

Auf- und Entladungsmessungen zur Tauglichkeitsuntersuchung von Arbeitskleidung für die EPA.

Dieter Schmidt / ESD-Systemberater
KEINATH Electronic, consulting & equipment
Bahnhofstraße 12
D-72810 Gomaringen
dieter.schmidt@keinath-electronic.de

Abstrakt- Bei Reihenmessungen von ableitfähiger Arbeitskleidung wurde festgestellt, dass die Korrelation von ohmscher Messung mit dem von DIN EN 61340-5-1 geforderten Ladungsabbau ungenügend ist. [1] Von 12 untersuchten „ohmisch ESD-tauglichen Arbeitsmänteln“ unterschiedlicher Hersteller entsprechen nur 5 Arbeitsmäntel bezüglich Ladungsabbau der Norm. Periodische Nachmessungen werden mangels praktikabler Messmethoden und Messgeräten seltenst durchgeführt. Der Vortrag beleuchtet diesen Mangel durch Messreihen und schlägt für die Entlademessung von Arbeitskleidung ein Messgerät und eine Messmethode für reproduzierbare Funktionsaussagen vor.

Abstract- As a result of several measurements on dissipative clothing the correlation between resistance and charge dissipation based on DIN EN 61340-5-1 is not given [1]. Only 5 ESD work garments out of 12 with good tested resistant values from different manufacturer achieve the values regarding charge dissipation based on the norm. Periodical measurements on ESD clothing are often not done because of missing testing methods and equipment. This report shows the deficiency with lots of testing results. For the reproducible measurement of charge dissipation on ESD clothing a new test equipment and method is recommended.

1. Einleitung

Beim externen ESD-Schutz zeigt sich immer mehr, dass heutzutage die praktikabelste Schutzmaßnahme die Verwendung der ableitfähigen Komponenten

→Fußboden-Schuhe-Arbeitsmantel-Stuhl-Arbeitsplatz-Lager/Transportmittel ← ist.

Diese Maßnahmen wirken als Schutzkette gegen ESD-Probleme, wir alle wissen jedoch, dass eine Kette nur so stark ist, wie ihr schwächstes Glied.

Vor einigen Jahren wurden wir ebenfalls mit einer Schwachstelle dieser Schutzkette konfrontiert:

-das Nichtzusammenwirken von leitfähigen Schuhen mit verschiedenen leitfähigen Böden, was für viele Firmen inzwischen zum kostspieligen Problem geworden ist. [2]

Hier hat sich gezeigt, dass rein ohmsche Messungen bei Schutzmaßnahmen, wie sie die DIN EN 61340-5-1 und andere Normen vorschreiben, nicht mit den tatsächlichen Funktionsanforderungen korrelieren.

Der nachfolgende Artikel befasst sich mit einer anderen, bei mehreren Kundenberatungen aufgefallenen Schwachstelle:

Der Korrelation von ohmschen Messungen und der tatsächlichen Funktion des Ladungsabbaus von elektrostatisch ableitfähiger Arbeitskleidung. Hier wurde in Reihenmessungen ähnliches Verhalten festgestellt.

2. Normengrundlage

Die relevanten Normabschnitte beschreiben die Thematik wie folgt:

DIN EN 61340-5-1 Punkt 1 nimmt für sich in Anspruch: [1]

Dieser technische Report legt fest wie ein geschützter Bereich zu entwerfen, zu nutzen und zu überprüfen ist.

Arbeiten wir uns weiter in die Norm hinein, treffen wir in Punkt 5.2.5 unter der Überschrift Kleidung auf den Hinweis:

Es muss elektrische Verbindung zwischen allen Teilen der Bekleidung bestehen. Die Kleidung muss an der nach außen gerichteten Seite Eigenschaften nach Tabelle 1 aufweisen.

In Tabelle 1 finden wir $R_p < 1 \times 10^{12}$ Ohm und als Messmethode die Punkt zu Punkt-Widerstandsmessung.

Der Ladungsabbau von 1000V auf 100V soll in weniger als 2 sec erfolgen.

