

## ESD-Schutz – einmal ganz praktisch betrachtet

Jürgen von den Driesch, MPT-Beratung

Die *ROBOT Visual Systems GmbH* in Monheim am Rhein war der Gastgeber des aktuellen Treffens der *FED-Regionalgruppe Düsseldorf (RGD)* am 28.8.2008. Nach der Begrüßung durch Hanno Platz, Leiter der *RGD*, stellte sich zunächst der Gastgeber den rund 30 Teilnehmerinnen und Teilnehmer vor.



Hanno Platz informiert über den FED

Die *ROBOT Visual Systems GmbH*, ein Unternehmen der *JENOPTIK AG*, blickt auf 75 Jahre zurück. *Arne Bergmann*, Leiter Personal und Organisation, stellte das Unternehmen mit seinen Produkten vor. Es begann mit der Produktion von Kameras mit dem legendären *Robot-Verschluss*. Seit 1955 werden Systeme zur Überwachung des fließenden Verkehrs, also zum Nachweis von Geschwindigkeitsüberschreitungen entwickelt und produziert. 1974 kamen Anlagen zur Dokumentation von Rotlichtverstößen an Ampeln dazu. Die Anlagen werden seit 1998 mit digitaler Fototechnik ausgerüstet. Den Anforderungen genügende Digitalkameras waren und sind am Markt nicht verfügbar, diese werden selbst entwickelt und produziert. Das Unternehmen ist in über 60 Ländern der Welt aktiv. Seit vielen Jahren sind kundenspezifische und auf die jeweiligen Vorschriften des Landes zugeschnittene Systeme die Spezialität des Unternehmens.

Eine umfangreiche Palette internationaler Projekte wurde bisher realisiert. Unter anderem wies *Arne Bergmann* auf beeindruckende Erfolge in der Verringerung der Unfallzahlen durch gezielte Überwachung der Geschwindigkeit hin. Ein Beispiel dafür ist der Unfallrückgang um 43 % in den ersten vier Monaten nach Inbetriebnahme des Systems. Diese

Fakten ließen die Zuhörer das eigentlich gefürchtete „Blitzen“ in einem ganz anderen Lichte erscheinen – Geschwindigkeitsüberwachungsanlagen schützen Leben. Tipps und Tricks, wie das gefürchtete Knöllchen umgangen werden kann, konnte und wollte *Arne Bergmann* verständlicherweise nicht nennen.

Den ersten Fachvortrag *ESD-Schutz in der Praxis* hielt Diplomkaufmann (FH) *Michael Günther* von der Ingenieurgesellschaft *Günther und Partner*, Strausberg bei Berlin. Zunächst erläuterte er die Grundlagen der Ladungsentstehung durch Triboelektrizität und Influenz. Einfach zusammengefasst entsteht bei der Triboelektrizität die elektrische Ladung durch das Berühren und Trennen von Körpern, wobei ein Körper isolierend sein muss. Wohl jeder Teilnehmer erinnerte sich an den Physikunterricht in der Schule. Dort wurde elektrische Ladung durch das Reiben eines Bernsteinstabes an einem Katzenfell erzeugt. Das ist nichts anderes als das Berühren und Trennen von vielen tausenden Haaren. Die Auswirkungen elektrostatischer Aufladung sind enorm. Wir kennen alle z.B. das Knistern beim Ausziehen eines Pullovers im Winter. Als eindrucksvolles Beispiel konnte *Michael Günther* das beim abrollen eines handelsüblichen Paketklebebandes



Die Teilnehmerinnen und Teilnehmer des Regionalgruppentreffens

entstehende elektrische Feld vorführen und messtechnisch nachweisen. Der Mensch fühlt spontane elektrische Entladungen ab etwa 3500 V. Ab etwa 5000 V wird die Entladung als Funke sichtbar.

Bei der Influenz wird ein elektrisch leitfähiger Körper, z.B. der Mensch, der sich isoliert in einem elektrostatischen Feld befindet, polarisiert. Hat nun dieser Körper innerhalb des Feldes Erdkontakt, so fließen die positiven Ladungsträger zur Erde ab. Verlässt der Körper das elektrische Feld, überwiegend die negativen Ladungsträger. Der Körper ist elektrostatisch geladen. Beim nächsten Kontakt mit dem Erdpotenzial entsteht ein Ladungsausgleich und dabei fließen Ausgleichsströme.

