

# Elektrisch ableitfähige Fußbodensysteme

## Elektrostatische Grundlagen



Maßgebliche Größen im Bereich der Elektrostatik sind elektrische Ladungen. Alle Gegenstände und Personen enthalten positive und negative elektrische Ladungen, die sich normalerweise im Gleichgewicht befinden, d. h. sie sind elektrisch neutral.

Als Influenz bezeichnet man eine räumliche Trennung von beweglichen elektrischen Ladungen in einem anfänglich neutralen Körper durch die Einwirkung eines elektrischen Feldes.

Aber auch durch Trennen und Reiben zweier Materialien (Isolatoren) mit unterschiedlicher Elektronenaffinität werden die Elektronen an ihren Oberflächen unterschiedlich stark zwischen diesen verteilt.

Bewegt sich zum Beispiel eine Person, die Kleidung unterschiedlicher Stoffarten trägt, auf einem isolierenden Untergrund, so kann sich elektrische Ladung auf der Körperoberfläche sammeln. Es entsteht eine Potentialdifferenz (Spannung). Die Person ist elektrostatisch aufgeladen.

Elektrische Aufladungen können ebenfalls entstehen

- beim Abheben, Reiben, Zerkleinern und Ausschütten von festen Gegenständen oder Stoffen,
- beim Strömen, Ausschütten und Versprühen von Flüssigkeiten sowie
- beim Strömen von Gasen und Dämpfen, die geringe Mengen von fein verteilten Feststoffen enthalten.



Wird anschließend ein geerdeter Gegenstand berührt, so führt dies zu einem Potentialausgleich in Form einer elektrischen Entladung. Als Folge von spontanen Entladungsvorgängen kann es, unter bestimmten Bedingungen, zur Funkenbildung kommen.

In Verbindung mit brennbaren Flüssigkeiten, explosionsgefährdeten Stoffen und brennbaren Stäuben kann diese Funkenbildung einen Brand oder eine Explosion auslösen.

Bei der spontanen, elektrostatischen Entladung entsteht ein hoher elektrischer Spannungsimpuls, der unter ungünstigen Umständen, elektrische Komponenten und Bauteile in Geräten schädigen kann. Deshalb werden in vielen Arbeitsbereichen astatische oder elektrisch ableitfähige Fußböden benötigt.

## Einteilung von Fußböden (Belägen) nach elektrischen Eigenschaften:

Klassifizierung	Grenzwerte	Art der Messung
ECF = elektrisch leitender Fußboden	$R_E \leq 10^6 \Omega$	Erdableitwiderstand $R_E$
DIF = elektrisch ableitfähiger Fußboden	$10^6 \Omega \leq R_E \leq 10^9 \Omega$	Erdableitwiderstand $R_E$
ASF = astatischer Fußboden	$\leq 2 \text{ kV}$	Aufladbarkeit

## Messen des Erdableitwiderstandes

Die Messmethoden zur Bestimmung des Erdableitwiderstandes  $R_E$  werden in **DIN EN 1081** bzw. **DIN IEC 61340-4-1** beschrieben.

Norm	Messwerte	Messspannung	Messelektrode
<b>DIN EN 1081</b> Bestimmung des elektrischen Widerstandes	$R_1$ Durchgangswiderstand $R_2$ Erdableitwiderstand $R_3$ Oberflächenwiderstand	Gleichspannung 100 V für $R \leq 10^6 \Omega$ 500 V für $R \geq 10^6 \Omega$	Dreifüßelektrode
<b>DIN EN 61340-4-1</b> <b>Elektrostatik</b> Festgelegte Untersuchungsverfahren für spezielle Anwendungen Elektrostatischer Widerstand von Bodenbelägen und verlegten Fußböden	$R_E$ Erdableitwiderstand $R_S$ Oberflächenwiderstand	Gleichspannung 10 V für $R \leq 10^6 \Omega$ 100 V für $R \geq 10^6 \Omega$	2,5 kg Elektrode für harte Beläge 5,0 kg Elektrode für alle anderen Oberflächen



Dreifüßelektrode



Elektrode, 2,5 kg



Messanordnung

## Ableitwiderstand mineralischer Fußböden

Der Ableitwiderstand mineralischer Fußböden (Beton, Zementestrich, Magnesiaestrich usw.) ist abhängig vom Alter, vom Feuchtegehalt (der Ausgleichsfeuchte) des Fußbodensystems und den klimatischen Bedingungen der Umgebungsluft.

