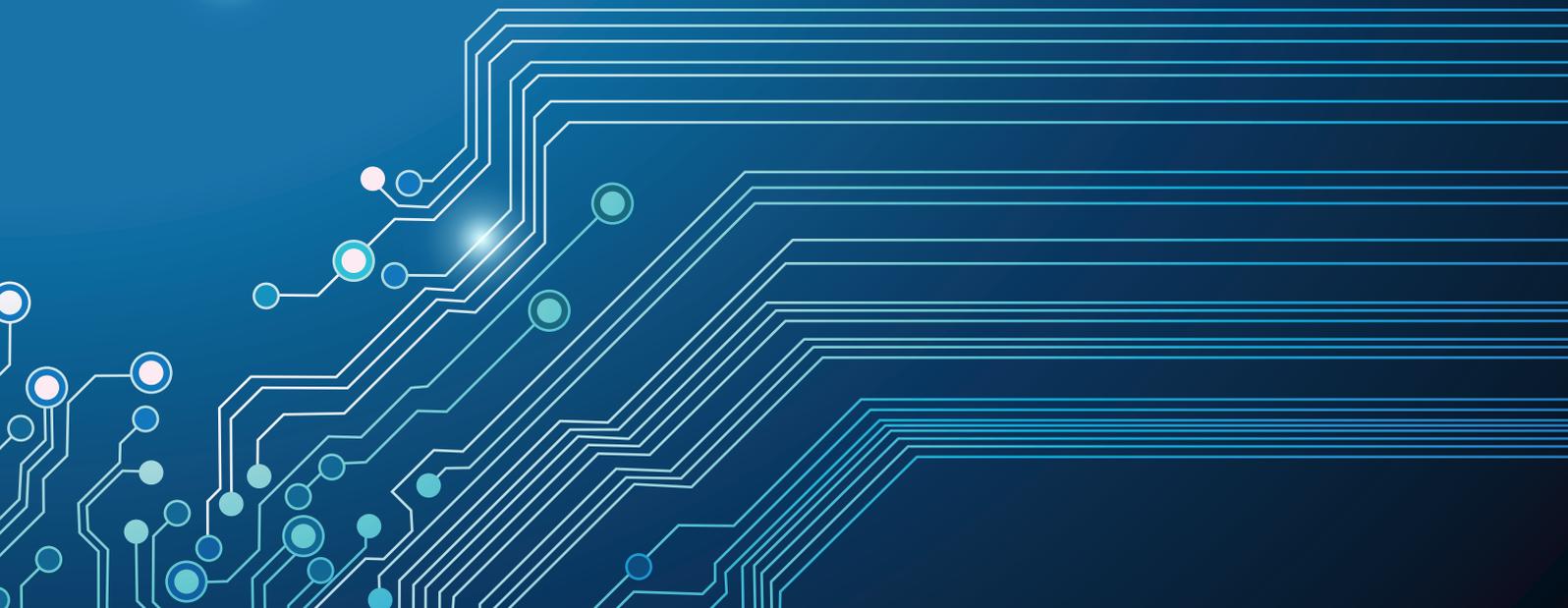


DER KOMPAKTE RATGEBER

# ESD



# INHALT

04/05 | BEGRIFFE UND NOMEN  
ZUM THEMA ESD

14/15 | EXTERNE SCHUTZ-  
MASSNAHMEN

24/25 | ARBEITSPLATZSYSTEME  
UND DEREN ERDUNG

06/07 | WIE UND WO  
TRETEN LADUNGEN  
AUF?

16/17 | LUFTFEUCHTIGKEIT  
UND IONISATION

26/27 | LAGERUNG UND  
VERPACKUNG

08/09 | ENTLADUNG UND  
ESD-MATERIALIEN

18/19 | ZUGANGSKONTROLLEN  
IN DIE EPA

28/29 | VERHALTENSREGELN  
UND CHECKLISTE

10/11 | ESD-SCHUTZ IM  
UNTERNEHMEN

20/21 | FUSSBODENSYSTEME  
FÜR DEN ESD-SCHUTZ

30/31 | DAS DEUTSCHE  
ESD-NETZWERK

12/13 | INTERNE SCHUTZ-  
MASSNAHMEN

22/23 | ABLEITWIDERSTAND  
UND PERSONENERDUNG



# IMPRESSUM

## Herausgeber

KEINATH Electronic GmbH  
Robert-Bosch-Straße 34  
72810 Gomaringen  
[www.keinath-electronic.de](http://www.keinath-electronic.de)

Andreas Karl GmbH & Co. KG  
Hauptstraße 26  
85777 Fahrenzhausen  
[www.karlnet.de](http://www.karlnet.de)

Wanzl GmbH & Co. KGaA  
Rudolf-Wanzl-Straße 4  
89340 Leipheim  
[www.wanzl.com](http://www.wanzl.com)

nora systems GmbH  
Höhnerweg 2-4  
69469 Weinheim  
[www.nora.com](http://www.nora.com)

© KEINATH Electronic, Vervielfältigung, Einspeicherung  
und Bearbeitung in elektronischen Systemen verboten

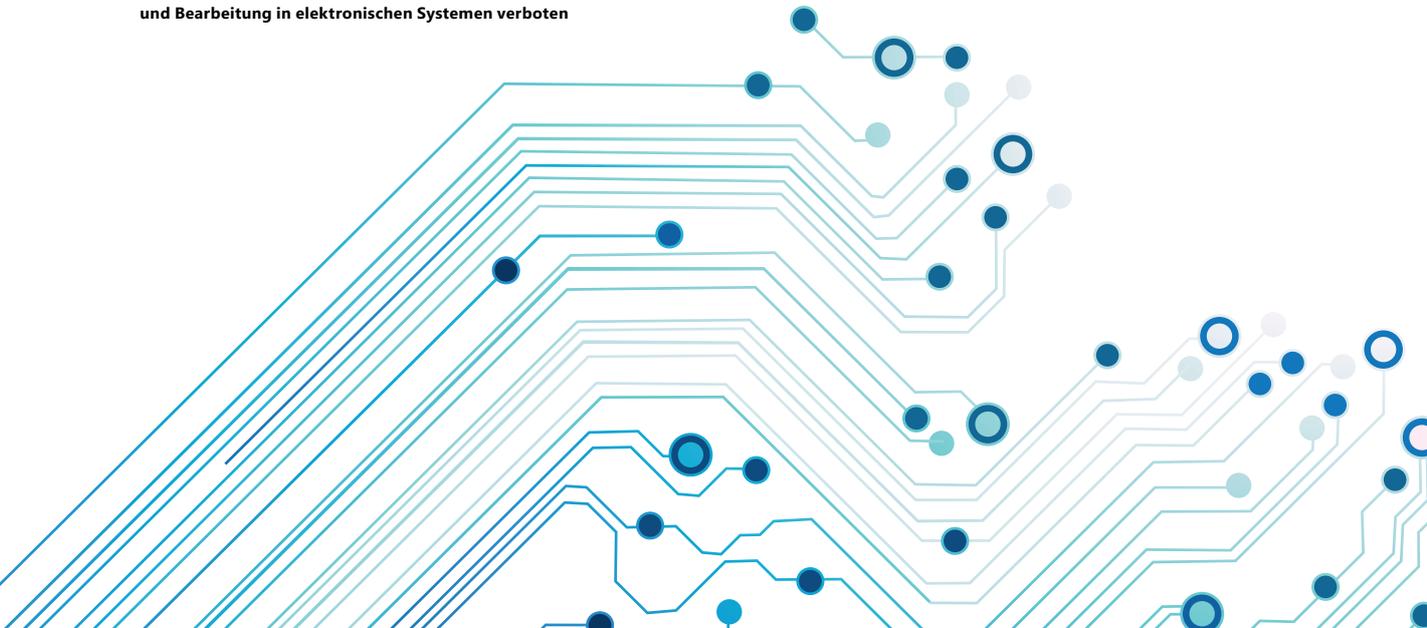




Foto: Michael Bode

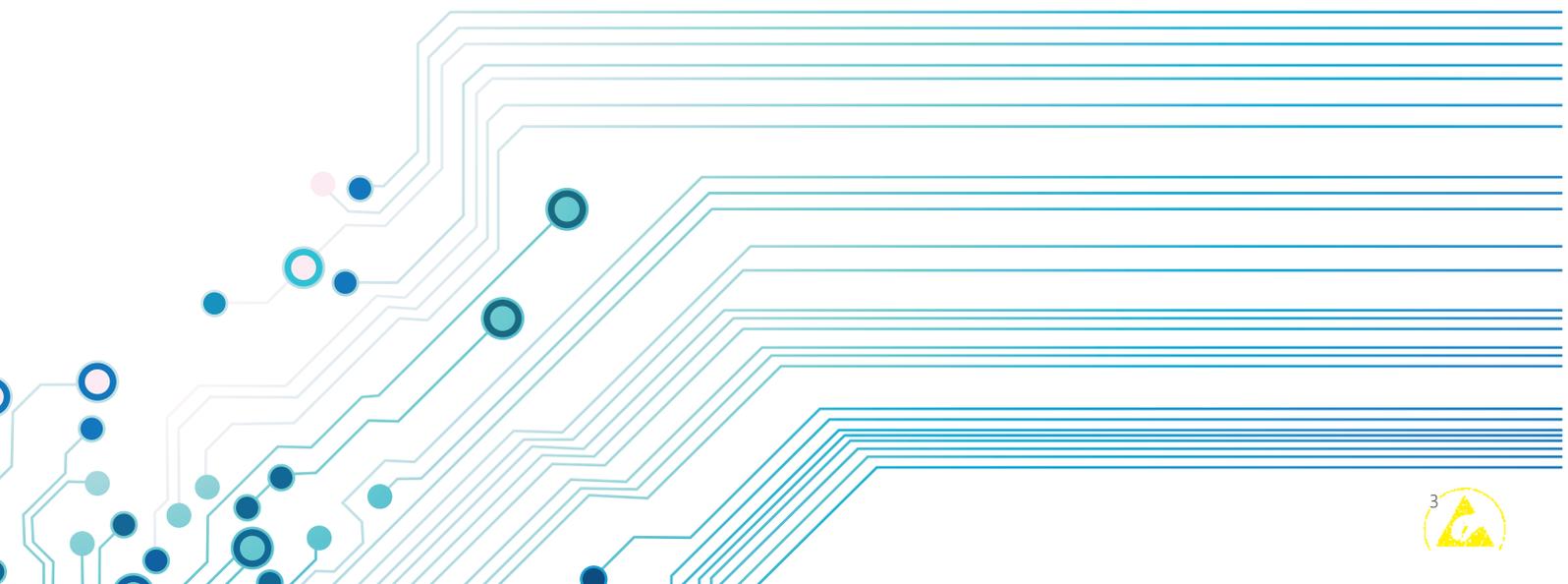
## WARUM ESD-SCHUTZ?



Die elektrostatische Entladung (electrostatic discharge) begegnet uns tagtäglich im Alltag: Der „Schlag“, den man an der Autotür bekommt, abstehende Haare, wenn man sich seiner Mütze entledigt oder wenn es zwischen zwei Menschen „funkelt“.

Was für uns ein kurzer Schreck und meist nur lästig ist, ist für elektronische Baugruppen, die mit kleinen und kleinsten Halbleiterbauelementen bestückt sind, schnell ein Totalschaden. Gerade bei trockener Luft sind Entladungen mit einem Potenzial von 10 000 Volt keine Seltenheit. Für Unternehmen aus der Elektronikindustrie ist deshalb die Vermeidung von ESD eines der höchsten Gebote.

