Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association suisse des électriciens, de l'Association des entreprises électriques suisses

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen

Band: 76 (1985)

Heft: 1

Artikel: Störung elektronischer Geräte durch elektrostatische Entladungen

Autor: Zimmerli, T.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-904537

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 10.12.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Störung elektronischer Geräte durch elektrostatische Entladungen

T. Zimmerli

Dieser Artikel stellt die Phänomene der elektrostatischen Aufladung und deren Einfluss auf elektronische Geräte dar. Es wird eine Norm beschrieben, die Räume in drei Klassen einteilt, entsprechend den Möglichkeiten, die Entstehung gefährlicher elektrostatischer Aufladungen zu verhindern. Eine weitere Norm über die Klassifizierung der Geräte wird folgen.

Cet article présente les phénomènes du chargement électrostatique et son influence sur des appareils électroniques. Une norme est décrite qui classifie en trois classes les locaux en vue des moyens pour éviter la formation du chargement dangereux. Une norme supplémentaire, quant à la classification des appareils, suivra.

Adresse des Autors

Dr. *T. Zimmerli*, Chef der Sektion Physik der EMPA St.Gallen, Unterstrasse 11, 9001 St.Gallen.

1. Einleitung

Probleme im Zusammenhang mit der Störung elektronischer Geräte durch elektrostatische Entladungen haben in der letzten Zeit immer wieder zu Diskussionen Anlass gegeben. Dies ist vor allem bedingt durch den vermehrten Einsatz von Personalcomputern und Terminals in Wohn- und Büroräumen. Die Benützer sind sich nicht sicher über die Massnahmen, die zum Schutz der Geräte gegen elektrostatische Entladungen getroffen werden müssen. Diese Verunsicherung wird noch gefördert durch die recht unterschiedlichen Meinungen, die in verschiedenen Fachzeitschriften vertreten werden [1; 2], bzw. durch die Anforderungen, die von den Geräteherstellern gestellt werden. Die SNV-Gruppe 142[1]) hat unter anderem die Aufgabe, etwas Klarheit in diese Fragen zu bringen. Als erstes Ergebnis ihrer Arbeit ist vor kurzem die Norm SN 429 001, Elektrostatische Aufladungen - Klassifizierung und Ausstattung von Räumen, erschienen, deren Zweck im ersten Abschnitt wie folgt umschrieben wird: «Die Norm klassifiziert Räume, in denen elektronische Geräte, Baugruppen oder Komponenten hergestellt, geprüft, repariert oder betrieben werden. Sie legt die für den Schutz gegen elektrostatische Aufladungen massgebenden Anforderungen an ihre Ausstattung fest. Die Einteilung erfolgt entsprechend den Möglichkeiten, die Entstehung elektrostatischer Aufladungen zu begrenzen oder ihre schädlichen Auswirkungen zu verhindern.» Im vorliegenden Artikel soll - nach einer kurzen Einführung in das Problem der elektrostatischen Aufladung und deren Auswirkung auf elektronische Geräte - auf den Inhalt dieser Norm eingegangen und ein Ausblick auf die geplanten weiteren Arbeiten dieser Normengruppe gegeben werden.

[1]) Schweizerische Normen-Vereinigung, Gruppe Elektrostatik.