Mineralischen Fußböden auf der Bindemittelbasis Zement können, in Abhängigkeit vom Feuchtegehalt des Estrichs/Betons und der relativen Luftfeuchte der Umgebungsluft, Werte für den Erdableitwiderstand  $R_E$  von  $10^4 \Omega$  bis  $10^9 \Omega$  aufweisen.

Junge Betonplatten zeigen Erdableitwiderstände  $R_E < 10^6 \Omega$ . Mit zunehmender Erhärtung und Austrocknung erhöht sich der Ableitwiderstand, sodass der für elektrisch leitfähige Fußböden geforderte Erdableitwiderstand  $R_E < 10^6 \Omega$  auf Dauer nicht sichergestellt werden kann.

Definierte Angaben zur Leitfähigkeit zementärer Fußböden sind deshalb nicht möglich. Die Ableitfähigkeit rein mineralischer Fußböden reicht aber in der Regel aus, um elektrostatische Aufladungen zu vermeiden.

## Elektrisch ableitfähige Fußbodensysteme bei Zünd- und Explosionsgefahr



Für Bereiche, die durch Gase, Dämpfe, Nebel oder brennbare Stäube explosionsgefährdet sind, darf der Erdableitwiderstand  $R_E$  des Fußbodens folgende Grenzwerte nicht überschreiten:

	Definition explosionsgefährdete Bereiche für: <b>Gase, Dämpfe und Nebel</b>	Grenzwerte
Zone 0	Bereich in dem gefährliche explosionsfähige Atmosphäre als Gemisch aus Luft und brennbaren Gasen, Dämpfen oder Nebeln ständig, über lange Zeiträume oder häufig vorhanden ist.	$R_E \leq 10^8 \Omega$
Zone 1	Bereich, in dem sich bei Normalbetrieb gelegentlich eine gefährliche explosionsfähige Atmosphäre als Gemisch aus Luft und brennbaren Gasen, Dämpfen oder Nebeln bilden kann.	$R_E \leq 10^8 \Omega$
Zone 2	Bereich, in dem bei Normalbetrieb eine gefährliche explosionsfähige Atmosphäre als Gemisch aus Luft und brennbaren Gasen, Dämpfen oder Nebeln normalerweise nicht oder aber nur kurzzeitig auftritt.	-
	Definition explosionsgefährdete Bereiche für: <b>Brennbare Stäube</b>	
Zone 20	Bereich, in dem gefährliche explosionsfähige Atmosphäre in Form einer Wolke aus in der Luft enthaltenem brennbarem Staub ständig, über lange Zeiträume oder häufig vorhanden ist.	$R_E \leq 10^8 \Omega$
Zone 21	Bereich, in dem sich bei Normalbetrieb gelegentlich eine gefährliche explosionsfähige Atmosphäre in Form einer Wolke aus in der Luft enthaltenem brennbarem Staub bilden kann.	$R_E \leq 10^8 \Omega$
Zone 22	Bereich, in dem bei Normalbetrieb eine gefährliche explosionsfähige Atmosphäre in Form einer Wolke aus in der Luft enthaltenem brennbarem Staub normalerweise nicht oder aber nur kurzzeitig auftritt.	-

Gemäß: TRBS 2153 Technischen Regeln für Betriebssicherheit bzw. BG Chemie BGI 5157 T033  
„Vermeidung von Zündgefahren infolge Elektrostatischer Aufladungen“

## Explosionsgefährliche Stoffe – Sprengstoffe

Als „explosionsgefährlich“ gelten Stoffe, die im Sprengstoffgesetz (SprengG) aufgeführt sind oder nach den Prüfungen zu diesem Gesetz als explosionsgefährlich eingestuft werden.

In Bereichen, in denen mit explosionsgefährlichen Stoffen (Sprengstoff) umgegangen wird, darf der Erdableitwiderstand  $R_E$  des Fußbodens den Wert  $10^6 \Omega$  nicht überschreiten.

Erdableitwiderstand:  $R_E < 10^6 \Omega$

# Elektrisch ableitfähige Fußbodensysteme in EPA Bereichen



**ESD:** Electro Statical Discharge = elektrostatische Entladung

Fast alle Geräte, Maschinen und Fahrzeuge sind heute mit mikroelektronischen Bauteilen (Integrierte Schaltkreise IC's, Transistoren usw.) ausgerüstet. Die winzigen Mikrochips können durch unkontrolliert abfließende elektrische Ladung, wie sie bei elektrostatischer Entladung entsteht, beschädigt werden.