Die elektrostatische Aufladung hängt sehr stark von der Feuchte der umgebenden Luft ab. Das Laufen über einen Teppich erzeugt bei geringer relativer Feuchte (10 bis 20 %) Spannungen von bis zu 35 000 V. Der gleiche Vorgang bei hoher relativer Feuchte (über 65 %) führt zu „nur“ etwa 1500 V. Im Winter ist die relative Luftfeuchte in geheizten Innenräumen in der Regel gering und damit die Gefahr der Aufladung groß. Der Grund dafür ist einleuchtend. Von außen in die Räume einströmende Luft enthält nur sehr wenig Wasser. Je kälter die Luft ist, desto weniger Feuchtigkeit (Wassermoleküle) kann sie aufnehmen.

Wenn die beispielsweise 0 °C kalte Außenluft in einen geheizten Raum einströmt, bringt sie maximal 4,85 g Wasser pro Kubikmeter Luft mit (abhängig vom Luftdruck – wird hier vernachlässigt). Das



Das Abrollen eines Klebebandes erzeugt große elektrische Ladung

entspricht 100 % relativer Feuchte bei 0 °C. Im Beispiel soll die Innenluft auf 21 °C aufgeheizt sein. Luft dieser Temperatur hat ihre Sättigungsgrenze bei 18,32 g/m<sup>3</sup>. Die gesättigt von außen einströmende Luft ergibt bei 21 °C nur noch eine relative Luftfeuchte von etwa 26 %, ist also sehr trocken. Daher ist das Risiko elektrostatischer Aufladung im Winter größer als zur warmen Jahreszeit.

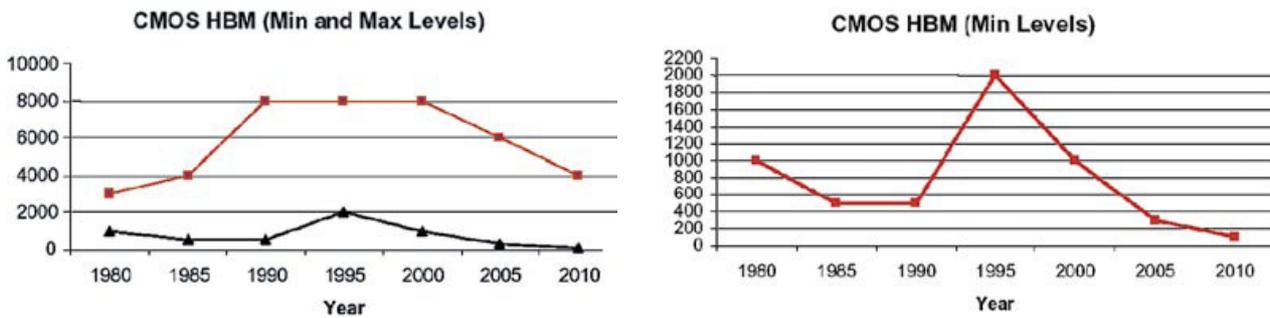
Anhand verschiedener praktischer Vorführungen konnte *Michael Günther* den Teilnehmerinnen und Teilnehmern das Entstehen elektrischer Aufladung demonstrieren:

- Aufstehen von einem Bürostuhl
- Gehen auf einem normalen Bodenbelag
- Rollen eines Rollwagens über den Boden
- Entnehmen eines Papiers aus einer Klarsichthülle

Elektrostatische Aufladung (Electrostatic Discharge, ESD) ist Teil des täglichen Lebens. Die Schädigung elektronischer Komponenten ebenso. Obwohl nur etwa jede tausendste Entladung zu einem Schaden führt, werden 14 bis 16 % aller Ausfälle elektronischer Baugruppen, je nach Untersuchung, auf ESD zurückgeführt. Die Wirkung einer Entladung über einen Baustein ist enorm, denn die Stromdichte entspricht der eines Blitzeinschlages in einen Baum. Noch kritischer ist die Vorschädigung eines elektronischen Bausteins durch elektrostatische Entladung. Hier werden beispielsweise isolierende Schichten auf dem Wafer so beschädigt, dass sie im Laufe der Zeit versagen. Baugruppen verlassen als „gut“ getestet den Hersteller, versehen eine Zeit lang einwandfrei ihren Dienst und fallen dann ohne ersichtlichen Grund aus.

