



Von der Handwerkskammer Heilbronn-Franken öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger für das Estrichlegerhandwerk

**Walter Böhl**

Waiblinger Str. 33, 71334 Waiblingen

Tel. 07151-31629, Fax 07151-305587, mobil 017927363343

[walter.boehl@web.de](mailto:walter.boehl@web.de) [www.industriebodensachverstaendiger.de](http://www.industriebodensachverstaendiger.de)

# ESTRICH KURZ UND BÜNDIG

Walter Böhl

Der Spickzettel für Planer

## Industriefußböden Teil 5 – Elektrische Anforderungen

**Leitfähige Fußböden für  
ESD Bereiche, EX Bereiche**

**Isolierende Fußböden zur  
Unfallverhütung bei der Gefahr der  
Berührung spannungsführender  
Teile**

Dazu gehören ESTRICH KURZ UND BÜNDIG  
Industrieböden

Teil 1 - Oberflächen

Teil 2 - Betonplatte

Teil 3 - Fugen, Tragschicht, Planum

Teil 4 - Gesetzliche Anforderungen

Teil 5 - Elektrische Anforderungen ESD, VDE

Teil 6 - Regalanlagen

Teil 7 - Sanierung, Entsorgung

Teil 8 - Optische Anforderungen

### Vorwort

Die Normen, Merk-, Hinweisblätter, Herstellerrichtlinien und Regelwerke für Estriche haben mittlerweile einen Umfang erreicht, der für die Planer nur noch mit großem Aufwand überschaubar ist. Diese Unterlagen sind in ständiger Bearbeitung und Veränderung. Ich habe deshalb alle mir für den Planer notwendig erscheinenden Informationen so kompakt wie möglich zusammengefasst. Es werden vereinfacht die Punkte behandelt, die der Planer festlegen muss und für die er die Verantwortung trägt. Punkte, die eindeutig der ausführende Handwerker zu verantworten hat, wurden weitgehend nicht erfasst aber doch soweit angerissen, dass der Planer für Gespräche mit dem Ausführenden das entsprechende Fachwissen parat hat.

### Ableitfähigkeit

Die Forderung nach der Ableitfähigkeit des Fußbodens sind heute weit verbreitet, da elektronische Bauteile in allen Bereichen verbaut sind. Auch im Zusammenhang mit dem Betrieb von Flurfördererzeugen bestehen Anforderungen seitens der Hersteller.

Explosionsgefährdete Bereiche werden in ESTRICH KURZ UND BÜNDIG Industrieböden, Teil 4, Gesetzliche Anforderungen behandelt.

### ESD Bereiche Electrostatic Discarge Protecion Area

Elektrostatische Auf- und Entladungen sind eine Hauptrisikokuquelle bei Halbleiterprodukten. Neben der Zerstörung der Bauteile sind zunächst nicht erkennbare Teilbeschädigungen ein großes Problem der Qualitätssicherung.

Der ESD Schutz muss deshalb mit großer Konsequenz umgesetzt und kontrolliert werden. In den Betrieben werden dazu im Rahmen des Kontrollsystems ESD-Beauftragte eingesetzt. Dies ist der entscheidende Ansprechpartner für den Bauplaner. Dem Bauplaner kann man nur raten sich nicht zu sehr mit den Geheimnissen der Elektrostatik zu befassen, das wird sehr schnell kompliziert und unübersichtlich. Der Planer bewirkt mehr wenn er dem ESD Beauftragten, der die Zusammenhänge betriebsbezogen übersieht, die Möglichkeiten der Baustoffe aufzeigt und auch die bauphysikalischen Probleme z.B. von Beschichtungen und Belägen bei rückseitiger Befeuchtung und die mechanische Belastbarkeit aufzeigt.

Oft ist der ESD Schutz mit einfachen Möglichkeiten durch die natürlichen Eigenschaften der Baustoffe leichter zu lösen als durch komplizierte Bodenaufbauten, die manchmal erst Probleme auslösen. ESD Beauftragte neigen in Unkenntnis der Baustoffeigenschaften oft zu speziellen ESD Böden, die oft gar nicht erforderlich sind.



