



DIN EN 50059 und DIN EN 50176, Normentwürfe  
für die elektrostatisch unterstützte Applikation  
(mit Vorführung Elektrostatik)

---

**Olav Schnier**

SCHNIER Elektrostatik GmbH

---

# Warum nutzen wir die Elektrostatik

in der Beschichtungstechnik?



Die Elektrostatik hat anziehende und abstoßende Kräfte, welche in unterschiedlicher Weise beim elektrostatischen Beschichten genutzt werden. Teilchen mit gleicher Polarität stoßen sich ab, Teilchen mit unterschiedlicher Polarität ziehen sich an.



Wird z.B. ein PVC-Rohr mit einem Baumwolltuch gerieben, so kann mit dem „geladenen“ PVC Rohr Teilchen angezogen werden.

# Elektrostatik-Versuch 1

Anziehen von Teilchen mit einem geladenen PVC-Rohr



# Warum nutzen wir die Elektrostatik in der Beschichtungstechnik?



Werden nun zwei oder drei PVC-Rohre nacheinander mit einem Baumwolltuch geladen und auf einer schiefen Ebene abgelegt, dann wird deutlich, wie diese Rohre sich abstoßen.



Das Baumwolltuch gibt beim Reiben an den PVC Röhren Elektronen ab. Nach dem Reibungsvorgang herrscht somit ein Elektronenüberschuss auf den PVC Röhren und diese sind somit negativ geladen. Wenn zwei oder mehr PVC Röhre auf diese Art geladen wurden, stoßen sich diese ab.

# Elektrostatik-Versuch 2

Abstoßung gleichnamig geladener PVC-Rohre



# Wo und wie nutzen wir die Elektrostatik in der Beschichtungstechnik?



Genau diese Kräfte machen wir uns in der elektrostatischen Beschichtungstechnik zunutze.

## Wo und wie wird die Elektrostatik in der Beschichtungstechnik genutzt?

Die Elektrostatischen Kräfte werden unter anderem in der

- Beflockung
- Nasslackierung
- Pulverbeschichtung

verwendet, wobei die Wirkungsweisen durchaus unterschiedlich sind.

# Wo und wie nutzen wir die Elektrostatik

in der Beschichtungstechnik?



## **In der Beflockung wird die Elektrostatik genutzt um:**

Flockfasern auszurichten und dadurch dichter zu beflocken. Zudem wird die Flockfaser durch die Beschleunigung im Feld tiefer in den Klebstoff „eingeschossen“.

## **In der Nasslackierung wird die Elektrostatik überwiegend genutzt um:**

Den Auftragswirkungsgrad (TE=Transfer Efficiency) zu erhöhen.  
Der Lack haftet durch Adhäsion auf dem Werkstück.

## **In der Pulverbeschichtung wird die Elektrostatik genutzt um:**

Die Pulverteilchen aufzuladen.

Nur durch die Spiegelladung haftet ein Pulverteilchen auf dem Werkstück.

# Die elektrostatische Beflockung

Wie wirkt hier die Elektrostatik?



In der elektrostatischen Beflockung werden die Flockfasern an einer Hochspannungsführenden Elektrode aufgeladen und vom geerdeten, mit Klebstoff beschichteten Werkstück angezogen.

Die Flockfaser ist eine feine Kunststofffaser z.B. aus Polyamid und diese ist an der Außenhülle leitfähig präpariert. Durch die leitfähige Präparation entsteht ein Bi-Pol, welcher sich im elektrischen Feld ausrichtet. Sobald die Flockfaser das Werkstück berührt, wird diese entladen und wird von der HS-Elektrode wieder angezogen. Die Flockfaser springt im Elektrischen Feld zwischen HS-Elektrode und Werkstück so lange hin und her, bis sie im Klebstoff verankert wird oder aus dem Feld fliegt.

**Ohne Elektrostatik wäre eine dichte und qualitativ hochwertige Beflockung nicht möglich.**



# Elektrostatik-Versuch 3

Leitfähiges Teilchen springt im Feld hin und her



# Elektrostatische Beflockung

## Erklärung des kompletten Prozesses



# Elektrostatische Nasslackierung

Wie wirkt hier die Elektrostatik?