Viele durch ESD entstandene Schäden werden im ungünstigsten Fall erst nach einiger Zeit durch den Kunden festgestellt und führen dann zu hohen Reparatur- oder Austauschkosten. Viel schlimmer als der finanzielle ist zusätzlich der darauf folgende Image-Schaden, wenn durch einen verschleppten Fehler eine ganze Produktcharge beeinträchtigt wurde.



# BEGRIFFE UND NORMEN

**Ableitwiderstand.** Der Ableitwiderstand ist der Widerstand zwischen einer Elektrode auf der Oberseite einer Einrichtung und dem ESD-Erdungspunkt. Der Erdableitwiderstand ist der Widerstand zwischen einer Elektrode auf der Oberseite einer Einrichtung und dem Erdpotenzial.

**Ableitzeit.** Das Zeitintervall, in welchem ein aufgeladener Körper durch die Verbindung zum Erdpotenzial von einem Anfangswert auf einen Endwert entladen wird, z.B. von 1000V auf 100V.

**CDM.** Das Charged Device Model beschreibt die Mechanismen, die bei der Entladung eines aufgeladenen Bauteils auftreten. Durch einen über die Ersatzschaltung definierten Impuls wird die elektrostatische Empfindlichkeit ermittelt.

**Conductive (leitfähig).** Sind Materialien, die entweder oberflächenleitfähig, volumenleitfähig oder beides sind. Ihr Oberflächenwiderstand oder Volumenwiderstand muss kleiner  $10^4$  Ohm betragen (nach DIN EN 61340-5-3).

**Dissipative (ableitfähig).** Sind Materialien, die entweder oberflächenableitfähig, volumenleitfähig oder beides sind. Ihr Oberflächenwiderstand oder Volumenwiderstand muss  $\geq 10^4$  Ohm und  $< 10^{11}$  Ohm betragen (nach DIN EN 61340-5-3).

**EBP.** Earth Bonding Point ist der gekennzeichnete Anschluss für alle ESD-Erdungsmaßnahmen; darf nicht als Schutzleiter verwendet werden.

**EPA.** Die Electrostatic Protected Area ist ein mit ESD-Schutzmaßnahmen ausgestatteter Bereich, in dem ESDS ohne elektrostatisches Schädigungsrisiko hergestellt, bearbeitet, verpackt, transportiert oder gelagert werden können.

**ESD.** Electrostatic Discharge, ist die elektrostatische Entladung als Potenzialausgleich zwischen aufgeladenen Körpern durch direkten Kontakt oder Überschlag.

**ESD-Modelle.** Mit idealisierten Modellvorstellungen wird versucht, reale ESD-Entladungen nachzubilden und Testmethoden zur Ermittlung der Bausteinempfindlichkeit zu definieren. Die bedeutendsten Modelle sind HBM, CDM und MM.

**ESDS.** Electrostatic Discharge Sensitive Device. Bezeichnung für Bauteile oder Baugruppen, die durch elektrostatische Entladungen bei Handhabung, Bearbeitung oder Transport beschädigt werden können.

**ESD-Spannungsempfindlichkeit.** Schädigungsgrenze eines Bauelements gegenüber bestimmten Entladungspulsen der Entladungsmodelle HBM, CDM oder MM.

**Elektrostatische Aufladung.** Die Physik versteht darunter ruhende elektrische Aufladungen, welche durch mechanischen Kontakt und anschließende Trennung von Materialien entstehen.

**HBM.** Das Human Body Model beschreibt die Mechanismen, die bei der Entladung eines aufgeladenen menschlichen Körpers über ein Bauteil oder eine Baugruppe auftreten. Durch einen über die Ersatzschaltung definierten Impuls wird die elektrostatische Empfindlichkeit ermittelt.

**Ionisation.** Durch den Korona-Effekt unter Hochspannung erzeugte positive und negative Ionen neutralisieren elektrostatische Ladungen. Hauptsächlich zur Entladung von Nichtleitern eingesetzt.

**Isolator.** Materialien sind isolierend, wenn der Oberflächenwiderstand größer  $10^{11}$  Ohm ist.

**Isolierend.** Sind Materialien, die entweder oberflächenisolierend, volumenisolierend oder

beides sind, deren Oberflächenisolierung oder Volumenisolierung  $\geq 10^{11}$  Ohm beträgt.

**Low Charging.** Materialien sind schwach aufladbar, wenn sie die Eigenschaft besitzen, sich bei Kontakt und anschließender Trennung bzw. Reibung nicht oder nur unwesentlich aufzuladen.

**MM.** Das Machine Model beschreibt die Mechanismen, die bei der Entladung einer aufgeladenen Maschinen- oder Anlagenkomponente auftreten. Durch einen über die Ersatzschaltung definierten Impuls wird die elektrostatische Empfindlichkeit ermittelt.

**Oberflächenwiderstand.** Der Oberflächenwiderstand eines Materials ist der elektrische Widerstand zwischen zwei auf der Oberfläche aufgesetzten Elektroden. Für vergleichende Messungen muss der Abstand der Elektroden angegeben werden.

**Potenzialausgleich.** Entstandene elektrostatische Aufladungen müssen sofort gegen Erdpotential (0V) ohne Gefahr für ESDS ausgeglichen werden. Oberstes Ziel des ESD-Schutzes ist, statische Aufladungen nicht entstehen zu lassen.

**Volumenwiderstand.** Ist ein Material vollkommen aus leitfähigem Stoff, fließt der Strom im Wesentlichen durch den Körper des Materials. Der Widerstand wird zwischen einer Elektrode auf der Oberseite und einer Gegenelektrode auf der gegenüberliegenden Stelle auf der Unterseite des Materials gemessen.

**Volumenleitfähigkeit.** Zeichnet Materialien dadurch aus, dass das gesamte Material ableitfähig ist, und nicht nur die Oberfläche.



## NORMEN

**DIN EN 61340-5-1.** Elektrostatik – Teil 5-1: Schutz von elektronischen Bauelementen gegen elektrostatische Phänomene – allgemeine Anforderungen.

**DIN EN 61340-5-2.** Elektrostatik – Teil 5-2: Schutz von elektronischen Bauelementen gegen elektrostatische Phänomene – Benutzerhandbuch.

**DIN EN 61340-5-3.** Elektrostatik – Teil 5-3: Schutz von elektronischen Bauelementen gegen elektrostatische Phänomene – Eigenschaften und Anforderungen für die Klassifizierung von Verpackungen, welche für Bauelemente verwendet werden, die gegen elektrostatische Entladungen empfindlich sind.

**DIN IEC/TR 61340-5-5.** Elektrostatik - Teil 5-5: Schutz vor elektronischen Bauelementen gegen elektrostatische Phänomene - Verpackungssysteme zur Verwendung in der Elektronikfertigung.

**DIN EN 61340-4-1.** Elektrostatik Teil – 4-1: Standard-Prüfverfahren für spezielle Anwendungen (elektrischer Widerstand von Bodenbelägen und verlegten Fußböden).

**DIN EN 61340-4-2.** Standardprüfverfahren für spezielle Anwendungen – Verfahren zur Bestimmung der elektrostatischen Eigenschaften von Textilien.

**DIN EN 61340-4-3.** Elektrostatik – Teil 4-3: Standard-Prüfverfahren für spezielle Anwendungen (Schuhwerk).

**DIN EN 61340-4-4.** Standard-Prüfverfahren für spezielle Anwendungen – Einordnung flexibler Schüttgutbehälter in elektrostatischer Hinsicht.

**DIN EN 61340-4-5.** Elektrostatik – Teil 4-5: Standard-Prüfverfahren für spezielle Anwendungen (Verfahren zur Charakterisierung der elektrostatischen Schutzwirkung von Schuhwerk und Boden in Kombination mit einer Person).

**DIN EN 61340-4-6.** Standardprüfverfahren für spezielle Anwendungen – HGB.

**DIN EN 61340-4-7.** Standardprüfverfahren für spezielle Anwendungen – Ionisation.

**DIN EN 61340-4-8.** Standardprüfverfahren für spezielle Anwendungen – Schirmwirkungen gegen elektrostatische Entladung – Beutel.

**DIN EN 61340-4-9.** Standardprüfverfahren für spezielle Anwendungen – Bekleidung.

**DIN EN 61340-3-1.** Elektrostatik – Teil 3-1: Verfahren zur Simulation elektrostatischer Effekte – Prüfpulsformen der elektrostatischen Entladung für das Human Body Model (HBM).

**DIN EN 61340-3-2.** Elektrostatik – Teil 3-2: Verfahren zur Simulation elektrostatischer Effekte. Prüfpulsformen der elektrostatischen Entladung für das Machine Model (MM).

**DIN EN 61340-2-1.** Elektrostatik – Teil 2-1: Messverfahren. Fähigkeit von Materialien und Erzeugnissen, elektrostatische Ladungen abzuleiten.

**DIN EN 61340-2-3.** Elektrostatik – Teil 2-3: Prüfverfahren zur Bestimmung des Widerstandes und des spezifischen Widerstandes von festen, planen Werkstoffen, die zur Vermeidung elektrostatischer Aufladung verwendet werden.

**DIN IEC/TR 61340-1.** Elektrostatik - Teil 1: Elektrostatische Vorgänge - Grundlagen und Messungen

**ANSI/ESD S20.20.** ESD Association Standard for the Development of an Electrostatic Discharge Control Program. Protection of Electrical and Electronic Parts, Assemblies and Equipment (Excluding Electrically Initiated Explosive Devices).



## WIE ENTSTEHEN LADUNGEN?

Um einen Festkörper elektrostatisch aufzuladen, müssen Ladungen getrennt werden. Dazu werden zuerst beide Materialien in Kontakt gebracht und anschließend voneinander getrennt. Unter Kontakt versteht man den molekularen Abstand der Materialoberflächen, so dass Elektronen von einem Material zum anderen abgegeben bzw. aufgenommen werden können.

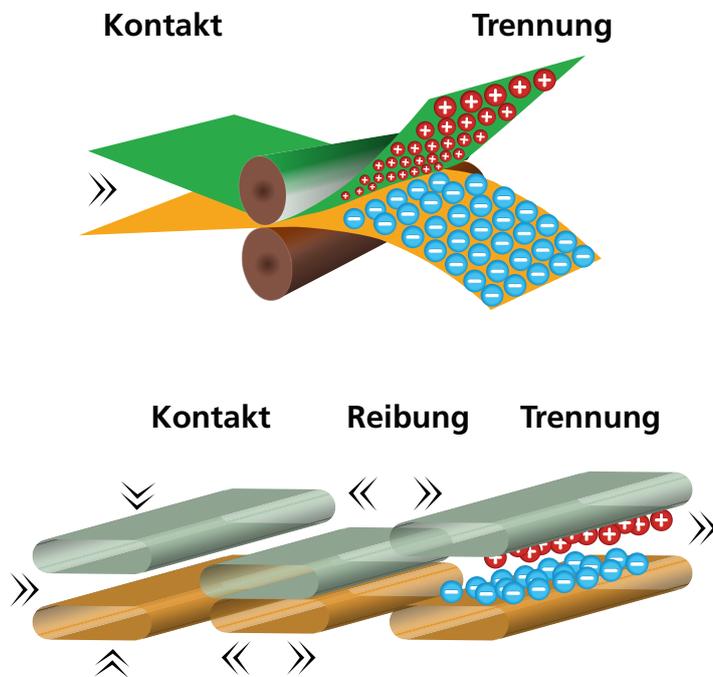
Beim Kontakt zweier Materialien mit unterschiedlicher Elektronenaustrittsarbeit (z.B. Kunststoffschuhssole

und textiler Fußbodenbelag) fließen Elektronen vom Material mit der niedrigeren Austrittsarbeit in das Material mit der höheren Austrittsarbeit. Dadurch lädt sich ein Körper negativ und der andere positiv auf. Es entsteht eine Potenzialdifferenz, die in einem Bereich von einigen mV bis hin zu wenigen Volt liegt.

