Elektrisch ableitfähige Fußbodensysteme

Beim Begehen und Befahren von nicht ableitfähigen Fußböden können durch Reibung elektrostatische Aufladungen entstehen. Werden geerdete Gegenstände berührt, so kann es zu elektrischen Entladungen und durch Funkenbildung zu Störungen und Schädigungen von Geräten/ Maschinen mit elektronischen Bauteilen sowie zu Verpuffungen/Explosionen beim Umgang mit brennbaren Stoffen kommen.

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. Durch Reiben bzw. Trennen zweier Materialien 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 Befahren von Fußböden mit Flurförderzeugen
- 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, z. B. eine Türklinke berührt, so führt dies zu einer unangenehm spürbaren elektrischen Entladung.

Als Folge von spontanen Entladungsvorgängen kann es, unter bestimmten Bedingungen (niedrige rel. Luftfeuchtigkeit), auch 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 antistatische oder elektrisch ableitfähige Fußböden benötigt.

CHEMOTECHNIK Abstatt GmbH, 74230 Abstatt, Tel.: 07062 95420, Fax: 07062 64547

Stand: 01.03.2025 – Änderungen vorbehalten – Alle Angaben ohne Gewähr

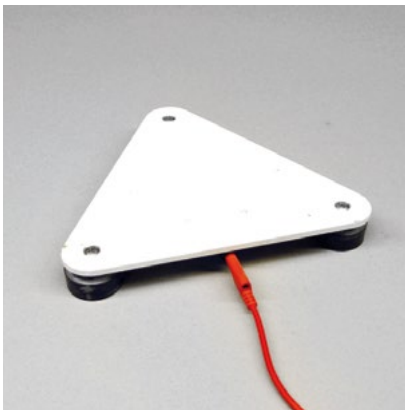
Einteilung von Fußböden (Belägen) nach elektrischen Eigenschaften:

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 = antistatischer Fußboden	≤ 2 kV	Aufladbarkeit

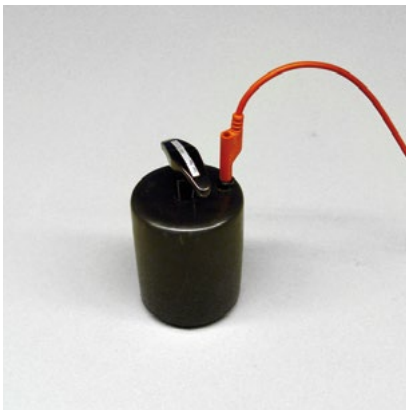
Messen des Erdableitwiderstandes

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

Norm	Messwerte	Messspannung	Messelektrode
DIN EN 1081 Bestimmung des elektrischen Widerstandes an elastischen, Laminat- und modular-mehrschichtigen Bodenbelägen	R_1 Durchgangswiderstand R_2 Erdableitwiderstand R_3 Oberflächenwiderstand	Gleichspannung 100 V für $R \leq 10^6\,\Omega$ 500 V für $R \geq 10^6\,\Omega$	Dreifußelektrode
DIN IEC 61340-4-1 **Elektrostatik** 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



Dreifußelektrode



Elektrode 2,5 kg

Messanordnung

Stand: 01.03.2025 – Änderungen vorbehalten – Alle Angaben ohne Gewähr

Elektrisch ableitfähige Fußbodensysteme

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.
Mineralische 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.

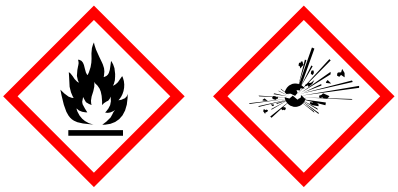
Junge Betonplatten zeigen Erdableitwiderstände $R_E < 10^6\ \Omega$. Mit zunehmender Erhärtung und Austrocknung erhöht sich der Ableitwiderstand, sodass der für elektrisch leitfähige Fußböden geforderte Erdableitwiderstand $R_E < 10^6\ \Omega$ auf Dauer nicht sichergestellt werden kann.

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.

Hinweis: Evtl. Maßnahmen zur Oberflächenbehandlung (z. B. Imprägnierungen, filmbildende Pflegemittel etc.), aber auch Verschmutzungen der Fußbodenoberfläche, können die Leitfähigkeit ungünstig beeinflussen!

Stand: 01.03.2025 – Änderungen vorbehalten – Alle Angaben ohne Gewähr

Elektrisch ableitfähige Fußbodensysteme in Bereichen mit 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: **Gase, Dämpfe und Nebel**	**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: **Brennbare Stäube**	**Grenzwerte**
Zone 20	Bereich, in dem gefährliche explosionsfähige Atmosphäre in Form einer Wolke aus in der Luft enthaltenem brennbaren 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 brennbaren 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 brennbaren Staub normalerweise nicht oder aber nur kurzzeitig auftritt.	–
Gemäß: - Verordnung zum Schutz vor Gefahrstoffen (Gefahrstoffverordnung – GefStoffV, Anhang 1 – Brand- und Explosionsgefährdungen) - TRGS 727 – 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. (TRGS 723 Gefährliche explosionsfähige Gemische – Vermeidung der Entzündung gefährlicher explosionsfähiger Gemische).

