

ESD

Leitfaden





ESD

Leitfaden



Schutz vor elektrostatischer Entladung in Elektronikbereichen

Dieser Leitfaden verdeutlicht das Phänomen der elektrostatischen Entladung und erläutert die unterschiedlichen Möglichkeiten der Vorbeugung. Er ist jedoch kein Ersatz für die Richtlinien der ESD- und Sicherheits-Normen.

Stand: November 2021

INHALTSVERZEICHNIS

NORMEN	7	HANDHABUNG	24
ESD – WAS VERSTEHT MAN UNTER ELEKTROSTATISCHER ENTLADUNG?	9	VERPACKUNG	25
KOSTEN BEI SCHÄDEN DURCH ESD	10	Antistatische Beutel	26
MATERIALIEN	11	Leitfähige Beutel	26
Abschirmende Materialien	11	Abschirmende Beutel	26
Leitfähige Materialien	11	Dry Bags	27
Dissipative Materialien	11	BODENMATERIAL	28
Isolierende Materialien	12	Bodenbeläge	29
VORGEHENSWEISEN	12	Bodenbeschichtungen	29
SYMBOLE UND SCHILDER	14	Bodenmatten	30
Das Grundsymbol	14	LUFTFEUCHTIGKEIT	31
Das Schutzsymbol	14	IONISIERGERÄTE	31
Das EPA-Symbol	15	MESSUNGEN	33
Schilder	15	Punkt-zu-Punkt-Widerstand	33
PERSONENERDUNG	17	Ableitwiderstand	34
Möglichkeiten der Personenerdung	17	Oberflächenwiderstand	35
ÜBERWACHUNG	21	Durchgangswiderstand	36
Überwachung der Personenerdung	21	Ableitwiderstand bei Personen	37
Überwachung von Tätigkeiten im Stehen	21	TRAINING	39
Überwachung einer EPA	22	BESUCHER	39
Überwachung von Ionisiergeräten	22	CHECK-LISTE	40

NORMEN

DIN EN 61340-5-1 (2017-07)	Elektrostatik Teil 5-1: Schutz von elektronischen Bauelementen gegen elektrostatische Phänomene – Allgemeine Anforderungen
DIN EN 61340-5-3 (2021-05)	Elektrostatik Teil 5-3: Schutz von elektronischen Bauelementen gegen elektrostatische Phänomene – Eigenschaften und Anforderungen für die Klassifizierung von Verpackung, welche für Bauelemente verwendet wird, die gegen elektrostatische Entladungen empfindlich sind
ANSI/ESD S20.20-2007 (2007-03)	ESD association standard for the Development of an Electrostatic Discharge Control Program for – Protection of Electrical and Electronic Parts, Assemblies and Equipment (Excluding Electrically Initiated Explosive Devices)
DIN EN 61340-4-1 Ed. 2.0 (2016-04)	Elektrostatik Teil 4-1: Standard-Prüfverfahren für spezielle Anwendungen – elektrischer Widerstand von Bodenbelägen und verlegten Fußböden
DIN EN 61340-4-3 (2018-10)	Elektrostatik Teil 4-3: Standard-Prüfverfahren für spezielle Anwendungen – Schuhwerk
DIN EN 61340-4-5 (2019-04)	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 61340-2-1 (2016-07)	Elektrostatik Teil 2-1: Messverfahren – Fähigkeit von Materialien und Erzeugnissen, elektrostatische Ladungen abzuleiten
DIN EN 61340-2-3 (2017-05)	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 EN 61340-3-1 (2008-03)	Elektrostatik Teil 3-1: Verfahren zur Simulation elektrostatischer Effekte – Prüfpulsformen der elektrostatischen Entladung für das Human Body Model (HBM)
DIN EN 61340-3-2 (2007-11)	Elektrostatik Teil 3-2: Verfahren zur Simulation elektrostatischer Effekte – Prüfpulsformen der elektrostatischen Entladung für das Machine Model (MM)

ESD – WAS VERSTEHT MAN UNTER ELEKTROSTATISCHER ENTLADUNG?

ESD ist die Abkürzung für „Electro Static Discharge“, also elektrostatische Entladung und wird durch den Ladungsaustausch zwischen zwei Körpern mit unterschiedlichen Spannungspotenzialen hervorgerufen. Die elektrostatische Aufladung entsteht, wenn zwei unterschiedliche Materialien aneinander reiben oder voneinander getrennt werden. Beispiele hierfür sind:

- Laufen über Kunststoffböden
- Reibung auf synthetischer Kleidung
- Verrücken von Plastikbehältern
- Abrollen von PVC-Klebebändern
- Bewegung von Förderbändern

Statische Ladung kann in modernen Arbeitsbereichen hohe Spannungen verursachen – über 10 kV sind nicht unüblich.

Bei einer Luftfeuchtigkeit unter 20 % wurden sogar schon 30 kV gemessen. Wenn sich zwei Körper mit unterschiedlichen Ladungen nähern, können Elektronen plötzlich vom einen Körper auf den anderen fließen. ESD kann auch dann auftreten, wenn zwischen zwei Körpern, die sich nah bei einander befinden, ein elektrisches Spannungsfeld entsteht.

ESD kann zu Folgendem führen:

- höheren Kosten
- schlechterer Qualität
- unzufriedenen Kunden

Es gibt viele gewöhnliche Tätigkeiten, bei denen Ladungen entstehen, die empfindliche Bauteile beschädigen können.

Luftfeuchtigkeit	10 % - 25%	65% - 90%
Über einen Teppich laufen	35.000 Volt	1.500 Volt
Poly-Beutel vom Tisch nehmen	20.000 Volt	1.200 Volt
Stuhl mit Urethan-Schaum	18.000 Volt	1.500 Volt
Über Vinyl-Fliesen laufen	12.000 Volt	250 Volt
Am Tisch arbeiten	6.000 Volt	100 Volt

Bauteil-Typ	ESD-Anfälligkeit	Bauteil-Typ	ESD-Anfälligkeit
JFET	140-7.000 Volt	BI-POLARE	380-7.000 Volt
VMOS	30-1.800 Volt	TRANSISTOREN	
MOSFET	100-200 Volt	CMOS	250-3.000 Volt
GaAsFET	100-300 Volt	SCHOTTKY TTL	1.000-2.500 Volt
EPROM	100 Volt	SCHOTTKY DIODEN	300-2.500 Volt
		OP-AMP	190-2.500 Volt

KOSTEN BEI SCHÄDEN DURCH ESD

Schaden durch Selbstverschulden:

begrenzte Kosten, einfachster Fall eines ESD-Schadens, der normalerweise beim Messen verursacht wird

Verborgener Defekt:

höhere Kosten aufgrund von:

- Kundenbetreuung
- Serviceleistungen
- Ersatzgeräten
- Verlust des guten Rufes
- Verlust von Kunden

MATERIALIEN

Materialien zum Schutz vor ESD werden anhand ihrer Widerstandseigenschaften klassifiziert.