In der Nasslackierung werden ebenfalls die elektrostatischen Anziehungskräfte verwendet.

Lackiert man ein Werkstück ohne Elektrostatik, dann landet nur ca. 30-50 % des Lacks auf dem Werkstück und der sogenannte „Over spray“ wird durch die Absaugung abgesaugt.

Lädt man den Lack mittels Hochspannung auf, dann wird dieser vom geerdeten Werkstück angezogen. Damit werden Auftragswirkungsgrade (TE) von bis zu 95% erzielt.

Auch ein Lacktropfen kann sich am geerdeten Werkstück entladen und würde wieder zurück zum Sprühsystem (welches auf Hochspannungspotential liegt) springen. Allerdings haftet der Lacktropfen durch Adhäsion auf dem Werkstück.

# Elektrostatische Pulverbeschichtung

Wie wirkt hier die Elektrostatik?



Anders wird die Elektrostatik im Bereich der Pulverbeschichtung eingesetzt.

Im Gegensatz zum Lacktröpfchen und zur Flockfaser, ist ein Pulverlack-Partikel isolierend. Der Pulverlack-Partikel wird durch Ionisation oder Reibung (Tribo) aufgeladen und dadurch ebenfalls vom geerdeten Werkstück angezogen, allerdings haftet der Pulverlack hier lediglich durch die Spiegelladung.

Da der Pulverlack isolierend ist, kann er die Ladung auch nicht an das Werkstück abgeben und haftet bis zur Verschmelzung im Ofen durch die elektrostatische Ladung (Spiegelladung).

# Gefahren der Elektrostatik in der Beschichtungstechnik

und wie gehen wir damit um?



Nachdem die Funktionsweise der Elektrostatik in der Beschichtungstechnik besprochen wurde, müssen nun auch die Gefahren betrachtet werden, welche durch die Elektrostatik ausgehen.

- a) Zündgefahr im Umgang mit explosionsfähigen Gas-/Staubgemischen.**
- b) Personengefährdung durch einen elektrischen Schlag.**
- c) Personengefährdung durch Zündung im Umgang mit brennbaren Reinigungsmitteln.**



## Zündgefahr:

Insbesondere in der Verarbeitung von lösemittelhaltigem Lack könnte man sich die Frage stellen, wie es möglich ist, dass diese Technik überhaupt zugelassen ist.

Immerhin wird ein lösemittelhaltiger Lack zerstäubt, wodurch unter Umständen eine explosionsfähige Atmosphäre erzeugt werden könnte und genau in diese Atmosphäre wird nun eine Zündquelle in Form der Hochspannung gebracht.

Wie wenig Energie notwendig ist, um das „passende Gemisch“ zu zünden, zeigt folgender Versuch:

# Elektrostatik-Versuch 5

## Gaszündung



# Gefahren der Elektrostatik in der Beschichtungstechnik

und wie gehen wir damit um?



Wie im Versuch gezeigt, reicht eine relativ kleine Energie, um die Zündung herbeizuführen. Ein Zerstäuber zur Beschichtung von Nasslack lässt sich kaum so konstruieren, dass die Zündenergie von 0,24 mJ eingehalten wird. In der Regel wird mit Hochspannungen im Bereich von 80 – 90 kV lackiert. Berechnet man hieraus die maximal zulässige Kapazität um 0,24 mJ einzuhalten, dann ergibt sich bei 85 kV eine Kapazität von gerade mal 0,066 pF.

$$E = C1/2 \times U^2$$



# Gefahren der Elektrostatik in der Beschichtungstechnik

und wie gehen wir damit um?



Bereits der Glockenteller und die Luftturbine, welche in der Regel aus Metall hergestellt sind, liegen weit über diesem Wert. Hinzu kommt die Kapazität des Hochspannungserzeugers und ggf. noch die Kapazität des Hochspannungskabels.

Übliche Kapazitäten von Hochrotationszerstäubern liegen im Bereich 70 – 300 pF.

Mit isoliert aufgebauten Wasserlacksystemen liegen die Kapazitäten im Bereich 300 – 1000 pF.

Große Wasserlackanlagen können auch über Kapazitäten von über 1000 pF verfügen.