Zum Schutz empfindlicher elektronischer Bausteine ist das Entstehen der Aufladung zu begrenzen, das Entladen zu kontrollieren und eine Schutzschaltung innerhalb der Bausteine vorzusehen. Nach einer Prognose der *ESD-Association* aus dem Jahr 2005 nimmt jedoch der interne ESD-Schutz von Bausteinen seit Jahren kontinuierlich ab. Die Strukturen werden immer kleiner, da bleibt immer weniger Platz für energieabsorbierende Schutzschaltungen. Diese sind unter Umständen relativ größer als die Nutzschaltung. Natürlich spielt Geld auch eine wesentliche Rolle. Jeder mm<sup>2</sup> Wafer, der für Chipfunktionen verwendet werden kann, ist möglicher

## Empfindlichkeitsgrenzen in Volt (HBM)



Stetige Abnahme des internen ESD-Schutzes von Bauelementen. Quelle: ESD Association, 2005

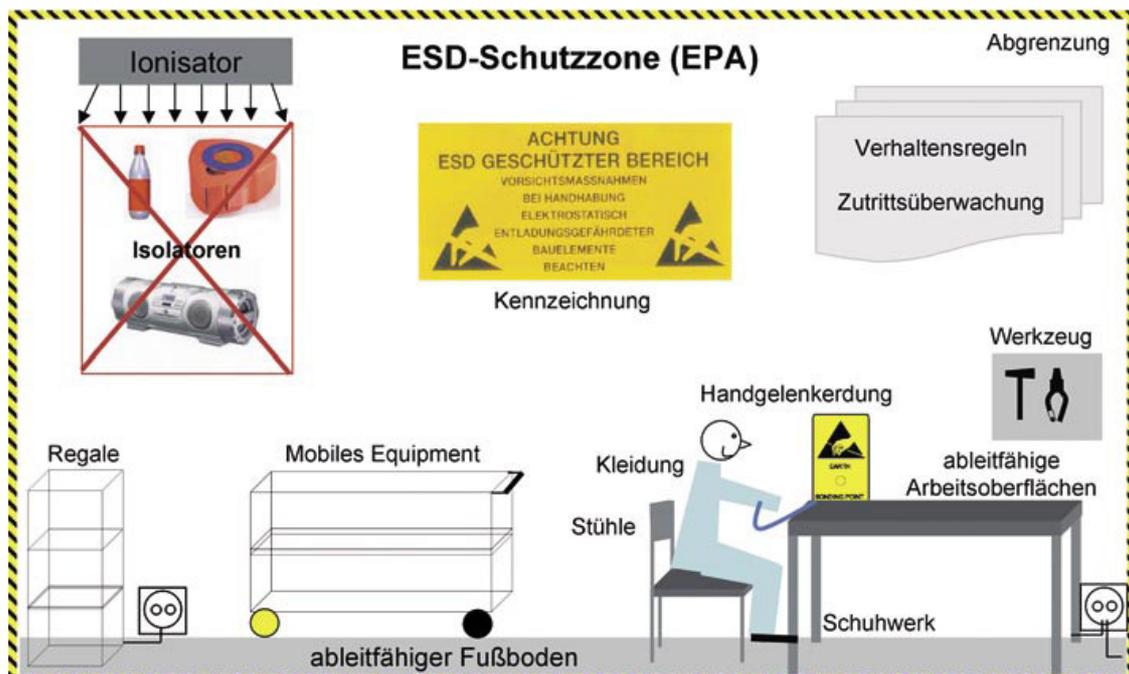
Gewinn – Schutzschaltungen bringen zunächst keinen Mehrwert. Noch im Jahr 2004 konnte man von einem Schutzniveau von 100 V ausgehen. Dieses sinkt bis zum Jahr 2018 nach dieser Prognose auf unter 25 Volt. Der äußere Schutz, die Begrenzung der Aufladung und das kontrollierte Entladen müssen auf dieses niedrige Schutzniveau eingestellt werden.

