



Elektrische Eigenschaften: Elektrostatische Ableitung und Ex-Schutz

Die elektrischen Eigenschaften eines Industriebodens sind bei folgenden drei Störungsarten (in der Reihenfolge abnehmender Gefährlichkeit) zu beachten:

1. Störungen, die durch Entzündung von Gasen, Stäuben, festen und flüssigen Körpern zu Explosionen führen können, müssen im Rahmen des **Ex-Schutzes** (in explosionsgefährdeten Räumen) verhindert werden. Hierzu gehört auch die Vermeidung einer evtl. **Funkenbildung** durch herabfallende Werkzeuge.
2. Störungen, die durch elektrische Schläge und Funkenbildung eine mehr oder minder ausgeprägte **physiologische Unbehaglichkeit** des Menschen zur Folge haben (Schließen der Autotüren, Treppengeländer, Büromaschinen).
3. Störungen in **elektronischen Anlagen** (EDV), die vom Menschen nicht physiologisch bemerkt werden, jedoch technisch außerordentlich schädlich sein können.

Alle diese Störungen entstehen durch statische Aufladungen, die durch geeignete Maßnahmen (Bodenkonstruktionen und/oder Umweltmaßnahmen) beseitigt werden können. Die Forderung nach völliger Ausschaltung unerwünschter statischer Elektrizität lässt sich dann nicht erfüllen, wenn der Aufwand zu hoch oder die Auswahl der Werkstoffe zu begrenzt ist.

Raumausstattung, Raumklima und statische Elektrizität

Zwischen der Raumausstattung, dem Raumklima und dem Auftreten statischer Elektrizität bestehen Wechselwirkungen, da Aufladbarkeit und elektrische Leitfähigkeit der meisten Stoffe sehr stark von der rel. Luftfeuchtigkeit abhängen können. Hohe Aufladungen werden begünstigt durch niedrige elektrische Leitfähigkeit von Kontaktpartnern und durch Ladungsansammlungen auf elektrisch leitfähigen Körpern, die von der Umgebung elektrisch isoliert sind. Bei genügend hoher relativer Luftfeuchtigkeit können sich auf der Oberfläche nicht leitfähiger Stoffe elektrisch leitfähige Schichten bilden. Bei hoher Feuchte nehmen die Stoffe Wasserdampf aus der Luft auf, bei niedriger Feuchte geben sie Wasser ab. Für die jeweils notwendige relative Feuchte zur Vermeidung elektrostatischer Aufladung gibt es jedoch keine verbindlichen Werte.

Methoden

Als Methoden zur Verhinderung oder Milderung lästiger Erscheinungen kommen in Betracht:

- **Erden** sämtlicher elektrisch leitender Teile
- Erhöhung der elektrischen **Leitfähigkeit** der Stoffe
- Erhöhung der Oberflächenleitfähigkeit durch Vergrößerung der **rel. Luftfeuchtigkeit**
- Erhöhung der **Oberflächenleitfähigkeit** durch Oberflächenbehandlung
- Erhöhung der elektrischen Leitfähigkeit der Luft durch **Ionisierung**
- relativ kleine **Arbeitsgeschwindigkeiten**
- geeignete Wahl der **Kontaktpartner**
- geeignete Wahl der **Temperaturen** an den Berührungsstellen

Häufig kann man durch Kombination mehrerer Maßnahmen zum Ziel kommen. Die Methoden zur Erhöhung der Oberflächenleitfähigkeit sind klimaabhängig und sollten aus Sicherheitsgründen in explosionsgefährdeten Räumen nicht angewendet werden.

Grenzwerte für ex-gefährdete Räume

Die Grenzwerte für den Ableitwiderstand ergeben sich aus dem maximal zulässigen Energieinhalt einer Ladungsansammlung, die genügend sicher unterhalb der jeweiligen Mindestzündenergie liegen muss. Für ex-gefährdete Räume soll der Ableitwiderstand von Böden im Allgemeinen **unter $10^6 \Omega$** liegen, in besonderen Fällen sind $10^8 \Omega$ zulässig. Für den Menschen mit $C = 100 \text{ pF}$ beträgt dann die Zeitkonstante 0,1 bzw. 10 ms.

Grenzwerte für Wohn-, Büro- und Geschäftsräume

Lästige Schläge für den Menschen und elektrostatisch bedingte Staubhaftung sollten möglichst vermieden werden. Als zumutbarer Grenzwert für die Aufladung von Menschen, der bei direkter Entladung über die Fingerspitzen bei Annäherung an ein geerdetes Metallteil wie Schreibmaschine, Wasserhahn oder Heizkörper noch keine unangenehmen Schmerzempfindungen verursacht, wird eine Spannung von 2 kV betrachtet. Bei sehr empfindlichen Menschen kann die Grenze niedriger liegen. In diesem Fall kann fast immer durch **gezielte zusätzliche Maßnahmen am Arbeitsplatz** Abhilfe geschaffen werden. Bei einer Spannung von 2 kV beträgt der Energieinhalt des Menschen $W = 0,2 \text{ mWs}$. Erst der 1000-fache Wert bewirkt einen schweren Schlag, der beim 50.000-fachen Wert (10Ws) lebensgefährlich wird.