Messungen des Oberflächenwiderstandes eignen sich nicht immer, um die Wirksamkeit eines Materials festzustellen. Sobald der Widerstand höher als $10^{10} \Omega$, oder das Material ungleichmäßig gewebt ist, empfiehlt es sich die „Abklingzeit der erzeugten Ladung“ zu messen.

Abschirmende Materialien

Diese Materialien wirken wie ein Faradayscher Käfig, indem sie einen Stromdurchgang verhindern und die Energie, die bei einer elektrostatischen Entladung freigegeben wird, dämpfen. Die meisten abschirmenden Materialien enthalten ein leitfähiges (weniger als $10^3 \Omega$) Metall- oder Karbonelement, welches das Spannungsfeld verkleinert oder reflektiert.

Leitfähige Materialien

Sie besitzen einen geringen Widerstand (weniger als $10^4 \Omega$) und sorgen deshalb für ein schnelles Abfließen der Ladung. Sobald leitfähiges Material geerdet ist, fließt die gesamte

Ladung ab. Beispiele für solche Materialien sind Metalle, Karbon und die Schweißschicht auf der Haut eines Menschen.

Dissipative Materialien

Der Oberflächenwiderstand dieser Materialien liegt zwischen $10^4 \Omega$ und $10^{11} \Omega$. Sie gleichen Potentialdifferenzen in relativ kurzer Zeit aus.

Isolierende Materialien

Sie haben einen hohen Oberflächenwiderstand von mindestens $10^{12} \Omega$ und sind schwer zu erden. Statische Ladung bleibt lange an einer Stelle dieser Materialien bestehen, ohne abzufließen. Diese Eigenschaft stellt eine Gefahr dar, die als Teil eines ESD-Programms unter Kontrolle gehalten werden muss. Kunststoffe, Glas und Luft sind Beispiele für Isolatoren.

VORGEHENSWEISEN

Schäden aufgrund von elektrostatischer Entladung können jederzeit auftreten:

- Wareneingang
- Annahme
- Produktion
- Laufband
- Messungen
- Lagerung
- Verpackung
- Transport
- Wartung

Grundlegende Vorgehensweisen:

- Erdung
- Abschirmung
- Neutralisation (Ionisiergeräte)

Vier Goldene Regeln:

1. Gehen Sie stets davon aus, dass alle aktiven Bauteile ESD-empfindlich sind.
2. Fassen Sie elektronische Bauteile nur in ESD-Schutz-zonen (EPA) an und nur dann, wenn Sie ordnungsgemäß geerdet sind.
3. Lagern und transportieren Sie ESD-empfindliche Bauteile in ESD-Schutz-Behältern.
4. Überprüfen Sie regelmäßig das interne und externe (Lieferanten) ESD-Schutz-System.

Beachten Sie den Grundsatz „Wo keine Aufladung, da keine Entladung“. Der Gebrauch von leitfähigen und dissipativen Materialien verhindert eine Aufladung und somit auch eine Entladung.

Die gesamte Ausstattung darf keine beweglichen Teile enthalten, die eine Aufladung erzeugen könnten, wie z. B. Gummirollen, Kunststoffgleiter etc. Gegenstände, mit denen Bauteile in Berührung kommen könnten oder auf denen sie transportiert werden, müssen ebenfalls antistatisch oder leitfähig sein. Der Einsatz von Ionisiergeräten zum Neutralisieren von bereits vorhandener Ladung verhindert weitere Aufladung. So wenig Bewegungen wie möglich und eine ESD-sichere Ausstattung senken das Risiko einer statischen Aufladung durch Personen auf ein Minimum.

SYMBOLE UND SCHILDER

Das Grundsymbol

Das Grundsymbol besteht aus einer gelben Hand innerhalb eines schwarzen Dreiecks. Es dient zur Kennzeichnung von ESD-empfindlichen Bauteilen und Elementen.



Das Schutzsymbol

Mit diesem Symbol werden alle ESD-Schutz-Produkte wie Beutel, Behälter und Bekleidung gekennzeichnet. Unterhalb des Symbols befindet sich jeweils ein Buchstabe, der Auskunft über die Eigenschaften des Produktes gibt:

- C** = conductive (leitfähig)
- D** = dissipative (dissipativ/ableitfähig)
- S** = shielding (abschirmend)
- F** = Field shielding (Schirmwirkung gegen elektrostatische Felder)

Hinweis: „F“ für „Field Shielding“ ist in der IEC 61340-5-3 neu hinzugekommen



Das EPA-Symbol

Dieses Symbol kennzeichnet EPA-Ausstattung wie Tische, Stühle und Rollwagen



Erdungspunkt-symbol



ESD-Warnsymbol

Schilder

Schilder sollen die Aufmerksamkeit des Personals sowie der Besucher wecken und ihnen eine klare Botschaft vermitteln, bevor sie ein EPA betreten. Bei Spannungen über 250 VAC oder 500 VDC sollten ordnungsgemäße Warnschilder angebracht werden.



ESD-Warnschild

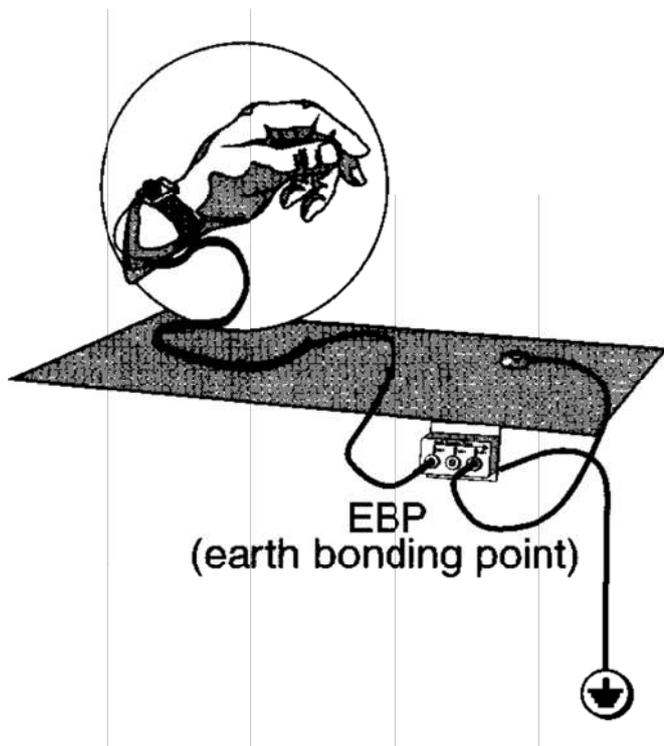


ESD-Ausgangsschild

PERSONENERDUNG

Personen sind die Hauptquellen elektrostatischer Ladung. Man sollte Erdungssysteme benutzen, um sicher zu gehen, dass Bauteile, Personen und andere Leiter dasselbe Spannungspotenzial besitzen.