Unter die halbjährlichen Überprüfungen fällt in Punkt 9.8.4 die wiederverwendbare Kleidung und diese soll entsprechend Punkt 5.2.5 elektrisch als Punkt zu Punkt – Widerstand überprüft werden.

Meine Meinung dazu:

Die ziemlich schlecht reproduzierbare ohmsche Messung mit Leitgummiel Elektroden kann die Erfüllung dieser Anforderungen nur unzureichend nachweisen.

Die Aufgabe der Arbeitskleidung innerhalb der ESD-Schutzmaßnahmen, schnelle Entladung über Körperkontakt und Abschirmung körpereigener Felder, erfordert eine praxisnahe, reproduzierbare und einfache Ladungsabbau-Messmethode.

In DIN EN 61340-5-1 Anhang B1 [1] und im Entwurf der EN 61340-2-1 Anhang A1 [3] werden Verfahren mit Koronaaufladung und Kontaktentladung empfohlen.

Meine Meinung dazu:

Ich kann mir nicht vorstellen, dass sie auf ein komplettes Kleidungsstück praktikabel anwendbar sind.

Fazit:

Aus den beschriebenen Gründen ist es leicht nachvollziehbar, dass Mängel unzureichender oder fehlender Normangaben bezüglich Messgerät und Messschaltung abenteuerlichste Messmethoden zum Nachweis der Ableitfähigkeit von Arbeitskleidung angetroffen werden, oder Überprüfungen der Arbeitskleidung schlichtweg ignoriert werden.

Es deshalb dringend erforderlich, dem ESD- Verantwortlichen und den Herstellern, Händlern und Waschserviceunternehmen eine einfache, bedienungsfreundliche und ohne großen Aufwand einsetzbare Methode, sowie ein dafür geeignetes Messgerät anzubieten.

3. Ergebnisse der Arbeitskleidungs- Untersuchung

Für die Untersuchung wurden insgesamt 19 „antistatische“ Arbeitsmäntel von 9 verschiedenen Anbietern/Herstellern einbezogen.

Ergebnisübersicht:

Davon sind 7 Prüflinge aufgrund $R_p > 10^{12}$ Ohm und 7 Prüflinge aufgrund $t > 2$ sec Ladungsabbau 1000 V -100V nicht normgerecht, sodass nur 5 Prüflinge der Normforderung nach Tabelle 1 entsprachen.

Verschiedene Messreihen zeigen, inwieweit die Ohmsche Messung mit dem Entladeverhalten korreliert.

Bezüglich der Umgebungseinflüsse Temperatur und Luftfeuchtigkeit standen keine Institutsmäßigen Klimakammern zur Verfügung, sondern nur witterungsabhängige Normalräume, die „Praxis-EPAs „ entsprechen.

Die Luftfeuchte betrug zwischen 39% rel und 42% rel und die Temperatur zwischen 18°C und 23°C.

Messart	Baumwolle Mantel 1	Baumwolle Mantel 2	Baumwolle Mantel 3	Baumwolle Mantel 11
Rp [Ohm]	4×10^{10}	1×10^{11}	$7,5 \times 10^{10}$	2×10^{10}
Entladung (1000V-100V) [sec]	7	90	8	2,2

Tabelle 1

Messart	Polyester,Carbon Mantel 4	Polyester,Carbon Mantel 5	Polyester,Carbon Mantel 6	Polyester,Carbon Mantel 7	Polyester,Carbon Mantel 10
Rp [Ohm]	1×10^{11}	$> 10^{12}$	1×10^9	1×10^{12}	$3,5 \times 10^{11}$
Entladung (1000V-100V) [sec]	9	2	0,1	28	30

Tabelle 2

Messart	Mischgewebe Mantel 8	Mischgewebe Mantel 9	Mischgewebe Mantel 12
Rp [Ohm]	$4,5 \times 10^6$	$3,5 \times 10^5$	$3,5 \times 10^5$
Entladung (1000V-100V) [sec]	0,1	0,1	0,1

Tabelle 3

Die Tabellen 1 und 2 zeigen, dass die Normforderung nach einer Ladungsabbau-Messung oberhalb 10^{10} Ohm durchaus gerechtfertigt ist!