Geht man von einer Entladezeit von 1 Sekunde aus, dann ergibt sich als obere Grenze für den Ableitwiderstand ein Wert von $2 * 10^{10} \Omega$. Für die Kennzeichnung als "elektrostatisch leitfähig" oder "antistatisch" gelten als zulässiger Grenzwert für den Widerstand zwischen Fuß und "Erde" $1 * 10^{10} \Omega$ – im verlegten Zustand nach DIN 51 953 gemessen. **Dies gilt aber nur für nicht ex-gefährdete Räume.**

Da der Ableitwiderstand fast stets abhängig von der rel. Feuchtigkeit der Raumluft ist, muss diese ebenfalls gemessen bzw. es müssen die ungünstigsten Bedingungen für die Beurteilung zugrunde gelegt werden.

Grenzwerte für Büroräume

In Büros wird häufiger geklagt, dass man beim Berühren geerdeter Büromaschinen "einen Schlag erhält" oder dass "die Maschine elektrisiert". Die gleiche Erscheinung tritt beim Hantieren mit fahrbaren Tischen oder beim Hin- und Herrollen auf fahrbaren Bürosesseln selbst bei antistatischen Böden auf. Im ersteren Falle kann man örtlich Abhilfe durch Auslegen einer leitfähigen (Gummi-)Matte mit Erdanschluss schaffen, bei fahrbaren Möbeln sind meist nicht geerdete Metallteile und Kunststoffbereifung der Räder die Ursache. Es muss eine durchgehend leitfähige Verbindung der Metallteile über eine Rolle mit leitfähiger Bereifung zum Boden erfolgen.

Grenzwerte für Rechenräume und elektronische Geräte

In Rechenräumen und beim Umgang mit sonstigen elektronischen Geräten und Anlagen, z. B. in Tonstudios, muss damit gerechnet werden, dass der "aufgeladene Mensch" zur Störursache wird, ohne dass dies zu erkennen ist. Dies liegt an der hohen Empfindlichkeit elektronischer Geräte gegen Störspannungen. Ihre Eingänge sind zwar schaltungsmäßig geschützt, die Möglichkeiten von Schutzschaltungen sind aber begrenzt. Entladevorgänge über Funken müssen unbedingt vermieden werden. Entladungen aufgeladener Personen können schon beim Begehen von Böden über die Schuhsohlen oder aber über Werkzeuge – wie z. B. Schraubenzieher – erfolgen, ohne dass dies von den Personen wahrgenommen wird.

Über die bereits genannten allgemeinen Maßnahmen hinaus wird für die Arbeitsplätze an elektronischen Anlagen weiter empfohlen: Die Arbeitstische sollen keine elektrostatisch aufladbaren Tischplatten haben und mit einer Erdungsschiene (z. B. einem metallisch geerdeten Umleimer) zur Armauflage versehen sein. Die Personen im Raum, insbesondere die an Geräten hantierenden Menschen, sollen nicht aufladbare Oberbekleidung, z. B. Leinen- aber keine Polyamidmittel, und durchgehend leitfähige Schuhe (Schuhe mit Ledersohlen, die mit leitfähigem Klebstoff befestigt sind) tragen.

Empfehlungen für Liefer- und Abnahmebedingungen

In ex-gefährdeten Räumen darf der Erdableitwiderstand des Bodens, gemessen nach DIN 51953, im Allgemeinen maximal $10^6 \Omega$, in speziellen Fällen bis zu $10^8 \Omega$ betragen. Es werden bisher keine allgemein verbindlichen Bedingungen festgelegt, denen sogenannte "antistatische" Industrieböden oder Einrichtungsgegenstände genügen müssen.

Andererseits werden vor allem Bodenbeläge als "antistatisch" bezeichnet, bei deren Begehung hauptsächlich während der Heizperiode keine unzulässigen Personenaufladungen auftreten. Unter diesen Voraussetzungen wird dringend empfohlen, bei Lieferverträgen Forderungen bezüglich der elektrostatischen Eigenschaften **präzise** festzulegen. Im Allgemeinen wird dies hauptsächlich den Bodenbelag betreffen, aber auch für Teile des Mobiliars, wie fahrbare Sessel, Tische und dergleichen kann dies nützlich sein. Die Beurteilung sollte für die gebrauchsfähige Ausführung, also z. B. den fertig verlegten Industrieboden, erfolgen. Die zuverlässigste Grundlage ist eine Messung des Erdableitwiderstandes nach DIN 51953. Ein praktikabler Grenzwert für den so gemessenen Ableitwiderstand ist z. B. $10^{10} \Omega$.