Um eine sichere Erdung zu gewährleisten, muss der ESD-Boden direkt mit dem Gebäude oder der Erdleitung verbunden sein und dasselbe Potenzial haben.



Möglichkeiten der Personenerdung

Armbänder

Das Armband ist das am häufigsten benutzte Produkt für die Personenerdung. Es leitet die Ladung sicher vom Körper ab. Armbänder ohne Kabel sind jedoch unwirksam!

Schuhe und Erdungsbänder

In einigen Bereichen bedient man sich leitfähiger Schuhe oder Schuherdungsbänder bzw. Dauerfersen-/ Zehenbänder. Dabei sollte man die Erdungsbänder stets an beiden Füßen tragen, um einen permanenten Kontakt zum Boden oder zur Matte herzustellen. Schuherdungsbänder sind auf isolierenden oder schlecht geerdeten Oberflächen in ihrer Funktionsfähigkeit beeinträchtigt.

Kleidung

Der Hauptzweck von leitfähigen Mänteln besteht darin, das statische Feld auf der Kleidung der Person zu dämpfen. Die eingewebten leitfähigen Fasern wirken wie ein Faradayscher Käfig, der gefährliche Felder daran hindert, sich auszudehnen und empfindliche Bauteile zu beschädigen. Man sollte darauf achten, dass alle Teile der Bekleidung mit dem Mantel bedeckt und somit leitfähig sind.

Handschuhe

ESD-empfindliche Bauteile können bei Berührungen auch dann beschädigt werden, wenn eine Person geerdet ist. Die Erhöhung des Durchgangswiderstandes ist eine Möglichkeit, die Entladungsgeschwindigkeit zu kontrollieren. Dies lässt sich mit Hilfe von dissipativen Fingerlingen und Handschuhen verwirklichen.

Stühle

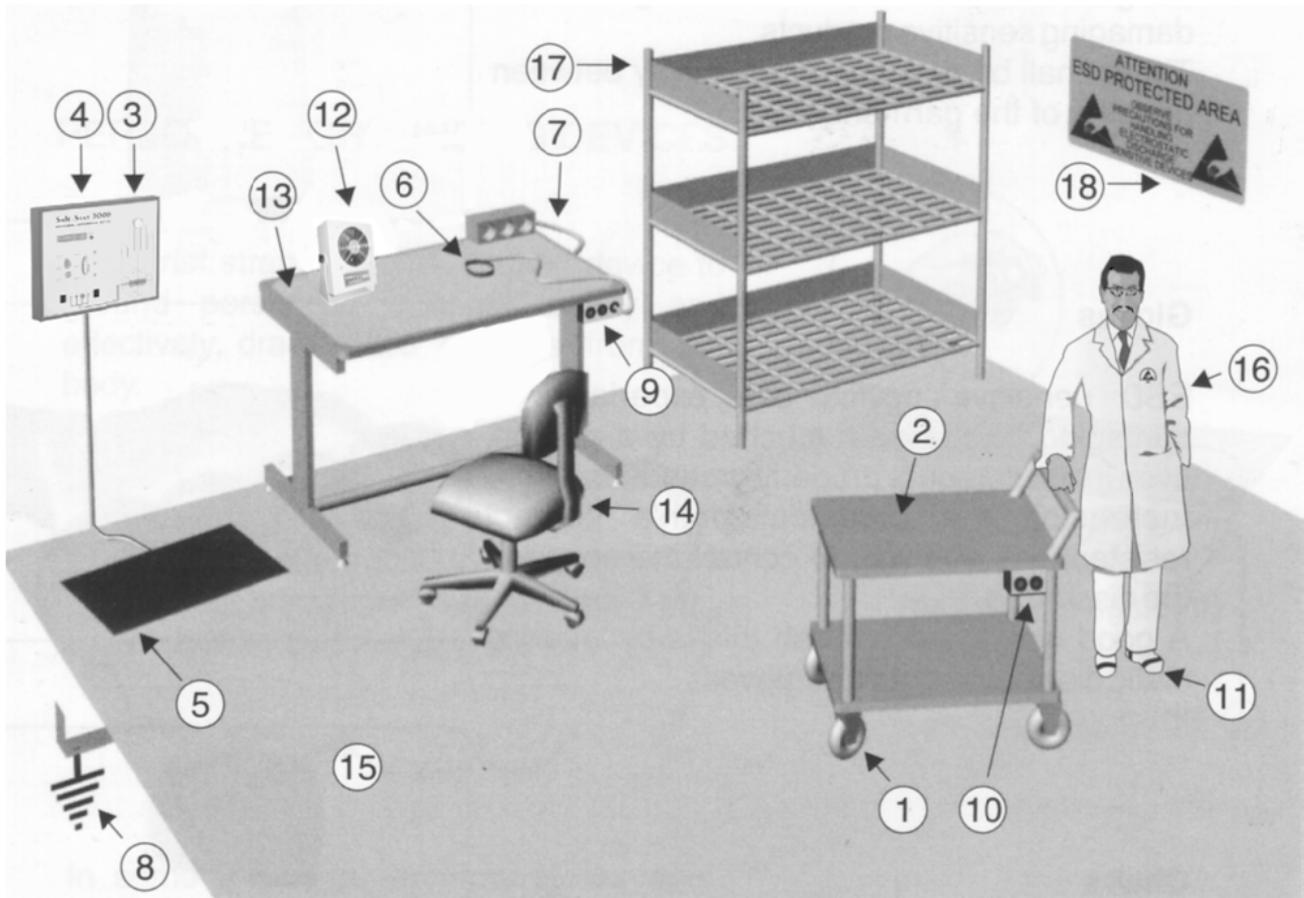
Der Widerstand aller Stuhlteile, mit denen eine Person in Berührung kommt, muss unter $10^{10} \Omega$ liegen, und mindestens zwei Rollen oder Gleiter müssen leitfähig sein.



