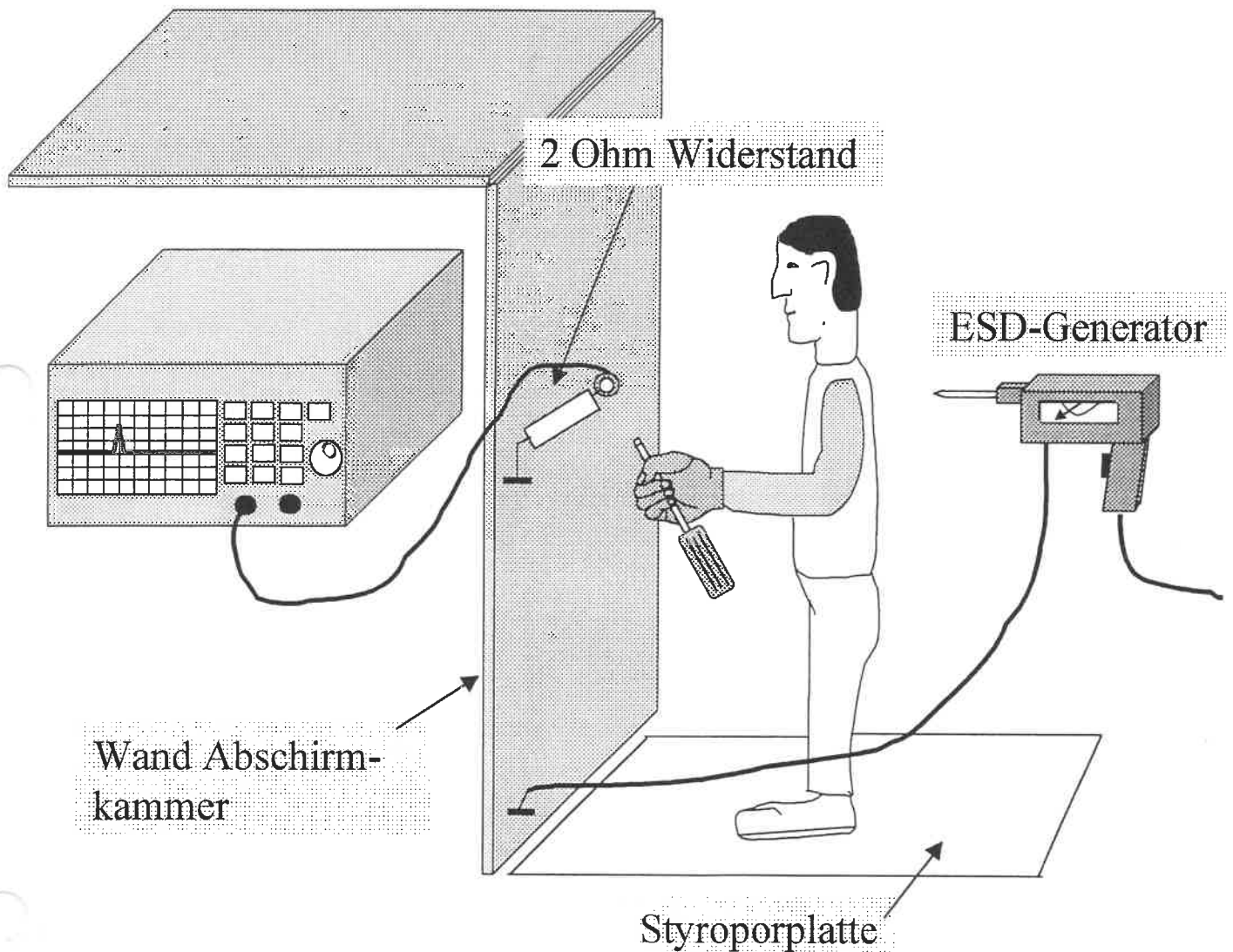
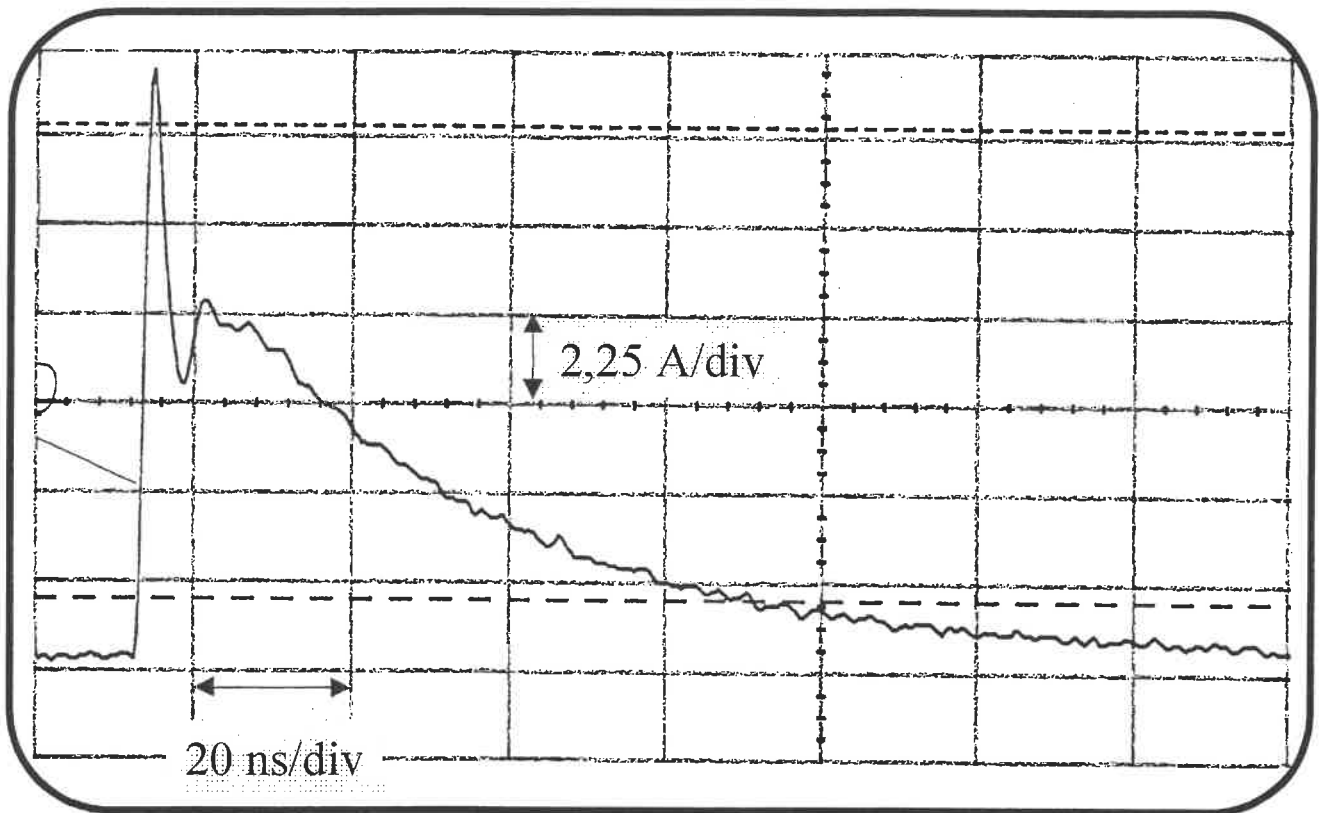


ESD -> Entladung statischer Elektrizität



Versuchsperson wird mittels ESD-Generator auf 8 kV aufgeladen. Anschließend entlädt sich Versuchsperson über einen 2 Ohm Widerstand. Der Entladestrom wird mit einem Giga-Sample Oszilloskop gemessen.

ESD -> Entladung statischer Elektrizität



Entladestromstoß eines auf 8 kV aufgeladenen Menschen.

