

Am Beispiel des Elektriker Gesichtsschutzes

## Umsetzung des Störlichtbogenschutzes für Persönliche Schutzausrüstung (PSA)

Mit der Einführung der beiden optionalen Verfahren Box-Test- sowie ATPV-Test als Störlichtbogenprüfung für Elektriker-Schutzbekleidung (DIN EN 61482-1-1 und 61482-1-2) wurde erstmals die Bewertung des Schutzes durch PSA (Persönliche Schutzausrüstung) vor den thermischen Gefahren eines Störlichtbogens in eine europäische Norm übernommen [1]. Das sich im europäischen Raum durchsetzende Box-Test-Verfahren kann somit die Grundlage für die normative Umsetzung von Störlichtbogenprüfungen weiterer PSA bilden.

Ein erster offizieller Schritt in diese Richtung wurde mit dem Prüfgrundsatz GS-ET-29 [2] der Berufsgenossenschaft Energie Textil Elektro Medienerzeugnisse (BG ETEM) gemacht. Darin sind zusätzliche Anforderungen an die Prüfung und Zertifizierung von Elektriker-Gesichtsschutzschirmen beschrieben. Neben der Bestimmung des Lichttransmissionsgrades ist das vor allem die Bestimmung der Störlichtbogenschutzklasse durch das Box-Test-Verfahren.



Dipl.-Ing. **Thomas Jordan** (links), Leiter Forschung und Entwicklung, Bildungs- und Servicezentrum (BSD) GmbH, Großröhrsdorf

PD Dr.-Ing. habil. **Holger Schau**, Privatdozent für Elektrische Netze und Anlagen an der Technischen Universität Ilmenau



### 1 Allgemeines

Die Bedeutung des Schutzes vor den thermischen Gefahren eines Störlichtbogens für PSA hat in den letzten Jahren bedeutend zugenommen. Als erstes europäisches normatives Ergebnis spiegeln die DIN EN 61482-1-1 und die DIN EN 61482-1-2 diesen Trend wider. In diesen Normen werden Prüfverfahren beschrieben, mit denen man die thermische Schutzwirkung von Elektrikerschutzbekleidung im Falle eines Störlichtbogens klassifiziert bzw. quantifiziert. Störlichtbogenprüfungen von PSA sind auf europäischer bzw. deutscher Ebene nichts grundsätzlich Neues. Im Unterschied zu den oben genannten Normen wurde bisher in unterschiedlichen nicht standardisierten Prüfverfahren (z. B. TS 50354) aber nur die physikalische Beständigkeit der PSA bei Einwirkung eines Störlichtbogens bewertet [3]. Das heißt, dass nur der Erhalt der physikalischen Barrierewirkung der PSA als Schutz vor dem direkten Einwirken eines Störlichtbogens auf den Menschen bewertet wurde. Der Wärmedurchgang durch die PSA, der auch ohne eine Zerstörung der PSA vonstattengeht, ist nicht berücksichtigt worden. Dieser Wärmedurchgang, der im Falle eines Störlichtbogens als Wärmequelle durch Wärmestrahlung und Wärmeströmung initiiert werden kann, ist die Ursache für Verbrennungen auf der Haut. Diese gilt es durch die PSA zu verhindern. Dementsprechende Eigenschaften der PSA müssen nachgewiesen werden.

Unfallstatistiken der Berufsgenossenschaft machen deutlich, dass bei Störlichtbogenunfällen die Hände und der Kopf in mehr als 50 % der Fälle durch Verbrennungen betroffen sind [4]. Der Oberkörper und die Oberarme sind mit weniger als 10 % durch Verbrennungen geschädigt. Das bedeutet, dass die Elektriker-

Schutzbekleidung eine vergleichsweise gute Schutzwirkung erzielt. Hierbei muss aber erwähnt werden, dass Hände und Kopf im Falle eines Störlichtbogens an der Arbeitsstelle meistens deutlich näher an der Fehlerquelle sind und dadurch einer größeren direkten Einwirkenergie ausgesetzt sind. Es ist also nur konsequent, den Nachweis der thermischen Schutzwirkung von Elektriker-Gesichtsschutzschirmen und auch von Schutzhandschuhen in reproduzierbaren Prüfanordnungen zu verlangen. Für Schutzhandschuhe existieren bereits Produkte, deren thermische Schutzwirkung in Anlehnung an das Box-Test-Verfahren der DIN EN 61482-1-2 ermittelt wurde. Mit dem Prüfgrundsatz GS-ET-29 der BG ETEM ist erstmalig der Nachweis der Störlichtbogenschutzklasse als Voraussetzung für eine EG-Baumusterprüfbescheinigung eines Elektriker-Gesichtsschutzschirms fixiert worden.

Es soll nicht unerwähnt bleiben, dass mit dem nordamerikanischen Standard ASTM F2178 ein normiertes Prüfverfahren für die thermische Schutzwirkung von Gesichtsschutzschirmen auf der Basis des ATPV-Verfahrens existiert. Überhaupt sind auf dem nordamerikanischen Markt der Störlichtbogenschutz und der Nachweis der thermischen Schutzwirkung deutlich länger etabliert als in Europa. Die Gründe hierfür sind zum Teil in den unterschiedlichen organisatorischen und technischen Rahmenbedingungen beim Arbeiten an elektrischen Anlagen zu finden, die eher zu einer vermehrten Beschäftigung mit diesem Thema geführt haben.