Symbol für eine ESD  
Schutzkomponente

Gefahrenzeichen für  
ein gefährdetes Bauteil



Kennzeichnung von ESD Bereichen, Warnschild und

Der ESD-Schutz nach DIN EN 61340-5-1 Schutz von elektronischen Bauelementen gegen elektrostatische Phänomene- Allgemeine Anforderungen (2008-07) ist ein insgesamt komplexes Gebiet, das dafür sorgen muss, dass **Alles**, ESDS (elektrostatisch empfindliche Bauteile, Personen, Arbeitsmittel und Fußböden auf dem gleichen Ladungspotential liegen. Alle Isolatoren an Kleidung,

Arbeitsstischen, Regalen, Fußböden müssen vermieden werden.

Den Bauplaner berührt hier im Wesentlichen der Fußboden, eventuell ist auch noch die Anordnung von Anschlussstellen an den Potentialausgleich bei der Elektroinstallation und die Sicherstellung einer bestimmten Luftfeuchtigkeit von Interesse.

Neben den ESD Anforderungen muss der Fußboden auch den üblichen Anforderungen entsprechen. Bei Flurförderzeugbetrieb beachte man die Beanspruchungsgruppen der DIN 18560, Teil 7. Beachten sie dazu auch ESTRICH KURZ UND BÜNDIG, Industrieböden, Teil 1 - Oberflächen.

### **Mineralische Industrieböden (Beton, Zementverbundestriche, Magnesiaestriche)**

Der Bauplaner sollte wissen dass die ESD Anforderungen mit normalen Betonböden gegen Tragschicht erfüllt werden. Die Ableitfähigkeit differiert allerdings mit der Feuchtigkeit. Bei normalen Klimabedingungen wird der geforderte Erdableitwiderstand allerdings nie überschritten. Wenn elektrisch isolierende Schichten wie Wärmedämmschichten, Feuchtigkeits- oder WHG Abdichtungen eingebaut werden ist es notwendig den Betonboden zu erden. Dies kann durch den Anschluss der Bewehrung und/oder Erdbänder hergestellt werden.

Magnesiaestriche sind wegen ihrem hohen Elektrolytgehalt und der hygroskopischen Eigenschaft auch bei sehr trockenem Klima sehr gut leitfähig. Durch Zusatz von Kohlenstoff (Rußpigmenten) ist eine Leitfähigkeit auch bei völliger Trocknung erreichbar.

Wählt man mineralische Industrieböden sind deshalb in den meisten Fällen keine besonderen Maßnahmen erforderlich und es entstehen keine zusätzlichen Kosten und keine bauphysikalischen Probleme durch Beschichtungen und Beläge.

Zu beachten ist, dass jede Oberflächenbehandlung aus Kunstharz, auch sehr dünne, isolierend wirkt.

Wird eine glatte, staubfreie Oberfläche gefordert, ist dies auch bei mineralischen Baustoffen möglich. Bei zementgebundenen Bauteilen sind z.B. Wasserglasbehandlungen möglich. Bei Magnesiaestrichen sind Behandlungen mit den üblichen Imprägnier- und Pflegemitteln auf der Basis von trocknenden Ölen oder Wachsen möglich.

Die Ableitfähigkeit von mineralischen Böden ist abhängig vom Feuchtigkeitsgehalt und liegt zwischen ca.  $10^3 \Omega$  im feuchten Zustand und ca.  $10^9 \Omega$  im trockenen Zustand. Bei Magnesiaestrichen werden  $10^6 \Omega$  nur bei extremer Trockenheit, in Geschoßbauten und ohne zusätzliche Maßnahmen, zur Erdung bzw. zur Verbesserung der Leitfähigkeit überschritten.

In den ersten Jahren nach der Herstellung wird sich die Ableitfähigkeit durch die Trocknung der Baustoffe stark verändern. Der Bauplaner sollte dies dem ESD Beauftragten erklären.

### **Mindestwert an Isolation bzw. unterer Grenzwert der Erdableitfähigkeit**

Es besteht manchmal der Einwand, dass mineralische Böden zu gut leiten und es deshalb zu einer zu schnellen Entladung des Ladungspotentials eines elektronischen Bauteils und dadurch zur seiner Beschädigung kommen kann. Bevor man sich zu einer Kunstharzbeschichtung oder einem Gummi- oder PVC-Belag entschließt sollte der ESD-Beauftragte unter Berücksichtigung der speziellen betrieblichen Anforderungen prüfen ob dies wirklich notwendig ist.