Entscheidend für die Polarität, die die Materialien annehmen, ist deren Permittivität (dielektrische Leitfähigkeit). Abhängig von der Materialpaarung wird das eine Ma-

terial positiv und das andere negativ aufgeladen.

Werden beide Materialien nun wieder voneinander getrennt, können die Ladungen bestehen bleiben. Dies ist abhängig von Trennungsgeschwindigkeit, spezifischen Materialeigenschaften und der Luftfeuchtigkeit. Bestimmt durch den Oberflächenwiderstand und die Ladungskapazität, ergibt sich die Zeitkonstante  $\tau = R \cdot C$ .



Ob beim menschlichen Körper oder in Bestückungsmaschinen – Kontakt und Trennung kommen an jedem Arbeitsplatz vor. Deshalb ist ESD-Schutz in der Elektronikindustrie unumgänglich





## WANN WERDEN LADUNGEN GEFÄHRLICH?

Bestehen die aufeinandertreffenden Gegenstände aus gut leitfähigen Materialien, ist die Wahrscheinlichkeit groß, dass es noch während der Trennung der beiden Gegenstände zu einem Ladungsausgleich kommt. Die Ursache dafür sind ein niedriger Widerstand und eine gute Leitfähigkeit. Dadurch ist die Zeitkonstante für den Ladungsaustausch **kleiner** als die Zeit, die für den Trennungsausgleich benötigt wird.

Handelt es sich jedoch um schlecht leitfähige oder gar isolierende Materialien und spielen andere Faktoren wie beispielsweise eine geringe Luftfeuchtigkeit eine Rolle, ist die Leitfähigkeit der Materialien stark eingeschränkt und die Zeitkonstante zum Ladungsausgleich **größer** als die Trenngeschwindigkeit.

Dadurch behalten beide Gegenstände ihre vorher angenommenen Ladungszustände.

Wird dann der letzte Kontakt unterbrochen und entfernen sich beide Körper voneinander, erhöht sich die Potenzialdifferenz. Das ist vergleichbar mit der Wirkungsweise eines Kondensators, bei dem sich durch die Vergrößerung des Ladungsflächenabstands auch die Spannung stark erhöht.

Entstand beim Zusammenführen der Gegenstände eine Kontaktspannung von einigen mV, wird diese durch eine Abstandsvergrößerung auf mehr als einen Millimeter drastisch auf bis zu einige kV erhöht. Das Maximum der Ladespannung wird durch die Flächenladungsdichte beschränkt.

### Verringerung der Ladungserzeugung durch erhöhte Luftfeuchtigkeit

Tätigkeit	Luftfeuchtigkeit 10%	Luftfeuchtigkeit >60%
Bewegung am Arbeitsplatz	6000 Volt	100 Volt
Papier in Kunststoffhülle verpacken	7000 Volt	600 Volt
Über Kunststoffboden gehen	12000 Volt	250 Volt
Luftpolsterverpackung von Leerbahnen entfernen	26000 Volt	1000 Volt
Über Teppichboden gehen	35000 Volt	1500 Volt



# ENTLADUNG UND GEFÄHRDETE BAUGRUPPEN

Seit in den 1960er Jahren die Halbleiterbauelemente eine technische Revolution in der Elektrotechnik losgetreten haben, ist auch das Problem des ESD-Schutzes allgegenwärtig.

Immer kleiner und leistungsfähiger werden die Bauteile mit Leiterbahnstrukturen von unter 0,25 µm und reduzierten Oxiddicken von deutlich unter 100 Angström. Das macht sie aber auch dementsprechend anfällig, wenn eine elektrostatische Entladung auftritt.

Die Folgen sind häufig:

- Thermischer Durchbruch eines p/n-Übergangs
- Oxiddurchbruch (dielektrischer Durchbruch)
- Aufschmelzen der Metallisierung

Dies führt zu Fehlfunktionen, verkürzter Lebensdauer oder schlussendlich zum Totalausfall des Halbleiters.

Neben dem Menschen sind auch Geräte wie beispielsweise Lötspitzen, Produktionsmaschinen oder Verpackungen Ladungsüberträger. Um diese genauer zu klassifizieren, spricht man in der Norm von drei Modellen:

- HBM – **H**uman **B**ody **M**odel
- CDM – **C**harged **D**evice **M**odel
- MM – **M**achine **M**odel

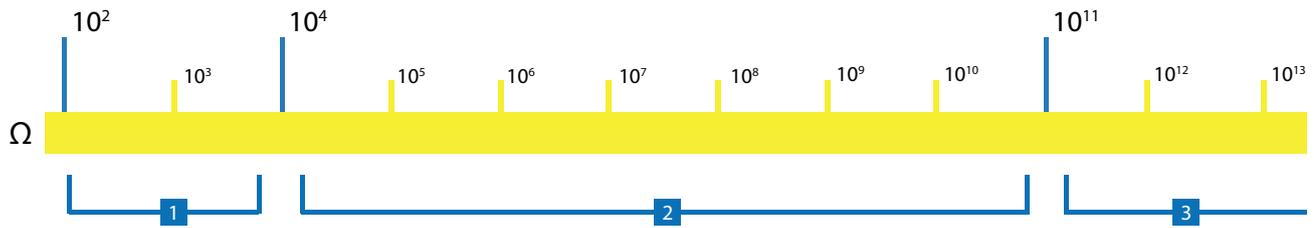
## Empfindlichkeit von Halbleitern

Halbleitertyp	Elektrostat. Spannung (V) / ESD-Empfindlichkeit
V-MOS	30 ... 1800
MOSFET	100 ... 200
EPROM	100 ... 500
Junction-Fet	140 ... 1600
Operationsverstärker (Fet)	150 ... 500
Operationsverstärker (bipolar)	190 ... 2500
CMOS	250 ... 2000
Schottky-Dioden	300 ... 2500
Film-Widerstand	300 ... 3000
Schottky-TTL	300 ... 2500
Transistor, bipolar	380 ... 7000
Thyristor	680 ... 2500

In der Literatur werden weitere Modelle beschrieben:

- SDM – **S**ocket **D**evice **M**odel Modell, das die Entladung eines elektrostatisch aufgeladenen Bauteils mit zugehörigem Sockel simuliert.
- CSM – **C**harged **S**trip **M**odel In diesem Modell werden die Ausfälle in Matrix- und Streifenform, zum Beispiel in Bestückautomaten, simuliert.
- CBM – **C**harged **B**oard **M**odel Beschreibt die Entladung einer montierten Baugruppe, durch höhere Kapazitäten und Induktivitäten als beim Charged Device Modell.
- ESDFOS – **E**SD **F**rom **O**utside to **S**urface – Beschreibt die direkte Entladung in die Oberfläche der Bauteilstruktur, dies geschieht bei der Produktion von Wafern und ICs.

# MATERIALIEN UND OBERFLÄCHENWIDERSTÄNDE



1

Materialien, die **leitfähig** (konduktiv) sind. Sie haben einen geringen Widerstand von  $< 10^4 \Omega$  und sorgen damit für ein schnelles Abfließen der Ladung. Sind solche Materialien (Metalle, Karbon und sogar die Schweißschicht der menschlichen Haut) über eine Verbindung geerdet, fließt die gesamte Ladung ab. Bei Materialien  $< 10^4 \Omega$  muss jedoch die Gefahr der harten Entladung berücksichtigt werden.

2

Materialien, die **ableitfähig** (dissipativ) wirken, leiten Ladungen über einen längeren Zeitraum ab. Ihr Oberflächenwiderstand liegt zwischen  $10^4$  und  $10^{11} \Omega$ . Eine zu schnelle Entladung von ESDS aufgrund des Kontaktes zu leitfähigen Flächen wird dadurch verhindert. Sie werden in der Elektronikindustrie meist als Verpackungsmaterialien eingesetzt.

3

Materialien mit einem Oberflächenwiderstand von mehr als  $10^{11} \Omega$  wirken **isolierend**. Sie können vorhandene Ladungen nicht ableiten und sind elektrostatisch aufladbar. Das ist besonders in der Elektronikindustrie ein Problem, da sie Ladungsinseln bilden, die für ungeschützte Baugruppen eine Gefahr darstellen und vermieden werden müssen. Isolatoren sind beispielsweise Luft, Glas und Kunststoffe.

Materialien, die **abschirmend** sind, wirken wie ein Faradayscher Käfig. Dadurch sind Baugruppen, die mit solch einem Material ummantelt sind, vor Auswirkungen elektrischer Felder geschützt. Sie sind mit einem leitfähigen Metall- oder Karbonelement versehen, das einen Oberflächenwiderstand von weniger als  $10^3 \Omega$  aufweist.



Links ein Polymerschaumstoff und rechts eine mit Aluminium bedampfte Folie. Beide wirken ableitend und sind in der Elektronikindustrie häufig eingesetzte Verpackungsmaterialien



# SCHUTZ VOR ELEKTROSTATISCHEN ENTLADUNGEN

Die Etablierung einer Electrostatic Protected Area (EPA), in der mit ESD-gefährdeten Bauteilen sicher umgegangen werden kann, erfordert ein umfangreiches Schutzkonzept. Die wesentlichen Punkte hierfür sind interner wie externer Schutz der Bauteile und organisatorische Schutzmaßnahmen, mit denen Mitarbeiter, Besucher und Zulieferer aktiv eingebunden werden.



ESD

## DAS ESD-SCHUTZ- KONZEPT

### 1. | HÄRTUNG

Um die empfindlichen Bauteile von Geräten vor internen Schäden durch Entladungen in das Leiterbahnnetz zu schützen, werden an allen Ein- und Ausgangspfaden Schutzbeschaltungen integriert. Diese reagieren auf kurzfristig auftretende Entladungen, erden sie und schützen somit die dahinter liegenden Bauteile vor Beschädigungen.

### 2. | VERHINDERUNG

Wo keine Ladungen auftreten, können keine Entladungen Bauteile beschädigen. Deshalb ist in Electrostatic Protected Areas (EPA) die Kleidung der Mitarbeiter, Werkzeuge, Geräte, Fußböden ESD-sicher. Zusätzlich kommen Ionisatoren zum Einsatz, um Ladungen zu neutralisieren, und Luftbefeuchter, um die Neigung zur Aufladung zu verringern.

### 3. | KENNZEICHNUNG

Wissensvermittlung und Warnungen sind im Umgang mit ESD-gefährdeten Bauteilen unumgänglich. EPAs und Bauteile müssen für nicht ESD-geschützte Besucher und Zulieferer gut erkennbar oder ganz gesperrt sein. Besonders wichtig ist die Sensibilisierung der Mitarbeiter für das Thema. Schulungen und Weiterbildungen sind hier das A und O.