EPA (ESD PROTECTED AREA)

Innerhalb einer EPA (= ESD-Schutzzone) können weder durch einen Gegenstand, noch durch eine Tätigkeit ESD-empfindliche Bauteile beschädigt werden. Im einfachsten

Fall handelt es sich um einen mobilen Arbeitsplatz bestehend aus einer dissipativen Matte, einem Armband und den für beide notwendigen Erdungsanschlüssen.



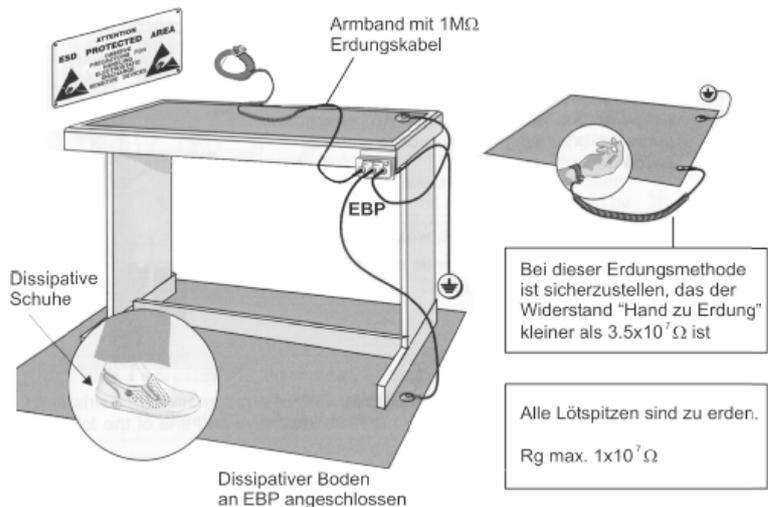
- | | | | |
|---|---------------------------------|----|----------------------------------|
| 1 | Ableitende Rollen | 10 | Wagenerdung |
| 2 | Ableitende Oberflächen | 11 | Fersen- und Zehenbänder (Schuhe) |
| 3 | Armbandtester | 12 | Ionisiergeräte |
| 4 | Schuhtester | 13 | Dissipative Tischoberfläche |
| 5 | Schuhelektrode | 14 | ESD-Stuhl |
| 6 | Erdungsarmband mit Erdungskabel | 15 | Ableitfähiger Boden |
| 7 | Erdungsleitung | 16 | ESD-Kleidung |
| 8 | Erdung | 17 | Ableitende Regale |
| 9 | Erdungspunkt | 18 | EPA-Schild |

Arbeitstische

Es ist wichtig, dass jeder Arbeitstisch oder jede Arbeitsoberfläche mit ESD-Material bedeckt und mit Hilfe von Kabeln und Erdungsanschlüssen geerdet ist.

Entfernen Sie alle Fremdgegenstände (Essen, Getränke, Kämmen, Taschen, Bekleidung) von Ihrem Arbeitsplatz.

Inspizieren Sie die Erdungsanschlüsse, Matten und Erdungsbausteine wöchentlich. Reinigen Sie die Oberflächen nur mit speziellen Reinigungsmitteln und nicht mit herkömmlichen Haushaltsprodukten, da diese eine isolierende Schicht hinterlassen können.



ÜBERWACHUNG

Die ESD-Norm IEC 61340-5-1 schreibt vor, dass ESD-Schutz-Produkte wie Armbänder, Schuherdungsbänder, Arbeitsoberflächen und Böden in regelmäßigen Abständen kontrolliert werden müssen.

Überwachung der Personenerdung

Der Personenerdungstester ist ein Armband- und/oder Schuhtester, der überprüft, ob eine Person geerdet ist, bevor sie ein EPA betritt.

Überprüfen Sie Armbänder und Schuhe zweimal täglich.

Überwachung von Tätigkeiten im Stehen

Eine Alternative zu den Armbändern bieten ESD-Böden in Verbindung mit angemessenem Schuhwerk. Hierbei schränken die Normen jedoch stärker ein und deshalb muss eine der folgenden Bedingungen erfüllt sein:

- der Widerstand der Person zum Boden muss geringer sein als $3,5 \times 10^7 \Omega$
- die maximale Körperspannung darf nicht über 100 Volt liegen

Da es einfacher ist die erste Bedingung zu überprüfen, empfiehlt es sich, einen Megaohmmeter zu verwenden. Dabei wird das Gerät mit dem Boden und der Person, die ESD-Schuhe trägt und auf ESD-Boden steht, verbunden.

Überprüfen Sie Bodensysteme zweimal im Jahr.

Der Widerstand von Bekleidung sollte unterhalb von $10^{12} \Omega$ liegen und der von Handschuhen/Fingerlingen während des Tragens zwischen $7,5 \times 10^5 \Omega$ und $10^{12} \Omega$.

Überwachung einer EPA

Überprüfen Sie Arbeitstische, Bodenmatten, Erdungsanschlüsse und Ionisiergeräte monatlich und ESD-Überwachungsinstrumente jährlich. Der Ableitwiderstand sollte jeweils folgende Werte haben:

Arbeitsoberfläche:	zwischen $7,5 \times 10^5 \Omega$ und $10^9 \Omega$
Boden:	weniger als $10^9 \Omega$
Sitzgelegenheit:	weniger als $10^{10} \Omega$
Werkzeug:	weniger als $10^{11} \Omega$

Überwachung von Ionisiergeräten

Ionisiergeräte neutralisieren elektrostatische Ladung, indem sie mit Hilfe von Ventilatoren große Mengen an positiven und negativen Ionen verteilen. Fehlerhafte Ionisiergeräte verteilen positive und negative Ionen in unterschiedlichen Mengen und können somit für gefährliche Aufladung sorgen, anstatt Ladung zu neutralisieren. Überprüfen Sie Ionisiergeräte monatlich.

ARBEITEN AUSSERHALB EINER EPA

Arbeiten außerhalb einer EPA sind wohl die riskantesten Situationen im Umgang mit ESD-empfindlichen Bauteilen und das am stärksten vernachlässigte Thema im ESD-Schutz-Bereich. Was die Situation so riskant macht, ist die Tatsache, dass sich für gewöhnlich viele ESD-Quellen in der Umgebung befinden. Deshalb sollten Bauteile in abschirmenden Beuteln oder Behältern transportiert werden. Bei Arbeiten an Modulen in ungeschützten Bereichen sollte man eine dissipative Matte mit den Erdungsanschlüssen des Gerätes und dem Boden verbinden, um so eine sichere Arbeitsoberfläche zu erhalten. Legen Sie ESD-empfindliche Bauteile nur auf die Matte.