Ein unterer Grenzwert ist in der Norm nicht (nicht mehr) enthalten. Die DIN EN 61340-5-1 sagt zum Mindestwert: „Es gibt keinen minimalen Mindestwert zum Schutz von ESDS“

Unter üblichen ESD Bedingungen, also bei Verwendung eines bestimmten Schuhwerks, ist ein Mindestwiderstand im Schuh eingebaut. Die zu schnelle Entladung ist deshalb nur denkbar, wenn das elektronische Bauteil direkt mit dem Boden in Kontakt kommt. Das kommt praktisch nicht vor.

Das bedeutet nicht, dass dies nicht aus Sicherheitsgründen, also wenn die Gefahr besteht spannungsführende Teile zu berühren, erforderlich ist. Das ist aber nicht ESD sondern Unfallverhütung nach VDE 0100, siehe weiter unten.

Mit der Festlegung eines unteren Grenzwerts der Erdableitung bzw. Mindestwert an Isolation werden spezielle Beläge erforderlich. Die ist mit erheblichem Aufwand verbunden und meistens mit bauphysikalischen Problemen verbunden. Zur Ausführung muss man wirkliche Spezialisten suchen, sonst ist der Erfolg fraglich.

### **Der Planer muss vor der Ausschreibung (mit dem ESD Beauftragten) festlegen (BEB Merkblatt KH-4-EL und Kommentar zur DIN 18365 Bodenbelagsarbeiten):**

- Beschreibung der Anforderungen an das System
- Besondere Hinweise für den ESD Bereich (z.B. Walking Tests, Schuhwerk, Armbänder)
- Beschreibung des Systemaufbaus
- Festlegung der anzuwendenden Messverfahren
- Angaben über die Anzahl der erforderlichen Messungen

### **Kunstharzbeschichtungen für den ESD Bereich**

Bei der Planung müssen die bauphysikalischen Punkte wie z.B. rückzeitige Feuchtigkeitseinwirkung und die Tauglichkeit für Flurförderzeugbetrieb beachtet werden, siehe ESTRICH KURZ UM BÜNDIG Industrieböden Teil 1, Oberflächen, kunstharzgebundene Oberflächen.

Kunstharzbeschichtungen sind von Haus aus isolierend und müssen durch besondere Maßnahmen leitfähig gemacht werden.

Eine leitfähige Bodenbeschichtung setzt in der Regel einen ebenen Untergrund nach DIN 18202, Tab. 3, Zeile 3 voraus. Dieser wird z.B. durch Kugelstrahlen vorbehandelt und es wird eine Grundierung aufgebracht. Darauf wird eine Ausgleichspachtelung zum Ausgleich von Unebenheiten aufgebracht wenn dies erforderlich ist. Ein Ausgleich in den folgenden Schichten bei den meisten Systemen ist nicht mehr möglich.

Es gibt auch Materialien die Dickenunabhängig funktionieren. Dies muss der Systemhersteller zusichern.

Darauf werden Leitbänder aus Kupferfolien in einem vom Systemhersteller vorgegebenen Raster aufgeklebt. Darauf wird eine dünne meistens durch Rußpigmente leitfähig gemachte Schicht (Leitschicht) aufgebracht und darauf der Nutzbelag. Dieser wird meist durch Edelfasern leitfähig gemacht. Die Fasern müssen für einen guten Kontakt zur Leitschicht und an der Oberfläche frei liegen. Das ist in der Praxis nicht ganz so einfach, da die Ableitfähigkeit an jeder Stelle gegeben sein muss (Diskussion um die Dreipunktelektrode, siehe unten).

Die Reinigung des Bodens muss nach den Vorgaben des Systemherstellers erfolgen. Dafür ist der Nutzer verantwortlich. Durch filmbildende Pflegemittel kann die Leitfähigkeit verringert oder aufgehoben werden. Eventuell werden spezielle leitfähige Pflegemittel erforderlich.