## Warum ist es also dennoch zulässig, dass elektrostatisch lackiert wird?



In der DIN EN 50176 „Stationäre Ausrüstung zum elektrostatischen Beschichten mit entzündbaren flüssigen Beschichtungsstoffen“ sind mehrere Anforderungen beschrieben, welche den sicheren Betrieb ermöglichen. Zunächst werden die Sprühsysteme anhand ihrer Entladeenergie in 3 Typen eingeteilt:

- A) L-1 = Entladeenergie < 0,24 mJ (nicht zündfähig)**
- B) L-2 = Entladeenergie < Körperstrom Bereich II**
- C) C) L-3 = Entladeenergie > Körperstrom Bereich II**

Beim Typ L-1 gibt es keine Zündgefahr durch Elektrostatik.

## Warum ist es also dennoch zulässig, dass elektrostatisch lackiert wird?



Bei den Sprühsystemen vom Typ L-2 und L-3 sind Anforderungen so beschrieben, dass im Normalfall keine Zündung auftreten kann und zudem eine örtlich wirkende Löschanlage (ggf. eine Raumlöschanlage), sofort eingreifen kann, sollte es dennoch zu einer Zündung kommen.

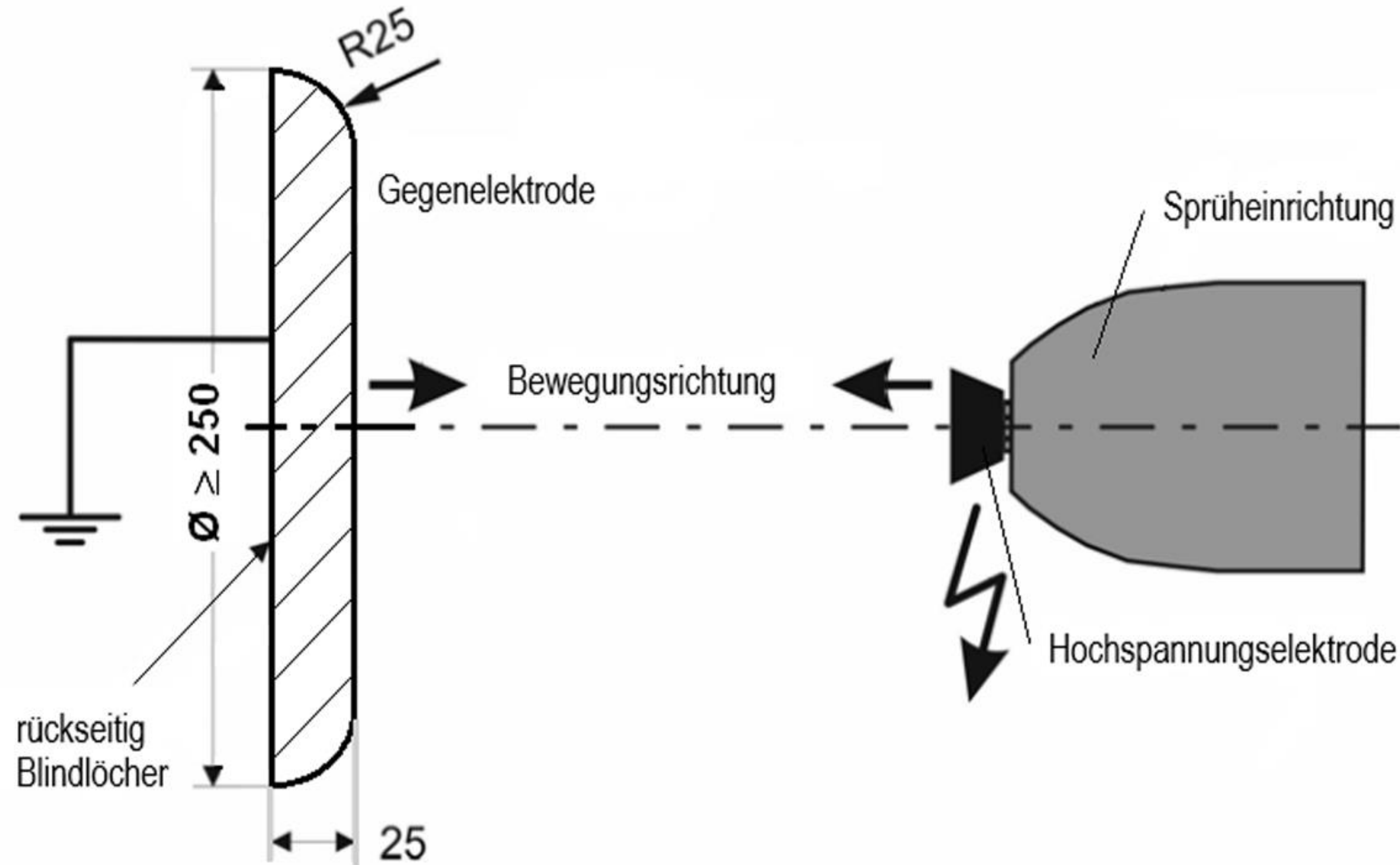
Für Sprühsysteme der Kategorie 3G ist maximal **eine** gefährliche Entladung zulässig.