Werkzeuge

Werkzeuge dürfen keine isolierenden Griffe haben. Die Abklingzeit sollte von 1.000 V auf 100 V bei 2 s liegen. Alle Lötkolben müssen mit einer geerdeten Lötspitze ausgerüstet sein und dürfen nur bei geringer Spannung (6 V bis 24 V) verwendet werden.

Sicherheit

Die Sicherheit des Personals steht an oberster Stelle und darf niemals vernachlässigt oder ignoriert werden. Personenerdung in der Nähe von Wechselstrom stellt eine mögliche Gefahr dar. Deshalb sollte man bei Arbeiten in der Nähe von einer Spannung höher als 250 VAC auf Personenerdung verzichten. Obwohl alle Produkte für die Personenerdung mit einem 1 M Ω Schutzwiderstand ausgerüstet sein müssen, um die Stromstärke auf weniger als 0,25 mA zu reduzieren, empfiehlt sich der Gebrauch von Fehlerstrom-Schutzschaltern. Bei Spannungen über 250 VAC oder 500 VDC sollten ordnungsgemäße Warnschilder angebracht werden.

HANDHABUNG

Transport und Lagerung

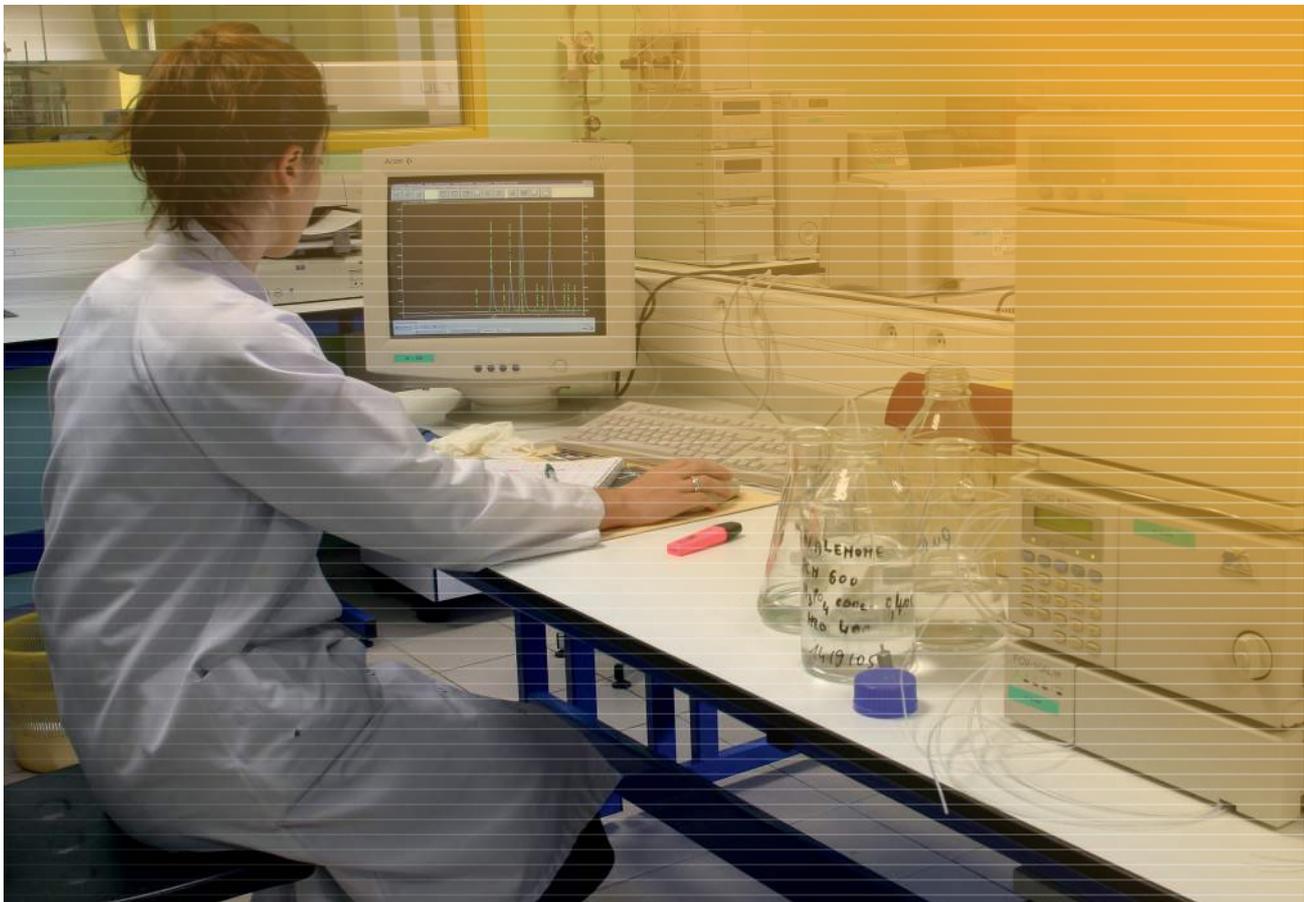
Benutzen Sie für den Transport und die Lagerung von ESD-empfindlichen Bauteilen nur Ablageschalen, Ständer, Behälter und Beutel aus leitfähigem, dissipativem oder abschirmendem Material.

Zum Transport von losen Bauteilen eignen sich leitfähige Schaumstoffe, die aufgrund des geringen elektrischen Widerstandes gewährleisten, dass alle Anschlüsse dasselbe Potenzial besitzen.

Für Baugruppen und Leiterplatten verwendet man leitfähige oder dissipative Kästen, Behälter, Ständer oder Ablageschalen. Beim Transport auf Regalen mit Rollen kann eine statische Aufladung erzeugt werden, die auf das transportierte Bauteil übergeht. Deshalb werden ESD-Regale aus dissipativem/leitfähigem Material hergestellt

und mit dissipativen/leitfähigen Rollen ausgestattet. Falls der Boden nicht leitfähig ist, sollte ein Transportwagen beim Be- und Entladen von empfindlichen Teilen mit Hilfe von Erdungsanschlüssen vor Ort geerdet werden.