### | STOFFEINGANG, ZWISCHENLAGER

Hier können Halbleiterbauelemente durch nicht ESD-geschützte Verpackungen, Lagerbehälter und Klebebänder sowie durch ungeschützte Handhabung seitens der Mitarbeiter beschädigt werden. Daher muss jeder Mitarbeiter im ESD-Bereich von der Notwendigkeit und der Wirksamkeit der ESD-Schutzmaßnahmen überzeugt sein und dies durch jährliche Schulungen sichergestellt werden

### | ARBEITSPLATZ, MASCHINE

Hier muss unbedingt dafür Sorge getragen werden, dass sämtliche Einrichtungen in der Lage sind, die Entstehung elektrostatischer Aufladungen zu verhindern und Ladungen definiert abzuleiten. Alle Einrichtungen, Arbeitsplätze und Maschinen müssen regelmäßig überprüft und dies dokumentiert werden

### | TRANSPORT

Beim Transport muss dafür Sorge getragen werden, dass stets ESD-geeignete Behälter und Transportwagen zum Einsatz kommen. Selbst Klarsichthüllen für Transportunterlagen, die nicht aus ESD-sicherem Material bestehen, können Schäden verursachen. Eine Zwischenlagerung auf ungeeigneten Materialien ist stets zu vermeiden

### | ABLIEFERUNG UND VERPACKUNG

Bei der Verpackung ist stets darauf zu achten, dass ein ESD-Hinweis gut sichtbar aufgebracht wird. Ebenso muss darauf geachtet werden, dass ESDS außerhalb einer ESD-Schutzzone stets verschlossen in abschirmenden Verpackungen gelagert und transportiert werden

## SCHUTZSTRATEGIE

GEFAHRENQUELLEN  
BEIM FERTIGUNGSDURCHLAUF

### | LAGERUNG AM ARBEITSPLATZ

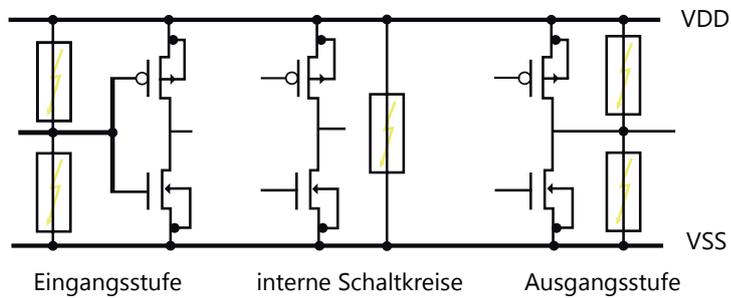
ESD-gefährdete Bauelemente können durch Influenzwirkung von ungeeigneten Verpackungen und Materialien geschädigt werden. Daher dürfen diese Bauelemente nur an ESD-geschützten Arbeitsplätzen gehandhabt und bearbeitet werden. Dabei muss berücksichtigt werden, dass keine elektrostatischen Felder am Arbeitsplatz wirken

# INTERNE SCHUTZMASSNAHMEN

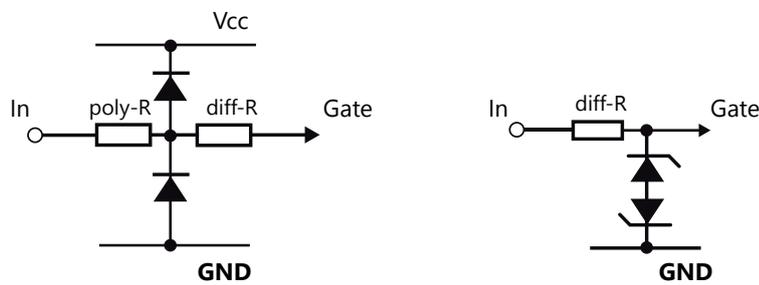
Um die winzigen Halbleiterelemente vor ESD-Schäden und Spannungsspitzen zu schützen, werden On-Chip-Schutzstrukturen vor- und nachgeschaltet. Zum Einsatz kommen hier Arrays aus Widerständen, Dioden, Zenerdioden, Transistoren und Varistoren.

Leider sind diesem Schutzmechanismus auch Grenzen gesetzt, weshalb diese internen Maßnahmen nur bedingt hilfreich sind. Gründe dafür sind:

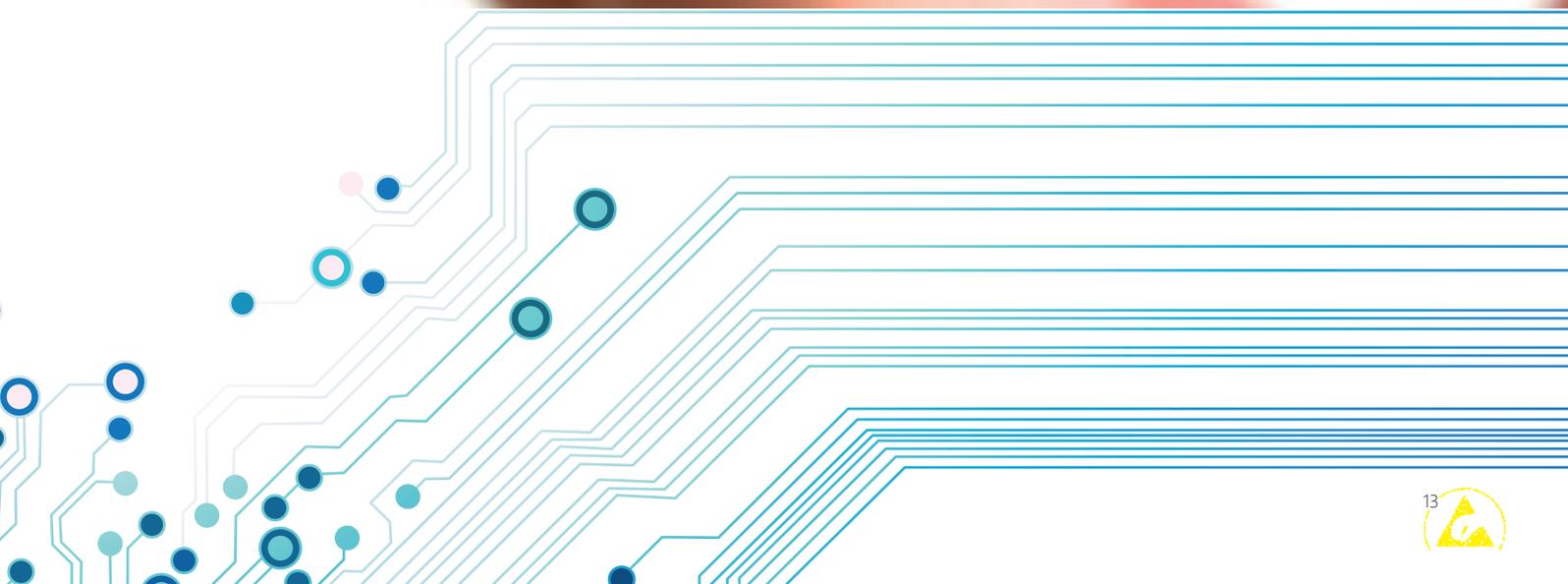
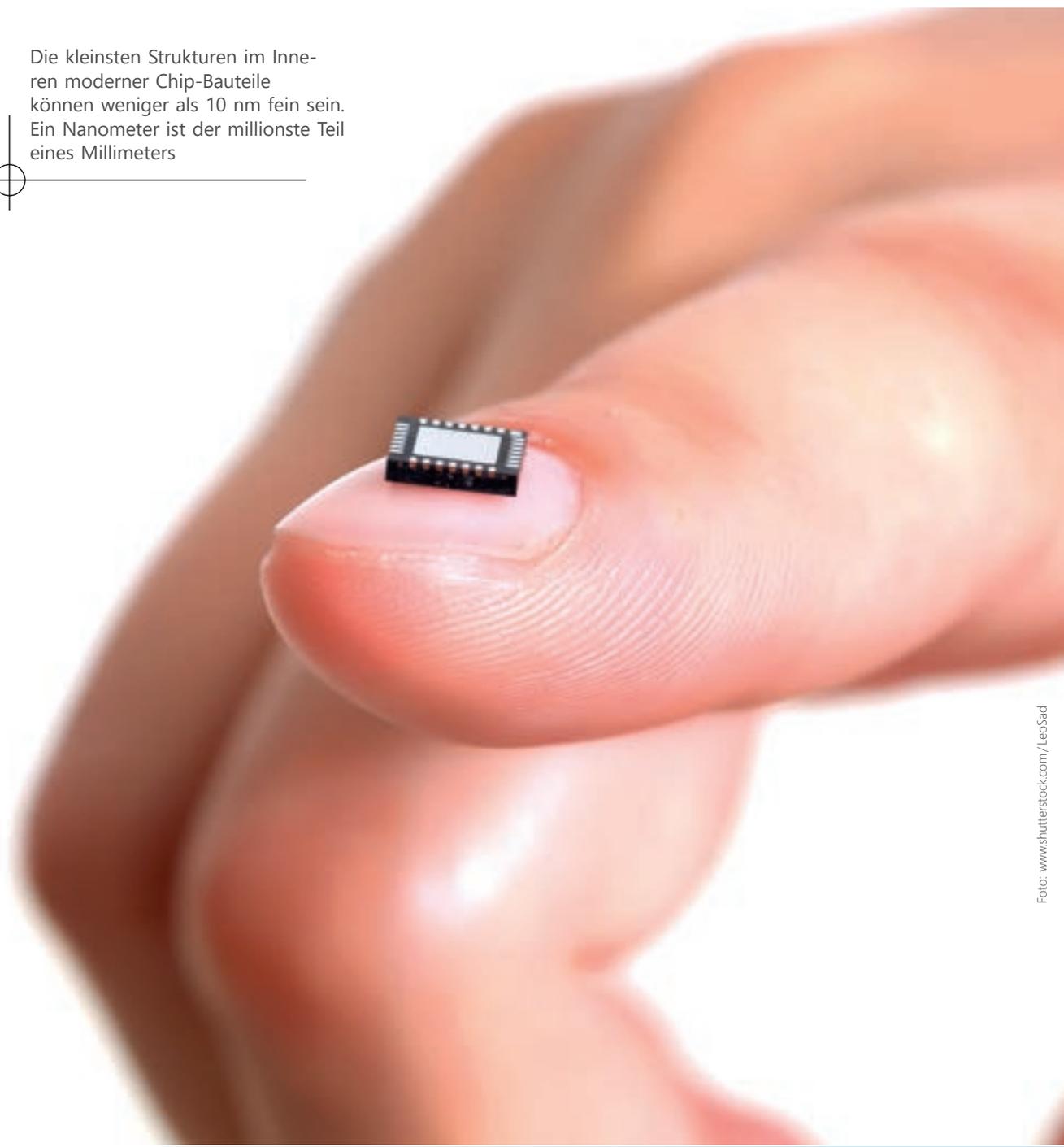
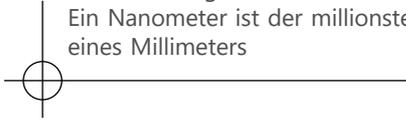
- Beeinflussung der Eingangsempfindlichkeit
- Veränderung im Frequenzspektrum oder der Zugriffszeit
- Verwendung ebenso empfindlicher Bauteile, die nur unwesentlich schneller bzw. unempfindlicher gegenüber ESD-Impulsen als die Eingangsstruktur sind
- Die Schaltungen benötigen zusätzlichen Platz auf der Chipfläche



nach X. Guggenmos Infineon



Die kleinsten Strukturen im Inneren moderner Chip-Bauteile können weniger als 10 nm fein sein. Ein Nanometer ist der millionste Teil eines Millimeters



## | MARKIERUNGEN

Mit Markierungen am Boden werden Abstellflächen für Transportwagen oder speziell ESD-geschützte Bereiche markiert. Ebenso wichtig sind Schilder und Aufkleber, um auf potenziell gefährdete Bauelemente und Baugruppen hinzuweisen.

## EXTERNE SCHUTZMASSNAHMEN

Um einen Bereich zu schaffen, in dem elektrostatische Aufladungen nicht auftreten können (**E**lectrostatic **P**rotected **A**rea – **EPA**), müssen viele Punkte rund um den Arbeitsplatz erfüllt sein.

Angefangen beim richtigen Bodensystem, über Markierungen und Zugangssperren bis zur Arbeitskleidung und dem eigentlichen Arbeitsplatz sind zahlreiche Normen zu erfüllen.