Für Systeme der Kategorie 2G müssen Maßnahmen ergriffen werden, welche verhindern, dass es zu einer gefährliche Entladung kommt.

Hier ist im Annex E der DIN EN 50176 auch ein Prüfverfahren zur Vermeidung von gefährlichen Entladungen beschrieben.

# Annex E der DIN EN 50176

## Prüfverfahren zur Vermeidung von gefährlichen Entladungen



# Annex E der DIN EN 50176

## Prüfverfahren zur Vermeidung von gefährlichen Entladungen



In der Startposition muss ein Elektrodenabstand von mindestens 0,5 cm/kV eingehalten werden. Bei 100 kV muss somit ein Abstand von mindestens 50 cm eingehalten werden. Dann wird axial entweder das Sprühsystem zur Gegenelektrode oder die Gegenelektrode zum Sprühsystem bewegt. Die Bewegungsgeschwindigkeit muss dabei mindestens dem 1,2fachen der vom Hersteller festgelegten maximal zulässigen Bewegungsgeschwindigkeit, mindestens jedoch 500 mm/s, betragen.

Die Prüfung muss fünfmal erfolgen und in allen Fällen muss eine sichere Abschaltung vor der ersten Entladung erfolgen und es darf auch nach Abschaltung keine Entladung zwischen den Elektroden auftreten.

# Anforderungen zum Personenschutz

In der DIN EN 50176 und DIN EN 50059



Wie regeln die DIN EN 50176 „Stationäre Ausrüstung zum elektrostatischen Beschichten mit entzündbaren flüssigen Beschichtungsstoffen“ und die DIN EN 50059 „Elektrostatische Handsprüheinrichtungen - Sicherheitsanforderungen - Handsprüheinrichtungen für nichtentzündbare Beschichtungsstoffe“ den Personenschutz?

Hier muss in zwei Bereiche unterteilt werden:

- a) Schutz gegen elektrischen Schlag**
- b) Zündschutz bei Verwendung brennbarer Reinigungsmittel**

# Elektrostatik-Versuch 6

## Personenaufladung



# Anforderungen zum Personenschutz

In der DIN EN 50176 und DIN EN 50059



Im Versuch wurde eine Person mit ca. 70.000 V aufgeladen, ohne dass es zu einer gefährlichen Situation kam. Die Person befand sich auf einem Isolierhocker und hatte somit keinen Kontakt zur Erde. Auch die Entladung beim Verlassen des Isolierhockers führte zu keiner gefährlichen Entladung.

Beim Schutz gegen elektrischen Schlag geht es darum, Personen vor einem gefährlichen elektrischen Schlag zu schützen. Hier ist insbesondere sicherzustellen, dass kein Risiko von Herzkammerflimmern auftreten kann. In den bisherigen Normen wurde hier der Wert von 350 mJ als maximale Grenze angenommen.



# Anforderungen zum Personenschutz

In der DIN EN 50176 und DIN EN 50059



Wenn z.B. ein Rotationszerstäuber mit Hochspannungsversorgung eine Kapazität von 250 pF aufweist, dann dürfte die maximale Restspannung am Zerstäuber noch knapp 53 kV betragen. Entsprechend nur noch knapp über 26 kV bei einer Kapazität von 1000 pF.