Jede Oberfläche, auf die Bauteile gelegt werden, muss geerdet sein und einen Punkt-zu-Punkt-Widerstand zwischen $10^4 \Omega$ und $10^{10} \Omega$ und einen Ableitwiderstand zwischen $7,5 \times 10^5 \Omega$ und $10^9 \Omega$ haben. Wenn eine Oberfläche (z. B. Chromstahl) einen geringeren Punkt-zu-Punkt-Widerstand hat als $10^4 \Omega$, empfiehlt es sich, die ESD-empfindlichen Bauteile in dissipativen Behältern oder auf dissipativen Matten zu lagern.



VERPACKUNG

ESD-Schutz-Verpackungen schützen Bauteile vor einer direkten Entladung und sorgen für ein schnelles Abfließen der Ladung auf der Außenseite der Oberfläche. Außerdem schützt Verpackungsmaterial auch vor Staub und Feuchtigkeit. Die Norm IEC 61340-5-1 definiert drei Arten von Verpackungen:

Direkt anliegende Verpackung: ist in Kontakt mit dem Bauteil

Umhüllende Verpackung: ist nicht in Kontakt mit dem Bauteil, soll ein oder mehrere Bauteile umhüllen

Sekundärverpackung: dient dem physikalischen Schutz, wird von Bauteilen fern gehalten und ist somit in einer EPA nicht erlaubt

Beachten Sie:

Einige Verpackungsmaterialien sind feuchtigkeitsabhängig und haben eine begrenzte Lebensdauer. Andere wiederum setzen Partikel frei, die Probleme bereiten können.

	innerhalb einer EPA		außerhalb einer EPA	
	direkt anliegend	umhüllend	direkt anliegend	umhüllend
ESDS	entweder gering aufladbar und leitfähig, oder gering aufladbar und dissipativ (für batteriegepufferte ESDS nur leitfähige oder dissipative Verpackung mit mehr als $10^9 \Omega$ verwenden)	gering aufladbar und abschirmend oder gering aufladbar und leitfähig oder dissipativ	genauso wie innerhalb einer EPA	abschirmend
kein ESDS	dissipativ oder gering aufladbar		keine Anforderungen	

Anmerkung: Bei Oberflächenwiderständen größer als $10^{10} \Omega$ muss die Abklingzeit der Verpackung von 1000 V auf 100 V bei 2 s liegen.

Antistatische Beutel

Gebrauch: innerhalb eines EPA zum Verpacken von nicht ESD-empfindlichen Bauteilen
 Kosten: niedrig
 Aussehen: durchsichtig oder getönt (pink, blau, grün)
 Material: ein- oder mehrschichtiges Polyethylen
 Eigenschaften: Widerstand zwischen $10^9 \Omega$ und $10^{11} \Omega$, Abklingzeit weniger als 2 s von 1.000 V auf 1.000 V bei Luftfeuchtigkeit von 50% & 22°C
 Lebensdauer: durchschnittlich 1 Jahr

Abschirmende Beutel

Gebrauch: zum eng anliegenden Verpacken von ESD-empfindlichen Bauteilen
 Kosten: hoch
 Aussehen: metallisch, halb-durchsichtig
 Material: in Vakuum eingeschlossenes Aluminium zwischen Polyester und Polyethylenschichten
 Eigenschaften: gering aufladbar, Schutzbarriere gegen elektrostatische Entladung
 Lebensdauer: über 2 Jahre

Leitfähige Beutel

Gebrauch: gut geeignet für viele ESD-empfindliche Bauteile. Sollten nicht bei angetriebenen Bauteilen verwendet werden.
 Kosten: mittel
 Aussehen: schwarz
 Material: Polyethylen, versetzt mit Karbon
 Eigenschaften: Widerstand zwischen $10^4 \Omega$ und $10^6 \Omega$
 Lebensdauer: über 5 Jahre

Dry Bags

Für den Korrosions- und somit Feuchtigkeitsschutz eignen sich sogenannte „Dry Bags“. Sie werden verwendet, um Bauteile, die für lange Zeit eingelagert werden, angemessen zu schützen. Für einen optimalen Schutz der Bauteile legt man ein Päckchen Trockenmittel und einen Feuchtigkeits-Indikator in den Beutel und führt dann eine Vakuumverschweißung durch.

BODENMATERIAL

ESD-Bodenbeläge in Verbindung mit leitfähigen Schuhen oder Schuherdungsbandern leiten statische Ladung über den Boden ab und sind somit wichtiger Bestandteil eines ESD-Schutz-Programms.

Dissipative Bodenbeläge reduzieren die Aufladung, die beim Laufen und beim Bewegen von Stühlen, Roll- und Hubwagen entsteht. Diese Gegenstände müssen jedoch dissipative oder leitfähige Rollen/ Räder haben, um ein Abfließen der Ladung zum Boden zu ermöglichen.

Bodenbeläge

Vinyl-Fliesen

Sie werden für gewöhnlich mit Hilfe eines Streifens Kupferfolie geerdet und mit leitfähigem Acrylleim am Boden befestigt. Diese Fliesen sind jedoch kaum resistent gegen Hitze und Chemikalien.

Gummi-Fliesen

Auch sie werden für gewöhnlich mit Hilfe eines Streifens Kupferfolie geerdet und mit leitfähigem Acrylleim am Boden befestigt. Sie sind jedoch beständig gegenüber Hitze und Chemikalien.

Teppiche

Sie werden meistens in Büros verlegt, sind jedoch nicht besonders dissipativ.

Harzböden (Epoxydharz, Vinyl-Ester, Polyurethan)

Diese Böden sind, je nach Beanspruchung, in unterschiedlichen Dicken erhältlich. Sie sind resistent gegenüber Chemikalien und lassen sich einfach reinigen. Die oberste Schicht kann jedoch verkratzen und sich abnutzen.

Bodenbeschichtungen

Bodenbeschichtungen zeichnen sich durch eine einfache Anwendung aus. Abgenutzte Stellen können schnell und leicht nachgebessert werden.

Vor dem Aufbringen großer Flächen sollte immer eine kleine Probefläche installiert werden.

Empfehlungen

- Wählen Sie einen Bodenbelag mit einem Ableitwiderstand von weniger als $3,5 \times 10^7 \Omega$, wenn die Personen-erdung ausschließlich über leitfähige Schuhe oder Schuherdungsbander erfolgen soll.
- Wählen Sie einen Bodenbelag, der Ihren Belastungen gerecht wird (Häufigkeit, Gewicht, Art der Rollen).
- Beachten Sie die Geräuschabsorption, Antifatigue- und Antislip-Eigenschaften.
- Bitten Sie Ihren Lieferanten um die Garantie, dass der Ableitwiderstand des Bodenbelags die ganze Lebensdauer hindurch erhalten bleibt.

