

# Fehlerhafte Handhabung von Verpackungsmitteln in der EPA

Jörg Thürmer<sup>1</sup>, Christian Hinz<sup>2</sup>

(1) EPA Design & Control, Lürader Weg 6a, D-21077 Hamburg, [www.epa-dc.de](http://www.epa-dc.de)  
(2) Stat-X Deutschland GmbH, Französische Straße 12, 10117 Berlin, [www.stat-x.com](http://www.stat-x.com)  
Mit freundlicher Unterstützung der  
Variotech GmbH, Lise-Meitner-Str. 12, D-48529 Nordhorn, [www.variotech.de](http://www.variotech.de)

---

**Zusammenfassung** – Verpackungsmittel, die nur unzureichend in das Erdungssystem in einer EPA eingebunden sind, können bei fehlerhafter Handhabung eine signifikante Gefahr für die zu verarbeitenden ESDS darstellen. Bei praktischen Versuchen wurden hohe Potentiale im Bereich von 5.000 V auf Stapeln von Tiefziehtrays gefunden. Diese Potentiale konnten sich an automatischen oder manuellen Entnahmestationen in ein ESDS entladen. Es wird gezeigt, wie Verpackungssysteme analysiert werden können. Dabei wurden Begehtestsysteme als Analysewerkzeug eingesetzt. Am praktischen Beispiel wird gezeigt, wie die Abweichungen abgestellt wurden.

**Abstract** – Packaging that is inadequately integrated into the grounding system in an EPA can pose a significant hazard to the ESDS being processed if handled incorrectly. In practical tests, high potentials in the range of 5,000 V were found on stacks of thermoforming trays. These potentials could be discharged into an ESDS at automatic or manual handling stations. It is shown how packaging systems can be analysed. Walking Tests systems are useful tools for this process. The practical example shows how the deviations were eliminated.

---

## 1 Motivation

Anlass des Papers war eine Kundenanfrage bezüglich eingesetzter Tiefziehtrays bei Kunden und deren offensichtlich mangelhaftem Einsatz. Der Kunde ist Hersteller von ESD-Tiefziehtrays. Bei einigen Kunden ist den technischen Mitarbeitern aufgefallen, dass die leitfähig ausgeführten Trays in den Kundenanwendungen nicht ausreichend in den Funktionspotentialausgleich der EPA eingebunden wurden. Zur Verdeutlichung dieses Problems sollte im Rahmen einer Hausmesse Hinweise auf die korrekte technische Anwendung der Verpackung gegeben werden. Die ESD-Risiken, die durch die fehlerhafte Verwendung entstehen können, sollten nachvollziehbar dargestellt werden.

## 2 Mögliche Ursachen für die fehlerhafte Handhabung von Verpackungen

Es soll auf drei möglichen Ursachen für die fehlerhafte Handhabung von Verpackungsmaterialien näher eingegangen werden:

- fehlende normative Forderungen;
- kaufmännische Erwägungen und

- mangelndes technisches Verständnis.

### 2.1 Fehlende normative Forderungen

In den aktuellen Normen der ANSI und der IEC werden hauptsächlich die Eigenschaften von Verpackung [1 bis 9] beschrieben. Offensichtlich wird die korrekte Handhabung von Verpackungsmaterialien in der internen Logistik und innerhalb der EPA als selbstverständlich vorausgesetzt.

Im technischen Report IEC 61340-5-2 aus 2019 [2] werden darüber hinaus Hinweise gegeben, wie beim Design von geeigneten Verpackungslösungen vorzugehen ist. Jedoch wird auch hier vorausgesetzt, dass der Anwender von sich aus weiß, warum ableitfähige und leitfähige Verpackungsmaterialien in der EPA ausreichend sind. So fehlen in allen relevanten ESD-Dokumenten Hinweise auf den notwendigen Funktionspotentialausgleich von ESD-Kontroll-Elementen wie Tiefziehtrays, KLTs und anderen, in der EPA vorhandenen Transport- und Lagermaterialien.

Im Gegensatz dazu wird in anderen Technologiebereichen dediziert auf die Erdung von Transportmitteln und Verpackungen während der Handhabung hingewiesen [14].

## 2.2 Kaufmännische Erwägungen

Oftmals finden sich in elektronikverarbeitenden Organisationen Materialien, die aufgrund der Historie oder aus preislichen Gründen, nicht in ESD-Ausführung beschafft werden. Als prominentestes Beispiel sei hier auf Holz- oder Kunststoffpaletten verwiesen. Einmal angeschafft, haben solche isolierenden Produkte die unangenehme Eigenschaft immer wieder aufzutauchen. Aus eigener Erfahrung als externer ESD-Koordinator kann bestätigt werden, dass diese oftmals signifikanten Fehlinvestitionen, schwer bis gar nicht korrigiert werden können.

