

	Elektrostatik Teil 5-2: Schutz von elektronischen Bauelementen gegen elektrostatische Phänomene Benutzerhandbuch (IEC 61340-5-2:1999) Deutsche Fassung EN 61340-5-2:2001 + Corrigendum 2001	DIN EN 61340-5-2
VDE	Diese Norm ist zugleich eine VDE-Bestimmung im Sinne von VDE 0022. Sie ist nach Durchführung des vom VDE-Vorstand beschlossenen Genehmigungsverfahrens unter nebenstehenden Nummern in das VDE-Vorschriftenwerk aufgenommen und in der etz Elektrotechnische Zeitschrift bekannt gegeben worden.	Klassifikation VDE 0300 Teil 5-2
ICS 17.220.99; 29.020; 31.020 Electrostatics Part 5-2: Protection of electronic devices from electrostatic phenomena User guide (IEC 61340-5-2:1999); German version EN 61340-5-2:2001 + Corrigendum 2001 Electrostatique Partie 5-2: Protection des dispositifs électroniques contre les phénomènes électrostatiques Guide d'utilisation (CEI 61340-5-2:1999); Version allemande EN 61340-5-2:2001 + Corrigendum 2001 Die Europäische Norm EN 61340-5-2:2001 hat den Status einer Deutschen Norm. Beginn der Gültigkeit Die EN 61340-5-2 wurde 2000-11-01 angenommen. Daneben dürfen DIN EN 100015-1:1993-06, DIN EN 100015-2:1995-10, DIN EN 100015-3:1995-10 und DIN EN 100015-4:1995-10 noch bis 2003-11-01 angewendet werden. Nationales Vorwort Für die vorliegende Norm ist das nationale Arbeitsgremium K 185 „Elektrostatik“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE zuständig. Norm-Inhalt war veröffentlicht als E DIN IEC 15D/48/CD:1996-02. Die enthaltene IEC-Publikation wurde vom TC 101 „Electrostatics“ erarbeitet. Mit DIN EN 61340-5-1 (VDE 0300 Teil 5-1):2001-08 Ersatz für DIN EN 100015-1:1993-06 DIN EN 100015-2:1995-10 DIN EN 100015-3:1995-10 DIN EN 100015-4:1995-10 Siehe Änderungen Fortsetzung Seite 2 und 3 und 53 Seiten EN DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE		

Änderungen

Gegenüber DIN EN 100015-1:1993-06, DIN EN 100015-2:1995-10, DIN EN 100015-3:1995-10 und DIN EN 100015-4:1995-10 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Die 4 Teile der Normenreihe wurden neu gegliedert in die beiden Normen **EN 61340-5-1** „Allgemeine Anforderungen“ und EN 61340-5-2 „Benutzerhandbuch“.
- b) Der technische Inhalt wurde grundlegend überarbeitet.

Frühere Ausgaben

DIN EN 100015-1:1993-06

DIN EN 100015-2:1995-10

DIN EN 100015-3:1995-10

DIN EN 100015-4:1995-10

Nationaler Anhang NA (informativ)

Zusammenhang mit Europäischen und Internationalen Normen

Für den Fall einer undatierten Verweisung im normativen Text (Verweisung auf eine Norm ohne Angabe des Ausgabedatums und ohne Hinweis auf eine Abschnittsnummer, eine Tabelle, ein Bild usw.) bezieht sich die Verweisung auf die jeweils neueste gültige Ausgabe der in Bezug genommenen Norm.

Für den Fall einer datierten Verweisung im normativen Text bezieht sich die Verweisung immer auf die in Bezug genommene Ausgabe der Norm.

Der Zusammenhang der zitierten Normen mit den entsprechenden Deutschen Normen ist nachstehend wiedergegeben. Zum Zeitpunkt der Veröffentlichung dieser Norm waren die angegebenen Ausgaben gültig.

IEC hat 1997 die Benummerung der IEC-Publikationen geändert. Zu den bisher verwendeten Normnummern wird jeweils 60000 addiert. So ist zum Beispiel aus IEC 68 nun IEC 60068 geworden.

Tabelle NA.1

Europäische Norm	Internationale Norm	Deutsche Norm	Klassifikation im VDE-Vorschriftenwerk
–	IEC 60479-1:1994	DIN V VDE V 0140-479 (VDE V 0140 Teil 479):1996-02	VDE V 0140 Teil 479
–	IEC 60479-2:1987	DIN VDE 0800-1 (VDE 0800 Teil 1):1989-05*)	VDE 0800 Teil 1
EN 61010-1:1993 *) EN 61010-1/A2: 1995	IEC 61010-1:1990 A1:1992 A2:1995	DIN EN 61010-1 (VDE 0411 Teil 1):1994-03*) DIN EN 61010-1 Berichtigung 1 (VDE 0411 Teil 1 Berichtigung 1):1998-11 DIN EN 61010-1/A2 (VDE 0411 Teil 1/A1):1996-05 DIN EN 61010-1/A2 Berichtigung 1 (VDE 0411 Teil 1/A1 Berichtigung 1):1998-11	VDE 0411 Teil 1 VDE 0411 Teil 1 Berichtigung 1 VDE 0411 Teil 1/A1 VDE 0411 Teil 1/A1 Berichtigung 1
–	IEC 61340-4-1:1998	DIN IEC 61340-4-1 (VDE 0303 Teil 83):1997-04	VDE 0303 Teil 83
EN 61340-5-1:2001	IEC 61340-5-1:1999	DIN EN 61340-5-1:2001-08	VDE 0303 Teil 5-1
*) nicht übereinstimmend			

Nationaler Anhang NB (informativ) Literaturhinweise

DIN EN 61010-1 (VDE 0411 Teil 1), Sicherheitsbestimmungen für elektrische Mess-, Steuer-, Regel- und Laborgeräte – Teil 1: Allgemeine Anforderungen (IEC 61010-1:1990 + A 1:1992, modifiziert); Deutsche Fassung EN 61010-1:1993.

DIN EN 61010-1 Berichtigung 1 (VDE 0411 Teil 1 Berichtigung 1), Berichtigung zu DIN EN 61010-1 (VDE 0411 Teil 1):1994-03 (EN 61010-1:1993).

DIN EN 61010-1/A2 (VDE 0411 Teil 1/A1), Sicherheitsbestimmungen für elektrische Mess-, Steuer-, Regel- und Laborgeräte – Teil 1: Allgemeine Anforderungen (IEC 61010-1:1990/A2:1995); Deutsche Fassung EN 61010-1/A2:1995.

DIN EN 61010-1/A2 Berichtigung 1 (VDE 0411 Teil 1/A1 Berichtigung 1), Berichtigung zu DIN EN 61010-1/A2 (VDE 0411 Teil 1/A1):1996-05 (EN 61010-1/A2:1995).

