung e.V.: Elektromagnetische Verträglichkeit 2: VG-Normen; VDE-Verlag/Beuth, Berlin, 1989
- [8] Deutsches Institut für Normung e.V.: Elektromagnetische Verträglichkeit 3: Englische Übersetzungen deutscher Normen, EN-Normen und IEC-Normen; VDE-Verlag/Beuth, Berlin, 1992
- [9] Hahn, H.-P.: CE-Kennzeichnung leichtgemacht; C. Hanser Verlag, München, 1995
- [10] Rahmes, D.: EMV-Rechtsvorschriften und ihre Anwendung in der Praxis; Franzis-Verlag, München, 1993
- [11] Göpel, K.-D.; Genz, D.: Die Konzeption von EMV Messplätzen; Franzis-Verlag GmbH, 85586 Poing, 1995
- [13] Habiger, E.: Elektromagnetische Verträglichkeit; Hüthig Verlag, Heidelberg, 1992
- [14] Weston, D.A.: Electromagnetic Compatibility; Marcel Dekker Inc., New York

www.publish-industry.net

more @ click EK2C0502

## How to use

more @ click
!

1. www.publish-industry.net
2. ,more@click'-Code eingeben
3. Anbieter kontaktieren – Diskutieren – Recherchieren

C.05

## Anzeige