## ESD Bodenbeläge

Diese stehen als PVC, Kautschukbeläge und Linoleum zur Verfügung. Die Grundmaterialien sind nicht leitfähig und werden durch Zusatz von Kohlefasern, Graphit, Stahlfasern usw. leitfähig gemacht. Da es sich um industriell gefertigte und nach der Herstellung geprüfte (vor dem Einbau prüfbare) Produkte handelt ist die Leitfähigkeit im Vergleich zu handwerklich an der Baustelle hergestellten Beschichtungen sehr genau herstellbar.

Bei der Verlegung sind zwei Methoden möglich:

1. Auf eine konventionelle zementäre Spachtelmasse werden Kupferbänder aufgeklebt. Diese müssen nach Vorgabe des Herstellers im Raster angebracht werden und je 30 bis 50 m<sup>2</sup> an den Potentialausgleich angeschlossen werden. Der Abstand von jeder Stelle des Bodens zum nächsten Erdungspunkt soll maximal 10 m betragen. Es wird dann mit einem leitfähigen Kleber verlegt. Bei Streiflicht können sich die Erdbänder abzeichnen.
2. Der Untergrund wird mit einem leitfähigen Voranstrich (Leitschicht) versehen. Dabei müssen nur im Randbereich Kupferbänder geklebt werden. Dann wird der Belag mit einem leitfähigen Kleber verklebt.

Für den Einsatz gelten ansonsten alle Regeln für Bodenbeläge. Diese sind auf schwimmenden Estrichen unproblematisch zu erfüllen. Auf Betonböden und Verbundestrichen ist der Einsatz wegen der Feuchtigkeit problematisch und erfordert besondere Maßnahmen.

Für Flurförderzeugbetrieb sind Bodenbeläge nur bedingt, für motorisierten Flurförderzeugbetrieb eigentlich nicht geeignet. Es gibt spezielle dicke PVC Plattenbeläge die für Flurförderzeugbetrieb geeignet sind. Es müssen aber Verschleungen der Bodenoberfläche durch durchdrehende Räder in Kauf genommen werden.

Die Vorschriften bei der Reinigung und Pflege müssen beachtet werden.

## Prüfung

Die Leitfähigkeit des Fußbodens muss im Rahmen der Qualitätssicherung regelmäßig geprüft werden. Die anzuwendenden Messmethoden müssen schon vor der Ausführung festgelegt werden. Die Entscheidung trifft der ESD Beauftragte.

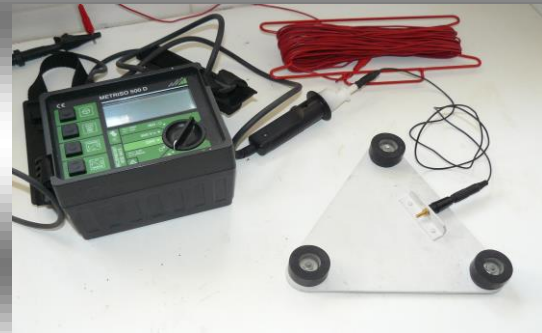
Es gibt umfangreiche Regelwerke und unterschiedliche Verfahren und Elektroden. Hier werden die wesentlichsten angeführt. Die Elektroden bestehen bei den gängigen Methoden aus leitfähigem Gummi. Kritisch sind dabei Messungen auf sehr rauen Bodenoberflächen. Besonders bei den Standardelektroden (2,5 kg, 63 mm Ø) kann ein Schmutzpartikel die Kontaktfläche und das Ergebnis deutlich verändern. Die Messung erfolgt mit Isolationsmessgeräten gegen Erde.

Dringt man etwas tiefer in die Materie ein stellt man fest, dass die Messung hochohmiger Widerstände nicht ganz so einfach ist. Methode, Spannung, Klimabedingungen, Materialfeuchte, Leitgummi der Elektroden usw. haben einen großen Einfluss. Darüber wird in „ESD Kreisen“ heftig diskutiert.

Physikalisch ist aber sicher, dass nie ein kleinerer Widerstand als tatsächlich vorhanden ist gemessen werden kann. Insofern ist man messtechnisch immer auf der sicheren Seite.