DIN IEC 61340-4-1 (VDE 0303 Teil 83), Elektrostatik – Teil 4: Festgelegte Messverfahren für spezifische Anwendungen; Hauptabschnitt 1: Elektrostatisches Verhalten von Fußbodenbelägen und verlegten Fußböden (IEC 61340-4-1:1995).

DIN EN 61340-5-1 (VDE 0300 Teil 5-1), Elektrostatik – Teil 5-1: Schutz von elektronischen Bauelementen gegen elektrostatische Phänomene – Allgemeine Anforderungen (IEC 61340-5-1:1998 + Corrigendum 1999); Deutsche Fassung EN 61340-5-1:2001 + Corrigendum 2001.

DIN V VDE V 0140-479 (VDE V 0140 Teil 479), Wirkungen des elektrischen Stromes auf Menschen und Nutztiere – Allgemeine Aspekte; Identisch mit IEC-Report 60479-1:1994.

DIN VDE 0800-1 (VDE 0800 Teil 1), Fernmeldetechnik; Allgemeine Begriffe, Anforderungen und Prüfungen für die Sicherheit der Anlagen und Geräte.

– Leerseite –

Deutsche Fassung

Elektrostatik -
Teil 5-2: Schutz von elektronischen Bauelementen
gegen elektrostatische Phänomene
Benutzerhandbuch
(IEC 61340-5-2:1999)

Electrostatics
Part 5-2: Protection of electronic devices
from electrostatic phenomena
User guide
(IEC 61340-5-2:1999)

Electrostatique
Partie 5-2: Protection des dispositifs
électroniques contre les phénomènes
électrostatiques
Guide d'utilisation -
(CEI 61340-5-2:1999)

Diese Europäische Norm wurde von CENELEC am 2000-11-01 angenommen. Die CENELEC-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist.

Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim Zentralsekretariat oder bei jedem CENELEC-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

Diese Europäische Norm besteht in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch). Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CENELEC-Mitglied in eigener Verantwortung durch Übersetzung in seine Landessprache gemacht und dem Zentralsekretariat mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CENELEC-Mitglieder sind die nationalen elektrotechnischen Komitees von Belgien, Dänemark, Deutschland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Luxemburg, Niederlande, Norwegen, Österreich, Portugal, Schweden, Schweiz, Spanien, der Tschechischen Republik und dem Vereinigten Königreich.

CENELEC

Europäisches Komitee für Elektrotechnische Normung
European Committee for Electrotechnical Standardization
Comité Européen de Normalisation Electrotechnique

Zentralsekretariat: rue de Stassart 35, B-1050 Brüssel

Vorwort

Der Text der Technischen Spezifikation IEC 61340-5-2:1999, ausgearbeitet von dem IEC TC 101 „Electrostatics“, wurde dem Einstufigen Annahmeverfahren unterworfen und von CENELEC am 2000-11-01 ohne irgendwelche Abänderung als EN 61340-5-2 angenommen.

Diese Europäische Norm und die EN 61340-5-1 ersetzen zusammen die Normen der Reihe EN 100015.

Nachstehende Daten wurden festgelegt:

- spätestes Datum, zu dem die EN auf nationaler Ebene durch Veröffentlichung einer identischen nationalen Norm oder durch Anerkennung übernommen werden muss (dop): 2001-11-01
- spätestes Datum, zu dem nationale Normen, die der EN entgegenstehen, zurückgezogen werden müssen (dow): 2003-11-01

Dieser Teil 5-2 muss in Verbindung mit **EN 61340-5-1** gelesen werden.

Unterabschnitte, Tabellen und Bilder, die zusätzlich zu denen, die in EN 61340-5-1 sind, aufgenommen werden, werden mit 101 beginnend nummeriert. Anhänge, die zusätzlich zu denen, die im Teil 1 aufgeführt sind, aufgenommen werden, werden mit DD, EE usw. bezeichnet.

Anhänge, die als „normativ“ bezeichnet sind, gehören zum Norminhalt.

Anhänge, die als „informativ“ bezeichnet sind, enthalten nur Informationen.

In dieser Norm sind die Anhänge A und ZA normativ und die Anhänge B, C, DD, EE und FF informativ.

Der Anhang ZA wurde von CENELEC hinzugefügt.

Anerkennungsnotiz

Der Text der Technischen Spezifikation IEC 61340-5-2:1999 wurde von CENELEC ohne irgendeine Abänderung als Europäische Norm angenommen.

Einleitung.....	6
1 Anwendungsbereich.....	7
2 Normative Verweisungen	9
3 Begriffe.....	9
4 Schilder und Kennzeichnungen – Allgemein.....	10
4.1 Kennzeichnung.....	10
4.1.1 ESDS-Kennzeichnung	11
4.1.2 Verpackungskennzeichnung.....	11
4.1.3 Gerätekennzeichnung.....	12
4.3 Schilder für ESD-Schutzzonen (EPA)	12
5 ESD-Schutzzone (EPA) – Allgemein.....	12
5.1 Gestaltung	12
5.1.1 Allgemein	12
5.1.3 Hochspannungs-EPA.....	13
5.2 Anforderungen für spezielle ESD-Schutzgegenstände.....	13
5.2.1 Allgemein	13
5.2.2 Arbeitsoberflächen und Lagerregale.....	13
5.2.3 Fußböden.....	14
5.2.4 Sitzgelegenheiten.....	14
5.2.5 Kleidung	15
5.2.6 Handschuhe und Fingerlinge	15
5.2.7 Handgelenkerdungsband.....	15
5.2.8 Schuhwerk	16
5.2.9 Ionisatoren (siehe [3])	16
5.2.10 Werkzeuge, Maschinen, Materialverteiler und Prüfgeräte.....	21
5.2.11 Roll- und Handwagen.....	22
5.3 Aufbau einer EPA.....	22
5.3.1 Allgemein	22
5.3.2 EPA-Erdungseinrichtung.....	23
5.3.3 EPA-Erdungsanschlusspunkt (EBP).....	23
5.3.4 EPA-Erdungskabel.....	23
5.3.5 Elektrostatische Felder	24
5.3.6 Konformitätsbescheinigung.....	24
5.4 Arbeiten im Feld	24
5.5 EPA-Arbeitspraktiken	25
6 Schutzverpackung.....	26
7 Einkauf, Wareneingang, Lagerung und Handhabung.....	28
7.1 Allgemein	28
7.2 Einkauf	28