## 2.3 Mangelndes technisches Verständnis

In vielen Kundengesprächen und Schulungen werden immer wieder Fragen zur Durchgängigkeit von Erdungspfaden zum Funktionspotentialausgleich gestellt, die verdeutlichen, dass sich weder der Verpackungsentwickler noch der ausführende Mitarbeiter ausreichend über die Anwendung und /oder über die möglichen Degradationsarten informiert haben. Verpackungsentwickler sind oftmals auf die externe Logistik und deren physikalischen Einflüsse wie Vibration oder Temperatur und Feuchtigkeit fokussiert. Mitarbeiter der internen Logistik konzentrieren sich abweichend dazu oft ausschließlich auf die manuelle oder automatische Handhabung zur Optimierung der internen Abläufe.

Von den meisten verantwortliche Stellen werden die relevanten Aufladungsarten und die daraus resultierenden ESD-Risiken unterschätzt. Im weiteren Verlauf dieses Papers wird als gravierendste Abweichung die Aufladung von nicht geerdeten Trays und KLTs dargestellt.

## 3 ESD-Risiken in der Handhabung

### 3.1 Theoretische Grundlagen

Die Mechanismen und Auswirkungen der Aufladung von isoliert stehenden leitfähigen oder ableitfähigen Materialien durch Influenz sind von vielen Anwendern nicht ausreichend verstanden. Am Beispiel aus der Praxis werden ESD-Risiken durch isoliert aufgestellte Trays in Kombination mit isolierenden Abschlussdeckeln und Paletten vorgestellt.

Isolierende ungeladenen leitfähige Körper laden sich in einem elektrostatischen Feld auf. Dieser

Umstand ist für den Nicht-Fachmann nicht offensichtlich.

In einem neutralen leitfähigen Körper im Einflussbereich eines elektrostatischen Feldes

kommt es zur Ladungstrennung innerhalb des Körpers. Dabei orientieren sich die Ladungsträger entsprechend der Polarisation des elektrostatischen Feldes. Gegenpolare Ladungsträger werden vom Feld angezogen und gebunden und gleichpolare Ladungsträger abgestoßen. Diese gleichpolaren Ladungsträger sind nun freie Ladungsträger. Kommt es zu einem Kontakt mit einem anderen Potential, werden die freien Ladungsträger ausgeglichen. Wird der Kontakt wieder getrennt und der leitfähige Körper aus dem elektrostatischen Feld entfernt, sind die ehemals durch das Feld gebundenen Ladungsträger nun ihrerseits wieder frei und der Körper ist erneut elektrostatisch aufgeladen. Diesmal in der Gegenpolarität [10 und 12].

Die Wirkung der elektrostatischen Felder wird in der Fachwelt intensiv diskutiert und in den Normen durch Grenzwerte berücksichtigt. Jedoch werden die daraus resultierenden Aufladungen durch Influenz in der Praxis oft unterschätzt. In fast jedem Audit werden Abweichungen durch aufladbare Materialien in der EPA festgestellt. Welche Materialien davon als Prozessrelevant eingestuft werden müssen, führt oft zu interessanten Diskussionen.

Die Definition der zulässigen elektrostatischen Felder von prozessrelevanten Isolatoren innerhalb einer EPA in der Norm 61340-5-1[1] ist zumindest unvollständig, da die Mindestgröße des zu betrachtenden aufgeladenen Körpers nicht definiert ist. Ein großer aufgeladener Körper hat im Unterschied zu einer Punktladung ein sehr weitreichendes elektrostatisches Feld. Vergleiche Stadler et al „The Risks of Electric Fields for ESD Sensitive Devices” [11].

<b>M 2.4 Feld um eine Punktladung</b>	
$\vec{E} = \frac{Q_p}{4\pi\epsilon r^3} e_r$	$E = \frac{Q_p}{4\pi\epsilon r^2}$
$\vec{E}$ , $E$	= Feldstärke radial von/zur Punktladung
$Q_p$	= Punktladung
$\epsilon$	= Permittivität (→M 2.4.1)
$r$	= Abstand von der Ladung $Q_p$
$e_r$	= Einheitsvektor vom Abstand $r$

Abb. 1: Formel zum Feld um eine Punktladung aus G. Lüttgens et al. Statische Elektrizität, Seite 294[10].

Die komplexen Vorgänge und ESD-Risiken beim Handling von ESDS beschreibt unter anderem Peter Jacob in seinem Paper „The revised ESD-Forum Guideline 1013“ [13] ausführlich.