Mittlerweise ist jedoch bekannt, dass diese Betrachtungsweise nicht vollständig und teilweise viel zu konservativ ist. Entscheidend sind die Dauer des Stromkontaktes und die Höhe des Stromflusses. Bei einem langen Kontakt (> 1 Sekunde) darf der Strom, welcher durch den Anwender fließt, 25 mA DC nicht überschreiten.

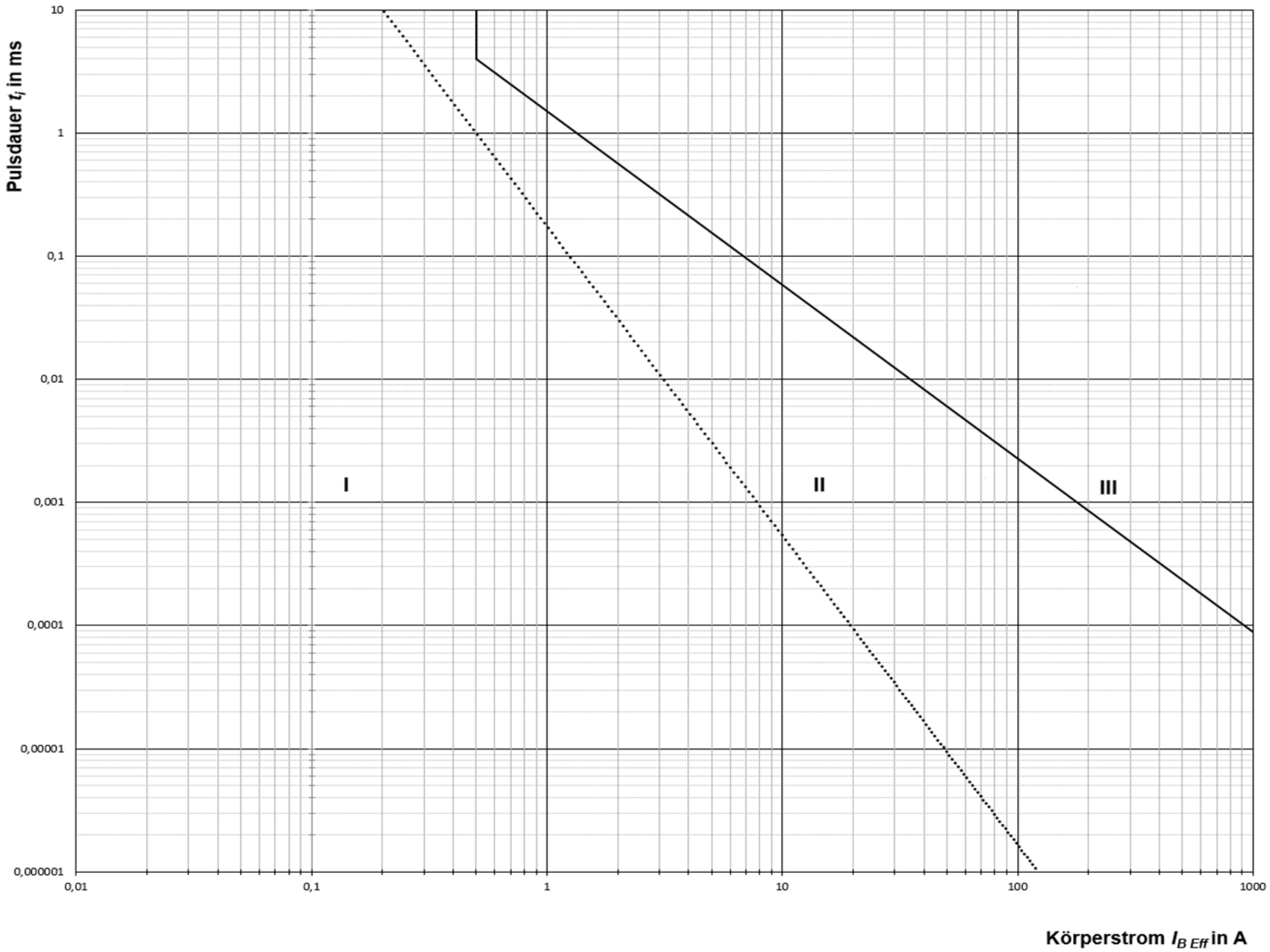
# Anforderungen zum Personenschutz

In der DIN EN 50176 und DIN EN 50059



Da die verwendeten Hochspannungssysteme in der Regel bei Berührung nur kurze Impulse abgeben können, ist hier eine zweite Betrachtung relevant.