EN 61340-5-2:2001

7.3	Eingang und Lagerung	28
7.4	Auspacken, Kontrolle und Lagerung innerhalb einer EPA	28
8	Schulung.....	29
8.1	Entsprechend strukturierte ESD-Schulung.....	29
8.2	Mitarbeiterschulung	30
8.4	Elemente zur Berücksichtigung in der Schulung.....	30
8.5	Wiederholungsschulung	30
8.6	Liste geschulter Mitarbeiter	31
8.7	Schulung durch den ESD-Beauftragten	31
8.8	Qualifikation des Schulenden.....	31
9	Qualitätsverantwortung.....	31
9.1	Verantwortlichkeit	31
9.2	ESD-Beauftragter	31
9.3	Beschaffung von ESD-Schutzelementen	32
9.4	Überprüfung der elektrostatischen Vorsichtsmaßnahmen	32
9.6	Tägliche Überprüfungen.....	33
9.6.1	Tägliche Sichtkontrolle	33
9.6.2	Handgelenkerdungsband	34
9.6.3	Nicht-dauerhaftes Schuhwerk	34
9.7	Monatliche Überprüfung	34
9.8	Halbjährliche Prüfungen	34
9.8.1	Allgemein.....	34
9.8.2	Elektrostatische Felder.....	34
9.8.3	Schilder und Kennzeichen.....	34
10	Anweisungen für periodische Audits	35
10.1	Tabelle 1 in IEC 61340-5-1 Anforderungen an ESD-Schutzelemente	35
10.2	Tabelle 2 in IEC 61340-5-1 – Verpackungsmerkmale	37
10.3	Tabelle 3 in IEC 61340-5-1 – Beispiel für einen Auditbericht (Zusammenfassung).....	37
10.4	Tabelle 4 in IEC 61340-5-1 – EPA-Geräteliste.....	37
	Anhang A (normativ) Messverfahren.....	38
A.1	Widerstandsmessverfahren zum Prüfen von Fußböden, Arbeitsoberflächen oder Lagerregalen	38
A.2	Widerstandsmessverfahren zum Überprüfen von Sitzgelegenheiten	38
A.3	Widerstandsmessverfahren zum Prüfen von Kleidung	38
A.5	Handgelenkerdungsbander, Schuhwerk, Fingerlinge und Werkzeuge	38
A.6	Prüfverfahren und Ausrüstung für Ionisation (siehe [3]).....	39
A.7	Messverfahren zur Bewertung der Leistungsfähigkeit von Material mit Schirmwirkung gegen elektrostatische Entladung – Beutel (siehe [3])	40
	Anhang B (informativ) Messverfahren zum Ladungsabbau	42
B.1	Verfahren zum Messen des Ladungsabbaus.....	42
	Anhang C (informativ) ESD-Designhinweise zur Minimierung von ESD-Effekten.....	43

C.1 Kennzeichnung.....	43
C.3 Entwurf ESD-empfindlicher Bauelemente (ESDS)	43
C.4 Entwurf von Baugruppen.....	44
C.5 Verpackungsentwurf	45
C.6 Systemdesign.....	45
C.7 Verfahren zur Designentwicklung	45
Anhang DD (informativ) Grundlagen und Methoden zur Kontrolle von statischer Elektrizität	46
DD.1 Methoden	46
DD.2 Grundlagen	46
Anhang EE (informativ) Prinzipien der Beziehung zwischen Ladung, Ladungsdichte, Feld und Potential	49
EE.1 Isolierter leitfähiger Körper	49
EE.2 Isolierende Körper.....	49
Anhang FF (informativ) Literaturhinweise	52
Anhang ZA (normativ) Normative Verweisungen auf internationale Publikationen mit ihren entsprechenden europäischen Publikationen	53
 Bild 101 – Maximale auf dem Körper generierte Spannung in Abhängigkeit vom Widerstand.....	26

Einleitung

Elektrostatische Entladungen (ESD = Electrostatic Discharge) sind der Menschheit seit sehr langer Zeit bekannt, aber abgesehen von den relativ wenigen Unglücklichen, die vom Blitz getroffen worden sind, hatten sie sehr wenig Einfluss auf unser Leben. Entwicklungen der letzten Jahre haben dies geändert, und heute beeinflussen elektrostatische Entladungen mehr Bereiche unseres Lebens. Speziell wer mit Sprengstoff, hochtechnologischen medizinischen Geräten und Elektronik arbeitet, muss sich der Auswirkungen und wie diese verhindert werden können bewusst sein.

Schädigungsrisiken für Halbleiterbauelemente und einige andere elektronische Bauelemente entstehen auf zwei Arten durch statische Elektrizität:

- Entladungen statischer Elektrizität von Leitern oder aufgeladenen Isolatoren verursachen Aufschmelzungen oder Verdampfen von feinen Bahnen auf integrierten Schaltungen;
- elektrische Felder aufgeladener Leiter oder Isolatoren verursachen elektrische Durchbrüche an Isolationen zwischen Strukturen auf integrierten Schaltungen.

Um diese Risiken zu vermeiden muss sichergestellt werden, dass auf Oberflächen in der Umgebung von oder die in Kontakt mit empfindlichen Teilen kommen, keine hohen Spannungen entstehen und dass es keine Entladungen auf solche Teile gibt.

Beim Erstellen der **IEC 61340-5-1** wurde ihre Anwendung durch Firmen aller Größen in Betrachtung gezogen. Faktoren wie Wirtschaftlichkeit (Kosteneffizienz) und einfache Anwendung wurden zusätzlich zu den traditionellen Überlegungen, wie technische Effektivität, herangezogen. Es wurden alle Anstrengungen unternommen, um sicherzustellen, dass sie wissenschaftlich korrekt ist, aber ihre praktische Anwendung wurde immer in den Vordergrund gestellt.

Personensicherheit wurde bei der Anfertigung der **IEC 61340-5-1** berücksichtigt, mit dem Schwerpunkt, dass beim Einrichten einer ESD-Schutzzone (EPA = ESD Protected Area) kein zusätzliches Sicherheitsrisiko durch die Anwendungen dieser technischen Spezifikation erzeugt wird. Es ist nicht beabsichtigt, dass die Anwendung von **IEC 61340-5-1** alleine einen sicheren Bereich oder eine sichere Arbeitsumgebung garantiert. Deshalb müssen zusätzlich zu den Erfordernissen von **IEC 61340-5-1** alle lokalen relevanten Gesetzgebungen und Arbeitspraktiken befolgt werden.

Viele Anwender der **IEC 61340-5-1** müssen oder wollen sie vollständig einführen. Es wird jedoch einige Fälle geben, in denen Teile davon für die ausgeführten Prozesse nicht relevant sind oder gebraucht werden. Wo dies der Fall ist, müssen nur die relevanten Teile der technischen Spezifikation befolgt werden. Jedoch sollte dies in Fällen, in denen nur teilweise Übereinstimmung erzielt wurde, allen Betroffenen klargemacht werden.