2. Elektrostatische Aufladungen

Eine elektrostatische Aufladung tritt immer dann auf, wenn zwei sich berührende unterschiedliche Materialien voneinander getrennt werden. Im einfachsten Fall, der Berührung zweier Metallflächen, kommt der Ladungsaustausch durch die von der Fermi-Niveau-Differenz verursachte Elektronenwanderung von einer Seite zur anderen zustande, was zum Kontaktpotential als Differenz der Austrittsarbeiten der beiden Berührungspartner führt. Bei Isolatoren und schlechten Leitern, und mit solchen hat man es in kritischen Fällen meistens zu tun, wird die Situation wesentlich komplizierter; der genaue Mechanismus der Ladungstrennung ist noch nicht vollständig geklärt. Die Polarität und die Höhe der Aufladung sind im wesentlichen von der Art der beiden Materialien, ihren Dielektrizitätskonstanten, ihren Oberflächenstrukturen, eventuell vorhandenen chemischen Ausrüstungen, dem Kontaktdruck und der Temperatur abhängig. Der Einfluss der Materialart lässt sich in der sog. triboelektrischen Spannungsreihe zusammenfassen (Tab. I). Jedes Material lädt sich bei der Reibung an einem in der Reihe tieferliegenden Material positiv und bei der Reibung an einem höherliegenden Material negativ auf. Aus dieser Reihe lassen sich allerdings, im Gegensatz zur elektrochemischen Spannungsreihe, keine sicheren und quantitativen Aussagen ableiten. Es ist auch durchaus möglich, dass benachbart liegende Materialien ihre Reihenfolge vertauschen.

Es wurde gesagt, dass bei jeder Trennung zweier verschiedener Mate-

Triboelektrische Spannungsreihe [3] Tabelle I

Bakelit	+
Silikon	
Glas	
Plexiglas	
Polyamid	
Salz	
Wolle	
Katzenfell	
Seide	
Baumwolle	
Holz	
Bernstein	
Harz	
Polystyrol	
Teflon	
Kautschuk	
Schwefel	
Polyethylen	
Polyvinylchlorid	–

rialien eine Aufladung auftritt. Dass diese Aufladung jedoch oft nicht festgestellt werden kann, liegt daran, dass die abgetrennte Ladung entweder abfliesst oder sich mit der entsprechenden gegenpoligen Ladung rekombiniert. So kann zum Beispiel beim Gehen auf einem Bodenbelag (Fig. 1) mit niedrigem Oberflächenwiderstand ($< 10^{10}\,\Omega$) die beim Heben des Fusses abgetrennte Ladung beim Wiederaufsetzen mit der auf der Bodenbelagsoberfläche beweglichen Ladung rekombinieren. Anderseits kann bei einem niedrigen Widerstand zwischen Belagsoberfläche und Erdpotential (= Erdableitwiderstand) bei jedem Schritt die abgetrennte Ladung wieder abfliessen. Sind dagegen Oberflächen- und Erdableitwiderstand hoch, dann wird die Zeitkonstante für die Entladung sehr gross. So ergibt sich z.B. bei einem Widerstand von $10^{12}\,\Omega$ mit einer Kapazität des menschlichen Körpers von 150 pF eine Zeitkonstante von 2,5 min. In diesem Fall kann die abgetrennte Ladung von einem Schritt bis zum nächsten nicht abfliessen, die Ladung akkumuliert sich, und es kann zu Körperspannungen von über 10 kV kommen.

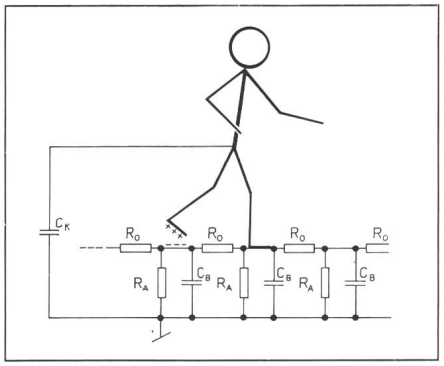

Fig. 1 Ersatzschaltung für die Personenaufladung auf einem Bodenbelag

C_K Körperkapazität
R_O Oberflächenwiderstand
R_A Ableitwiderstand
C_B Kapazität des Bodenbelages
f_S Schrittfrequenz

Eine hohe Personenaufladung ergibt sich, falls $R_O C_K \gg 1/f_S$ und $R_A C_K \gg 1/f_S$