ESD -> Entladung statischer Elektrizität

EGB -> Elektrostatisch gefährdete Bauelemente

Phänomen

Wenn Isolatoren aneinander reiben, können Ladungsträger von einem Isolator auf den anderen Isolator übergehen. Sie sind allerdings nicht beweglich und bleiben auf der Oberfläche hängen. Der eine wird positiv der andere negativ aufgeladen -> triboelektrische Reihe.

Wenn sich der Vorgang (Reibung) wiederholt, können Spannungen beim Aufladevorgang, je nach Isolator, > 30 kV entstehen.

Beim Trennen der beiden Isolatoren vermindert sich die Kapazität. Da die Ladung gleich bleibt, erhöht sich die Spannung.

Da auch beim Menschen Ladungstrennung durch Influenz entstehen kann, muß beim händeln mit elektronischen Bauelementen besondere Vorkehrungen getroffen werden.

Beispiel: Eine Versuchsperson wurde auf 8 kV aufgeladen. Anschließend beim Entladevorgang wurden ca. 15 A gemessen (Anstiegszeit ca. 1 ns und die Pulsbreite ca. 30 ns).

Meßergebnisse eines IC-Prüfautomaten (IC CD 4050)

Test #	DUTPIN	MEASURED	DEVICE	DCT2	RESULT
26	3	-430.20 pa	PMU_I	> -1.01 µa	PASS
27	14	-430.20 pa	PMU_I	> -1.01 µa	PASS
28	5	-430.20 pa	PMU_I	> -1.01 µa	PASS
29	7	-430.20 pa	PMU_I	> -1.01 µa	PASS
30	9	-430.20 pa	PMU_I	> -1.01 µa	PASS
31	11	-430.20 pa	PMU_I	> -1.01 µa	PASS
32	3	4.47 na	PMU_I	< 1.01 µa	PASS
33	14	4.47 na	PMU_I	< 1.01 µa	PASS
34	5	9.36 na	PMU_I	< 1.01 µa	PASS
35	7	4.47 na	PMU_I	< 1.01 µa	PASS
36	9	4.47 na	PMU_I	< 1.01 µa	PASS
37	11	4.47 na	PMU_I	< 1.01 µa	PASS

Vor der Berührung eines aufgeladenen Menschen

26	3	-430.20 pa	PMU_I	> -1.01 µa	PASS
27	14	-430.20 pa	PMU_I	> -1.01 µa	PASS
28	5	4.47 na	PMU_I	> -1.01 µa	PASS
29	7	-430.20 pa	PMU_I	> -1.01 µa	PASS
30	9	-430.20 pa	PMU_I	> -1.01 µa	PASS
31	11	743.40 na	PMU_I	> -1.01 µa	PASS
32	3	988.08 na	PMU_I	< 1.01 µa	PASS
33	14	4.47 na	PMU_I	< 1.01 µa	PASS
34	5	444.89 na	PMU_I	< 1.01 µa	PASS
35	7	2.17 µa	PMU_I	< 1.01 µa	IGNORED
36	9	4.47 na	PMU_I	< 1.01 µa	PASS
37	11	4.47 na	PMU_I	< 1.01 µa	PASS

Nach der Berührung eines aufgeladenen Menschen

EGB -> Elektrostatisch gefährdete Bauelemente

Oberster EGB-Grundsatz:

Aufladung verhindern!

Falls doch aufgeladen, schnelle harte Entladung vermeiden.

hochohmige Übergänge werden erreicht durch:

Ableitwiderstand
zwischen $50 \text{ k}\Omega$
und $10 \text{ M}\Omega$.

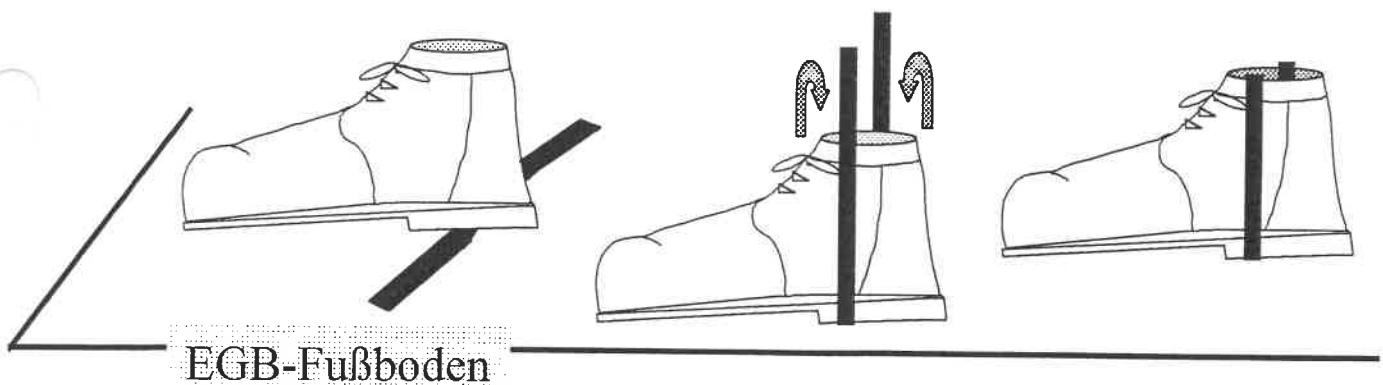
Oberflächenwiderstand
zwischen $10^6 \Omega/\text{square}$
und $10^{11} \Omega/\text{square}$.

EGB, ESD

Wie verhindere ich Aufladung,
bzw. harte schnelle Entladung?

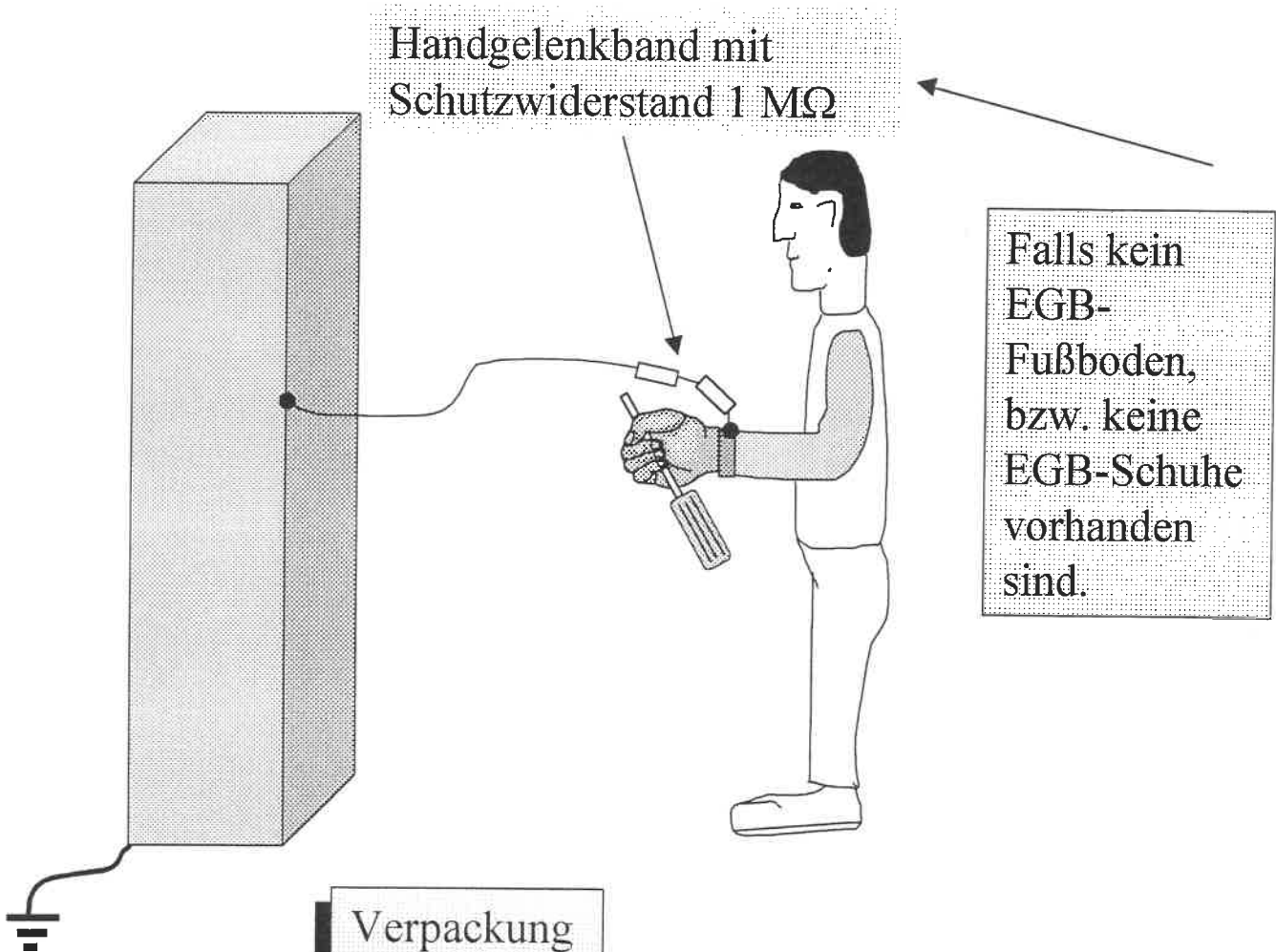
Durch Verwendung
hochohmig leitfähiger
Übergänge wie:

- EGB- Fußboden
- EGB-Schuhe bzw. Erdungsstreifen
- Baumwollkleidung
- EGB-Tischauflageflächen
- EGB-Verpackung (Karton zulässig)
- EGB-Handgelenkband



Straßenschuhe mit eingelegten Schuherdungsstreifen.

EGB, ESD



Falls keine speziellen EGB-Materialien zur Verfügung stehen, können die Baugruppen auch auf Zeitungspapier abgelegt, bzw. auch in Zeitungspapier transportiert werden.

In der Instrumentenstelle der Siemens ATD gibt es Antistatik-Ausrüstung für Anlageneinsätze.

Checkliste für EGB-Begehung

Abteilung:

Datum:

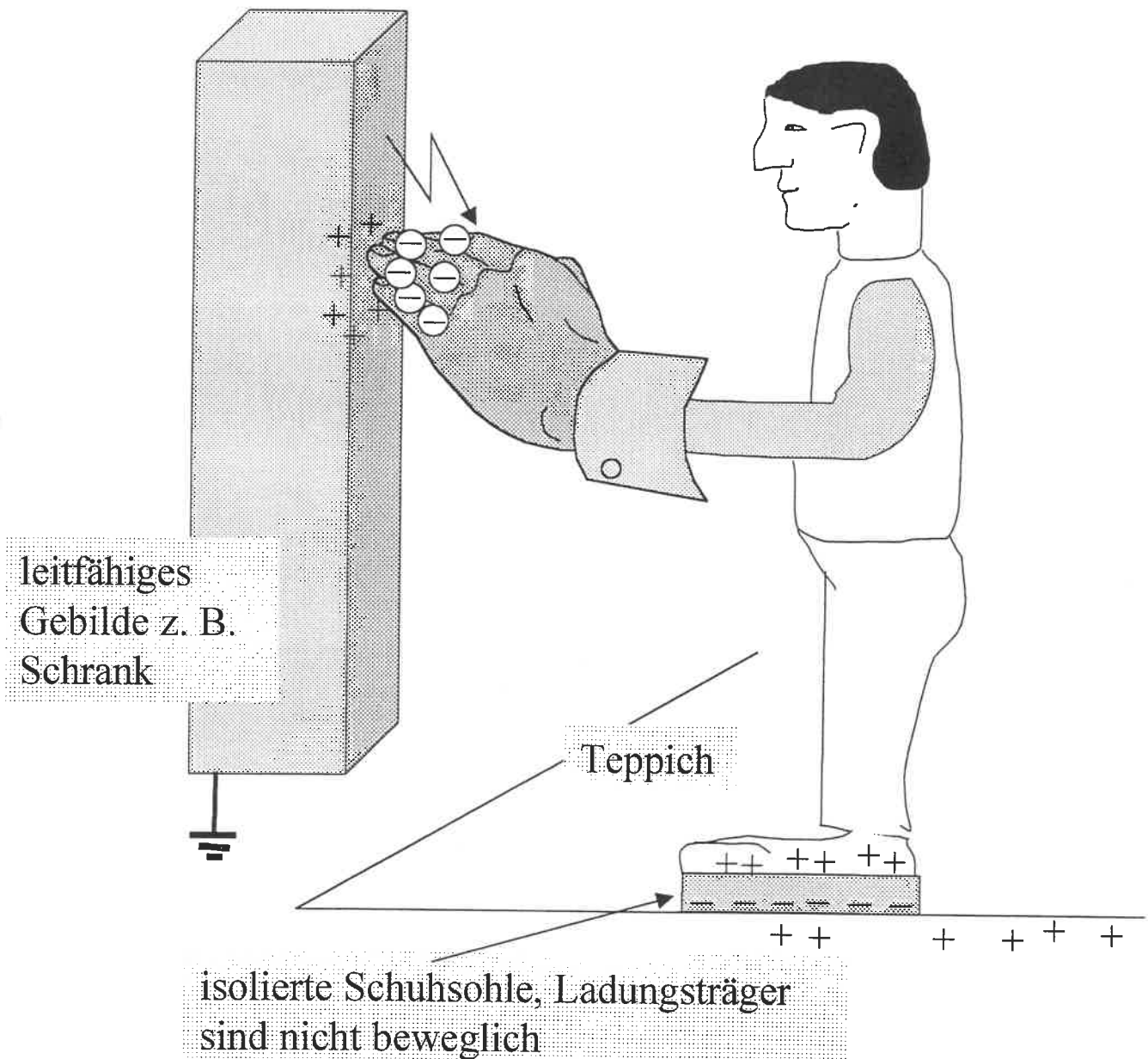
Teilnehmer:

Beanstandung

Keine einmal mehrmals

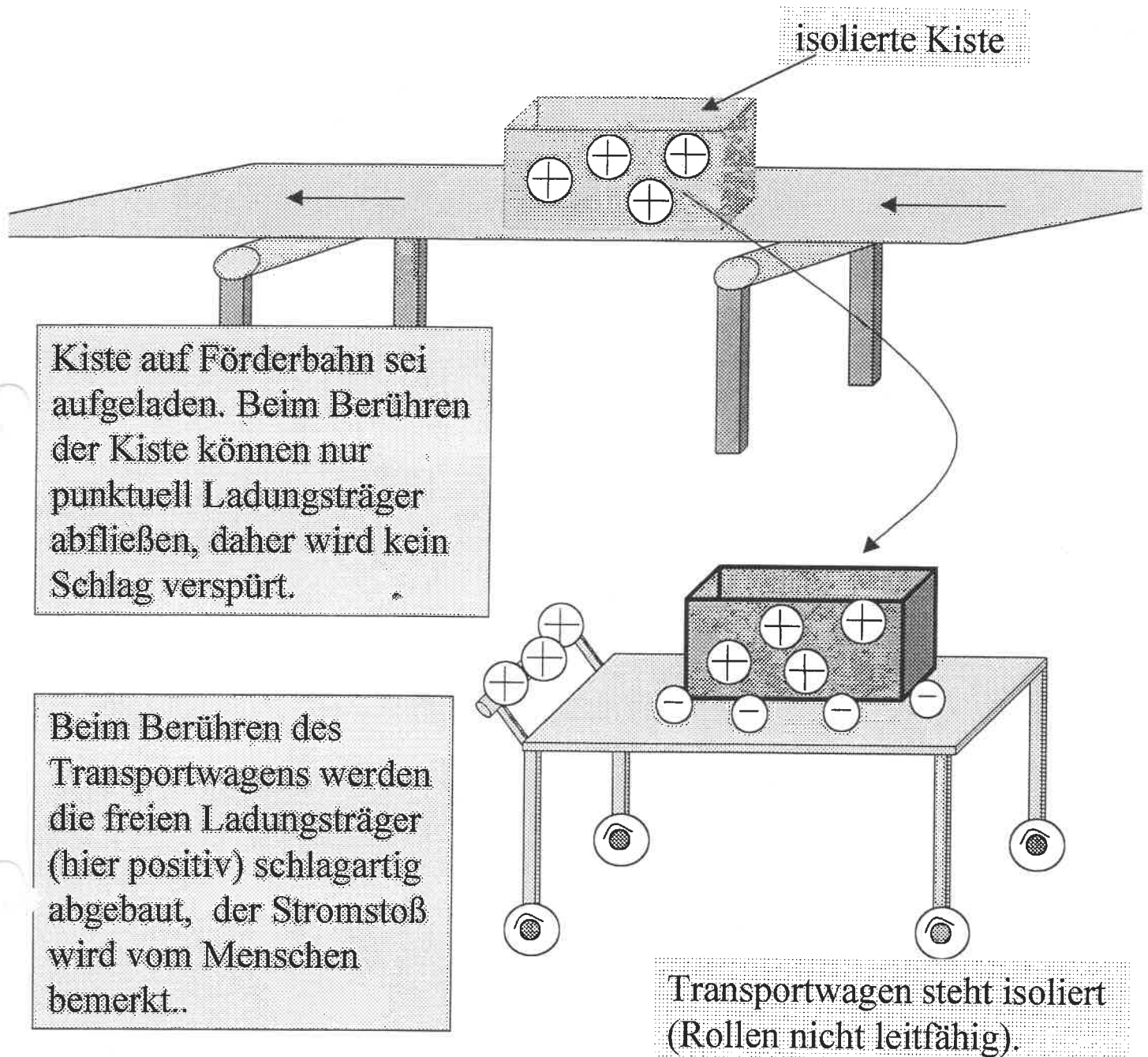
	Keine	einmal	mehrmals
EGB-Zone gekennzeichnet und abgeteilt	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
EGB-Fußboden	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Zutritt nur in EG-Bekleidung (Kittel, Schuhe)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Besucher stehen Kittel und Erdungsstreifen am Eingang zur Verfügung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Mitarbeiter trägt Kittel zugeknöpft	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Stühle nach EGB-Richtlinie (schwarze Rollen)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Alle Ablageflächen EGB leitend	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Keine Metallablageflächen (gilt auch für Transportwagen)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Verpackung und Behältnisse nach EGB-Richtlinien	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Kein Styropor verwenden	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nur EGB-leitende Klarsichthüllen (auch für Postsachen)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Erdung der Lötkolbenspitze bei geregelten Lötstationen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bei potentialfreiem Meßgerät muß der Meßkopf vor dem Messen kurzzeitig entladen werden.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

EGB, ESD



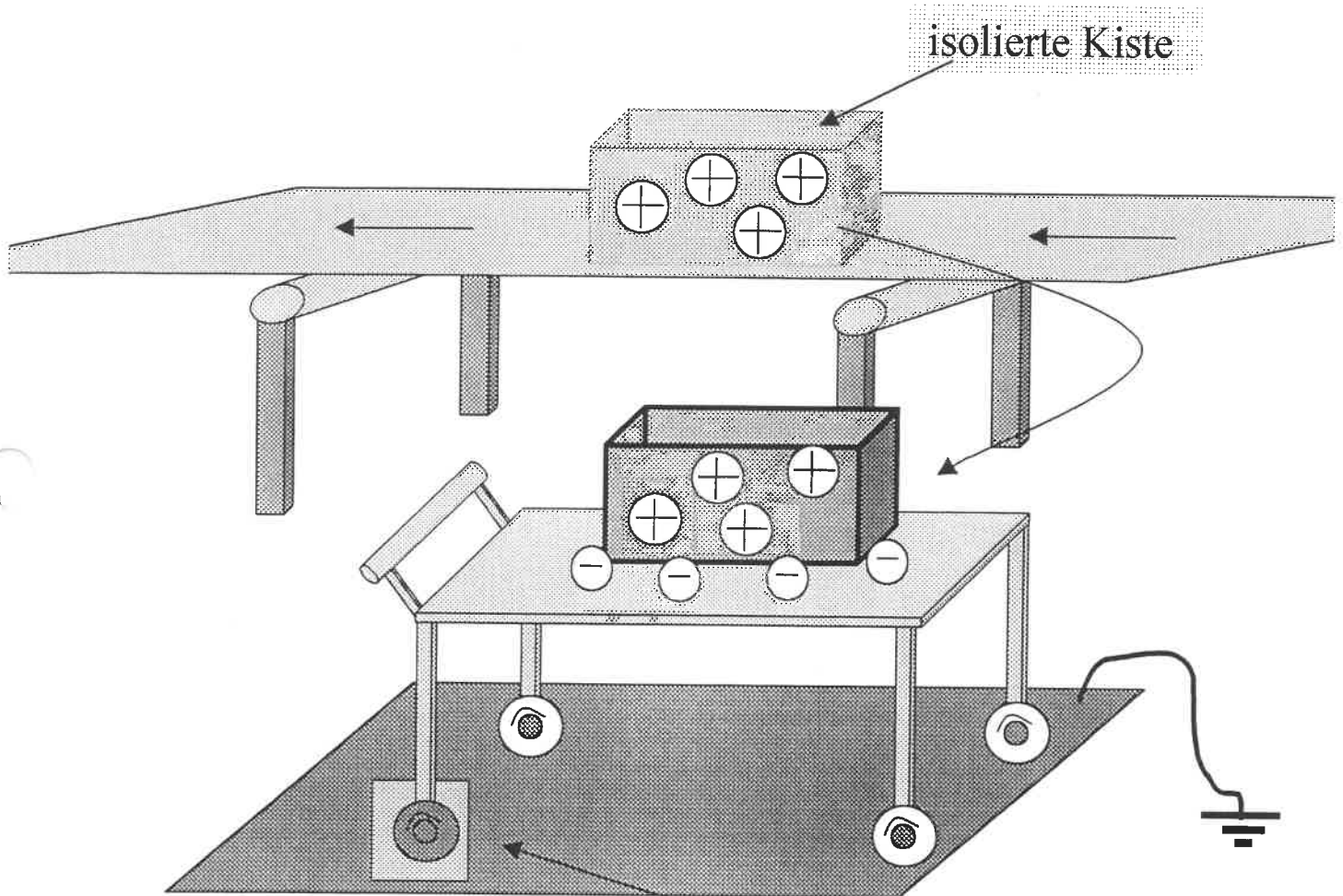
Da der Mensch leitfähig ist, findet hier eine Ladungstrennung statt. Die freien Ladungsträger in der Hand influenzieren Gegenladungen (hier positive Ladungen). Bei Annäherung erfolgt Entladevorgang. Wobei die Annäherungsgeschwindigkeit einen erheblichen Einfluß auf die entstehende Stromimpulsform (Störwirkung) hat.

EGB, ESD



Wird die Kiste vom Transportwagen entfernt und anschließend der Wagen wieder berührt, kommt es nochmal zu einem merklichen schlagartigen Ladungsaustausch (hier negativ).

EGB, ESD



Transportwagen mindestens mit einer leitfähigen Rolle ausrüsten. Beim Aufnehmen und Ablegen der Kiste, den Wagen auf eine leitfähige Unterlage stellen.

Grundsätzlich sollten EGB-leitfähige (hochohmig) Kisten verwendet werden. Dann würde dieses Problem erst gar nicht entstehen.