Die **IEC 61340-5-1** und ihr Benutzerhandbuch zielen rein auf Elektronik ab. Viele Leute, einschließlich einiger innerhalb der Halbleiter- und Elektronikindustrie, sind lange Zeit skeptisch gewesen bezüglich Effekten von Schädigung durch ESD. Dies trifft vor allem dann zu, wenn die ESD-Ladungen und -Potentiale unterhalb derer gewesen sind, die üblicherweise durch menschliche Empfindungen bemerkt werden (zwischen 2 kV und 5 kV), während die Bausteine eine Schädigung erleiden bis runter zum 1-kV-Niveau oder niedriger. Durch einen anhaltenden Bildungsprozess ist sich nun ein Großteil der Industrie der Konsequenzen von ESD-Schädigungen bewusst und sieht ein, dass Schäden sehr kostspielig sind.

Wenn keine ESD-Handhabungsvorsichtsmaßnahmen getroffen werden, kann ein hoher Anteil an Ausfällen elektronischer Geräte, ESD-Schädigungen zugeordnet werden. Diese Zahl kann theoretisch durch Anwendung der in **IEC 61340-5-1** beschriebenen Vorsichtsmaßnahmen in allen Bereichen auf Null reduziert werden. Derzeit ist es im Reinraumbereich der Waferfertigung am schwierigsten, alle Vorsichtsmaßnahmen auszuführen.

IEC 61340-5-1 basiert hauptsächlich auf früheren Arbeiten, die zur Veröffentlichung der Europäischen Norm EN 100015 [1]¹⁾ führten. Im Allgemeinen ist der Text von EN 100015 verwendet worden; jedoch sind einige Änderungen im Licht neuerer Erkenntnisse durchgeführt worden. Einige EPA, die ursprünglich der Europäischen Norm oder anderen Normen entsprachen, sind möglicherweise nicht konform mit den

¹⁾ Zahlen in eckigen Klammern beziehen sich auf das Literaturverzeichnis in [Anhang FF](#)

Anforderungen von IEC 61340-5-1. In diesen Fällen sollte der ESD-Beauftragte jegliche Anstrengung unternehmen, um die EPA in der kürzest möglichen Zeit zu verbessern, damit sie IEC 61340-5-1 entspricht.

Übereinstimmung mit IEC 61340-5-1 betrifft nur die Installation von neuen Einrichtungen; existierende Einrichtungen, die nicht der Norm entsprechen, sollten sobald wie möglich ersetzt werden. Für die Übergangsdauer sollten extra Vorsichtsmaßnahmen getroffen werden.

Die Entscheidung, ein Benutzerhandbuch zusätzlich zu IEC 61340-5-1 zu erstellen, wurde getroffen, um dem Anwender zu helfen, IEC 61340-5-1 einzuführen, ohne eine Reihe von Spezialisten und Beratern anstellen zu müssen. Sie versucht nicht, als umfassendes Buch zur Theorie der Elektrostatik zu erscheinen. Es gibt bereits viele Bücher und Zeitschriften auf dem Markt, die diesen Bereich mehr als genug abdecken.

Die Produktion dieses Benutzerhandbuchs, das Anleitungen genauso beinhaltet wie Hintergründe für spezifische Anforderungen, hat die Erstellung eines dünneren und klareren Dokumentes mit Anforderungen erlaubt.

1 Anwendungsbereich

1.1 Diese technische Spezifikation zielt darauf ab, den Schutz aller elektronischen Bauelemente mit einer Spannungsempfindlichkeit von nicht weniger als 100 V während ihrer gesamten Lebensdauer abzudecken. Das bedeutet vom Beginn der Herstellung über den Zusammenbau, Gebrauch und mögliche Reparaturen, bis zum Ende der Lebensdauer des Produktes.

Diese technische Spezifikation gilt für elektronische Bauelemente, Baugruppen und Unterbaugruppen mit einer Empfindlichkeit von 100 V oder höher (Human Body Model (HBM)), und deckt somit fast alle erhältlichen Gegenstände ab. Es gibt am Markt einige Artikel, die bei niedrigeren Spannungen Schaden erleiden können. Wenn diese verwendet werden, sollten zusätzliche oder andere Maßnahmen ergriffen werden. Diese werden weder von IEC 61340-5-1 noch von diesem Benutzerhandbuch abgedeckt, da es nicht vernünftig und wirtschaftlich wäre, eine normale EPA daraufhin auszustatten. Zusätzliche Informationen dazu können in vielen der in den Literaturhinweisen genannten Bezüge gefunden werden.

Das HBM wurde als Hauptkriterium gewählt, da Schädigung durch menschlichen Kontakt selbst in der heutigen automatisierten Gesellschaft immer noch die Hauptursache ist. Es gibt viele Werte für HBM in verschiedenen Quellen, aber hier wurden 100 pF und 1 500 Ω gewählt.

1.2 Niedrige Luftfeuchte

Bei niedriger Luftfeuchte ist der Abbau von elektrostatischen Ladungen oft sehr schwierig und einige Materialien funktionieren eventuell nicht effektiv. Oberhalb von ca. 20 % relativer Luftfeuchte behalten die meisten Materialien ihre Leistungsfähigkeit bei. Wo die relative Luftfeuchte geringer werden kann, muss der Benutzer dem ausgewählten Material besondere Beachtung schenken, damit es auch bei der niedrigsten zu erwartenden relativen Luftfeuchte effektiv funktioniert. Dies ist insbesondere für sehr kalte Regionen und für solche ohne Meeresklima von besonderer Bedeutung.

1.3 Reinräume

In Reinräumen werden die speziellen Bereiche als Klasse 100 oder besser angesehen. Viele der derzeit verwendeten Techniken genügen den Reinraumanforderungen nicht, wie z. B. Kohlefaserabrieb, Aerosole von Sprays und Partikel von Ionisationsnadeln. Einige alternative Materialien sind verfügbar und verbesserte sind noch in der Entwicklungsphase, die beide Bedingungen erfüllen und deshalb benutzt werden sollten. Dieser Bereich ist besonders wichtig, da die Reinraumarbeit ein wesentlicher Teil der Halbleiterherstellung ist. Beschädigungen zu diesem Zeitpunkt können zu unbemerkt vorgeschädigten Bausteinen führen, die sehr hohe Kosten verursachen können. Die Reinraumanwendungen sind derzeit am schwersten zu kontrollieren, insbesondere für Räume der Klasse 10 und der Klasse 1. IEC 61340-5-1 stellt den derzeitigen Technologiestand dar. Sobald neue und verbesserte Materialien und Techniken verfügbar werden, wird dieser Bereich zum Nutzen der Zuverlässigkeit verbessert.

1.4 Hochspannung

Der Begriff „Hochspannung“ wird in diesem Zusammenhang für jede Spannung größer 250 V Wechsel- oder 500 V Gleichspannung verwendet. Diese Terminologie unterscheidet sich von den in anderen Bereichen verwendeten Definitionen, wie z. B. bei einigen Europäischen Normen, wo höhere Spannungen angegeben werden.