### 3.2 Verifikation

Eine übliche logistische Kombination für Mehrwegsysteme besteht aus leitfähigen Tiefziehtrays, welche auf einer isolierenden Kunststoffpalette gestapelt werden und nach Abschluss der Befüllung zur Transportsicherung mit einem isolierendem Abschlussdeckel versehen werden.



Abb. 2: Traystapel auf isolierender Palette mit aufladbarem Abschlussdeckel.

Mit einem Begehtest-Messaufbau, abgeleitet aus der bekannten Norm IEC 61340-4-5 [15], wurde das Potential der Tiefziehtrays im Handhabungsprozess gemessen.

Beim Auflegen des Deckels wurde ein Potential von ca. -4.000 V induziert. Beispielsweise beim Umlegen des Umreifungsbandes für den Transport entlädt sich die Ladungseinheit gegen den Logistikmitarbeiter. Nach Ankunft der Palette beim Kunden wird der Deckel entfernt und die frei gewordene Ladung verursachte ein Potential von über + 5.000 V (Messgrenze des verwendeten Messsystems WT5000). Herr Thürmer berichtet von einer fühl- und sichtbaren elektrostatischen Entladung bei ca. 27 % relativer Luftfeuchte und ca. 23° C. Das ESD-Risiko für die enthaltenen ESDs in einem aufgeladenen Traystapel ist offensichtlich. Insbesondere unter Berücksichtigung der beträchtlichen Kapazität des Traystapels sind übliche ESD-Festigkeitsangaben basierend auf Testmodellen mit bis zu 150 pF Kapazität wenig Aussagekräftig.

So ist aus der täglichen Praxis ein Beispiel bekannt, in welchem ein Nockenwellensensor in einem Aluminiumteil in signifikanter Anzahl geschädigt wurde. Laut Datenblatt des Herstellers ist der Sensor allein bis ca. 8 kV (HBM) ESD fest. Im Handhabungsprozess reichte ein Potential von ca. 500 V entsprechend dem obigem, mangelhaftem

Aufbau des Logistikgebindes bereits für einen ESD-Schaden.

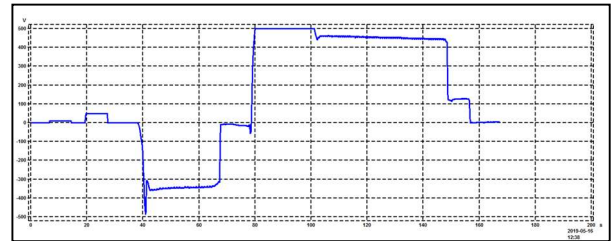


Abb. 3: Kurvenverlauf der Messung. Bis Sekunde 15 – Kalibriersignale von MetrISO 2000 mit 100 und 500 V.  $U_{max}$  -3.500 V beim Auflegen des Abschlussdeckels und  $U_{max}$  +5.000 V beim Abnehmen des Abschlussdeckels.

### 3.3 Verbesserung

Bei konsequenter Umsetzung der normativen Anforderungen würden diese Probleme nicht auftauchen. Dies wurde im Gegenversuch bestätigt. Die folgenden Bilder zeigen den Versuchsaufbau und die daraus resultierende Kurve.

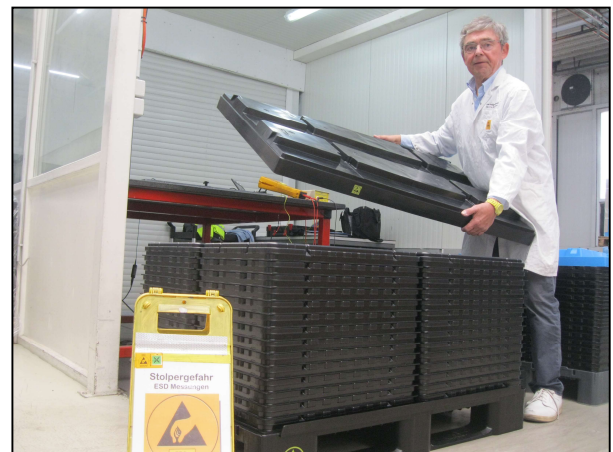


Abb. 4: ESD Traystapel auf ESD-Palette mit ESD-Abschlussdeckel.