Die Entladezeiten schwanken immerhin von 0,1 sec bis 90 sec.

Betrachtet man die Anforderungen an Arbeitskleidung unter Berücksichtigung von beiden Normvorgaben, $R_p < 10^{12}$ Ohm und Entladezeit < 2 sec, fällt in Tabelle 4 ein erschreckendes Ergebnis ins Auge:

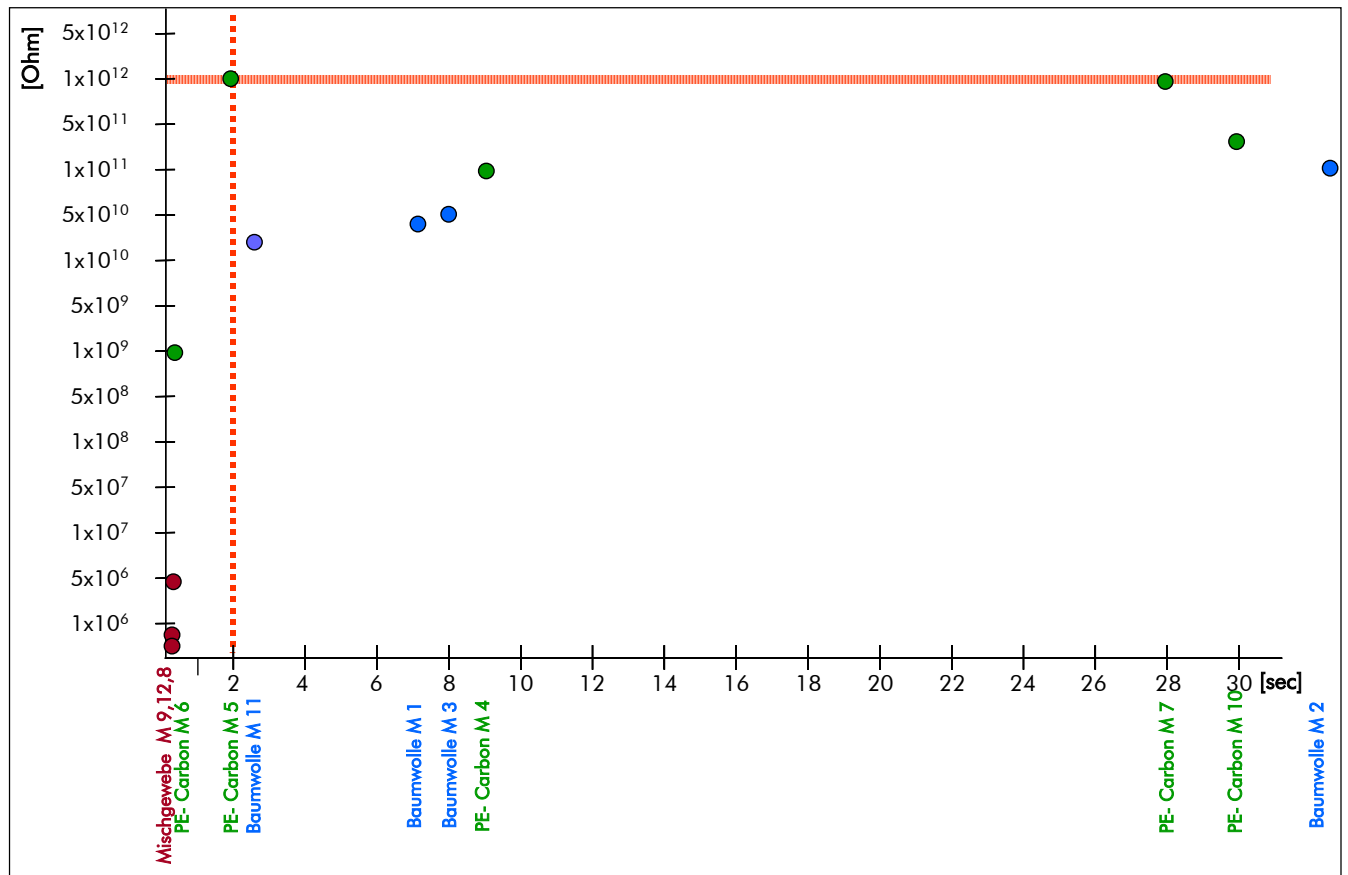


Tabelle 4

Von 12 untersuchten „ohmisch ESD-tauglichen Arbeitsmänteln“ unterschiedlicher Hersteller entsprechen nur 5 Arbeitsmäntel der Norm.