EGB, ESD

Falls Auf- und Entladung statischer Elektrizität nicht über hochohmige Widerstände stattfindet, kann der Vorgang extrem schnell geschehen, dabei werden Frequenzen bis ca. 700 MHz erzeugt. Kurzfristige Entladestromstöße bis 30 A sind durchaus möglich.

--> extreme EMV-Störquelle

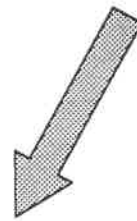
Gegenmaßnahmen an der Störquelle sind z. B.:

- Hochohmige Entladeelektroden (falls applikativ Aufladung nicht verhindert werden kann).
- Metallenen Anpreßrollen bei Folien.
- Kontinuierliche Abführung von Ladungen durch kleine Besen, in deren Baumwoll-Borsten kleine Metallfäden eingewebt sind.
- Ionisierer -> Gegenladungen werden "aufgesprüht".
- Falls applikativ nicht gefordert, keine Isolierstoffe einsetzen, wenn sie sich mit der Umgebung reiben können.
- Niederohmig leitfähige Gebilde in der Umgebung von Isolatoren immer erden (Verhinderung von Influenzladungen).
- Luftfeuchtigkeit erhöhen (falls möglich, sehr effektiv).

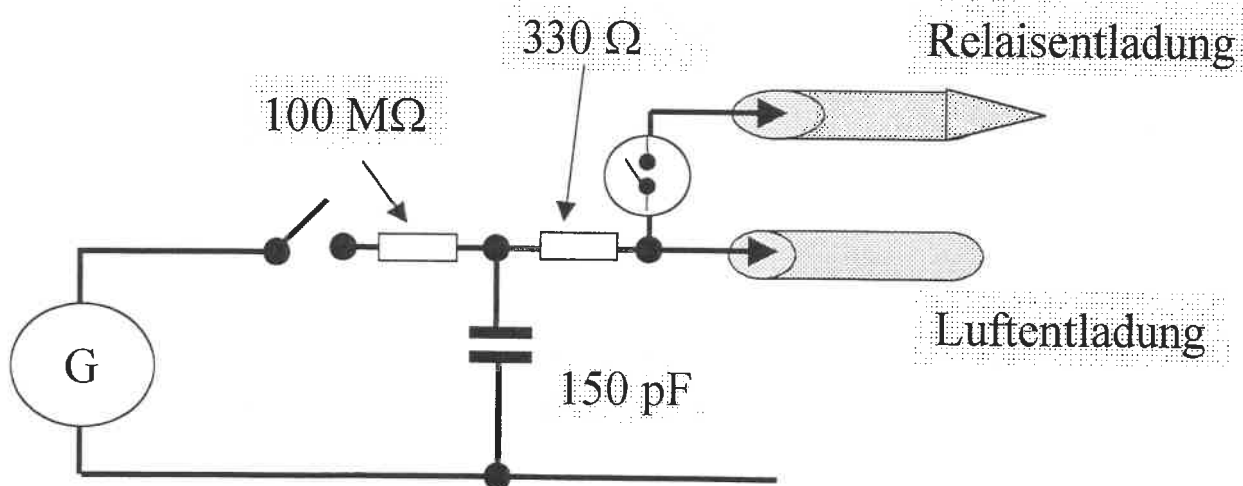
EGB, ESD

Die Störquelle ESD kann durch einen ESD-Generator simuliert werden. Die Prüfung ist international standardisiert und bildet speziell den **Entladevorgang beim Menschen** nach.

Der Entladewiderstand eines Menschen beträgt ca. 330 Ohm, die Kapazität eines Menschen ca. 150 pF.

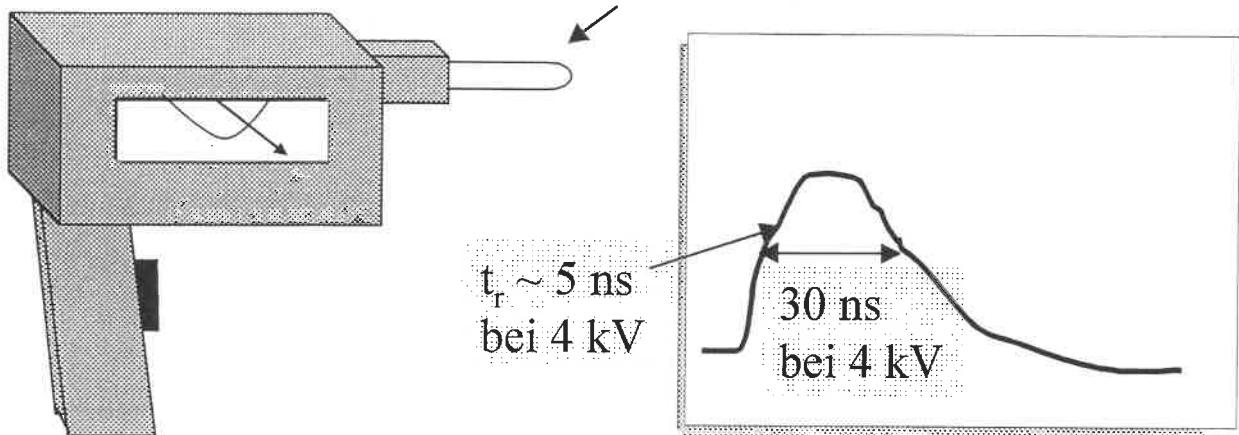


Prinzipschaltung des ESD-Generators

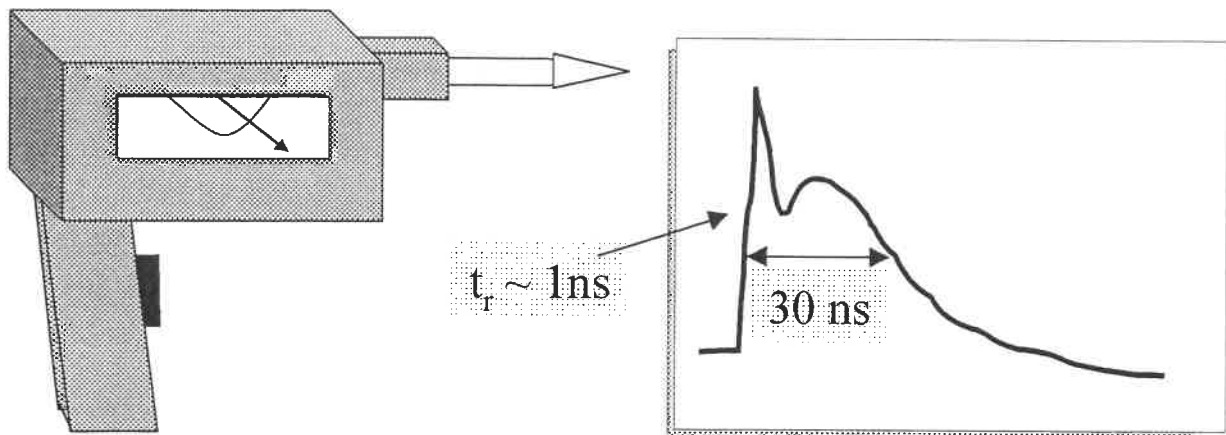


EGB, ESD

Die Form der Entladeelektrode ist einem Finger nachgebildet.