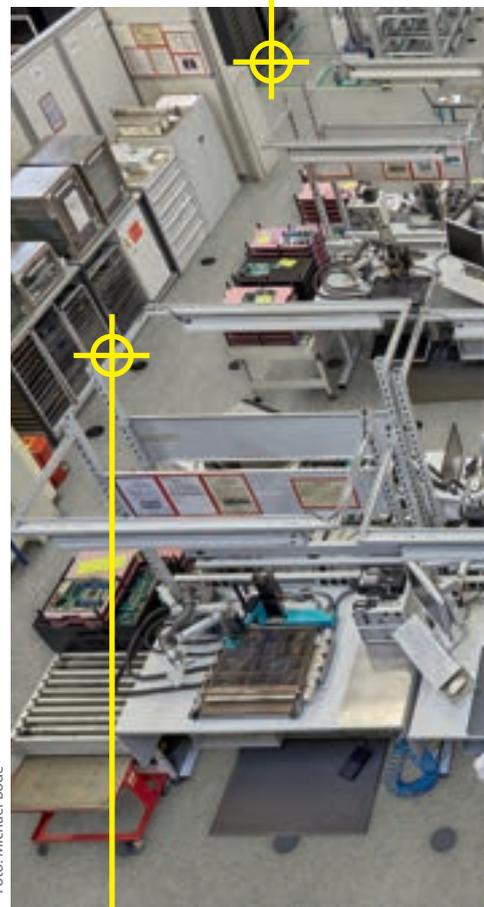


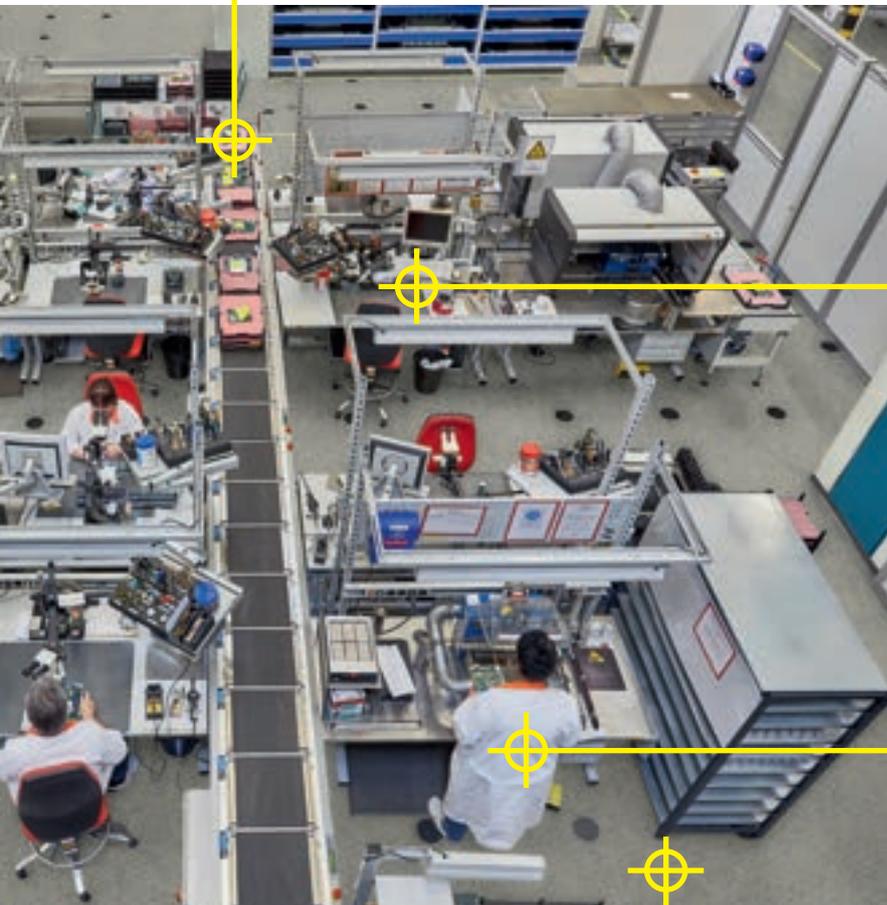
Foto: Michael Bode

## | BEHÄLTER

Ob für den Transport oder die Aufbewahrung von Bauteilen am Arbeitsplatz – ESD-Behälter schützen gefährdete Bauteile und Baugruppen und sind ein Muss im Unternehmen. Ungeeignete Behälter können starke Aufladungen erzeugen und in eine EPA einbringen, welche durch Influenz auf ESDS wirken.

## | VERPACKUNG

Gerade in der Produktion kommen häufig langsam ableitende Schaumstoffunterlagen zum Einsatz. Wenn Baugruppen im Unternehmen von A nach B transportiert werden, ist hier besonders auf eine gute Umverpackung zu achten, die ableitend oder sogar abschirmend wirkt.



## | ARBEITSPLATZ

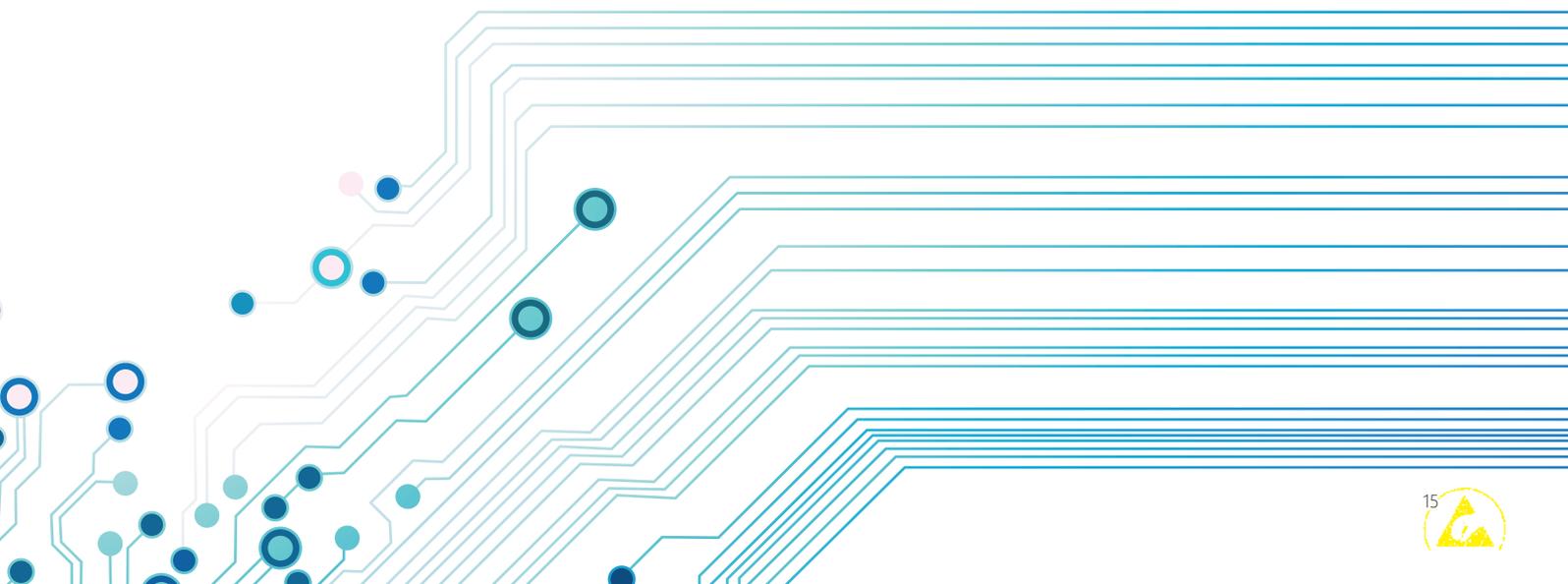
Ergonomisch anpassbar und ESD-geschützt soll er sein, der perfekte Arbeitsplatz. Die Ablagefläche und ein Erdungskabel leiten elektrostatische Ladungen ab und halten den Arbeitsplatz ladungsneutral.

## | KLEIDUNG

Schuhe, Mantel und Handgelenkarmband mit Erdungskabel sind für Mitarbeiter in der Fertigung von Elektronikunternehmen verpflichtend. Die Schutzmaßnahmen zur Personen-erdung müssen täglich vor dem Betreten der EPA auf ihre Wirksamkeit überprüft werden.

## | FUSSBODEN

Um sicherzustellen, dass auftretende Ladungen auch sicher abgeleitet werden, sind in Fertigungshallen ESD-Bodenbeläge verlegt, z.B. ein ableitfähiger ESD-Kautschukbelag. Diese Böden sind ableitfähig und erfüllen die geforderten Grenzwerte aus der IEC 61340-5-1. Typische und gute Werte liegen in der Regel zwischen  $10^6$  und  $10^7 \Omega$  gemessen gegen EPA-Erde.



# LUFTFEUCHTIGKEIT UND IONISATION

Gerade im Winter, wenn die Luftfeuchtigkeit gering ist (unter 15 Prozent), spüren wir die Auswirkungen von elektrostatischen Entladungen häufig und meist auch sehr deutlich: Das Knistern beim Ausziehen der Jacke und wie der Pullover danach geradezu an den Körper gezogen wird, oder der gelegentliche Schlag, den man beim Einsteigen in das Auto bekommt.

## | LUFTFEUCHTIGKEIT

Die Luftfeuchtigkeit hat sehr großen Einfluss auf das Ableitverhalten von Materialien. Während bei trockener Luft die Aufladungsneigung von Materialien stark ansteigt, nimmt sie im Gegenzug bei feuchter Luft stark ab. Es bildet sich ein feiner Feuchtigkeitsfilm auf der Oberfläche der Materialien.

Deshalb sollte bei einer Luftfeuchtigkeit von mehr als 55 Prozent auch keine ESD-Messung durchgeführt werden, da dies zu falschen Messergebnissen führt.

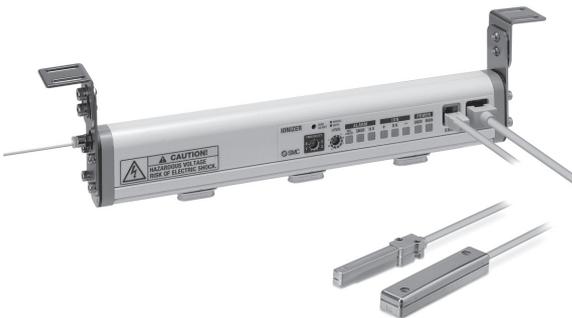
Eine konstante Luftfeuchtigkeit zwischen 40 und 60 Prozent kann eine sehr wirkungsvolle zusätzliche ESD-Schutzmaßnahme sein, jedoch müssen gerade bei der Regulierung alle Prozessparameter berücksichtigt werden.

## | IONISATION

Ist es nicht möglich oder sinnvoll, ableitendes Material einzusetzen, so ist die Aufladungsreduzierung bzw. die Entladung durch einen Ionisator ein wirksames Mittel.

Sehr oft werden Baugruppen im Montageprozess mit hoch aufladbaren Gehäuseteilen verbunden. Hier ist die Ionisation meist die einzige Lösung. Dabei werden mittels Hochspannung durch den Corona-Effekt positive und negative Ionen erzeugt. Ein Luftstrom transportiert diese zum aufgeladenen Bauteil und neutralisiert die dort vorliegende Ladung. Hierbei ist zu beachten, dass die Wirkung von Ionisatoren mit der Entfernung stark abnimmt.

