

# Anforderungen an ESD-gerechte Bekleidung und deren Materialien sowie Prüf- und Testmethoden

Dipl.-Ing. Christian Vogel  
Sächsisches Textilforschungsinstitut e.V.  
Annaberger Strasse 240  
D-09125 Chemnitz

Postfach 1325  
D-09072 Chemnitz

Tel.: (0371) 5274- 237  
Fax.: (0371) 5274- 153  
E-mail: vogel@stfi.de  
Internet: www.stfi.de

Schutztextilien mit hoher elektrostatischer Ableitfähigkeit finden im Personen- und Sachschutz eine weite Verbreitung. Ihre Aufgabe besteht darin, hochenergetische textile Ladungskonzentrationen zu verhindern, um Schädigungen empfindlicher elektronischer Bauelemente und Chipstrukturen zu vermeiden. Weitere Einsatzschwerpunkte bilden explosionsgefährdete Bereiche (u.a. Tankstellen, Chemie, Pharma) oder Orte starker elektrostatischer Felder.

Somit lassen sich bekleidungsgebundene elektrostatische Gefahren hinsichtlich ihrer Energiecharakteristik in zwei typische Gruppen unterteilen:

## *1. Vermeidung zündfähiger Entladungen*

Viele weitverbreitete organische Lösungsmittel haben Mindestzündenergien in der Dampfphase im Bereich von bis ca. 0,2 mJ. Bei einer maximal möglichen textilen Aufladung von etwa  $1\text{nC/cm}^2$  (Ladungsdichte) und hohen Feldstärkepotentialen sind durchaus auch weitaus höhere Energieübergänge realisierbar.

## *2. Vermeidung gefährlicher Ladungspotentiale zum Schutz von Chipstrukturen*

Weitaus geringere Energiegehalte als für die Zündung explosibler Medien genügen um integrierte elektronische Bauelemente zu zerstören. Chipgebundene MOS-Transistoren in Nanometertechnologie besitzen beispielsweise Gateisolationschichten von nur wenigen 100 Årmström (1Årmström = ca. 1Åtomlage), um eine extrem leistungsarme aber hochdynamische Steuerbarkeit zu erreichen. Bei Betriebsspannungen von nur wenigen Volt müssen sehr hohe Feldstärken vertragen werden. Fehlpotentiale durch unsachgemäße Berührung führen deshalb sehr leicht zur Schädigung oder gar zum Totalausfall.

Nur wenige noch heute genutzte Phänomene sind so alt wie die statische Elektrizität. Die erste uns bekannte Beschreibung stammt aus Griechenland von dem etwa 600v.Chr. lebenden Naturphilosophen Thales von Milet. Von ihm stammt auch die Bezeichnung Elektrostatik – ruhende Elektrizität. Schon damals untersuchte man Effekte aufladbarer Materie und nannte das Material Bernstein wegen seiner guten Aufladbarkeit im griechischen „Elektron“. Interessanterweise hat dieses Fachgebiet in der langen Zeit seiner Bekanntheit nichts von der Attraktivität verloren. In unserer

modernen Zeit gibt es viele Anwendungen wo elektrostatische Effekte bewusst ausgenutzt werden.

Die textile Aufladbarkeit sowie Möglichkeiten der Ladungsbeseitigung wurde spätestens seit der Erfindung der Chemiefasern erforscht. Wurden anfangs chemische Antistatika eingesetzt, so finden gegenwärtig aufgrund der weitaus höheren Permanenz gegenüber Pflegebehandlungen hochleitfähige Fasern Anwendung. Diese ergeben hinsichtlich ihrer antistatischen Wirkmechanismen neuen Forschungsbedarf.

Bedenkt man, dass der Mensch erst eine elektrostatische Entladung ab einem massebezogenen Potential von ca. 2000 Volt spürt und Personenauf Ladungen über 10kV unter ungünstigen Bedingungen durchaus möglich sind, so wird deutlich, welche enorme Sicherheit antistatische Schutzkleidung bieten muss. Im Gegensatz dazu können elektronische Bauelemente schon bei Fehlpotentialen im Bereich ab ca. 30Volt geschädigt oder zerstört werden.

Textilien können sich praktisch durch Reibung, Kontakt, Influenz und/oder Corona aufladen. Um die davon ausgehende Gefahr zu kompensieren werden elektrostatisch ableitfähige Schutzbekleidungen im Allgemeinen durch die Implementierung hochleitfähiger Faser- und Fadensysteme realisiert. Diese lassen sich unterteilen in:

- *Oberflächenleitfähige Fasern/Fäden*

Typische Vertreter sind Stahl- und Kohlenstofffasern / -fäden wie: Bekinox, Bekintex, Resistat oder Arten von Belltron u.a.