Zugängliche Hochspannungen sind üblicherweise in den meisten Fertigungsbereichen nicht vorhanden. Es gibt aber Bereiche, die zugängliche Spannungen verlangen, die höher als die Netzversorgung sind. Beispiele sind Bereiche für Hochspannungssicherheitsprüfungen sowie für Bildschirm-Prüfungen und Reparaturen. Maßnahmen zur Vermeidung von ESD-Schäden unter Beibehaltung des Personenschutzes sind spezifiziert. Aus diesem Grund sind alle Spannungen als Hochspannungen zu betrachten, die größer als die üblichen Netzversorgungen sind, einschließlich der Dreiphasenversorgungen. Weltweit betrachtet ist das ein Nennwert von 230 V oder 117 V, und um Schwankungen abzudecken, ist 250 V Wechselspannung erlaubt, die in den meisten Sicherheitsbereichen 500 V Gleichspannung entspricht.

1.5 Relative Luftfeuchte (relative humidity = r.h.)

In Bereichen, wo die relative Luftfeuchte zum ESD-Schutz und aus anderen Gründen geregelt wird, sind 50 % relative Luftfeuchte für die meisten Prozesse geeignet. Die Änderung der relativen Luftfeuchte und die Änderungsgeschwindigkeit der relativen Luftfeuchte sollten so klein wie möglich gehalten werden.

Die Materialeigenschaften variieren, je nach Material, stark mit Änderung der relativen Luftfeuchte. In vereinfachter Weise betrachtet, werden Materialien mit hoher Leitfähigkeit ($< 10^7 \Omega$ Oberflächenwiderstand) sich nur sehr wenig verändern, während Materialien mit höherem Widerstand einer wesentlichen Widerstandszunahme bei abnehmender relativer Luftfeuchte unterliegen. Dies ist kein linearer Effekt und Änderungen oberhalb von 40 % relativer Luftfeuchte sind üblicherweise sehr gering, aber bei 20 % bis 30 % kann es zu Änderungen bis zu zwei Größenordnungen (Faktor 100) mit weiteren Zunahmen unterhalb 20 % kommen. Einige Naturstoffe, wie z. B. Baumwolle, unterliegen einer sehr großen Änderung des spezifischen Widerstandes über einen engen relativen Luftfeuchtenbereich. Die Untersuchung der Ladungsabbaucharakteristik ist die technisch korrekte Messung, und wo Probleme erwartet werden, sollte sie zusätzlich zu Widerstandsmessungen durchgeführt werden.

Wenn Messungen an hochohmigen Materialien bei höheren Werten der relativen Luftfeuchte durchgeführt werden, sollte Sorgfalt geboten sein, um sicherzustellen, dass der gemessene Widerstand auch der des Materials ist und nicht der durch die Oberfläche oder Umgebung beeinflusste. Die Benutzung von hohen relativen Luftfeuchten ist nicht als das bevorzugte Verfahren gedacht um, ESD zu kontrollieren, und hohe Luftfeuchte kann zusätzliche ungewollte Effekte, wie z. B. Korrosion, verursachen.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden normativen Dokumente enthalten Festlegungen, die durch Verweisung in diesem Text Bestandteil dieser Internationalen Norm sind. Bei datierten Verweisungen gelten spätere Änderungen oder Überarbeitungen dieser Publikationen nicht. Anwender dieser Internationalen Norm werden jedoch gebeten, die Möglichkeit zu prüfen, die jeweils neuesten Ausgaben der nachfolgend angegebenen normativen Dokumente anzuwenden. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen normativen Dokuments. Mitglieder von ISO und IEC führen Verzeichnisse der gültigen Internationalen Normen.

IEC 66479-1:1994, *Effects of current on human beings and livestock – Part 1: General aspects*.

IEC/TR2 60479-2:1987, *Effects of current passing through the human body – Part 2: Special aspects*.

IEC 61010-1:1990, *Safety requirements for electrical equipment for measurement, control and laboratory use – General requirements*.

IEC 61340-4-1:1995, *Electrostatics – Part 4: Standard test methods for specific applications – Section 1: Electrostatic behaviour of floor coverings and installed floors*.

IEC 61340-5-1:1998, *Electrostatics – Part 5-1: Protection of electronic devices from electrostatic phenomena – General requirements*.

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Technischen Reports gelten die Begriffe von IEC 61340-5-1 mit den folgenden Verdeutlichungen.

3.2

Bauelement, das gegen elektrostatische Entladungen empfindlich ist (ESDS)

Gemäß IEC 61340-5-1 „Ein diskretes Bauelement, eine integrierte Schaltung oder eine Baugruppe, die durch elektrostatische Felder oder eine elektrostatische Entladung während routinemäßiger Handhabung, Prüfung und Transport beschädigt werden kann.“

Beschädigung bezieht sich in diesem Sinne auf jede Vorschädigung, Parameterveränderung oder jedes Fehlverhalten der Bauelementfunktion.

3.18

Verpackungseigenschaften

Deckt den Begriff „low charging“ (gering aufladbar) und elektrostatisch abschirmend zusätzlich zu den Widerstands- und Ladungsabbaueigenschaften ab.

Es sollte auch angemerkt werden, dass, obwohl die Begriffe antistatisch und astatistisch allgemeine Verwendung in der Industrie und in einigen Dokumenten erlangt haben, der Begriff „low charging“ (gering aufladbar) wurde verwendet, da sowohl antistatisch als auch astatistisch mit anderen Bedeutungen verwendet wurde und verwirren kann.

Der Begriff „low charging“ (gering aufladbar) wurde häufig definiert als eine „Verpackung mit der Eigenschaft, Ladungsentstehung beim Reiben gegen oder Trennen von gleichen oder anderen Materialien zu minimieren“. Gemäß Abschnitt 6 darf eine „Low-charging-Verpackung“ als eine komplette Verpackung benutzt werden, so dass eine quantitative Struktur verlangt ist.