Dazu ist in der DIN EN 50176 und DIN EN 50059 ein Diagramm aufgeführt, welches die Pulsdauer "ti" in Millisekunden und den Körperstrom "IB" in Amper berücksichtigt.



# Anforderungen zum Personenschutz

In der DIN EN 50176 und DIN EN 50059



Im Bereich „I“, der die Sicherheitsgrenze darstellt, gibt es weder ein Risiko von Herzkammerflimmern noch ein Risiko starker Muskelreaktionen.

Im Bereich „II“ gibt es zwar das Risiko von stärkeren Muskelreaktionen, jedoch noch immer kein Risiko von Herzkammerflimmern.

Erst im Bereich „III“ steigt das Risiko von Herzkammerflimmern.

Im Bereich „I“ ist der Schutz gegen gefährlichen elektrischen Schlag erfüllt, in den Bereichen „II“ und „III“ müssen geeignete Maßnahmen getroffen werden, welche eine Berührung verhindern, wie zum Beispiel Türverriegelungen oder besser Türzuhaltungen.

# Anforderungen zum Personenschutz

In der DIN EN 50176 und DIN EN 50059



## Zündschutz bei Verwendung brennbarer Reinigungsmittel:

Wenn nicht ausgeschlossen werden kann, dass Personen brennbare Reinigungsmittel für die manuelle Reinigung von Sprühsystemen verwenden, dann muss der Wert von  $< 0,24$  mJ eingehalten werden.

# Anforderungen zum Personenschutz

In der DIN EN 50176 und DIN EN 50059



## Praxisbeispiel:

Eine Person möchte einen Zerstäuber z.B. mit brennbarem Lösemittel reinigen, öffnet die Kabinentür und eilt zum Zerstäuber. Die Person ist durch die (vorgeschriebenen) ableitfähigen Schuhe über den Kabinenboden geerdet. Wenn die Restladung am Zerstäuber zum Zeitpunkt der möglichen Berührung noch über 0,24 mJ liegt, dann kann dies zu einer zündfähigen Entladung vom Zerstäuber auf die Person führen und die Lösemitteldämpfe entzünden.

Daher muss in diesem Fall sichergestellt werden, dass eine Person den Zerstäuber erst dann berühren kann, wenn die Restenergie unter 0,24 mJ liegt.

# Praxisbeispiel Personenschutz

Bei Verwendung von brennbaren Reinigungsmitteln



## Wie kann dies realisiert werden?

Die sicherste Variante ist, die Zugänge zur Lackierkabine mit einer geeigneten Türzuhaltung zu verriegeln.

Damit keine Personen in der Lackierkabine eingeschlossen werden können, muss die Türzuhaltung im Inneren der Lackierkabine über eine Panikentriegelung verfügen.

Die Türzuhaltung verriegelt den Zugang zur Lackierkabine so lange, bis die Hochspannung am Zerstäuber auf einen sicheren (nicht mehr zündfähigen) Wert entladen ist.

# Praxisbeispiel Personenschutz

Bei Verwendung von brennbaren Reinigungsmitteln



## Beispiel mit einem Hochspannungserzeuger mit Sicherheitsrelais:

Der Hochspannungserzeuger smart-E 310 verfügt über zwei unabhängige Messpfade für die Hochspannung.

Über diese redundante Hochspannungsmessung wird ein Sicherheitsrelais im Hochspannungserzeuger angesteuert.