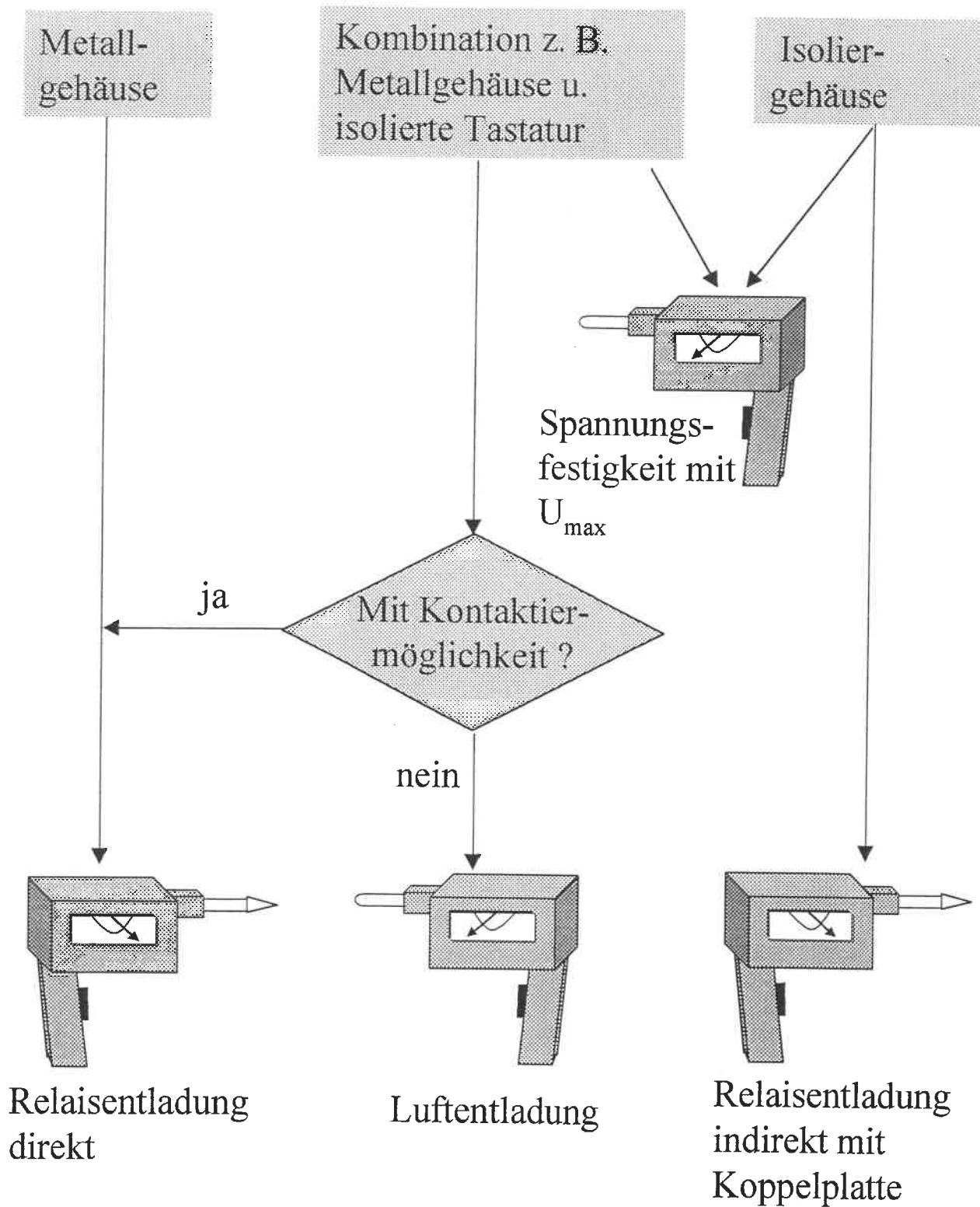


Luftentladung



Relais- /bzw. Kontaktentladung

ESD Prüfungsarten



ESD Prüfung auf Anlagen

Zweck: Simulation elektrostatischer Entladungen

Handhabung:

- Prüfung mit einer Prüfspannung von ca. 500 V beginnen.
- Entladeelektrode senkrecht zur Prüfoberfläche nähern.
- Je Prüfpunkt ca. 5 sec verbleiben.
- Prüfspannung in 300 Volt Schritten erhöhen.
- Prüfling während der Prüfung beobachten.
- Entladungen dürfen an allen Stellen erfolgen, die das Bedienpersonal im normalen Betrieb mit der Hand berühren kann, wie z. B. Taster, Schalter Einbaumeßgeräte, nicht jedoch Steckerkontakte.
- Gehäuse bzw. Schaltschranktür sollte geschlossen sein.

Prüfschärfe und Bewertung (abweichend von Labormessungen)

- < 3 kV ungenügend (Störfestigkeit auf jeden Fall erhöhen).
- > 8 kV in der Regel ausreichend.
- > 14 kV sehr gut, Störfestigkeit auf diesen Wert erhöhen, falls unklar ist, ob ein EMV-Problem vorliegt.

ESD

Vorgehensweise bei ESD-Problem:

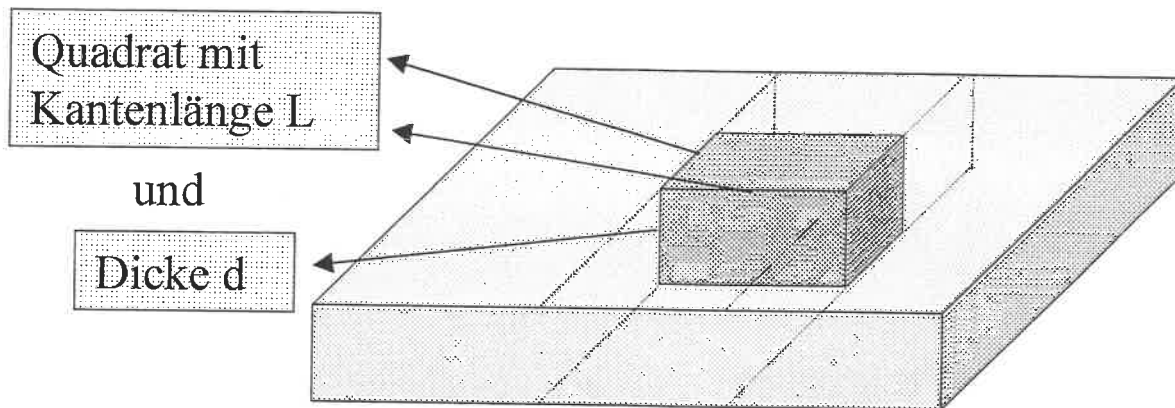
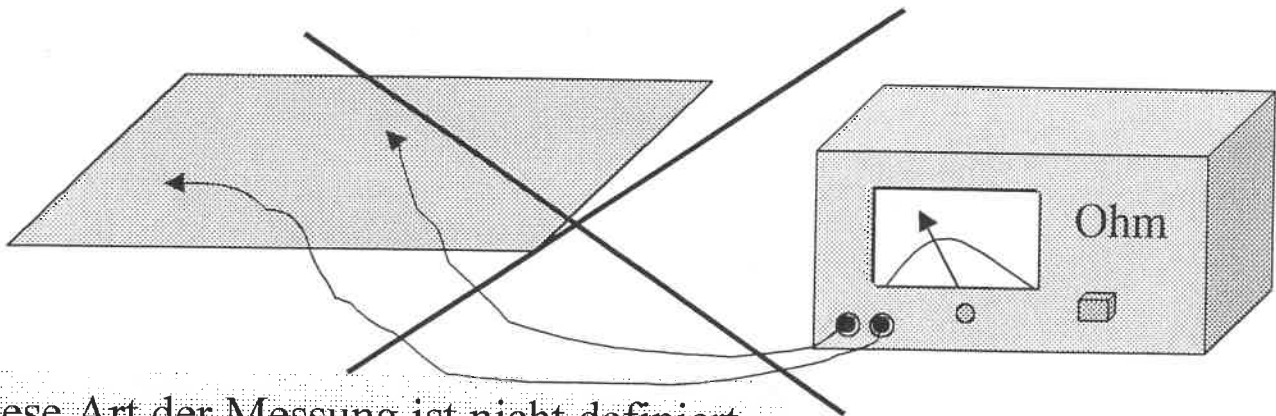
- Falls sich Fehler mit ESD-Generator simulieren läßt, alle Leitungen die nicht unbedingt notwendig sind abziehen und kontrollieren, wann sich der Fehler verändert.
- Schirme müssen bei diesem Phänomen immer beidseitig und großflächig angeschlossen werden.
- Leitungen möglichst direkt an Metallgehäusen bzw. Blechen führen.
- Unnötige Leitungslängen vermeiden.
- Auf Schlitze besonders achten (keine Schlitzantennen kreieren). Bleche müssen gut durchverbunden sein.
- Schraubverbindungen zwischen Metallteile kontrollieren.
- An Leitungsenden von ungeschirmten Leitungen Ferritdrosseln überstülpen.