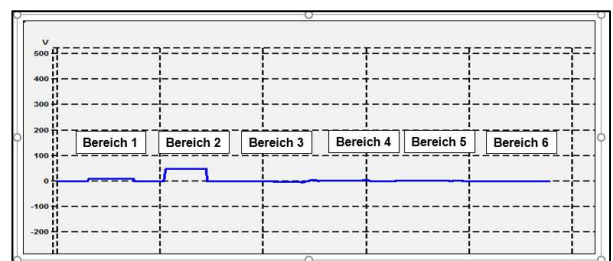


Abb. 5: Kurvenverlauf mit normgerechtem Versuchsaufbau. Bereich 1 und 2 = Kalibriersignal. Bereich 3 bis 6 Auf- und Abnehmen des Deckels:  $U_{max} << 100$  V.

## 4 Zusammenfassung

Ein ausreichender ESD-Schutz in logistischen Abläufen, gerade beim Ver- und Entpacken von ESDS, ist nur mit durchgängig geschlossenem Ableitpfad über alle beteiligten Materialien möglich. Dazu gehören selbstverständlich auch Paletten und Abschlussdeckel.

Sollte eine Erdung des Transportgebindes über den Boden nicht möglich sein, muss auf alternative Erdungspfade geachtet werden. So sind beim Befüllen von Stahlfässern mit Chemikalien z.B. Erdungsleitungen vorgeschrieben [14].

Der korrekte Umgang mit den ESDS auch außerhalb der EPA muss im ESD-Kontroll-Programm-Plan hinterlegt werden. Die Mitarbeiter der Logistik, müssen, auch wenn sie nicht in der EPA tätig werden, zur richtigen Arbeitsweise unterwiesen werden. Gerade im Wareneingang kommt es recht häufig vor, dass eine Sichtkontrolle der Bauteile entgegen der normativen Vorgaben durchgeführt wird, auch wenn eine Vereinnahmung nach Lieferschein in der Arbeitsanweisung vorgesehen ist.

## 5 Danksagung

Die Arbeit zu diesem Paper wurde angeregt und unterstützt durch Variotech GmbH, Lise-Meitner-Str. 12, D-48529 Nordhorn, Herrn Volkhard Gerig.

## Literatur

- [1] DIN EN 61340 5.1 2017 – 07 Elektrostatik – Teil 5-1: Schutz von elektronischen Bauelementen gegen elektrostatische Phänomene – Allgemeine Anforderungen
- [2] DIN IEC/TR 61340 5.2 2019 – Schutz von elektronischen Bauelementen gegen elektrostatische Phänomene – Benutzerhandbuch
- [3] DIN EN 61340-5-3 2016 Elektrostatik – Teil 5-3: Schutz von elektronischen Bauelementen gegen elektrostatische Phänomene – Eigenschaften und Anforderungen für die Klassifizierung von Verpackungen, welche für Bauelemente verwendet werden, die gegen elektrostatische Entladungen empfindlich sind
- [4] DIN IEC / TR 61340 – 5-4 2018 Elektrostatik Teil 5-4: Schutz von elektronischen Bauelementen gegen

elektrostatische Phänomene – Überprüfung der Übereinstimmung

- [5] DIN IEC / TR 61340 – 5-5 2019-08 Elektrostatik Teil 5-4: Schutz von elektronischen Bauelementen gegen elektrostatische Phänomene – Verpackungssysteme zur Verwendung in der Elektronikfertigung
- [6] VDA Empfehlung 4504 - Elektrostatisch ableitfähiges Kleinladungsträger- (KLT) System 2015
- [7] ESD Richtline für Automobilhersteller 2010, ESD Forum e.V.
- [8] ANSI ESD S20.20-1999: Standard for the Development of an ESD Control Program
- [9] ANSI ESD S 541 ESD Association Standard for the protection of electrostatic discharge susceptible items – Packaging Materials for ESD Sensitive Items
- [10] G. Lüttgens et al „Statische Elektrizität“ Expert Verlag, 7. Auflage, 2015
- [11] Wolfgang Stadler, Josef Niemesheim, Stefan Seidl, Reinhold Gaertner, Toni Viheriaekoski, The Risks of Electric Fields for ESD Sensitive Devices, 2018 European Manufacturing Symposium
- [12] H. Berndt, Elektrostatik, VDE-Verlag, 4. Auflage 2017
- [13] Peter Jacob, The revised ESD-Forum Guideline 1013, 2018 European Manufacturing Symposium
- [14] Technische Regeln für Gefahrstoffe - TRGS 727- 08-2016
- [15] DIN EN IEC 61340-4-5 2019 Elektrostatik - Teil 4-5: Standard-Prüfverfahren für spezielle Anwendungen - Verfahren zur Charakterisierung der elektrostatischen Schutzwirkung von Schuhwerk und Boden in Kombination mit einer Person