3.101

Abkürzungen und Symbole

a.c.	Wechselstrom (alternating current)
C	Kapazität (Farad)
°C	Grad Celsius (Temperatur)
CDM	Charge Device Model
d.c.	Gleichstrom (direct current)
E	Energie (Joules)
EMI	Elektromagnetische Verträglichkeit (electro magnetic interference)
FIFO	als erstes rein, als erstes raus (first in, first out)
HBM	Human Body Model
I	Strom (Ampere)
IC	Integrierte Schaltung (integrated circuit, chip)
JIT	genau rechtzeitig (just in time)
MM	Maschinen Model
MTBF	mittlere Zeit zwischen Fehlern
r.h.	relative Luftfeuchte
QA	Qualitätssicherung
QE	Qualitätsingenieurwesen
PCB	gedruckter Schaltkreis
PWB	gedruckte Platine
SMT	Oberflächenmontagentechnik
SPC	statistische Prozesskontrolle
TQM	totales Qualitätsmanagement
VDU	Videoanzeige
σ	Oberflächenladungsdichte (pC/cm ²)

4 Schilder und Kennzeichnungen – Allgemein

Kennzeichnungen und Schilder sind notwendig für die Erkennung und Identifizierung von ESDS und Schutzmaterialien. Diese Schilder werden zum Teil in der Landessprache oder in Sprachen wie z. B. ESD Protected Area geschrieben, aber die Verwendung von international anerkannten Symbolen, wie z. B. das Handsymbol in den **Bildern 1, 2 und 3 in IEC 61340-5-1** ist so weit als möglich empfohlen, zumal viele Produkte für den internationalen Gebrauch vorgesehen sind.

4.1 Kennzeichnung

Kennzeichnungen sind für ESDS, ESD-Verpackungsmaterial und EPA geeignete Materialien festgelegt und verfügbar. Es ist wichtig, dass diese benutzt werden, wann immer es möglich ist.

Kennzeichnungen auf ESDS, ESD-Verpackungsmaterialien und EPA geeignete Materialien existieren, um Benutzer zu informieren, dass die Bauelemente, die Bauelemente innerhalb der Verpackung oder Bauelemente in dem Bereich elektrostatisch empfindlich sind und dass Schutzmaßnahmen angewendet werden müssen, um Schädigungen zu verhindern.

Diese Kennzeichnungen müssen sichtbar sein, und wo der Platz es erlaubt, wie z. B. an allen gedruckten Schaltungsplatinen, Baugruppen und größeren integrierten Schaltungen und Bauelementen, müssen die Produkte gekennzeichnet sein. Es ist klar, dass an einigen kleinen ESDS die Kennzeichnung nicht möglich ist und deshalb auf der Verpackung angebracht sein muss. Ein international anerkanntes und bestätigtes Zeichen, das der durchgestrichenen Hand, wird üblicherweise für diesen Zweck verwendet. Es hat den Vorteil gegenüber etwas Geschriebenem, dass es sprachunabhängig ist. Wenn etwas Geschriebenes verwendet wird, dann sollte es in der Sprache der Hauptnutzer geschrieben sein. Ein Teil dieser Erkennung ist die Farbe, wobei eine gelbe Hand auf schwarzem Hintergrund die bevorzugte Farbe ist.

Wo diese Farbe deutlich ungeeignet ist, z. B. in Schwarz-weiß-Druckern, direkter Einfarbindruck auf weder schwarzen noch gelben Gehäusen oder auf gedruckten Leiterplatten oder anderen Gegenständen, dürfen andere Farben verwendet werden, vorausgesetzt, sie verursachen keine Zweideutigkeit. Es ist zu beachten, dass unter keinen Umständen schwarz und gelb vertauscht werden, da diese Kombination als Gefahrenweisung bei Feuer verwendet wird.

4.1.1 ESDS-Kennzeichnung

ESDS sollten, wenn möglich, das in [IEC 61340-5-1, Bilder 1 bis 3](#), gezeigte Symbol beinhalten, sowohl auf Bauelemente als auch auf Baugruppen (siehe [C.2 in IEC 61340-5-1](#)).

4.1.2 Verpackungskennzeichnung

In früheren Normen und Berichten wurde das Handsymbol sowohl für ESDS und ESD-Verpackungsmaterial als auch für EPA geeignete Materialien verwendet, es wurde aber erkannt, dass dies Verwirrung bei nicht-technischem Personal hervorrufen kann. Diese können annehmen, dass die Schutzverpackung das ESDS ist, und deshalb wurde der Schutzbogen oder Schirm hinzugefügt. Der Verpackungstyp sollte mit abschirmend gegen elektrostatische Entladung, elektrostatisch leitfähig, elektrostatisch ableitend oder „low charging“ (gering aufladbar) nach der hauptsächlich beabsichtigten Funktion der Verpackung gekennzeichnet sein. Material, das für die EPA geeignet ist, sollte mit EPA gekennzeichnet sein. Diese Symbole sind in den [Bildern 4 und 5 in IEC 61340-5-1](#) gezeigt.

Das ESDS-Schutzsymbol ([Bild 4 in IEC 61340-5-1](#)) sollte idealerweise an allen Verpackungsmaterialien angebracht sein. In einigen Fällen, wo dieses ungeeignet ist, z. B. auf elektrostatisch leitfähigem Schaum, sollte das Symbol zu Erkennungszwecken auf der äußeren Box angebracht sein.

Die zusätzlich geforderte Information ist in [4.2.1 in IEC 61340-5-1](#) beschrieben. Die Hauptfunktion ist üblicherweise im Symbol enthalten. Zusätzliche Information auf dem Aufkleber kann in Form einer einheitlichen Fertigungschargennummer oder in Form des Datums oder Dateicodes enthalten sein. Sie muss rückverfolgbar auf die Fertigungscharge sein, damit im Falle, dass ein Fertigungsproblem gefunden wird, ein Rückruf oder andere geeignete Maßnahmen eingeleitet werden können. Dies ermöglicht zusätzlich, dass, falls die Eigenschaften nicht permanent bestehen, ein Verfallsdatum eingeführt werden kann, z. B. für Beutel oder Versandtangen, die mit einer antistatischen Oberflächenbeschichtung versehen sind. Das Firmenzeichen des Herstellers ist nicht alleine aus Werbungsgründen angebracht, sondern dient auch dem Zweck, dass in Problemfällen die Rückverfolgbarkeit auf den Hersteller gegeben ist. Wenn es nicht möglich ist, einige oder alle Informationen aus Platz- oder sonstigen Gründen auf die Verpackung zu bringen, dann hat die Kennzeichnung des Herstellers eine höhere Priorität als die Fertigungsidentifizierung. Wenn gar keine Information auf dem Gegenstand gekennzeichnet ist, dann muss eine Konformitätserklärung jede Fertigungscharge begleiten und die fehlenden Einzelheiten aufweisen. Diese Information ist notwendig, um die Rückverfolgbarkeit, sicherzustellen. Einige Hersteller oder Benutzer können eventuell zusätzliche Informationen fordern, wie z. B. eine Datums-codierung zur Verhinderung der Überlagerung.

4.1.3 Gerätekennzeichnung

Es ist besonders wichtig, dass Geräte, die in eine EPA hinein- oder aus ihr herausgebracht werden, das Symbol mit den Buchstaben EPA enthalten, insbesondere wenn sie ähnlich wie nicht kompatible Geräte aussehen. Dies dient sowohl zur Reduzierung des Schädigungsrisikos für ESDS als auch zur Unterstützung beim Auditieren.