Stand: 01.03.2025 – Änderungen vorbehalten – Alle Angaben ohne Gewähr

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, 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

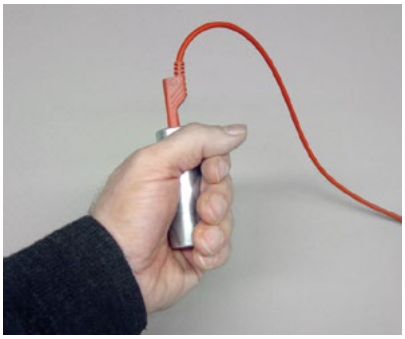
DIN EN 61340-4-1 Elektrostatik: Teil 4-1: Standard-Prüfverfahren für spezielle Anwendungen – Elektrischer Widerstand von Bodenbelägen und verlegten Fußböden

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

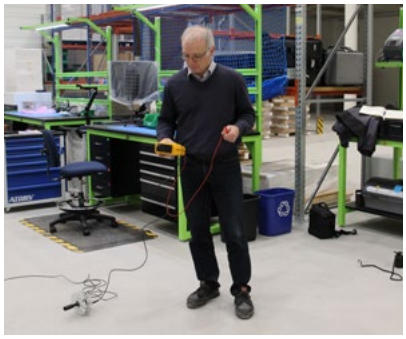
DIN EN 61340-5-1 Elektrostatik: Teil 5-1: Schutz von elektronischen Bauelementen gegen elektrostatische Phänomene. Allgemeine Anforderungen

Anforderung	Grenzwerte	Messnorm	Messelektrode/ Messspannung
R_{gp} Erdableitwiderstand	$R_{gp} \leq 10^9\ \Omega$	DIN EN 61340-4-1	2,5 kg Elektrode
R_S Oberflächenwiderstand	$R_S \leq 10^{10}\ \Omega$		5,0 kg Elektrode
R_g Personenableitwiderstand (Systemwiderstand Mensch-Schuh-Boden) und Körperspannung (Statische Personenaufladung)	$R_g < 10^9\ \Omega$ und $U_P < 100V$	DIN EN 61340-4-5	Handelektrode ESD Schuhe

Ableitfähiges Schuhwerk (ESD)



Handelektrode



Messanordnung für R_g

Elektrisch ableitfähige Fußbodensysteme
Personenschutz bei Starkstromanlagen (Niederspannungsanlagen)

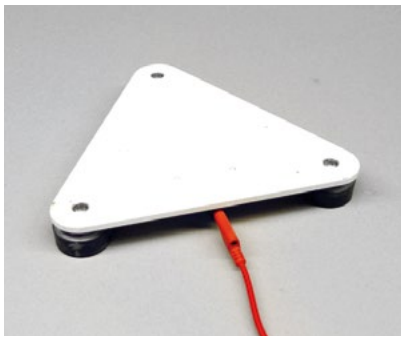
Arbeitsbereiche mit Starkstromanlagen (heute Niederspannungsanlagen), bei denen die Gefahr besteht, dass eine Person mit spannungsführenden Teilen in Kontakt kommt, erfordern besondere Schutzmaßnahmen. Entscheidend für die Gefährlichkeit eines elektrischen Schlages ist die Stromstärke. Als Schutzmaßnahme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

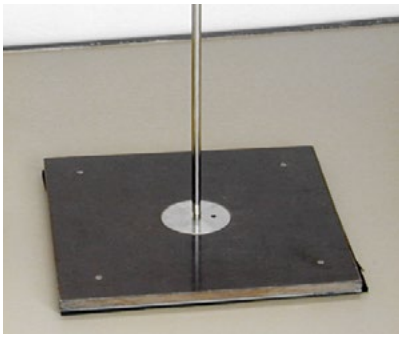
Normen

DIN VDE 0100 „Errichten von Niederspannungsanlagen"
Die Normenreihe regelt die Planung, Errichtung und Prüfung von Niederspannungsanlagen einschließlich 1000 V Wechselspannung und 1500 V Gleichspannung. Sie dient dem Schutz von Personen bei Kontakt spannungsführender Teile und regelt den unteren Grenzwert des Standortübergangswiderstandes R_{ST}.

DIN VDE 0100 - 410 VDE 0100-410:2018-10 Teil 4-41: Schutzmaßnahmen – Schutz gegen elektrischen Schlag
DIN VDE 0100 – 600: Errichten von Niederspannungsanlagen Teil 6 – Prüfungen

Norm	Anforderung	Messelektrode	Grenzwerte	Messspannung
DIN VDE 0100	R_{ST} Standort-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 ≤ 500 V 1000 V für > 500 V





Gemessen wird der Standortübergangswiderstand R_{ST} entweder mit der Dreifußelektrode oder einer 25 cm x 25 cm großen Metallelektrode auf einem feuchten Tuch (27 cm x 27 cm). Die Elektroden werden mit 750 N belastet.

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.

Stand: 01.03.2025 – Änderungen vorbehalten – Alle Angaben ohne Gewähr