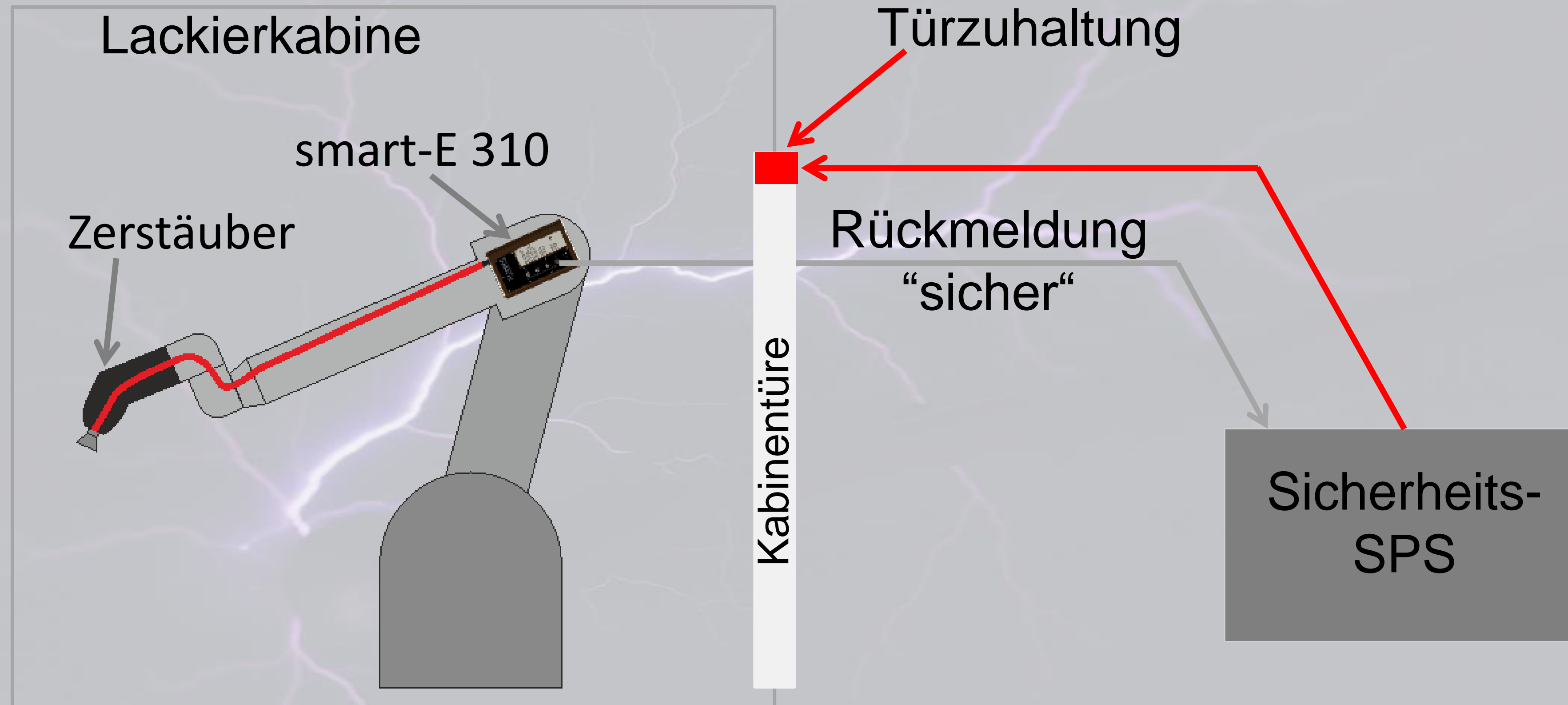
Dieses Signal wird z.B. auf die Sicherheits-SPS der Lackieranlage geführt und diese steuert die Türverriegelung an.

Das Sicherheitsrelais meldet erst "sicher", wenn die Restenergie auf einen nicht zündfähigen Wert abgebaut wurde und erst dann wird die Kabinentüre freigegeben.



# Praxisbeispiel Personenschutz

Bei Verwendung von brennbaren Reinigungsmitteln



# HS-Erzeuger smart-E 310

Mit Sicherheitsrelais



HS-Erzeuger mit redundanter Hochspannungsmessung und Sicherheitsrelais.  
Das Relais und die Ansteuerung verfügt über einen Performance Level D





[www.schnier.de](http://www.schnier.de)

[youtube.com/schnierelektrostatik](https://youtube.com/schnierelektrostatik)

---

**Olav Schnier**

SCHNIER Elektrostatik GmbH

---