Mantel Nr. 5 wird bei einer Luftfeuchte von 30%rel die 2 sec- Grenze nicht halten können, sodass nur 4 Prüflinge die Normforderungen erfüllt hätten.

Einen weiteren Aspekt für die Forderung nach einer praxisnahen Ladungsabbau-Messmethode zeigt folgende Untersuchung:

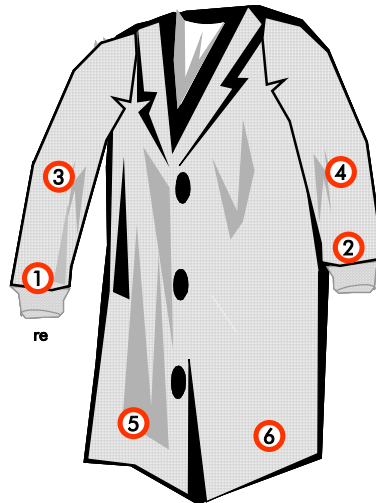
Es handelt sich um einen Polyester- Reinraumanzug mit eingewebten Leitfasern aus Karbon (5mm Raster).

Die Lage der Messpunkte 1-3 und 2-4 entspricht im Grunde einer Stoffprobenbewertung.

Die ohmsche Vermessung der bezeichneten Punkte ergab:

MP 1-3 5×10^9 Ohm

MP 2-4 5×10^{10} Ohm



Alle Messwerte liegen im oberen nach Norm zulässigen Widerstandsbereich. Aufgrund $> 10^{10}$ Ohm ist eine Ladungsabbaumessung erforderlich. ([1] Tabelle1 Anm.5)

Macht man mit den bezeichneten Punkten eine Untersuchung des Ladungsabbaus, ergibt sich folgendes:

Messpunkte	Messnr.	t_{AB} [sec]	Restlad [V]	Messpunkte	Messnr.	t_{AB} [sec]	Restlad [V]
M BR	1	1,8	+66	M BR	1	1,9	+74
rechter Arm 1-3	2	1,7	+58	linker Arm 2-4	2	1,6	+58
$R_p=5 \times 10^9$	3	1,7	+62	$R_p=5 \times 10^{10}$ Ohm	3	1,6	+66
	4	1,7	+66		4	1,6	+58
	5	1,7	+66		5	1,6	+58
	6	1,6	+62		6	1,5	+62
	7	1,6	+62		7	1,7	+66
	8	1,7	+66		8	1,5	+59
	9	1,8	+66		9	1,4	+62
	10	1,7	+66		10	1,4	+62

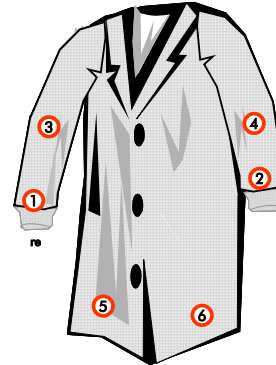
Der Ladungsabbau ist reproduzierbar < 2 sec.

Würde die Tauglichkeit eines Kleidungsstückes nur anhand einer Stoffprobe eingestuft, wäre ein daraus hergestelltes Kleidungsstück als EPA- tauglich einzustufen!

Beim Kleidungsstück fordert die Norm [1] (Punkt 5.2.5): „elektrische Verbindung zwischen allen Teilen der Bekleidung“, also ist eine Widerstandsmessung R_p zwischen den Messpunkten 1 und 5, sowie den Messpunkten 2 und 6 erforderlich.