Die wichtigste Einflussgröße ist im Allgemeinen das Raumklima. In den Abnahmebedingungen sollte unter allen Umständen die niedrigste relative Luftfeuchte angegeben werden, bei der die Anforderungen an die Ableitfähigkeit noch zu erfüllen sind. Dies gilt auch dann, wenn der Boden geliefert wird. Zur Beurteilung der elektrischen Eigenschaften der Stoffe bereits **vor** der Verlegung sind verschiedene Verfahren und Geräte entwickelt worden.

Gegen den Ableitwiderstand als Maßstab der Beurteilung sogenannter "antistatischer" Böden wird gelegentlich eingewendet, dass es Beläge gibt, die zwar **hohe** Ableitwiderstände haben, bei denen aber beim Begehen **keine spürbaren Personenaufladungen** auftreten. Das ist an sich richtig. In speziellen Fällen kann dann der Beurteilung auch das Spannungsgleichgewicht von Personen beim Begehen zugrundegelegt werden.

Hierzu ist je nach Raumgröße bei mehreren Versuchspersonen die Gleichgewichtsspannung nach dem Begehen zu messen und ein zulässiger Grenzwert (zum Beispiel 1 kV) zu vereinbaren. Dies ist aber kein antistatischer Boden, da zwar keine Aufladungen beim Begehen auftreten, Personenaufladungen aus anderer Ursache aber nicht schnell genug abgeleitet werden. Schließlich sei darauf hingewiesen, dass die Ursache ungenügender Ableitung von Personenaufladungen selbst bei antistatischen Böden nicht leitfähige Schuhsohlen sein können.

Welche Normen und Richtlinien gibt es? (Kurzbezeichnungen)

DIN 51953 Organische Fußbodenbeläge: Ableitfähigkeit für elektrostatische Ladungen

DIN 53481 Isolierstoffe: Elektrostatische Durchschlagsspannung und -festigkeit

DIN 53482 Isolierstoffe: Elektronische Widerstandswerte

DIN 53483 Isolierstoffe: Dielektrische Eigenschaften

DIN 53486 Isolierstoffe: Elektrostatische Eigenschaften

DIN 53596 Gummi: Elektrischer Widerstand

VDE 0100 Starkstromanlagen unter 1.000 V

VDE 0107 Elektrische Anlagen in medizinisch genutzten Räumen

BG Chemie "Statische Elektrizität"

BG Chemie "Beispielsammlung zur statischen Elektrizität" (04.88)

BG Chemie "Explosionsschutzrichtlinien"

BG Chemie "Merkblatt über den Gebrauch von Werkzeugen in explosionsgefährdeten Räumen"

BG Bau "Fußboden-Klebearbeiten"

Wer prüft die elektrischen Eigenschaften?

Die Materialprüfämter der Universitäten und Hochschulen, sowie größere Technische Überwachungsvereine (TÜV) besitzen im Allgemeinen die notwendigen Prüfeinrichtungen.

Wo finde ich weitere Informationen?

Ex-Zeitschrift - für den Errichter und Betreiber von explosionsgeschützten elektrischen Anlagen, R. Stahl, Schaltgeräte GmbH, D-74653 Künzelsau.

Bernecker G. "Gefahrenquellen im Ex-Bereich", Chem. Prod. 1977, H.3., S. 32-34.

Catharin P. und Federspiel H., "Der elektrische Widerstand des Betons", Elektrotechnik und Maschinenbau, 1972, H. 10, S. 399-407.

Dyck, A.-J., "Die Verlegung von antistatischen, ableitfähigen und leitfähigen Bodenbelägen", Fußbodenforum, 1979, H. 5, S. 9-12.

Gaiser, K., "Anforderungen an leitfähige Industriefußböden", Tagungshandbuch "Industriefußböden", Hrsg. P. Seidler, Technische Akademie Esslingen 1987, S. 503-505.

Haase, H., "Statische Elektrizität als Gefahr", 2. Aufl., Weinheim 1972, 130 S.

Heyl, G. und Lüttgens G., "Prüfapparatur für das elektrostatische Aufladungsverhalten von Kunststoffplatten, -Folien und -Gewebe", Kunststoffe 1966, 56, 51.

Petri, H., "Entwicklungen auf dem Gebiet der elektrisch leitfähigen Bodenbeschichtungssysteme", Tagungshandbuch "Industriefußböden", Hrsg. P. Seidler, Technische Akademie Esslingen 1987, S. 493-502.

Zur Beachtung:

Die Angaben in diesem Merkblatt entsprechen unseren derzeitigen technischen Kenntnissen und Erfahrungen. Sie befreien den Verarbeiter wegen der Fülle möglicher Einflüsse bei Verarbeitung und Anwendung nicht von eigenen Prüfungen und Versuchen. Eine rechtlich verbindliche Zusicherung bestimmter Eigenschaften oder der Eignung für einen konkreten Einsatzzweck kann aus unseren Angaben nicht abgeleitet werden.

V. 2.4 v. 17.03.09