Räume und Arbeitsbereiche, in denen elektronisch sensible Bauteile hergestellt, verarbeitet oder in Geräte und Maschinen eingebaut werden, müssen deshalb als ESD-Schutzzone (**EPA** = ESD protected area) ausgestattet werden.

In ESD-Bereichen muss der elektrisch ableitfähige Fußboden folgende Anforderungen erfüllen:

## Anforderung an Fußböden in ESD-Bereichen

### Normen

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

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

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

Messwerte:	Geforderte Werte	Messnorm	Messelektrode/ Messspannung
$R_E$ Erdableitwiderstand	$R_E \leq 10^9 \Omega$	DIN EN 61340-4-1	2,5 kg Elektrode
$R_S$ Oberflächenwiderstand	$R_S \leq 10^{10} \Omega$		5,0 kg Elektrode
$R_{PA}$ Personenableitwiderstand (Systemwiderstand Mensch-Schuh-Boden)	$R_{PA} < 35 \text{ M} \Omega$	DIN EN 61340-4-5	Handelektrode ESD Schuhe
alternativ zu $R_{PA}$			
Körperspannung (Statische Personenaufladung)	$U_p < 100\text{V}$		Handelektrode ESD Schuhe



Ableitfähiges Schuhwerk (ESD)



Handelektrode



Messanordnung für  $R_{PA}$



## Elektrisch ableitfähige Fußbodensysteme Personenschutz bei Starkstromanlagen

Arbeitsbereiche mit Starkstromanlagen, bei denen die Gefahr besteht, dass eine Person mit spannungsführenden Teilen in Kontakt kommt, erfordern besondere Schutzmaßnahmen. Entscheidend für die Gefährlichkeit eines elektrischen Schlages ist die Stromstärke. Als Schutzmaßnahme muss deshalb die Ableitfähigkeit des Fußbodens nach VDE 0100 auf einen bestimmten Wert begrenzt werden.

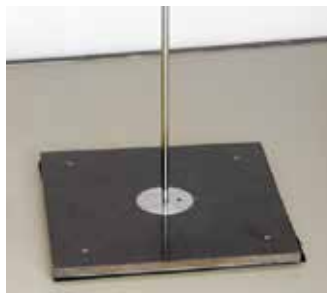
### Normen

Die DIN VDE 0100 dient dem Schutz von Personen bei Kontakt spannungsführender Teile bis 1000 V. Sie regelt den unteren Grenzwert des Standortübergangswiderstandes  $R_{ST}$ .

**DIN VDE 0100 – 410:** Errichten von Niederspannungsanlagen Teil 4 Schutzmaßnahmen – Schutz gegen elektrischen Schlag (Juni 2007)

**DIN VDE 0100 – 600:** Errichten von Niederspannungsanlagen Teil 6 Prüfungen

Norm	Messwerte	Messelektrode	Geforderte Werte	Messspannung
DIN VDE 0100	$R_{ST}$ Standard- übergangs- widerstand	Metallplatte 25 cm x 25 cm auf feuchtem Tuch Anpressdruck 750 N o. Dreifußelektrode	Spannungen bis 500 V $R_{ST} \geq 5 \times 10^4 \Omega$ Spannungen über 500 V $R_{ST} \geq 10 \times 10^4 \Omega$	Gleichspannung 500 V für $\leq 500$ V 1000 V für $> 500$ V



Gemessen wird der Standortübergangswiderstand  $R_{ST}$  mit einer 25 x 25 cm großem Metallelektrode, auf einem feuchten Tuch, die mit 750 N belastet wird.

## Elektrostatisch ableitfähige Kunstharzbeläge

Fußböden, die aus Kunstharzen hergestellt werden, sind in der Regel nicht leitfähig. Die Erdableitwiderstände üblicher Beschichtungen liegen im Bereich von  $R_E = 10^{10} \Omega$  bis  $10^{14} \Omega$ .

Durch Zugabe von Leitpigmenten oder leitfähigen Fasern können Kunstharzböden so eingestellt werden, dass sie exakt definierte Ableitwerte bzw. Isoliereigenschaften besitzen.