Einen wesentlichen Einfluss auf den Widerstand, speziell von Teppichen, und damit auch auf die Aufladung hat die Luftfeuchte. In Figur 2 ist die Aufladung auf verschiedenen Teppichen, gemessen im Begehversuch nach DIN 54345 Teil 2 (Schuhe mit leitfähiger Gummisohle) in Abhängigkeit von der relativen Luftfeuchte dargestellt. Die gestrichelte Horizontale bei 2 kV stellt den Grenzwert dar, unterhalb dessen ein Teppich als *antistatisch* bezeichnet werden darf. Man kann daraus entnehmen, dass bei relativen Luftfeuchten über 45% praktisch alle Teppiche antistatisch sind. Personen können sich aber noch durch andere Vorgänge als durch Gehen, z.B. durch Sitzen und Aufstehen von Stühlen, Berühren und Reiben an Kunststoffgegenständen usw. aufladen. In diesen Fällen genügt es oft nicht, dass der Bodenbelag antistatisch ist, um eine Aufladung zu vermeiden. Vielmehr müssen dann der Bodenbelag und, was oft vergessen wird, die Schuhe ableitfähig sein.

3. Störung elektronischer Geräte

Durch Entladungen von einer aufgeladenen Person auf Teile eines elektronischen Gerätes (Tastatur, Schalter, Stecker, Gehäuse) oder auf einen geerdeten Gegenstand in der Nähe des Gerätes kann dieses gestört werden. Der Bereich möglicher Störungen erstreckt sich von einzelnen Bitfehlern (bei EDV-Geräten) über das Aussteigen des ganzen Systems bis zur Zerstörung von einzelnen Bauteilen oder Baugruppen. Auch bei der Reparatur und Montage können elektronische Komponenten oder Baugruppen durch elektrostatische Entladungen zerstört werden. Die Gefährdung ist seit der Einführung der CMOS-Technologie noch angestiegen, da für die Zerstörung von CMOS-Komponenten bereits eine Energie von 10^{-6} J genügt. Auf den genauen Mechanismus der Störung bzw. Zerstörung sowie auf die

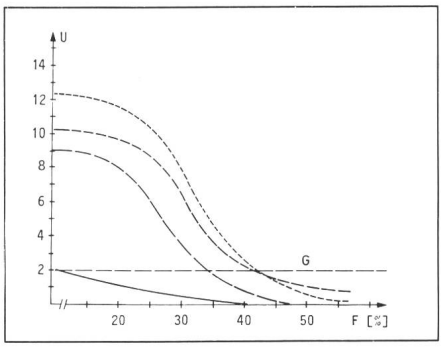

Fig. 2 Elektrostatische Aufladung von Personen auf Teppichen mit verschiedenen Polmaterialien in Abhängigkeit von der relativen Luftfeuchte nach DIN 54 345 Teil 2 (Schuhe mit leitfähiger Gummisohle).

F Relative Luftfeuchte
U_S Aufladungsspannung
G VSTF-Grenzwert

Teppichmaterial:
-------- Wolle
– – – Polyamid
— — Acryl
——— Antistatische Faser

Massnahmen, die zum Schutz der Schaltungen und Geräte getroffen werden können, soll hier nicht weiter eingegangen werden. Eine ausführliche Darstellung dieser Probleme wurde kürzlich publiziert [3]. Verschiedene Untersuchungen [1; 2] zeigen jedoch, dass es durchaus möglich ist, Geräte zu bauen, die bis zu Entladungen von mehreren kV störsicher sind.