**Der Erdableitwiderstand** von eingebauten Fußböden wird in der Regel mit einer Dreipunktelektrode nach DIN EN

1081 durchgeführt. Das ist in „ESD-Kreisen“ nicht unumstritten aber für Fußböden sinnvoll. Beanstandet wird dabei, dass ein Mittelwert gemessen wird. Es sollte vorher ausdiskutiert und festgelegt werden. Die Elektrode wird mit mindestens 300 N belastet, in der Regel tritt man mit dem Fuß drauf.



Isolationsmessgerät mit Dreipunktelektrode

Die DIN EN 1081 nennt sich zwar, elastische Bodenbeläge, Bestimmung des elektrischen Widerstands, ist jedoch nach DIN EN 13813 Estrichmörtel und Estrichmassen; Eigenschaften und Anforderungen, Punkt 5.3.2 für alle Estriche und Beschichtungen anzuwenden. Der Widerstand wird mit ER (für Electrical Resistanc) in Ohm angegeben.



Elektrode mit 63 mm Durchmesser, Gewicht 2,5 kg nach ESD-S7.1-1994 und ASTM F 150-98

Die Prüfung erfolgt in regelmäßigen Abständen frühestens sieben Tage nach der Fertigstellung des Bodens. Die Anzahl der Prüfungen bestimmt der ESD Beauftragte nach den örtlichen Erfordernissen. In Anlehnung an DIN 28052/6 werden folgende Messpunktzahlen empfohlen.

Fläche bis 10 m <sup>2</sup>	1 Messung pro m <sup>2</sup>
10 bis 100 m <sup>2</sup>	10 bis 20 Messungen
> 100 m <sup>2</sup>	10 Messungen je 100 m <sup>2</sup>

Bei den Messungen ist die Raumlufttemperatur und die rel. Luftfeuchtigkeit zu dokumentieren. Zu empfehlen ist dies auch für das Datum der letzten Feuchtreinigung. Die Werte sind in die Bewertung einzubeziehen.

**Aufladung, Begehversuch „Walking Test“**  
DIN 54345 – Teil 2 – Messungen der Neigung zur elektrostatischen Aufladung im Begehversuch.

Diese Messungen sind besonders relevant wenn die Funktionsfähigkeit des gesamten Systems Mensch, Schuhe, Fußboden bewertet werden soll, wenn die Erdung hauptsächlich über den Fußboden erfolgt.

Dabei hält eine Prüfperson in entsprechender Kleidung und Schuhen eine Elektrode in der Hand während sie sich in bestimmter (1 Minute Schlufschritt) Form bewegt. Die Aufladung der Person wird über die Elektrode erfasst und kann in der Regel graphisch dargestellt werden. Der Grenzwert, in der Regel < 2 kV, ist vom ESD Beauftragten festzulegen. Der Wert gilt streng genommen nur für eine

bestimmte Testperson in bestimmter ESD fähiger Kleidung und Schuhen mit einem speziellen Sohlenmaterial das schwach leitfähig ist ( $10^9 \Omega$ ).

#### Klassifizierung

Elektrisch leitend	<b>ECF</b> Erdableitwiderstand $< 10^6 \Omega$
Ableitfähig	<b>DIF</b> Erdableitwiderstand $< 10^9 \Omega$
Antistatisch	<b>ASF</b> Aufladbarkeit $< 2 \text{ kV}$

## Unfallverhütung durch isolierenden Fußboden bei der Gefahr der Berührung spannungsführender Leitungen und Bauteile



#### Warnung vor gefährlicher elektrischer Spannung

Verschiedene Unfallverhütungsvorschriften und die VDE 0100 (auf die die UVVn verweisen) verlangen einen isolierenden Fußboden wenn die Gefahr besteht, dass spannungsführende Leitungen oder sonstige Teile berührt werden können.

Dies trifft in der Regel Prüf- und Experimentierbereiche. Der Planer muss die Bereiche mit dem Nutzer genau abklären. **Hier scheiden alle mineralischen Baustoffe aus. Diese Bereiche können nur mit isolierenden Baustoffen, Kunstharzbeschichtungen, PVC- und Gummibelägen ausgeführt werden.**

Es ist jedoch meist nicht erforderlich und nicht sinnvoll, den ganzen Betrieb so auszustatten, da die mechanische Beanspruchbarkeit dieser Beläge begrenzt ist. Die Bereiche sind meistens relativ klein. Eventuell reicht es auch isolierende Matten an den jeweiligen Arbeitsplätzen zu verlegen. Vorsicht, alle Isolationen können durch Feuchtigkeit unwirksam werden.