Je geringer der Schutz innerhalb der Bausteine, umso wichtiger werden das Vermeiden elektrostatischer Aufladung und die kontrollierte Entladung. Nach dem oben beschriebenen Zusammenhang – je feuchter, desto weniger Aufladung – könnte ein-

fach die Luftfeuchtigkeit im Arbeitsraum auf 100 % (rel. F.) eingestellt werden. Das ist zum Glück nicht normgerecht und auch für die Mitarbeiter und die Bausteine (Stichwort Korrosion) nicht sinnvoll. So kommen

- Vermeidung/Verminderung von elektrostatischer Aufladung
- kontrollierter Potenzialausgleich
- ESD-Schutzverpackung

als sinnvolle Maßnahmen zum Einsatz. Diese sind hierarchisch sortiert. Nicht entstandene Aufladung muss nicht abgeleitet werden – so steht die Vermeidung an erster Stelle.



In der ESD-Schutzzone werden Ladungen kontrolliert entladen. Quelle: Vortragsfolie Michael Günther

Aufladbare Materialien, wie beispielsweise Kunststoffe (Kaffebecher, Kugelschreiber, Klarsichthüllen, und andere) haben in der Nähe von elektronischen Baugruppen und Bauteilen nichts zu suchen. Auch hochohmig isoliertes Werkzeug, z.B. Elektrikerwerkzeug ist für Arbeiten an elektronischen Bauteilen und Baugruppen tabu. Was für einen Anwendungsfall richtig und wichtig ist (die möglichst gute Trennung des metallischen Werkzeugs vom Benutzer) ist hier kontraproduktiv. Bauteile und ungeschützte Baugruppen (solche mit Berührungsmöglichkeit außerhalb geschützter Ein- und Ausgänge) werden nur in ESD-Schutzzonen (EPA) gehandhabt. Innerhalb der EPA sind alle Einrichtungsgegenstände, Rollwagen, Sitzgelegenheiten und – Menschen hochohmig an ein gemeinsames Schutzpotenzial angebunden. So wird entstandene Ladung kontrolliert und mit geringen Spitzenströmen abgeleitet.

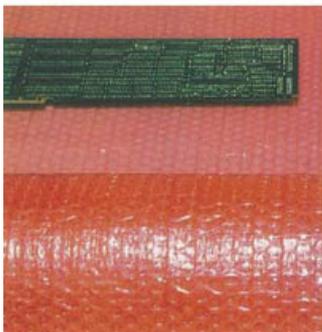
Besondere Aufmerksamkeit gilt der ESD-Schutz-ausstattung des Menschen. Der in der Praxis oft beobachtete Schuhableiter an nur einem Fuß ist absolut nicht ausreichend. Sobald der geerdete Fuß in der Luft hängt, beispielsweise beim gehen, ist es aus mit der kontrollierten und permanenten Ableitung. Arbeitskittel aus Baumwolle leiten zwar nicht ab, schirmen jedoch das den Menschen umgebende

Feld ab. Bei einer Umgebungsluft mit etwa 60 % relativer Feuchte ist die Schutzfunktion ausreichend. Unterhalb 30 % relativer Feuchte wird es kritisch. Dann sind Arbeitskittel aus ableitenden Spezialstoffen vorzuziehen.

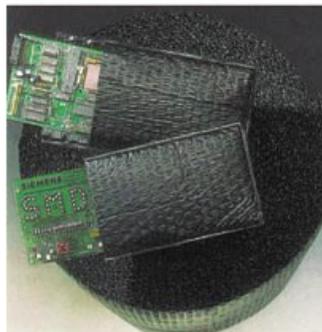
Die besten Schuhe und ableitende Sitzgelegenheiten nutzen nichts, wenn der Boden in der EPA seine ableitende Wirkung verliert. Im Vergleich zu eingebetteten Kohlefasern ist einem volumenleitfähigen Material der Vorzug zu geben. Die Reinigung erfolgt einfach mit Wasser und einem milden, fettlösenden Reinigungsmittel. Pflegezusätze mit Wachs oder Silikonen erzeugen isolierende Schichten – die ableitende Funktion des Bodens ist dadurch nicht mehr gegeben. Diese Einschränkung bei der Auswahl der Reinigungsmittel muss natürlich gegebenenfalls mit dem Gebäudereiniger abgestimmt werden. Übrigens, reinigen Sie doch ab und zu die Rollen von Arbeitsstühlen und Rollwagen. Ihre Baugruppen danken es Ihnen!