Bodenmatten

Gummi-Matten

Auch sie lassen sich leicht von einem Ort zum anderen verlegen, sind aber resistent gegenüber Hitze und Chemikalien. Sie bedecken nur eine begrenzte Fläche.

Puzzle-Belag

Mit diesem Belag können beliebige Flächen schnell und sicher verlegt werden. Der Belag ist jederzeit erweiterbar.

Vinyl-Matten

Sie lassen sich leicht von einem Ort zum anderen verlegen, sind jedoch nicht beständig gegenüber Hitze und Chemikalien. Sie bedecken nur eine begrenzte Fläche.

Gitter-Matten (Polypropylen, Polyethylen)

Diese Matten sind besonders gut geeignet für Nass- und Schmutzbereiche. Sie lassen sich leicht von einem Ort zum anderen verlegen, bedecken jedoch nur eine begrenzte Fläche.



LUFTFEUCHTIGKEIT

Der bedeutsamste Faktor im ESD-Bereich ist die Luftfeuchtigkeit.

Wenn die Luftfeuchtigkeit am Arbeitsplatz abnimmt, dann können sich der menschliche Körper und andere Isolatoren problemlos aufladen. Trockene Luft baut nämlich Ladung auf, sobald sie sich über eine isolierte Fläche hinweg bewegt (Windhauch, Klimaanlage, Ventilator). Deshalb sollte die Luftfeuchtigkeit stets über 30% liegen. Bei niedrigeren Werten empfiehlt sich der Gebrauch von Ionisiergeräten.

Überwachung der Luftfeuchtigkeit

Jede EPA sollte mit einem Luftfeuchtigkeits- und Temperaturmessgerät ausgestattet sein. Mit Hilfe der Informationen des Messgeräts lassen sich z. B. später auftretende Fehler analysieren.

IONISIERGERÄTE

In Fällen, in denen die Anwendung von traditionellen Erdungsmethoden und der vollkommene Ausschluss von sich aufladbarem Material nicht möglich ist, sollte man Ionisiergeräte verwenden. Diese neutralisieren elektrostatische Ladung, indem sie mit Hilfe von Ventilatoren große Mengen an positiven und negativen Ionen verteilen. Wenn die ionisierte Luft mit einer geladenen Oberfläche in Berührung kommt, dann zieht diese Fläche positive Ionen an und neutralisiert somit die Ladung. Weiterhin entfernen Ionen kleine Schmutzpartikel, Rauch sowie Pollen aus der Luft und sorgen bei einigen Menschen für ein gesteigertes Wohlbefinden.

Ionisiergeräte

Nuklearbetrieb: hohe Wartungsanforderung
Wechselstrom: geringe Entladezeit bei Verwendung von großen Gebläsen
Gleichstrom: sehr geringe Entladezeit

Schutz

lokaler Schutz (kleine Fläche): Ionisiergeräte für Arbeitstische
Ionisierstäbe
Ionisierpistolen

kompletter Schutz (ganze Räume): manuelle Umgebungsüberwachung
automatische Umgebungsüberwachung

Gesetzlich erlaubte maximale Ozonstehung: 0,2 mg pro m³. Gleichstrombetriebene Ionisiergeräte mit einer gleichmäßigen Ionenemission sind die beste Lösung für einen lokalen Schutz.



Verschiedene Arten von Ionisiergeräten

- Ionisiergeräte für Arbeitstische
- Overhead-Ionisiergeräte
- Ionisierpistolen (eignen sich sehr gut, um aufgeladene Staubpartikel von Elektronikarten und anderen Teilen/Materialien zu entfernen)

Der geläufigste Test zur Bewertung eines Ionisiergerätes ist die Messung der Abklingzeit.

Überprüfung von Ionisiergeräten

Test-Kit für Ionisiergeräte

Mit einem solchen Kit lässt sich die Funktionsfähigkeit eines Ionisiergerätes sehr schnell testen. Dabei wird ein Feldmeter vor das Ionisiergerät gestellt und geerdet, um die Abklingzeit und die Ausgeglichenheit der ionisierten Luft zu messen, während eine isolierte Platte am Feldmeter von einem Ladegerät aufgeladen wird.

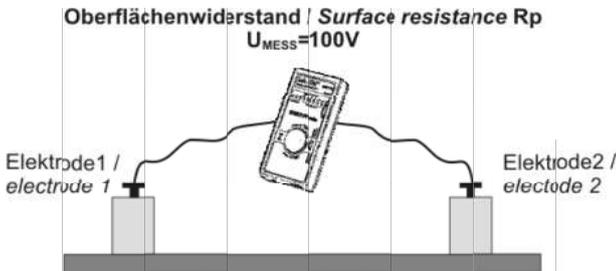
MESSUNGEN

Widerstandsmessungen

Widerstandsmessungen sind die geläufigsten Tests, um die Wirksamkeit von Arbeitsoberflächen zu beurteilen.

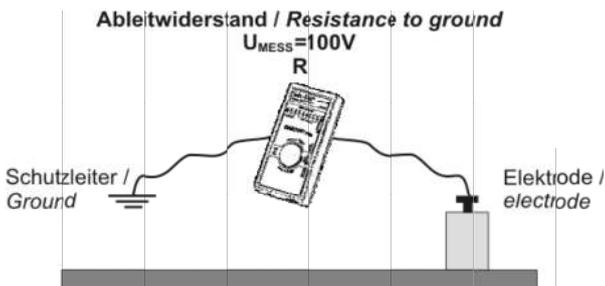
Punkt-zu-Punkt-Widerstand

Dabei handelt es sich um den Widerstand zwischen zwei Punkten auf einer Oberfläche, der mit Hilfe eines Megaohmmeters und zwei Elektroden gemessen wird.



Ableitwiderstand

Man misst den Ableitwiderstand mit einem Megaohmmeter, indem man eine verbundene Elektrode auf die Oberfläche stellt und den anderen Anschluss mit dem Erdungspunkt verbindet. Der gemessene Wert sollte zwischen $7,5 \times 10^5 \Omega$ und $10^9 \Omega$ liegen.



Notieren Sie immer die Temperatur- und Luftfeuchtigkeitswerte, da diese die Widerstandsmessungen beeinflussen.