Hinweis:

Kanten sind Schwachstellen, da an ihnen hohe Feldstärken auftreten (inhomogenes Feld). Eine besondere kritische Stelle ist auch ein Schlüsselschalter mit gestecktem Schlüssel.

ESD-Materialauswahl

Verpackungsmaterialien werden durch den
“**Oberflächenwiderstand**“ spezifiziert.



Es gilt:

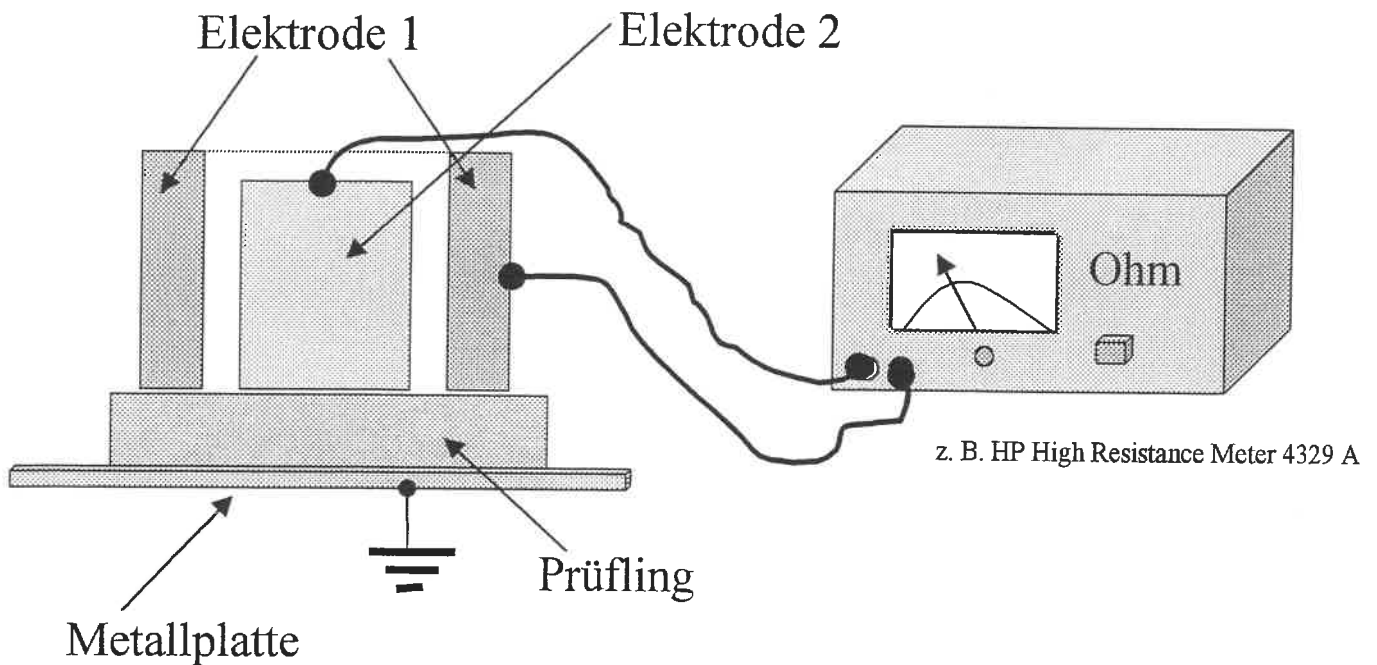
$$R = \frac{L}{\kappa * A} = \frac{L}{\kappa * d * L} = \frac{1}{\kappa * d}$$

A = Fläche

Bei quadratischer Oberfläche ist der Widerstand nur von der spezifischen Leitfähigkeit κ und der Materialstärke d abhängig.

ESD-Materialauswahl

Oberflächenwiderstand

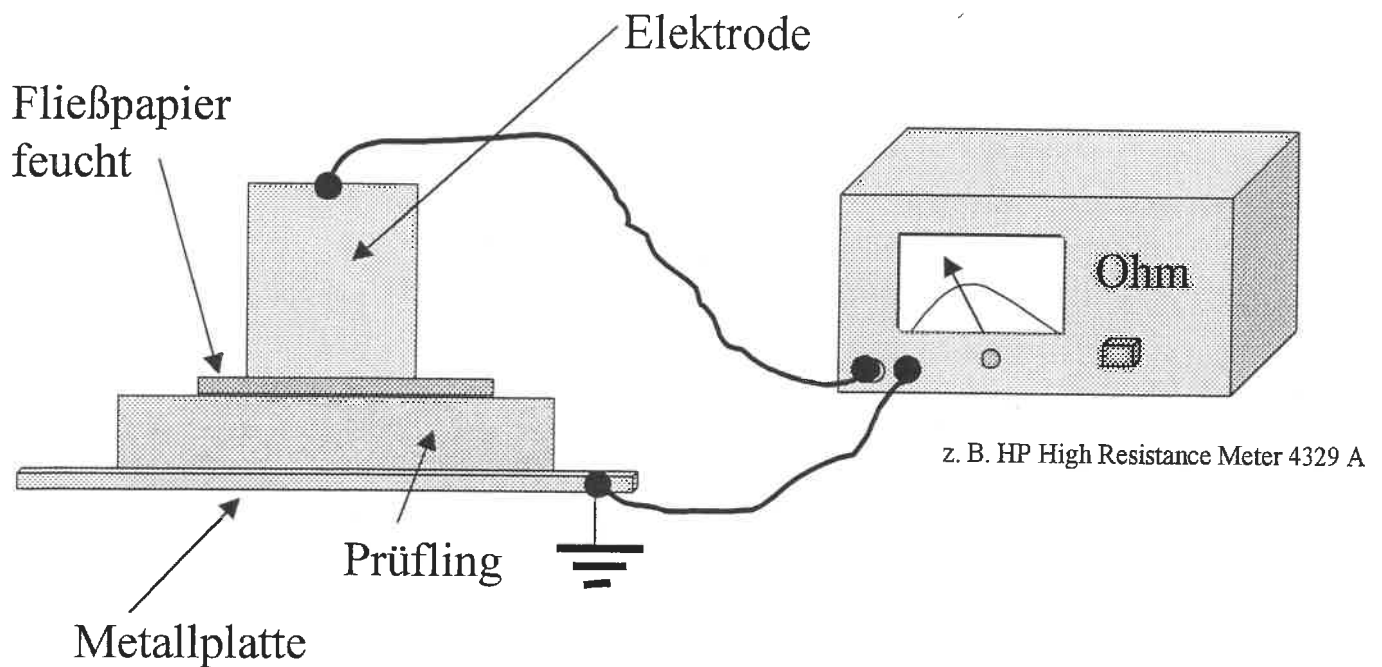


Sollwert: $10^6 \Omega/\square$ - $10^{11} \Omega/\square$

Da sich die Werte immer auf eine Fläche beziehen, wird die Einheit Ω/\square **Ohm per square** ausgesprochen.