Die Messung erfolgt mit einer Metallelektrode von  $625 \text{ cm}^2$  die die Aufstandsfläche und das Gewicht (ca. 75 kg) eines Menschen simuliert. Der Kontakt wird über ein feuchtes Tuch hergestellt. Die Messwerte der Dreipunktelektrode (Erdableitwiderstand nach DIN EN 1081) sind nicht vergleichbar (es kann keine Relation hergestellt werden).

Ein Fußboden ist im Sinn von VDE 0100-410 isolierend wenn der Standortwiderstand  $R_{ST}$  folgende Werte nicht unterschreitet:

50 k $\Omega$ = $5 \times 10^4 \Omega$ bei Installationen mit Nennspannungen $< 500 \text{ V}$
100 k $\Omega$ = $1 \times 10^5 \Omega$ bei Installationen mit Nennspannungen bis 1000 V

Das wird von den meisten elastischen Bodenbelägen erreicht. Darüber hinaus sind speziell dafür entwickelte Beläge oder Matten sinnvoll. Die Zusage der Eigenschaft durch den Hersteller und eine regelmäßige Prüfung ist notwendig.

## Doppelforderung

Von manchen Nutzern wird gleichzeitig eine Ableitfähigkeit nach ESD Regeln und Isolation nach VDE 0100 verlangt. Von manchen Bodenherstellern wird dies auch angeboten. Das ist aber ein Ausnahmefall und kommt nur vor wenn mit elektrostatisch gefährdeten Bauteilen oder in EX-Bereichen an offener Netzspannung gearbeitet werden muss. Diese Anforderung ist nur mit speziell dafür entwickelten Bodenbelägen oder Matten erfüllbar.

Das geht über die Anforderung eines oberen und unteren Grenzwerts im Sinne von ESD, also gemessen mit der gleichen Elektrode, hinaus.

Wird ein Erdableitwiderstand gemessen nach DIN EN 1081 von  $\leq 10^8 \Omega$  und  $\geq 5 \times 10^4 \Omega$  verlangt ist das durchaus möglich. Wird aber der untere Grenzwert nach VDE 0100 also mit der  $625 \text{ cm}^2$  Elektrode auf feuchtem Tuch gemessen und der obere mit der Dreipunktelektrode nach DIN 1081 so ist das zu treffende „Fenster“ vorsichtig ausgedrückt schon sehr klein.

**Chirurgiebereiche** (HF-Chirurgie, Elektrokauterisation) sind besonders heikel. Hier besteht einerseits Explosionsgefahr durch Gase, andererseits wird mit hohen Spannungen gearbeitet.

## Mehr Information

Die Normen und Regelwerke sind hier sehr, sehr umfangreich. Eine ganz praktische (allerdings nicht amtliche) Zusammenstellung findet sich unter [www.wikipedia.org/wiki/DIN-VDE-Normen\\_Teil\\_1](http://www.wikipedia.org/wiki/DIN-VDE-Normen_Teil_1)

BEB Hinweisblatt KH-4-EL  
[www.beb-online.de](http://www.beb-online.de)

Eine gute Zusammenstellung für Bodenbeläge ist die Technische Information - Produkttechnik Nr. 2.1 Ausgabe 04/2009 der Fa. Armstrong DLW AG

Sachstandsbericht Deutsche Bauchemie.  
Ableitfähige Beschichtungen für Industrieböden.  
[www.deutsche-bauchemie.de](http://www.deutsche-bauchemie.de)

Liebe Planerin, lieber Planer,

ich hoffe, dass ich Ihnen mit diesen komprimierten Hinweisen ein brauchbares Hilfsmittel für Ihre Arbeit geben konnte. Für Anregungen und Kritik bin ich dankbar. Sie können mich immer anrufen. Die Hinweise sind nach bestem Wissen zusammengestellt. Eine Haftung übernehme ich nicht.

Ihr Walter Böhl

Dezember 2010 - ©Walter Böhl letzte Überarbeitung 5/15