Bei der Installation sollte die Entladezeit des Ionisators mittels eines Charge Plate Sets (Zubehör für Elektrofeldmeter zum Test von Luftionisationsgeräten) überprüft werden, um eine ausreichende Entladezeit für den jeweiligen Prozess zu gewährleisten. Auch ist die regelmäßige Überprüfung der Ionisatoren zwingend erforderlich, da sich die Hochspannungselektroden während des Betriebs abnutzen und verschmutzen, wodurch die Wirksamkeit stark beeinträchtigt wird.



In ESD-Bereichen werden verschiedene Ionisiersysteme eingesetzt: Einfache Tischmodelle (oben) für den partiellen Einsatz, Overheadmodelle zur Ionisation gesamter Arbeitsplätze oder auch Ionisierstäbe mit optionaler Druckluftversorgung (unten)



Durch den gezielten Einsatz von Ionisatoren und den notwendigen ESD-Schutzeinrichtungen muss beim Kontakt des Bauteils mit der Leiterplatte keine Beschädigung befürchtet werden





## ZUTRITTSKONTROLLEN MIT ESD PERSONENPRÜFUNG



Die besten Sicherheitsrichtlinien nützen nichts, wenn deren Einhaltung nicht regelmäßig überprüft wird. Schutzmaßnahmen zur Personenerdung wie das Schuhwerk oder auch das Handgelenkerdungsband sind täglich vor dem Betreten der EPA zu überprüfen. Auch Besucher, Vorgesetzte und Reinigungskräfte müssen mit

geeigneter Schutzausrüstung ausgestattet sein, um Gefahren für Halbleiterbauelemente zu vermeiden und den ESD-Schutz zu gewährleisten. Deshalb sind Zugangssperren an den Eingängen zu EPAs ein Muss. Sie messen den Ableitwiderstand und geben erst nach bestandener Prüfung den Zugang frei. So wird sichergestellt, dass

alle Personen, die den Bereich betreten, zuverlässig geerdet sind und die vorhandenen Haupterdungsmaßnahmen funktionieren. Zusätzlich zum eigentlichen ESD-Schutz bietet beispielsweise der Hersteller Wanzl individuell auf den Kunden abgestimmte Zutrittskontrollen an.

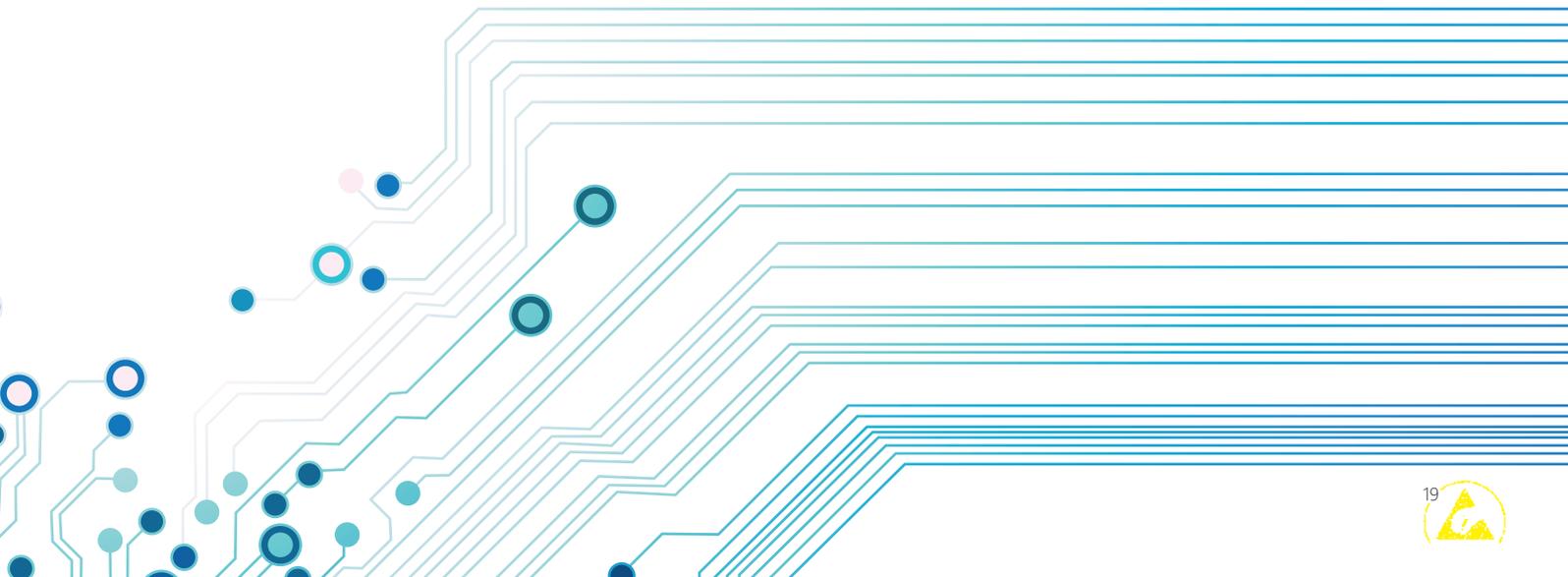


Die automatische Zutrittskontrolle an Drehsperrern oder Drehkreuzen erfolgt über den EPA-Gatekeeper®. Mit korrektem ESD-Schutz ausgestattete Personen erhalten Zutritt. Das Zwei Streben System der Sirio (rechts) bietet die Möglichkeit, den Durchgang im Notfall automatisch und barrierefrei freizugeben.



Diese sind mit weiteren sicherheitsrelevanten Funktionen wie einer Paniksicherung ausgestattet, die im Notfall durch einen vom TÜV vorgegebenen Gegendruck den Zugang ohne Prüfung freigeben. Um zu verhindern, dass diese Möglichkeit von Unbefugten unbemerkt benutzt wird, um sich Zugang zur EPA zu verschaffen,

ist diese Durchgangsmöglichkeit über akustische und optische Alarmsignale abgesichert. Zusätzlich ist eine Aufschaltung auf die Gebäudebrandmeldeanlage möglich. Im Ernstfall öffnen die Zugangssperren den Durchgang automatisch und sorgen so für einen barrierefreien Fluchtweg für die Belegschaft.



# ABLEITFÄHIGE ESD-BÖDEN

Zur Sicherstellung des ESD-Schutzes ist der Einsatz eines geeigneten ESD-Bodensystems zwingend erforderlich. Ableitfähige nora® Bodensysteme aus Kautschuk bieten diesen verlässlichen Schutz – und zwar gleich in mehrfacher Hinsicht:

· Vermeidung von Ladung:  
Spannungen, die beim Gehen erst gar nicht entstehen, sind der beste Schutz vor ESD (Walking-Test bei nora® ESD Böden: < 10 V).

· Ableitung von Ladung:  
Durch die garantierten elektrostatischen Eigenschaften ist der ESD-Schutz für den Produktionsprozess dauerhaft gesichert. (Widerstand <  $3,5 \times 10^7 \Omega$

im Systemtest Mensch-Schuhwerk-Boden nach DIN EN IEC 61340-4-5).

· Schutz von Personen:  
Durch die Mindestisolation nach VDE 0100/600 wird gleichzeitig der Personenschutz sichergestellt.

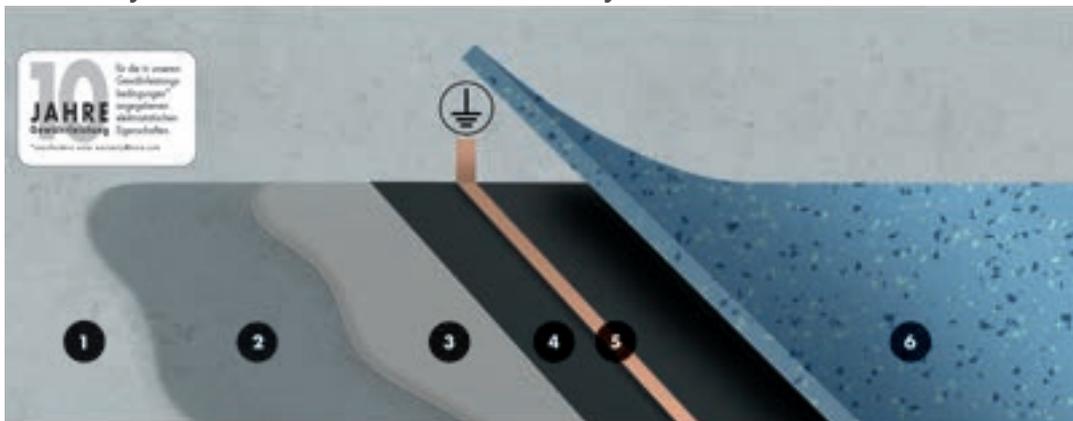
Homogene und volumenableitfähige Kautschukböden führen Spannungen über die unter ihnen verlegten

Kupferbänder sicher und dauerhaft ab und sind damit die ideale Basis für eine ESD-geschützte Fertigung.

**10** für die in unseren  
**JAHRE** Gewährleistungs-  
**Gewährleistung** bedingungen\*  
angegebenen  
elektrostatischen  
Eigenschaften.

\*anzufordern unter warranty@nora.com

## Ein Bodensystem aus nora® ESD-Böden und nora dryfix™ ed Trockenkleber



1 Untergrund 2 Haftvermittler 3 Spachtelmasse 4 nora dryfix™ ed 5 Kupferstreifen 6 nora® ed/ec Bodenbelag

nora dryfix™ ed ist ein ESD-Trockenkleber von der Rolle für die Verlegung elektrostatisch ableitfähiger (ed) und elektrostatisch leitfähiger (ec) nora® Bodenbeläge. Die Verlegung ist einfach und erfordert nur wenige Arbeitsschritte – für mehr Fläche in weniger Zeit. Diese innovative Lösung reduziert Trocknungs- und Wartezeiten, da der Bodenbelag sofort nach der Verlegung genutzt werden kann.

## REINIGUNG UND PFLEGE VON ESD-BÖDEN

Bei der Reinigung und Pflege ableitfähiger Böden steht der Erhalt des ESD-Schutzes an erster Stelle. Es muss sichergestellt werden, dass

- das Bodensystem den erforderlichen ESD-Schutz ohne zusätzliche Maßnahmen dauerhaft gewährleistet. Die Verwendung von ESD-Wachsen oder Emulsionen ist nicht zu empfehlen, da diese sich in kurzer Zeit ablaufen, „Laufstraßen“ bilden sowie die Reinigungsfähigkeit beeinträchtigen.
- nur Pflegemittel verwendet werden, die keine Schichten aufbauen, damit die Ableitwerte im definierten Bereich bleiben.

Ableitfähige ESD-Kautschukbodensysteme können beim täglichen Unterhalt mit dafür vorgesehenen Pads gereinigt und gepflegt werden. Dies erhält den ESD-Schutz, spart Geld und Ressourcen und schützt die Umwelt.



## MESSTECHNIK

Um die unbemerkte Beschädigung von empfindlichen Halbleiterbauteilen und Komponenten zu vermeiden, sind regelmäßige Überprüfungen und Begehungen in einer EPA notwendig. Ansonsten ist Gefahr im Verzug, denn betroffene Bauteile können nach der Beschädigung noch funktionieren, bestehen vielleicht auch noch einen Funktionstest, fallen dann aber nach einem Bruchteil der eigentlichen Lebenserwartung beim Kunden aus.