MP 1-5 5×10^{11} Ohm

MP 2-6 3×10^{11} Ohm



Für die Überprüfung des Ladungsabbaus wurden dieselben Messstrecken verwendet:

Messpunkte	Messnr.	t_{AB} [sec]	Restlad [V]	Messpunkte	Messnr.	t_{AB} [sec]	Restlad [V]
M BR 1-5	1	no charge		M BR 2-6	1	6,2	+91
rechter Arm zu Torso 1 Naht, 1 m Abstand	2	no charge		linker Arm zu Torso 1 Naht, 1 m Abstand	2	4,8	+81
$R_p=5 \times 10^{11}$ Ohm	3	no charge		$R_p=3 \times 10^{11}$ Ohm	3	5,7	+87
	4	no charge			4	5,0	+83
	5	no charge			5	5,0	+79
	6	no charge			6	3,8	+81
	7	no charge			7	4,9	+85
	8	no charge			8	4,5	+83
	9	no charge			9	4,3	+74
	10	no charge			10	4,4	+70

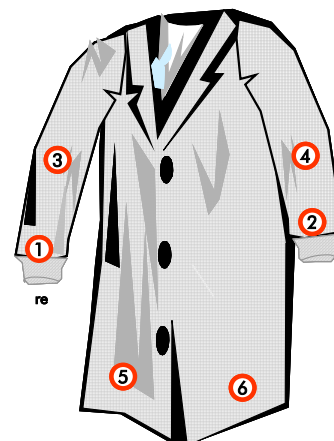
Neben einer deutlich erhöhten Ladungsabbauzeit, lässt die Messstrecke 1-5 keinen Ladungsaufbau innerhalb der vorgegebenen 15 sec Aufladezeit bis >1000 V zu. Grenzwerte lagen bei ca. 900 V. Wird die Aufladung durch Pufferung erzwungen, ergeben sich nicht reproduzierbare Ladungsabbauzeiten zwischen 50 sec bis 99 sec.

Die Widerstandsmessung von Ärmel zu Ärmel (2 Nähte), über die Messstrecke 1-2 ergibt den zulässigen Wert:

MP 1-2 4×10^{11} Ohm.

Die Ladungsabbauzeit der Messstrecke 1-2 zeigt jedoch „no charge“!

Messpunkte	Messnr.	t_{AB} [sec]	Restlad [V]
M BR 1-2	no charge		
re Arm-li Arm			
$R_p=4 \times 10^{11}$ Ohm			



Das Kleidungsstück erfüllt somit nicht die Normforderung! [1]

Fazit:

Zur funktionellen Beurteilung von ableitfähiger Arbeitskleidung ist eine Ladungsabbau- Messung mit einem einfach zu handhabenden Messgerät und reproduzierbarer Messmethode erforderlich.

4. Ausblick

Zur Erfüllung dieser Forderung haben wir das Statische – Entlade – Messgerät SEM 3000® mit der entsprechenden Messmethode entwickelt.



Funktionsweise des SEM 3000 und die notwendigen physikalischen Randbedingungen:

Das Kleidungsstück wird mit einem hochohmig ($>10^{14}$ Ohm) isolierten Kleiderbügel aufgehängt und in jedem Ärmelende eine Elektrode befestigt.

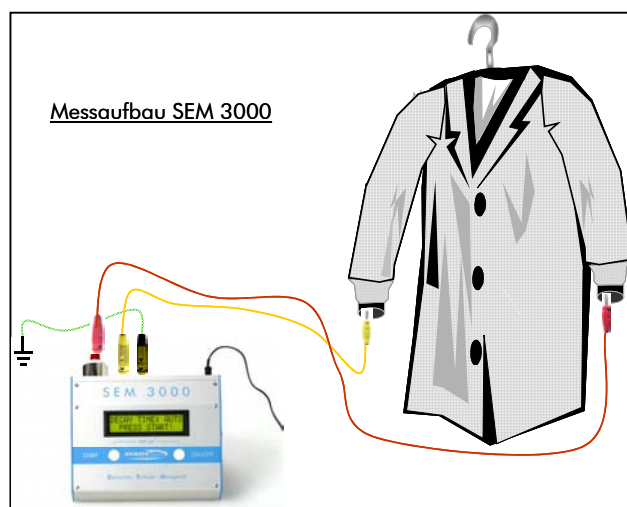
Die Elektroden simulieren die Körperkontaktpunkte (Haut von Ober- oder Unterarm) mit einem Volumenwiderstand zwischen 10^3 Ohm und 10^4 Ohm.