4. Klasseneinteilung nach SN 429 001

In den beiden vorangegangenen Abschnitten wurde gezeigt, dass einerseits durch geeignete Materialwahl und Massnahmen wie antistatische bzw. ableitfähige Bodenbeläge, ableitfähige Schuhe, geeignete Sitzmöbelbezüge, Luftbefeuchtung usw. die Entstehung einer wesentlichen Aufladung verhindert werden kann und anderseits die Geräte durch entsprechende konstruktive Gestaltung, d.h. durch Eingangsschutzschaltung, Netzfilterung, Abschirmung, richtige Erdung, relativ unempfindlich gegen Entladungen gemacht werden können. Bei jedem Gerät stellt sich für den Benützer die Frage, wie weit dieses in bezug auf elektrostatische Entladungen störsicher ist und was er selbst noch für Massnahmen zur Vermeidung von Aufladungen treffen muss. Da auch von den Geräteherstellern oft entweder keine oder aus falschem Sicherheitsdenken übersetzte Anforderungen an die Raumausstattung gestellt werden, ist der Be-

nützer der Geräte, der vielfach ein Laie auf dem Gebiet der Elektronik ist, verunsichert. Aus diesem Grunde wurde die SN 429 001 geschaffen, in der Räume klassifiziert werden gemäss den Möglichkeiten, in ihnen die Entstehung einer schadenswirksamen Aufladung zu verhindern. In dieser Norm werden drei Klassen definiert.

4.1 Klasse A

Die Klasse A umfasst die Räume mit erhöhtem Schutz. Personenaufladungen müssen innerhalb von 0,3 s auf eine Spannung von weniger als 100 V abgebaut werden. Gefährliche elektrostatische Aufladungen treten daher nur kurzzeitig auf. Ausstattung und Klimatisierung des Raumes, Ausrüstung der Arbeitsplätze sowie Bekleidung, Information und Bewegungskontrolle der Benützer der Geräte bilden zusammen ein umfassendes Schutzkonzept. In diesen Räumen dürfen auch elektronische Geräte, Baugruppen oder Komponenten, die empfindlich gegenüber elektrostatischen Aufladungen sind, behandelt werden. Beispiele für die Klasse A sind Betriebsräume mit erhöhten Anforderungen sowie Räume für die Entwicklung, Herstellung, Reparatur und Prüfung von elektronischen Geräten, Baugruppen oder Komponenten. In den Räumen der Klasse A soll die relative Luftfeuchte mindestens 40% sein, der Erdableitwiderstand des Bodenbelages darf höchstens $10^8\ \Omega$ betragen, und das Tragen von ableitfähigen Schuhen oder eines ableitenden Armbandes ist vorgeschrieben. Die Verwendung einer ableitenden Arbeitsunterlage und ableitender Sitzmöbel wird empfohlen. Zutrittsberechtigte Personen müssen über die Gefährdungen und Massnahmen instruiert sein.

4.2 Klasse B

Die Klasse B umfasst die Räume mit geringem Schutz. Personenaufladungen müssen innerhalb von 0,5 s auf eine Spannung von weniger als 4 kV abgebaut werden. In diesen Räumen ist eine Begrenzung der Aufladungen nur zeitlich oder örtlich beschränkt möglich. Die zur Verwendung in diesen Räumen bestimmten elektronischen Geräte müssen einen Schutz gegen die Einflüsse elektrostatischer Aufladungen bis mindestens 4 kV aufweisen. Bei Direkteingriffen in die Geräte müssen besondere Massnahmen zur Ableitung elektrostatischer Aufladungen getroffen werden. Beispiele für die Klasse B sind allgemeine Betriebsräume, Büroräume mit besonderer Ausstattung und Computer-Betriebsräume. In den Räumen der Klasse B soll die relative Luftfeuchte mindestens 40% sein, der Erdableitwiderstand des Bodenbelages darf höchstens $10^9\ \Omega$ betragen, und das Tragen von ableitfähigen Schuhen wird empfohlen. Zutrittsberechtigte Personen müssen über die Gefährdungen und Massnahmen informiert sein.