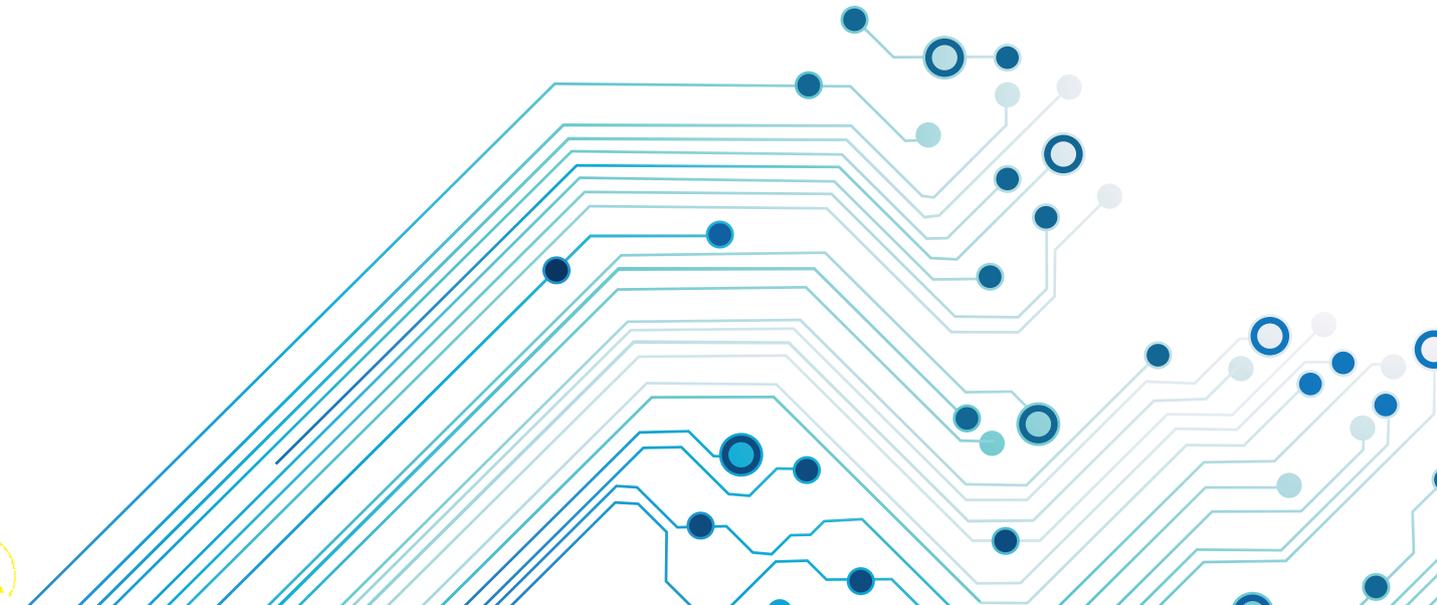
Durch dieses hohe Gefahrenpotenzial der zum Einsatz kommenden Bauelemente sind in der Fertigung ausschließlich Materialien einzusetzen, die durch ihre Beschaffenheit eine elektrostatische Gefährdung der Bauelemente ausschließen. Da die auftretenden Entladungen und Ausgleichsströme für den Menschen meist nicht wahrnehmbar sind, ist es notwendig, die Schutzeinrichtungen regelmäßig messtechnisch zu überprüfen. Elementar wichtig sind hierfür Wi-

derstandsmessungen der zum Einsatz kommenden Materialien und Einrichtungen. Dies fängt beim Betreten einer EPA mit der Zutrittskontrolle und der Personenprüfung des Mitarbeiters an, erstreckt sich über die regelmäßige Messung des ESD-Fußbodens und schließt natürlich auch die Oberflächen und Arbeitsmittel der Arbeitsplätze ein. Nur so kann sichergestellt werden, dass keine Beschädigungen durch ESD in der Fertigung auftreten.



Fotos: Keinath Electronic

Im Schulungszentrum der Firma Keinath wird den Kursteilnehmern der normgerechte Umgang mit den verschiedenen Messgeräten und den richtigen Prüfaufbauten vermittelt.





## PERSONENERDUNG

Menschen erzeugen grundsätzlich elektrostatische Ladungen beim Gehen, Sitzen, aber auch durch Kleiderreibung. Deshalb müssen hier verschiedene Schutzmaßnahmen zum Einsatz kommen, um Aufladungen zu verhindern und diese gezielt abzuleiten. Die beiden klassischen Varianten von ESD-Bekleidung sind Mäntel und Schuhe.

Durch das eingewobene Leitfasergeraster dient der Mantel zur Verhinderung der Personenauf Ladungen sowie zur Abschirmung von Ladungen der Unterbekleidung.

Die Schuhe sorgen durch leitende Kontaktflächen dafür, dass der Träger über den ESD-Bodenbelag geerdet wird und schädliche Ladungen abfließen können.

An Sitzarbeitsplätzen, wird das Handgelenkerdungsband eingesetzt, wenn das Schuh-Boden-System nicht sicher gestellt werden kann. Dieses leitet die elektrostatische Ladung direkt vom Körper über den am Arbeitsplatz befindlichen EBP (Earth Bonding Point) ab und erdet den Mitarbeiter, sodass keine Gefahr mehr von ihm ausgehen kann.



KETEX®-ESD-Bekleidung ist die optimale Lösung für Ihre EPA. KETEX® kombiniert unschlagbaren Tragekomfort mit erstklassigen Eigenschaften. Außerdem kann die KETEX® Arbeitskleidung durch unseren Veredlungsservice perfekt an Ihr Unternehmen angepasst werden.



Foto: Michael Bode





Anbauelement



Erdungsbaustein



Volumenleitfähige Tischplatte



Earth Bonding Point (EBP)

### | ERDUNG

Die Erdung des Sintro-Arbeitsplatzes der Firma Karl ist über drei Punkte gewährleistet: über den Netzanschluss der Elektrifizierung (Schutzkontakt, PE), den zentralen Erdungspunkt (EBP) am Tischgestell und über die leitfähigen Füße und den ESD-Fußboden (Nachteil: relativ undefinierter Übergangswiderstand, der sich im Laufe der Zeit durch Schmutzablagerungen und feuchtes Wischen noch verschlechtert).

### | PERSONENERDUNG

Via Handgelenkband, das an den Erdungsbaustein mit Sicherheitswiderstand von einem Megaohm und 10mm Druckknopf angeschlossen wird. Das Handgelenkband sorgt dafür, dass Ladungen abfließen und somit kein Potentialunterschied (d.h. elektrische Spannung) auftreten kann.



## ARBEITSPLATZ

Um dem ESD-Schutz in der Fertigung gerecht zu werden, muss ein Arbeitsplatz in einer EPA die Internationale Norm IEC 61340-5-1 erfüllen.

In der aktuellen international gültigen Ausgabe dieser Norm werden nur noch Obergrenzen für den Oberflächenwiderstand und den Ableitwiderstand von je  $1 \times 10^9 \Omega$  festgelegt (Trockenmessung, 100 Volt).

### TIPPS FÜR DIE ABNAHMEMESSUNG

- Machen Sie bei größeren Flächen mehrere Messungen. Sie erkennen so beispielsweise eine verminderte Leitfähigkeit im direkten Arbeitsbereich durch Verschmutzungen
- Die Messfläche muss mindestens so groß wie die Elektrodenfläche sein, ansonsten sind die ermittelten Widerstandswerte nicht repräsentativ, da die Widerstandswerte auf die Elektrodenfläche und das Elektrodengewicht normiert sind
- Die Messfläche muss glatt und eben sein. Vertrauen Sie nicht darauf, dass der weiche Leitgummi Unebenheiten und Biegungen völlig ausgleichen kann

Um jedoch nach dem Charge Device Model Schädigungen durch zu schnelle, unkontrollierte Entladung sicher zu vermeiden, sollte der untere Wert von  $10^4 \Omega$  nicht unterschritten werden.

Ideal ist ein ableitfähiges Gesamtsystem, bei dem alle Anbaukomponenten (Tischaufbau, Ablagen, Schubkasten, Fußstütze etc.) über definierte

Kontaktpunkte leitfähig mit dem Tischgestell verbunden sind.

Besonders wichtig ist deshalb auch eine ESD-sichere Tischplatte mit volumenleitfähiger Trägerplatte. Mit einem hochwertigen Hartlaminatbelag ist zudem die mechanische Beanspruchbarkeit der Oberfläche um ein Vielfaches verbessert und erhöht deren Lebensdauer.



| **nora Video zum Thema Ergonomie:**  
[www.youtube.com](https://www.youtube.com), Stichwort „nora Ergonomie“



## RICHTIG LAGERN & TRANSPORTIEREN

Gerade beim Transport aus einer EPA heraus, beispielsweise von der Fertigung zum Versand, ist es notwendig, die Sicherheit der Bauteile und Baugruppen zu gewährleisten. Deshalb muss dafür Sorge getragen werden, dass die empfindlichen Baugruppen geschlossen transportiert und nur innerhalb von ESD-Schutzzonen gehandhabt werden.

Ist der Boden am Be- und Entladeort nicht ableitfähig, muss darauf geachtet werden, dass alle Ablageflächen ESD-geeignet sind und ESDS nur auf diesen gehandhabt werden. Zudem muss der Mitarbeiter vor Ort über ein Handgelenkerdungsband geerdet sein. Beim Transport von losen Bauteilen bietet es sich an, diese in leitfähige Schaumstoffe zu stecken. So haben alle Anschlüsse dasselbe Potenzial. ESDS müssen außerhalb einer EPA generell in abschirmenden

Verpackungen oder Behältern gelagert werden.

Für die Lagerung und die Ablage innerhalb einer EPA müssen ableitende Verpackungen und Ablageflächen zum Einsatz kommen. Der Oberflächenwiderstand einer Ablagefläche muss sich zwischen  $10^4\Omega$  und  $10^9\Omega$  bewegen und sie muss in geeigneter Weise mit dem Erdpotenzial verbunden sein. Weiterhin ist es wichtig, dass die gelagerten oder auf dem Transport befindlichen Bauteile als ESD-gefährdet markiert sind. Das ist durch gut sichtbare Schilder und Aufkleber direkt am Bauteil zu bewerkstelligen. Zusätzlich kann der Lagerort mittels Bodenmarkierungen als ESD-Schutzzone ausgewiesen werden.



Gefährdete Bauteile und Baugruppen sollten sich für den Transport stets in abschirmenden Verpackungen und Behältern befinden. Gerade außerhalb einer EPA besteht große Gefahr der Schädigung von Baugruppen



# VERPACKUNGEN

Neben dem Schutz vor Entladungen schützen Verpackungen auch vor Staub, Feuchtigkeit und natürlich mechanischen Beschädigungen. ESD-Verpackungen werden generell in verschiedene Kategorien eingeteilt:

- direkt anliegende Verpackungen sind in direktem Kontakt mit dem Bauteil.
- umhüllende Verpackungen sind nicht im direkten Kontakt mit dem Bauteil und umhüllen ein oder gleich mehrere Bauteile/e.
- Sekundärverpackungen dienen dem physikalischen Schutz der Bauteile, werden aber von Bauteilen ferngehalten und sind deshalb in einer EPA nicht zugelassen.

Zu beachten ist, dass einige Verpackungsmaterialien auf Dauer ihre Eigenschaften verlieren und dadurch regelmäßig ersetzt werden müssen.



Zum zusätzlichen Schutz der empfindlichen Bauteile vor Feuchtigkeit empfiehlt sich der Einsatz von sogenannten Dry Bags, die mit Trockenmittel gefüllt sind und auftretende Feuchtigkeit absorbieren.