ESD-Materialauswahl

Ableitwiderstand

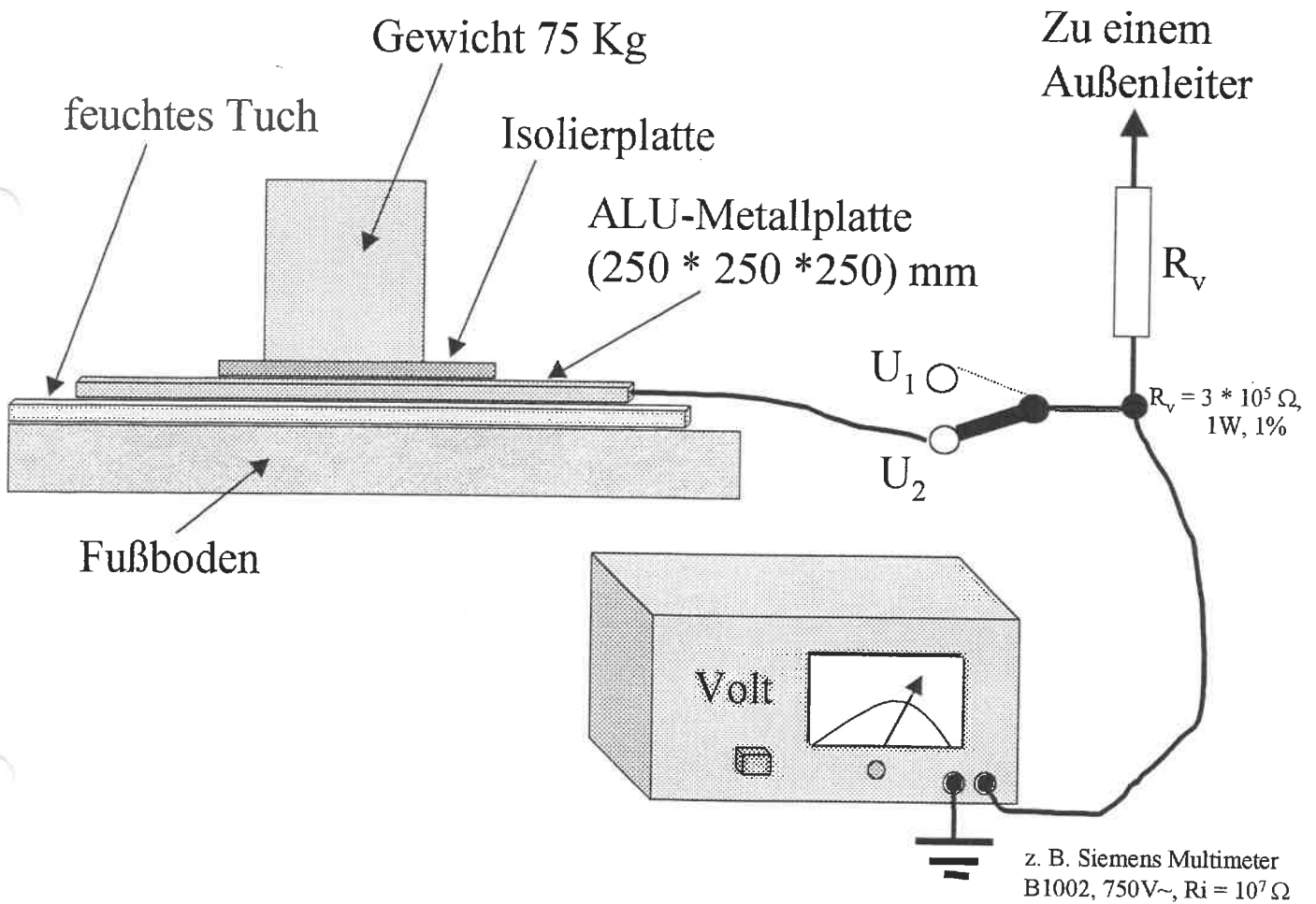


Sollwert: $5 \cdot 10^4 \Omega - 10^7 \Omega$

Für Oberflächen, Tischauflagen etc. ist der Ableitwiderstand maßgebend.

ESD-Materialauswahl

Standortübergangs-Widerstand

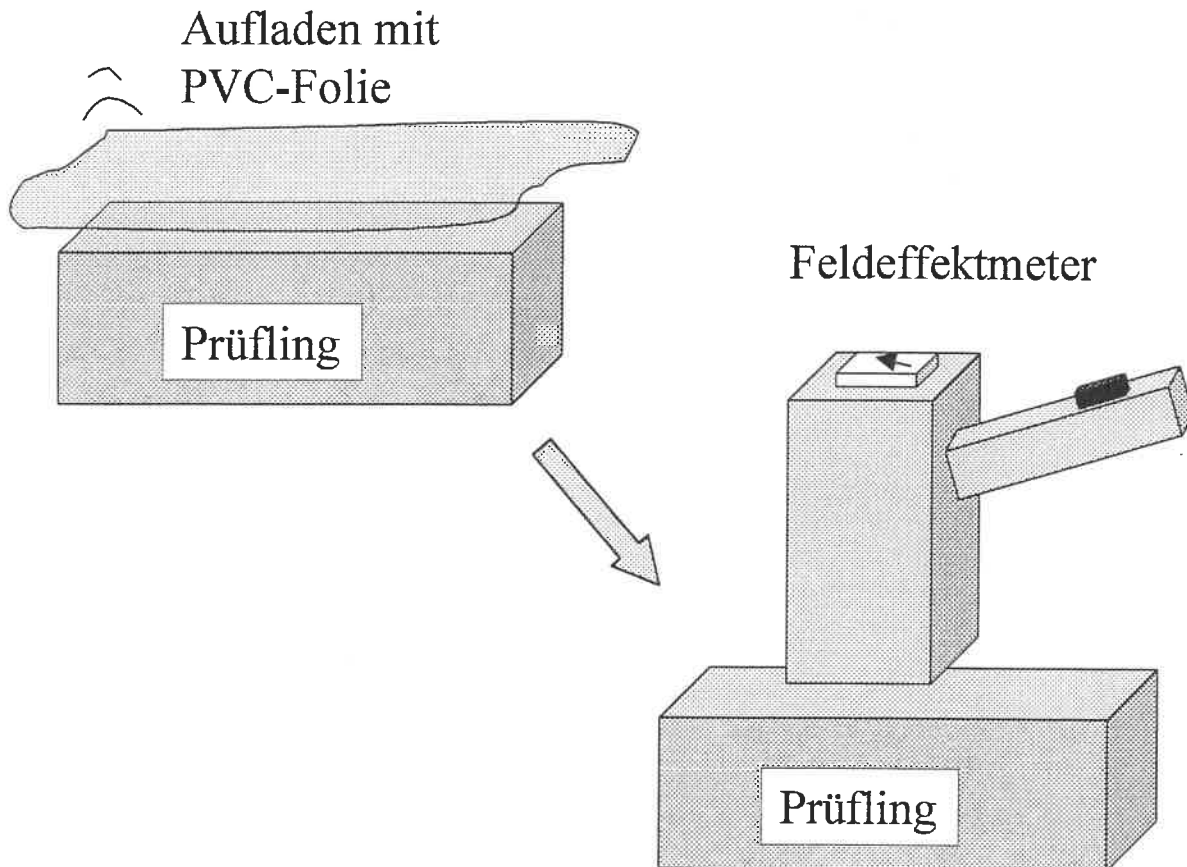


$$R_{ST} = R_v * \frac{U_2}{U_1 - U_2} > 5 * 10^4 \Omega$$

Sollwert für Standortwiderstand $R_{ST} > 5 * 10^4 \Omega$

ESD-Materialauswahl

Statische Aufladung durch Reibung



Sollwert: $< 50 \text{ V/cm}$

Beim Berühren lädt sich das Material mit der größeren Permiabilität ϵ positiv auf.

Werden Nichtleiter und Metall aneinander gerieben, lädt sich das Metall positiv auf.

ESD-Materialauswahl

Abklingzeit aufgebrachtener Ladung