Über die kritischen Pfade hinweg (Nähte) wird das Kleidungsstück durch eine Elektrode auf >1000 V Gleichspannung aufgeladen. Die zweite, im gegenüberliegenden Ärmel oder Messpunkt angebrachte Elektrode misst die dort anstehende Aufladespannung.

Dies geschieht berührungslos bei einer Messgeräte-Impedanz von $\geq 10^{16}$ Ohm.

Einstellbar sind die Betriebsarten: Positiv, Negativ oder AUTO.

Im Positiv Mode wird nur die positive, im Negativ Mode die negative und im AUTO Mode beide Entladezeiten gemessen.



Ist die eingestellte obere Aufladespannung überschritten (z.B. >1000 V), wird der Ladeausgang gegen Masse umgeschaltet und der Timer von 1000 V bis zum ebenfalls einstellbaren unteren Entladewert (z.B. 100 V) aktiv.

Durch die hochohmige berührungslose Messung wird die tatsächliche, noch am Kleidungsstück anstehende Spannung gemessen.

Die verstrichene Zeit zwischen Start- Spannung und Stopp- Spannung wird mit einer Auflösung von 0,1 sec angezeigt.

2 sec nach Ende des Zeitfensters wird die noch vorhandene Restspannung gemessen und kontinuierlich angezeigt.

Wenn auch das Messverfahren selbst stabil ist, ist es jedoch zwingend erforderlich folgende Umgebungsbedingungen sicherzustellen:

- Das Messobjekt muss zum Beginn der Messung ladungsfrei sein, diese Forderung muss auch bei Wiederholmessungen erfüllt sein.
- In der Messumgebung dürfen keine elektrostatischen Felder vorhanden sein.
- Das Messgerät muss geerdet sein.
- Die messende Person(en) darf (dürfen) selbst nicht aufgeladen sein.
Das bedeutet EPA-Bedingungen - leitfähige Schuhe, leitfähiger Fußboden oder Fußmatte, leitfähiger Arbeitsmantel
- Messkabel müssen Teflon isoliert sein und dürfen sich während der Messung nicht bewegen.

Verschiedene Vorteile dieser Messtechnik haben sich bereits herauskristallisiert:

- Eine einfache bedienungsfreundliche und ohne großen Aufwand einsetzbare Methode.
- Die Qualifikation von verschiedenen Materialvarianten durch wesentlich genauere und reproduzierbare Ergebnisse gegenüber ohmscher Messung.
- Deutlicheren Nachweis für die Abhängigkeit von der Luftfeuchte als bei der ohmschen Messung.
- Objektive und quantitative Nachweisbarkeit der Verschlechterung durch Alterung und (unsachgemäßes) Waschen.

Ziel sollte sein, Tauglichkeitsüberprüfungen von Arbeitskleidung ohne übermäßigen Zeitaufwand und mit zufriedenstellender Genauigkeit durchführen zu können.

Wir sind überzeugt mit dieser Messmethode und Messgerät dem ESD-Beauftragten und den Herstellern, Händlern und Waschserviceunternehmen eine praktikable Mess- und Überprüfmöglichkeit zur Qualifikation und periodischen Nachprüfung von Arbeitskleidung zur Verfügung stellen zu können.

Literatur:

- [1] DIN EN 61340-5-1: 2001 Schutz von elektronischen Bauelementen gegen elektrostatische Phänomene – Allgemeine Anforderungen
- [2] R. Hatt, R. Pfeifle, Fa. Wolfgang Warmbier – Systeme gegen Elektrostatik
Untersuchung der ESD- Tauglichkeit von leitfähigen Industrieböden in ESD-
Schutzonen 6. ESD- Forum 1999 in München
- [3] DIN EN 61340-2-1:2000 Messverfahren für die Elektrostatik Prüfverfahren zur Messung der Fähigkeit von Materialien und Erzeugnissen, elektrostatische Ladungen abzuleiten