Werden ESD-gefährdete Bauteile nicht sofort verbaut oder sind sie auf dem Weg zum Kunden, ist stets auf eine normgerechte und sichere Umverpackung zu achten

	Nutzung in einer EPA		außerhalb einer EPA	
	<b>direkt anliegend</b>	<b>umhüllend</b>	<b>direkt anliegend</b>	<b>umhüllend</b>
ESDS	Entweder elektrostatisch leitfähig oder ableitfähig (für batteriegepufferte ESDS sollte durch Material oder Ausführung sichergestellt werden, dass die Batterie nicht entladen wird)	Elektrostatisch leitfähig oder ableitfähig	Wie für innerhalb der EPA und mit Schirmwirkung gegen elektrostatische Entladung*	Schirmwirkung gegen elektrostatische Entladung
*Anmerkung: Schirmwirkung gegen elektrostatische Entladung wird nur benötigt, wenn die umhüllende Verpackung keine Schirmwirkung bietet				

## ESD-Kennzeichnungen der Verpackungen:



Shielding (abschirmend)



Dissipative (ableitfähig)



Conductive (leitfähig)



## ESD-VERHALTENSREGELN

Ob Mitarbeiter, Besucher oder geschäftliche Führungsriege: Im Fall von elektrostatisch gefährdeten Bauelementen muss sich jeder Einzelne innerhalb einer ESD-Schutzzone an die Regeln halten. Nur so kann eine Schädigung effektiv ausgeschlossen werden, um die Funktion und Zuverlässigkeit der eigenen Produkte zu gewährleisten.

### DIE WICHTIGSTEN VERHALTENSREGELN

- 01.** | Der Mitarbeiter muss von der Notwendigkeit und der Wirksamkeit der ESD-Schutzmaßnahmen überzeugt sein. Dazu sind zielgerichtete Schulungen mit kompetenten und überzeugungsfähigen Referenten notwendig!
- 02.** | Die Beziehungen zwischen Entstehung und Auswirkung der elektrostatischen Ladung müssen jedem Mitarbeiter in einer Elektronikfertigung vertraut sein.
- 03.** | ESD-Schutzmaßnahmen gelten für alle Personen welche die EPA betreten. Daher müssen auch kurzfristige Mitarbeiter, Vorgesetzte und Besucher ESD-geschützt ausgestattet sein.
- 04.** | ESD-Schutzmaßnahmen gelten für jede Herstellungsstufe. Sie werden vom ESD-Beauftragten festgelegt und gelten uneingeschränkt.
- 05.** | Die Wirksamkeit der Personenergänzungsmaßnahmen muss täglich vor Betreten der EPA überprüft und dies dokumentiert werden.
- 06.** | Defekte oder fehlende ESD-Schutzmaßnahmen an Einrichtungen und Maschinen sowie potenzielle Gefahrenquellen müssen sofort instandgesetzt oder gemeldet werden.
- 07.** | ESD-Personenausstattung darf nur in vorgeschriebener Weise getragen und behandelt werden. Nur so kann sichergestellt werden, dass Aufladungen verhindert und entsprechend abgeleitet werden.
- 08.** | Ableitfähige Fußböden und ESD-geeignete Oberflächen dürfen nur mit vorgeschriebenen Reinigungs- und Pflegemitteln behandelt werden. Ansonsten kann deren Leitfähigkeit beeinträchtigt werden.
- 09.** | Innerhalb der EPA dürfen nur ESD-geeignete Behältnisse und Verpackungsmaterialien verwendet werden. Ungeeignete Verpackungsmaterialien müssen außerhalb des ESD-Bereichs bleiben.
- 10.** | Bei der Bearbeitung ESD-empfindlicher Bauteile und Baugruppen müssen wichtige Handlungsregeln eingehalten werden. Gefährdete Bauteile und Baugruppen dürfen niemals auf metallische Flächen abgelegt werden, da hier eine harte Entladung droht. Ebenso dürfen keine isolierenden Ablagen oder aufladbaren Materialien verwendet werden.



Foto: www.shutterstock.com/SJ Travel Photo and Video

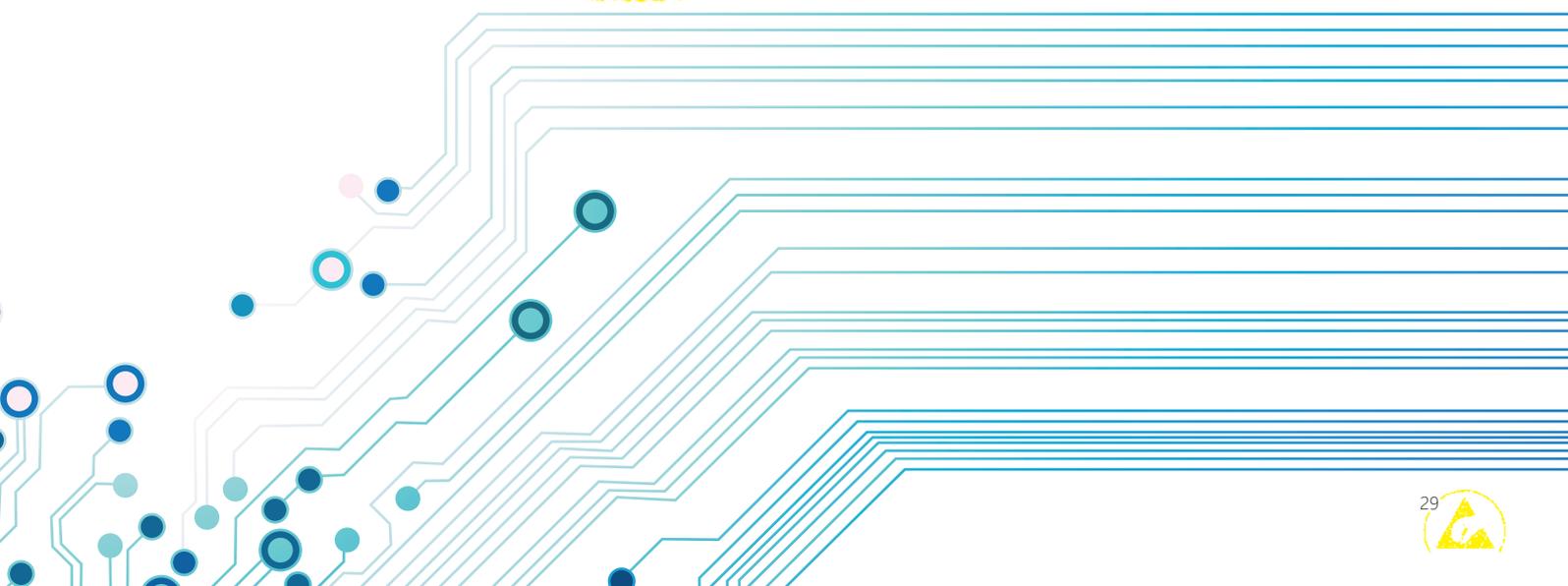


Foto: Keinath

## CHECKLISTE

Wie steht es in Ihrem Unternehmen um die ESD-Sicherheit?

- | **SIND HANDGELENKERDUNGSBÄNDER FÜR SITZENDE TÄTIGKEITEN VORHANDEN?**
- | **SIND DIE VORHANDENEN EINRICHTUNGEN ESD-GEEIGNET UND MIT ERDPOTENZIAL VERBUNDEN?**
- | **WERDEN VON ALLEN MITARBEITERN ESD-GEEIGNETE SCHUHE GETRAGEN?**
- | **WERDEN ALLE ESD-RELEVANTEN BEREICHE UND PROZESSE REGELMÄSSIG ÜBERPRÜFT?**
- | **BETRETEN BESUCHER EINE EPA STETS NUR IN ANGEMESSENER ESD-SCHUTZBEKLEIDUNG?**
- | **ÜBERPRÜFT DAS PERSONAL VOR DEM BETRETEN EINER EPA DIE FUNKTION DES ESD-SCHUHWERKS?**
- | **SIND ALLE ESD-EMPFINDLICHEN BAUTEILE KORREKT GEKENNZEICHNET?**
- | **WIRD ESD-SCHUTZBEKLEIDUNG ORDNUNGSGEMÄSS GETRAGEN?**
- | **FINDEN REGELMÄSSIGE MITARBEITERSCHULUNGEN BEZÜGLICH ESD STATT?**
- | **WERDEN ALLE ESD-EMPFINDLICHEN BAUTEILE IN GEEIGNETEN BEHÄLTERN TRANSPORTIERT UND GELAGERT?**
- | **ÜBERPRÜFT DAS PERSONAL REGELMÄSSIG DIE FUNKTION DER HANDGELENKERDUNGSBÄNDER ODER FINDET EINE PERMANENTE ÜBERWACHUNG STATT?**



# DAS NETZWERK



Alles aus einer Hand und bestes fachliches Know-how im Bereich ESD-Schutz und Prävention vor ESD-Schäden, das bietet das deutsche ESD-Netzwerk, bestehend aus den vier Firmen Karl, Keinath, Nora und Wanzl.

Von der Planung einer neuen EPA (Electrostatic Protected Area), über die Auswahl des richtigen ESD-Fußbodens, zu den Zutrittskontrollen, bis hin zu Arbeitsplätzen und den notwendigen Geräten und Werkzeugen bieten die vier Unternehmen die Hardware wie auch das Fachwissen, um Ihre Fertigung ESD-sicher zu gestalten.

Darüber hinaus bietet das ESD-Netzwerk Audits (Zertifizierungen von EPAs), Fortbildungsprogramme, Abnahmen von ESD-Schutzzonen sowie Seminare und Schulungen für Ihre Mitarbeiter an.

[www.deutsches-esd-netzwerk.de](http://www.deutsches-esd-netzwerk.de)

**KEINATH** Electronic  
consulting & equipment

Als führender Technologiepartner in Sachen ESD-Schutz bietet Keinath nicht nur die notwendigen Geräte, sondern auch das dazugehörige Know-how.

## **wanzl**

Wanzl – Ihr Lösungsanbieter für Zutrittskontrollen!  
ESD- oder Eingangsbereich?  
Wanzl bietet Ihnen ein Konzept aus einer Hand.

**K**  
**KARL**

Ergonomie, Funktionalität, Design und natürlich auch Schutz Ihrer Bauteile vor ESD, das bieten die individuell gestaltbaren Arbeitsplatzsysteme von Karl.

**nora**<sup>®</sup>  
by **Interface**<sup>®</sup>

Sicherheit für Ihren Prozess – nora<sup>®</sup> Bodensysteme, die Basis für ESD-geschützte Arbeitsumgebungen. Dauerhaft – garantiert zuverlässig – ergonomisch.

## DER KOMPAKTE ESD-RATGEBER

In der Elektronikindustrie werden die Geräte und somit auch die Bauteile immer kleiner, leisten aber mehr. Gerade für diese kleinen Halbleiterbauteile sind elektrostatische Entladungen (ESD) eine große Gefahr. Dieser Ratgeber beschäftigt sich mit den Gefahren, die von ESD ausgehen, und Möglichkeiten, wie Sie Ihr Unternehmen ESD-sicher gestalten.



[www.deutsches-esd-netzwerk.de](http://www.deutsches-esd-netzwerk.de)



Andreas KARL GmbH & Co. KG

[www.karl.eu](http://www.karl.eu)

[info@karl.eu](mailto:info@karl.eu)

Tel.: 08133 / 17 – 0



KEINATH Electronic GmbH

consulting & equipment

[www.keinath-electronic.de](http://www.keinath-electronic.de)

[info@keinath-electronic.de](mailto:info@keinath-electronic.de)

Tel.: 07072 / 92 89 3 – 0

**nora**<sup>®</sup>  
by **Interface**<sup>®</sup>

nora systems GmbH

[www.nora.com](http://www.nora.com)

[ESD@nora.com](mailto:ESD@nora.com)

Tel.: 06201 / 80 – 42 70

**wanzl**

Wanzl Metallwarenfabrik GmbH

[www.wanzl.com](http://www.wanzl.com)

[access-solutions@wanzl.de](mailto:access-solutions@wanzl.de)

Tel.: 08221 / 72 9 – 64 16