4.3 Schilder für ESD-Schutzzonen (EPA)

In großen EPA sollte der Benutzer auch ein Schild nach **Bild 10** mit der Beschriftung "Achtung Sie verlassen jetzt die EPA" in Betracht ziehen. Zusätzliche Verpackung zum Schutz von ESDS vor ESD darf dann notwendig sein.

Diese Schilder sind unerlässlich, da innerhalb von großen Fertigungsbereichen die EPA-Schutzmaßnahmen zu einem gewohnten Prozess werden. Ein Ausgang zu einer nicht EPA-Umgebung, wo unkontrollierte Bedingungen auftreten, braucht einen Erinnerungshinweis.

5 ESD-Schutzzone (EPA) – Allgemein

In Abschnitt 5 sind die individuellen Gegenstände und Materialien, Konstruktion und Gebrauch der EPA in verschiedene Abschnitte unterteilt. Die notwendigen Spezifikationen der meisten Grundmaterialien, Gegenstände, Werkzeuge und Maschinen sind in [5.2](#) beschrieben, genauso wie die Anwendung des Oberflächenwiderstandes. Die Anwendung der Materialien im Konstruktionsbereich ist in [5.3](#) beschrieben und Arbeitspraktiken, wie z. B. dem Benutzer zu sagen, dass ein Handgelenkerdungsband zu tragen ist, sind in [5.5](#) zu finden. Da lange Textabschnitte schwer zu lesen sind, sind für alle Teile die numerischen Spezifikationswerte in tabellarischer Form in der **Tabelle 1 in IEC 61340-5-1** zu finden und in zusätzlichen Paragraphen („Tabelle 1 – ...“) dieses Benutzerhandbuches erläutert.

Überall in Abschnitt 5 wird der Punkt-zu-Punkt-Widerstand diskutiert anstatt des Oberflächen- und Durchgangswiderstandes, der in früheren Normen und Berichten zu finden war. Diese Änderung wurde durchgeführt, um auch nicht-homogenen Materialien gerecht zu werden, die in den Anwendungen mehr und mehr gebräuchlich werden, und auch zur Vereinfachung der Prüfung. Ladungsableitzeiten wurden zusätzlich festgelegt, wo hohe Oberflächen-zu-Masse-Widerstandswerte $> 10^{10} \Omega$ (10 000 M Ω) gemessen wurden. Der Grund, die Widerstände als Hauptparameter zu verwenden, liegt in der Zweckmäßigkeit der Prüfung, da preiswerte Widerstandsmessungen verwendet werden können und sie sehr gut mit dem Ladungsabbau bei diesen geringen Widerstandswerten korrelieren.

5.1 Gestaltung

5.1.1 Allgemein

Die Gestaltungsvarianten einer EPA liegen darin, dass sie in jeder Größe von einem einzelnen Arbeitsplatz bis hin zur gesamten Werksausstattung von einigen tausend Quadratmetern vorhanden sein kann. In Fällen, wo es sich um einen neuen Bereich oder um die Grundrenovierung eines Bereiches handelt, wird empfohlen, den Aufbau so zu gestalten, dass der größte Teil des Bereiches eine einzige große EPA ergibt. Dadurch würden zu diesem Zeitpunkt nur wenig zusätzliche Hilfsquellen miteinbezogen werden müssen. Für bestehende Bereiche wird angenommen, dass umfangreiche Umbauten nicht durchführbar oder wirtschaftlich sind. In diesen Fällen sind auch kleine EPA oder verschiedene getrennte EPA, die den Gang nicht mit beinhalten, erlaubt. In diesem Fall sollte daran gedacht werden, falls der Fertigungsprozess oder andere für das Produkt wichtige Prozesse über mehr als eine EPA verlaufen, dass eventuell zusätzliche Verpackungen und Sicherheitsmaßnahmen gebraucht werden, wenn die Produkte zwischen den EPA befördert werden.

Ein Widerstand mit einem Nennwert von 1 M Ω wird allgemein in Handgelenkerdungsbandern und zum Erden von Arbeitsflächen verwendet. Sollte es passieren, dass ein Mitarbeiter einen stromführenden Leiter berührt, dann würde dieser Widerstand den Stromfluss durch die Person für normale Netzversorgungen (Dreiphasenleiter inbegriffen) auf weniger als 0,5 mA begrenzen.

Dieser Wert wird als sicher angesehen nach IEC 60479 und IEC 61010-1 (siehe 5.3.2 dieses Benutzerhandbuches). Wo unter normalen Arbeitsbedingungen die Möglichkeit besteht, dass derartige freiliegende stromführende Leiter berührt werden können, sollten auch zusätzliche Bauelemente zur Strombegrenzung oder Abschaltung berücksichtigt werden, und in einigen Bereichen werden sie eventuell durch die Gesetzgebung gefordert. In Bereichen, wo freiliegende Spannungen oberhalb der normalen Netzversorgung vorhanden sind, müssen zusätzliche Schutzmaßnahmen eingeführt werden, die anderswo in IEC 61340-5-1 und in diesem Benutzerhandbuch beschrieben sind.

Die Grenzen einer EPA müssen definiert werden und können je nach Typ der EPA verschieden sein. Sie haben aber üblicherweise eine farbige (aber keine statische Elektrizität erzeugende) Kennzeichnung auf dem Bodenbelag.

5.1.3 Hochspannungs-EPA

In einigen EPA können freiliegende Potentiale größer als 230 V Netz-Nennspannung vorhanden sein; z. B. extreme Hochspannung (EHT) um Bildröhren zu betreiben und für Hochspannungssicherheitsprüfungen. Wo diese vorhanden sein können, werden zusätzliche Sicherheitsvorkehrungen notwendig, um das Personal und die Produkte zu schützen. Diese Sicherheitsvorkehrungen sind anderswo in IEC 61340-5-1 und in diesem Benutzerhandbuch festgelegt, aber Warnhinweise, die den nationalen Gesetzesvorschriften entsprechen, sind notwendig.

5.2 Anforderungen für spezielle ESD-Schutzgegenstände

5.2.1 Allgemein

Gegenstände sollten bei geringer und hoher zu erwartender oder definierter relativer Luftfeuchte und üblicherweise bei $23\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ geprüft werden. Alle Gegenstände müssen vor der Prüfung lang genug dieser relativen Luftfeuchte ausgesetzt werden, bis eine Anpassung erreicht worden ist. Für viele dünne Materialien sind 16 Stunden eine geeignete Zeit. In vielen Fällen sind es Qualifikations- und weniger Geräteüberprüfungen. Für die meisten Vorort-Prüfungen und Audits wird es nicht praktikabel sein, den Bereich auf diesen Wert zu reduzieren. Der normale Wert der relativen Luftfeuchte zum Zeitpunkt der Prüfung sollte festgehalten werden.