4.3 Klasse C

Die Klasse C umfasst die Räume ohne wirksamen Schutz. Entsprechend sind sehr hohe elektrostatische Aufladungen möglich, die über längere Zeit bestehen bleiben können. Die zur Verwendung in diesen Räumen bestimmten elektronischen Geräte müssen, insbesondere bei Entladungen auf Gehäuse, Bedienungselemente und Anschlüsse, einen Schutz gegen die Einflüsse elektrostatischer Aufladungen bis mindestens 15 kV aufweisen. Bei Direkteingriffen in die Geräte müssen besondere Massnahmen zur Ableitung elektrostatischer Aufladungen getroffen werden. Beispiele für die Klasse C sind Wohnräume, Verkaufs- und Ausstellungsräume sowie allgemeine Büro-, Werkstatt- und Laborräume. Für diese Räume können keine verbindlichen Anforderungen gestellt werden; es wird jedoch empfohlen, antistatische Bodenbeläge zu verwenden.

Bei dieser Einteilung wurde davon ausgegangen, dass eine zu grosse Anzahl von Klassen nur Verwirrung stiften würde. Man war überzeugt, dass die drei Klassen eine genügende Differenzierung erlauben. Es konnte auch gezeigt werden [4], dass mit einer weiteren Verschärfung der Anforderungen (noch tieferer Erdableitwiderstand) keine wesentliche Verbesserung der Sicherheit von elektronischen Geräten erreicht wird.

5. Schlussfolgerungen

Nachdem nun die Anforderungen an die Ausstattung von Räumen festgelegt worden sind, ist das nächste Ziel der SNV-Gruppe das Erarbeiten einer Norm zur Klassifizierung von Geräten. In dieser sollen die Anforderungen festgelegt werden, die die Geräte in den jeweiligen Raumklassen erfüllen müssen. Es ist vorgesehen, eine Prüfung mit einem Testgenerator gemäss dem IEC-Vorschlag (150 pF, 150 Ω) mit verschieden hohen Testspannungen durchzuführen und dabei festzustellen, bei welchen Spannungen welche Störungen an den Geräten auftreten. Dann können die Geräte entsprechend den Anforderungen, die im praktischen Gebrauch an sie gestellt werden, einer bestimmten Raumklasse zugeordnet werden. Bis diese Norm ausgearbeitet ist, wird es noch Sache der Hersteller sein, festzulegen, welche Raumklasse für den sicheren Betrieb ihrer Geräte erforderlich ist. Der Benützer muss bereits beim Kauf eines Gerätes darauf dringen, die Raumklasse zu erfahren, die für einen sicheren Betrieb erforderlich ist. Damit kann er sich bereits bei der Auswahl des Gerätes ein Bild machen über die nötigen zusätzlichen Kosten für die Ausstattung des Raumes. Es wird den Herstellern dann auch klar werden, dass sich ein zusätzlicher Aufwand für Schutzmassnahmen am Gerät lohnt. Die Feststellung, dass sich ein Gerät problemlos in einem Raum der Klasse C verwenden lasse, kann sicher als zugkräftiges Verkaufsargument eingesetzt werden.

In diesem Sinne ist zu hoffen, dass durch die SN 429 001 und die zukünftige Norm über die Geräteklassifizierung die Verunsicherung der Benützer elektronischer Geräte in bezug auf elektrostatische Entladungen behoben werden kann und anderseits den Herstellern ein Anreiz zur Verbesserung der Qualität ihrer Geräte gegeben wird.

Literatur

[1] Bodenbeläge in Computerräumen. Fussbodenforum 14(1982)7/8, S. 28.

[2] *S. Schröer:* Textile Bodenbeläge in Räumen mit elektronischer Datenverarbeitung. Chemiefasern/Textilindustrie 34/86(1984)7/8, S. 510...514.

[3] *M. Aguet* et *M. Ivanovici:* Décharges d'origine électrostatique et leur influence sur les appareils électroniques. Bull. ASE/UCS 74(1983)5, p. 247...254.

[4] *C.-J. Nadler:* Elektrische Anforderungen an antistatische Böden. Techn. Mitt. PTT 60(1982)5, S. 224...237.