- *Hochleitfähige Fasern in Kern-Mantel-Struktur (core conductive)*

Die leitfähige Schicht (zumeist Kohlenstoff) ist in das Innere einer Polymerfaser eingebettet. Typische Vertreter sind Negastat, teilweise Belltron, P140 u.a..

Die Prüfung und Bewertung erfolgt im Labor unter genau definierten Prüfbedingungen (DIN EN 1149-1, DIN EN 61340-5-1). In der Praxis herrschen jedoch mitunter stark abweichende Verhältnisse, so dass der antistatische Effekt in seiner komplexen physikalischen Verknüpfung nicht immer voll nutzbar wird oder sich sogar invertiert. So kann sich beispielsweise bei einer nicht vorhandenen sicheren Personenerdung auch ein geprüftes elektrostatisch ableitfähiges Textil stark aufladen und bei späterer Berührung eines geerdeten Gegenstandes gefährliche Entladung verursachen.

Das klassische Bewertungskriterium für das elektrostatische Verhalten von Textilien ist die Beurteilung des Oberflächenwiderstandes. Insbesondere beim Einsatz moderner hochleitfähiger Fasern in Kern-Mantel-Struktur ist dieses Bewertungskriterium nicht mehr ausreichend, da kein galvanischer Elektrodenkontakt mit dem leitfähigen Fasermaterial möglich ist. Speziell zur Prüfung derartiger Materialien wurde im STFI das Influenz-Entladungsverfahren entwickelt, welches Bestandteil der zukünftigen Norm EN 1149-3 ist. Dieses Verfahren beruht auf der Messung des zeitlichen Entladungsverlaufs durch den influenzierten Strom einer momentan aufgeladenen Probe.

Durch die Mitarbeit in Normengremien (DIN, DKE, CENELEC) und Expertendiskussionen sind zukünftige sich deutlich verschärfende Anforderungs-

profile und -trends bekannt. Sie ergeben sich aus den immer spezifischer werdenden Forderungen insbesondere der Elektronikindustrie. So hat sich gezeigt, dass die Kleidung immer noch eine Schwachstelle in hochsensiblen ESD-Bereichen darstellt. Trotz moderner Gewebematerialien kann nicht zweifelsfrei eine Schädigung von Chipstrukturen beim Handling ausgeschlossen werden. Bei Strukturdimensionen im Nanometerbereich genügen bereits parasitäre Übertragsladungen von wenigen pC um Fehlfunktionen oder gar Zerstörungen von Bauelementen zu generieren. Aber nicht nur für den Elektronikbereich werden künftig strengste Forderungen an die Kleidung gestellt, sondern auch für den Medizin-, Pharma- oder Chemieeinsatz.

Zur Bestimmung der elektrostatischen Ableitfähigkeit von Textilien wird neben anderen Parametern der Ladungsabbau auf 5 oder 10 % einer Anfangsaufladung gemessen. Im Ergebnis der Durchführung können lediglich die Gewebeeigenschaften bestimmt werden. Praktisch muss aber unabhängig des Erdungssystems eine komplette Flächenentladung auch über Nähte hinweg erfolgen. Weiterhin ist nicht sichergestellt, inwiefern das erlaubte Restpotential noch eine Gefährdung darstellt.

Prüfungen im Labor haben immer wieder die Textil- und insbesondere die Nahtabhängigkeit von Waschbehandlungen gezeigt (Materialkrumpfung), was in der Praxis nur unregelmäßig überprüft wird.

Reinraumkleidung besteht in der Regel aus Polyesterfilamenten mit Resistatgitter und Antistatikbekleidung für erweiterbare Elektronik-Fertigungsbereiche aus Fasermischungen mit verschiedenartigen leitfähigen Elementen. Werden Stahlfasern eingesetzt, so ist trotz der guten Antistatikwirkung der elektrische Berührungsschutz nicht sichergestellt. In kritischen Fällen könnte die Kleidung selbst einen Gerätekurzschluss bilden. Es sind Sicherheitsaspekte zu beachten.

Gewebe mit Fasern mit deutlich unterschiedlichen elektrischen Leitfähigkeiten bilden in Bezug auf ihre Ableitfähigkeit eine Superposition zwischen der hochleitfähigen Faserkomponente und dem weitaus schlechter leitfähigen Grundgewebe. Die Ladungen beider Materialtypen treten in Wechselwirkung, wobei unabgebundene Ladungen nach außen wirksam werden können.

Es ist bekannt, dass der menschliche Körper als guter elektrischer Leiter das elektrostatische Verhalten einer Bekleidung beeinflusst. Für eine sichere elektrostatisch ableitende Funktionalität ist auf einen permanenten Hautkontakt der Kleidung zu achten. Desweiteren müssen Schuhe und Fußboden eine hinreichende Leitfähigkeit besitzen.

Im Vortrag werden die beschriebenen Themengebiete ausführlich behandelt. Es werden weiterhin die aktuellen Prüfnormen mit Bezug auf ESD-Schutzkleidung erörtert.