All diese Schutzmaßnahmen der EPA sind regelmäßig und vollständig auf Wirksamkeit zu überprüfen. ESD-Schutz ist Bestandteil des Qualitätsmanagementsystems. Die Prüfergebnisse und die daraus abgeleiteten Maßnahmen werden protokolliert. Beispielsweise mit einer einfachen Liste mit Unterschriftenfeldern für die tägliche Prüfung der persön-

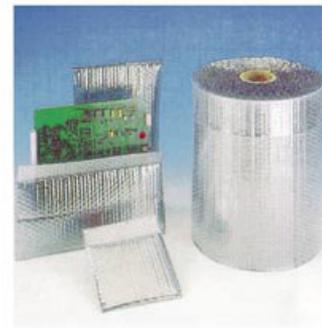
## Verpackung



Elektrostatisch  
gering aufladbar/  
ableitfähig  
Kennbuchstabe L / D



Elektrostatisch  
leitfähig  
Kennbuchstabe C



Elektrostatisch  
abschirmend  
Kennbuchstabe S



Kennbuchstabe

Quelle: [www.kvt-canespa.de](http://www.kvt-canespa.de)

lichen ESD-Schutzausstattung. Defekte Ausrüstung ist sofort aus dem Verkehr zu ziehen und durch einwandfreie zu ersetzen.

Auch außerhalb der EPA werden Bauteile und Baugruppen gehandhabt, zum Beispiel im Lager oder während eines Versandes. Hier sind natürlich auch innerbetrieblich geeignete Verpackungen anzuwenden.

Verpackungsmaterialien können drei Gruppen angehören:

- Elektrostatisch gering aufladbar, Kennbuchstabe L oder D
- Elektrostatisch leitfähig, Kennbuchstabe C
- Elektrostatisch abschirmende, Kennbuchstabe S

Der Kennbuchstabe befindet sich üblicherweise auf dem Material, z. B. auf einem gelb-schwarzen Hinweisaufkleber. Einen wirksamen Schutz der Baugruppen bietet ausschließlich die elektrostatisch abschirmende Verpackung mit dem Kennbuchstaben S.

*Michael Günther* gab in seinen Ausführungen noch einige Beispiele aus der Praxis, die in der anschlie-

ßenden Pause zu anregenden Diskussionen zwischen den Referenten und den Teilnehmern führten. Der zweite Vortrag von *Volker Klafki*, *Technolam GmbH* aus Troisdorf, beschäftigte sich mit *Kennwerten und Eigenschaften von Basismaterialien für die Leiterplattentechnik*. Speziell ging er auf die Temperaturbeständigkeit im bleifreien Lötprozess ein. Auch nicht bleifrei spezifiziertes Basismaterial kann durchaus für wenige bleifreie Lötzyklen geeignet sein. Nicht allein die Glasumwandlungstemperatur ( $T_g$ ) ist maßgeblich. Aussagekräftiger ist die Zersetzungstemperatur ( $T_d$ ), welche mit der *Thermal Gravimetric Analysis (TGA)* bestimmt wird oder die Delaminierungstemperatur ( $T_{260}$ ) beziehungsweise ( $T_{288}$ ) nach der *Thermal Mechanical Analysis (TMA)*.

Die Folien zu den Vorträgen von *Volker Klafki* und *Michael Günther* sowie das vollständige Protokoll des Treffens sind auf [www.fed.de](http://www.fed.de) unter *Verband, Düsseldorf (RGD)* zu finden.

#### **Kontaktadresse**

Dipl.-Ing. Jürgen von den Driesch, MPT-Beratung, Overbach-Straße 9, 53343 Wachtberg, Tel. +49/228/93494013, info (a/t) mpt-beratung.de, [www.mpt-beratung.de](http://www.mpt-beratung.de)