Eine Anleitung für die Materialprüfungen kann in [2] gefunden werden.

Wie bereits in Absatz 1 erwähnt, wird die relative Luftfeuchte nur geringen Einfluss auf Materialien im niedrigeren Widerstandsbereich haben. Bei einigen Materialien mit höherem Widerstandswert kann der Widerstand bis zu zwei Größenordnungen (Faktor 100) oder mehr abnehmen, aber dieses hat keine Auswirkung auf seine Eigenschaft in Tabelle 1. Es besteht kein Grund, die Prüfungen bei hoher relativer Luftfeuchte zu wiederholen.

Jedes gleichwertige, alternative Prüfverfahren zu den Prüfverfahren, die in Anhang A erwähnt werden, darf verwendet werden, jedoch im Falle eines Konfliktes wird das Prüfverfahren aus dem Anhang als Referenzverfahren dienen.

Dieser Abschnitt definiert mehr die Materialien als die Konstruktion.

5.2.2 Arbeitsoberflächen und Lagerregale

Alle Arbeitsoberflächen müssen über einen Widerstand auf Erdpotential anzuschließen sein und einen Punkt-zu-Punkt-Widerstand wie in Tabelle 1 in IEC 61340-5-1 definiert haben. In einigen Fällen muss dieser Widerstand von der Oberfläche zur Erde ein diskreter Widerstand sein, er kann aber durch das Material gegeben sein, welches dann direkt geerdet wird. Falls die Arbeitsfläche der Bodenbelag ist, gibt es hier keine wesentlichen Unterschiede in den Materialanforderungen zwischen einem Arbeitstisch und dem als Arbeitsfläche benutzten Bodenbelag.

EN 61340-5-2:2001

Das Erden von Geräten oder Oberflächen in einer EPA durch Reihenschaltung oder durch Anordnung der Teile in Serie sollte nicht durchgeführt werden, da beim Auftreten einer Verbindungsunterbrechung das Risiko der Aufladung von Teilen und der ESD-Schädigung unnötigerweise erhöht wird.

5.2.3 Fußböden

Wo der Fußboden zur Personenerdung über geeignetes Schuhwerk dient, sollte er auch die gleichen Gesichtspunkte wie ein Handgelenkerdungsband erfüllen, wie in [Tabelle 1 in IEC 61340-5-1](#) gezeigt ist. In einigen Fällen kann die Ladung, die beim Gehen erzeugt wird, geringer sein als beim Sitzen, und höhere Werte können für den Erdableitwiderstand in Erwägung gezogen werden, sollten aber mit Vorsicht behandelt werden. Unter keinen Umständen sollten sie größer als $1 \times 10^9 \Omega$ sein. EPA, die keinen Bodenbelag beinhalten, dürfen auch verwendet werden, obwohl ein geeigneter Bodenbelag empfohlen wird. Geeignete Verpackungen müssen dann jedoch bereitgestellt werden, wenn ESDS zwischen den EPA transportiert werden.

Wo neue Gebäude errichtet werden, oder eine Grundrenovierung durchgeführt wird und EPA gefordert werden, ist es üblicherweise vergleichsweise einfach und kostengünstig, einen entsprechenden Bodenbelag einzusetzen. Für bestehende Gebäude mag die Benutzung von Bodenmatten kostengünstiger sein. Jedoch kann keine einzelne große EPA erstellt werden, außer wenn sie gerade aneinandergelegt werden, und zusätzliche Schutzmaßnahmen sind notwendig, um die Produkte zwischen den einzelnen EPA zu befördern.

Obwohl [Tabelle 1](#) einen maximalen Punkt-zu-Punkt-Widerstand und Erdableitwiderstand der Oberfläche von $10^9 \Omega$ (1 000 M Ω) erlaubt, ist es empfohlen, einen Maximalwert bei einer neuen Installation von $10^8 \Omega$ (100 M Ω) zum Zeitpunkt der Installation zu bevorzugen, um eine Alterung während des Gebrauchs zu erlauben. Für EPA, wo der Bodenbelag mit der Benutzung von leitfähigem Schuhwerk als vorrangiges Erdungssystem für die Mitarbeiter dient, wird ein bevorzugtes Maximum von $10^7 \Omega$ (10 M Ω) empfohlen, um die Einhaltung der Gesamtgrenze von $3,5 \times 10^7 \Omega$ (35 M Ω) zu ermöglichen (siehe [5.2.8](#)).

5.2.4 Sitzgelegenheiten

Es ist wichtig, dass „low charging“ (gering aufladbare) und geerdete Sitzgelegenheiten verwendet werden; trotzdem sollten Sitzgelegenheiten nie als Haupterdungsmaßnahme verwendet werden, da es doch Gelegenheiten durch menschliche Fehler gibt, dass Geräteabstürze oder schlechtes Design einen wichtigen Widerstandspfad zu Masse darstellen können.

In vielen Bereichen können Sitze im Notfall als Arbeits- oder Ablagefläche dienen, obwohl dies nicht empfohlen wird. Wenn ungeeignete Sitzgelegenheiten verwendet werden, können ESDS dadurch geschädigt werden.

Wenn Schuhwerk statt Handgelenkerdungsbander zum Erden benutzt und eine sitzende Tätigkeit ausgeführt wird, werden bei vielen Mitarbeitern Momente auftreten, wo das Schuhwerk nicht mit Erde in Verbindung ist. Ladungen und Potentiale können entstehen, wo kein Pfad zur Erde vorhanden ist. In dieser Situation kann der Ableitpfad über die Kleidung gehen (siehe [5.2.5](#)), vorausgesetzt, sie ist in Verbindung mit der Sitzgelegenheit.

Es sollte hervorgehoben werden, dass die Mitarbeiter bei sitzender Tätigkeit die Handgelenkerdungsbander benutzen sollten, wobei die Sitzgelegenheit als zweite Entladungsmaßnahme dienen sollte. Für den Fall, dass ein ESD-Beauftragter entscheiden sollte, dass es keine geeignete Alternative zur Verwendung der Sitzgelegenheit als Haupterdungsmaßnahme gibt, sollte der Erdableitwiderstand mit den Anforderungen für das Handgelenkerdungsbandsystem oder für Bodenbelag und Schuhwerk (z. B. 750 k Ω bis 35 M Ω) übereinstimmen (siehe [5.2.8](#)).

Sitze, die [IEC 61340-5-1](#) entsprechen, sollten geeignete Aufkleber als Identifikationshilfe tragen (siehe [Abschnitt 4](#)).

Es ist zulässig, die Teile des Sitzes, für die es unwahrscheinlich ist, dass sie mit dem Körper oder mit einem ESDS in Berührung kommen, z. B. die Unterseite des Sitzes, aus nicht-geeignetem Material herzustellen.