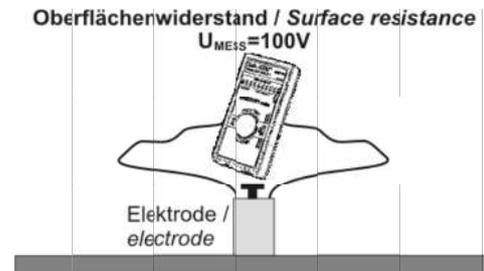
Bei vielen Materialien ist der gemessene Widerstand abhängig von der Spannung. Gemäß IEC 61340-4-1 sind folgende Spannungen für Messungen mit dem Megaohmmeter vorgegeben:

Widerstand in Ohm	Spannung in Volt
$\leq 10^5$	≤ 10
$10^5 < R < 10^{12}$	100

Konzentrische Ringelektroden mit 63 mm Durchmesser und 2,3 kg Gewicht entsprechen IEC und ANSI/ESD Normen.

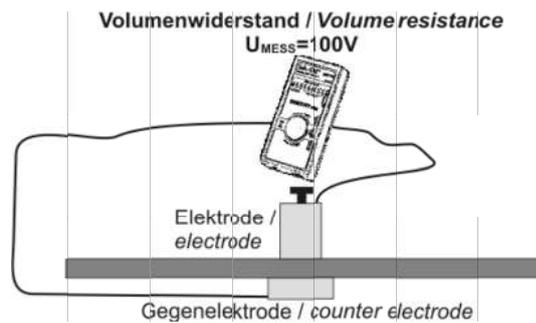
Oberflächenwiderstand

Der Widerstand einer bestimmten Materialoberfläche wird in $\Omega/\text{Quadrat}$ ausgedrückt und ist theoretischerweise 10 mal höher als der Punkt-zu-Punkt-Widerstand. Messungen können nach IEC 61340-5-1 mit Hilfe einer Rundelektrode mit zwei Parallelanschlüssen oder einer konzentrischen Ringelektrode durchgeführt werden.



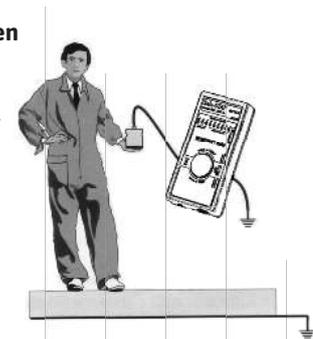
Durchgangswiderstand

Er gibt das Verhältnis von Spannung und Stromfluss zwischen zwei Elektroden an, die sich jeweils auf der gegenüberliegenden Seite des Materials befinden. Der Durchgangswiderstand wird in Ohm angegeben und wird z. B. bei Matten mit einer konzentrischen Elektrode und einer flachen Gegenelektrode gemessen.



Ableitwiderstand bei Personen

Die Messung erfolgt gemäß IEC 61340-4-5 über die Kombination Person-Schuhe-Boden.



Einige nützliche Handgeräte

Feldmeter

Das genaue Messen von elektrostatischen Feldern erfordert den Umgang mit einem Feldmeter. Bei den meisten Handgeräten müssen Messungen in einem bestimmten Abstand zum Objekt durchgeführt werden (normalerweise beträgt die Entfernung einen Zoll = ca. 25 mm). Hersteller betonen oft, dass das zu messende Objekt bestimmte Mindestmaße haben muss, da kleinere Objekte womöglich keine brauchbaren Werte liefern.

Voltmeter

Dieses Messinstrument liefert gute Werte bei einem Abstand zwischen 5 mm und 25 mm, wobei es auch ziemlich kleine Ladungen aufspürt. Die Fähigkeit größere Bereiche abtasten zu können erweist sich besonders bei ungleichmäßigen Materialoberflächen als nützlich.

Verwenden Sie Messinstrumente, die auch in ionisierter Umgebung gute Werte liefern.

TRAINING

Normen:	Sie sollten sich die IEC 61340-5-1 Normen besorgen, sie lesen und sich mit ihnen vertraut machen.
ESD-Team:	Gründen Sie ein ESD-Team, das für das ESD-Schutz-Programm verantwortlich ist.
Training:	Bringen Sie den Mitarbeitern den Gebrauch und die Überprüfung der Personenerdung bei. Subunternehmer und Besucher sollten auf die Vorgehensweisen aufmerksam gemacht werden.
Video:	Zeigen Sie Videos über das Phänomen der elektrostatischen Entladung mit Beispielen und Demonstrationen, damit jedem die Problematik dieses Themas bewusst wird.
Signalisierung:	Deutliche Beschilderungen für ESD-Schutz-zonen und Gefahren sollten groß-zügig und gut sichtbar angebracht werden, um Aufmerksamkeit erregen.
Disziplin:	Manager und Techniker sollten die Normen und Qualitätsanforderungen stets respektieren und den anderen Mitarbeitern ein Vorbild sein.

BESUCHER

Besucher, die eine EPA betreten, sollten sich ordnungsgemäß verhalten, um jegliche Schäden und Gefahren zu vermeiden. In Bereichen mit leitfähigem Boden sind Besucher verpflichtet, Einweg-Fersen- oder Zehenbänder zu tragen. Weiterhin müssen Besucher beim Umgang mit Leiterplatten oder Bauteilen einen antistatischen Overall und ein geerdetes Armband tragen.

CHECK-LISTE

- Sind am Arbeitsplatz Armbänder für die Personenerdung vorhanden?
- Überprüft das Personal regelmäßig die Funktionsfähigkeit seiner Armbänder oder findet eine permanente Überwachung statt?
- Ist die ESD-Ausrüstung am Arbeitsplatz richtig geerdet?
- Werden auf ESD-Bodenbelägen dissipative Schuhe getragen?
- Überprüft das Personal vor Betreten eines Arbeitsbereiches mit ESD-Bodenbelag die Funktionsfähigkeit der Schuhe?
- Wird ESD-Schutz-Bekleidung ordnungsgemäß getragen?
- Ist der Arbeitsplatz frei von jeglichen privaten Fremdkörpern?
- Werden alle ESD-empfindlichen Bauteile in abschirmenden Behältern transportiert und gelagert?
- Sind alle ESD-empfindlichen Bauteile korrekt gekennzeichnet?
- Betreten Besucher eine EPA stets nur in angemessener ESD-Schutz-Bekleidung?
- Werden alle ESD-Gefahrenquellen erfasst und beseitigt?



Wetec GmbH & Co. KG
Dönges-Straße 1
D-42929 Wermelskirchen
Fon +49 (0)21 96-97 56 2-0
Fax: +49 (0)21 96-97 56 2-99
www.wetec.de
info@wetec.de