### 2 Aktueller Normungsstand – DIN EN 166

Die aktuelle DIN EN 166:2002 (Persönlicher Augenschutz) beinhaltet eine Kennzeichnungspflicht für Gesichtsschutzschilde zum



Bild 1: Störlichtbogenprüfung im Box-Test des Elektriker-Gesichtsschutz BSD ErgoS

Schutz gegen Störlichtbögen [5]. Die Anforderungen zum Erhalt dieser Kennzeichnung (Kurzzeichen: 8) sind in dieser Norm nur mit Vorgaben an die Bearbeitung der Kanten, einer Mindestdicke der Sichtscheibe von 1,4 mm und der UV-Schutzstufe 2-1,2 bzw. 2C-1,2 beschrieben. Es wird angemerkt, dass sich die Mindestdicke aus einer Versuchsreihe ergab, bei der die Prüflinge einem Störlichtbogen mit einer Stromstärke bis 12 kA, einer Spannung bis 400 V bei einer Brenndauer von einer Sekunde in einem Abstand von 300 mm unterzogen wurden.

Das bedeutet, dass keinerlei Störlichtbogenprüfung, weder zum Nachweis der physikalischen Beständigkeit noch zum Nachweis der thermischen Schutzwirkung vorgenommen werden muss. Dieser Umstand hat zusammen mit den Anmerkungen zu den Störlichtbogenparametern aus der zitierten Versuchsreihe zu Verwirrung und uneinheitlicher Bewertung der Störlichtbogenschutzwirkung von Gesichtsschutzschirmen geführt.

Darüber hinaus sind die Ergebnisse der zitierten Versuchsreihe nach neuesten Erkenntnissen nicht nachvollziehbar. Vor allem deswegen, weil die Versuchsanordnung nicht beschrieben worden ist.

Auf Grund dieser Situation bestehen gegenwärtig Aktivitäten, einen Zusatz zur DIN EN 166 zu erarbeiten, der auf dem Prüfgrundsatz GS-ET 29 aufbaut und die Lichtbogenprüfung nach dem Box-Test vorsieht. Diese deutsche Normenergänzung soll später in die internationale bzw. europäische Norm übernommen werden.

### 3 Anforderungen an den Störlichtbogenschutz – GS-ET-29

Mit dem Prüfgrundsatz der BG ETEM GS-ET-29 wird als zusätzliche Zulassungsvoraussetzung für die Baumusterprüfung eines Elektrikergesichtsschutzes eine Störlichtbogenprüfung verlangt. Dabei wird der Schutz vor den thermischen Gefahren eines Störlichtbogens durch eine Messung der thermischen Einwirkenergie an vier

Messstellen (Nase-Mund, Kinn, Augen) hinter dem Gesichtsschutz ermittelt.

Bei der Erzeugung des zweipoligen Lichtbogens und den Prüfparametern ist auf den Prüfaufbau des Box-Tests (aus DIN EN 61482-1-2) zurückgegriffen worden. Das bedeutet, dass ein zweipoliger Lichtbogen zwischen einer Kupfer- und einer Aluminium-Elektrode in einer Gips-Box gezündet wird.

Dadurch wird eine gerichtete Wirkung des Lichtbogenplasmas bzw. der heißen Gaswolke auf den Prüfling erzielt (Bild 1).

Der Abstand der Sensoroberfläche (Kalorimeter zur Bestimmung der Einwirkenergie im Bereich Nase-Mund) zur Elektrodenmitte in der Box beträgt 35 cm. Dadurch befindet sich die Oberfläche des Gesichtsschutzes, je nach Prüfling, rd. 30 cm von der Lichtbogenquelle entfernt.

Die Lichtbogenenergie kann in zwei verschiedenen Größen erzeugt werden, die die beiden Störlichtbogenschutzklassen kennzeichnen (Tafel 1).

Prüf-Lichtbogen				
Störlichtbogenklasse	Lichtbogenenergie in kJ	Prüfabstand <i>i</i> in mm	Prüfstrom (prospektiv) in kA	Lichtbogenprüfdauer in s
Klasse 1	158	350	4	0,5
Klasse 2	318	350	7	0,5

Tafel 1: Kennwerte des Prüf-Lichtbogens

Als hauptsächliches Bewertungskriterium für eine erfolgreich bestandene Lichtbogenprüfung für die jeweilige Klasse wird das Stoll-Chianta-Kriterium herangezogen. Sind die gemessenen Einwirkenergien der Sensoren hinter dem Gesichtsschutz unterhalb der »Stoll-Kurve« wird davon ausgegangen, dass Verbrennungen zweiten Grades auf der Haut vermieden werden. Liegen die gemessenen Werte über der »Stoll-Kurve« hat der Prüfling die Prüfung für die jeweilige Störlichtbogenklasse nicht bestanden. Die Einwirkenergiewerte sind in *Bild 2* in Form von Temperaturverläufen dargestellt. Die Temperaturwerte sind den Energiewerten proportional.

Weitere Bewertungskriterien sind die Merkmale der thermischen Beständigkeit der Ausrüstungen, die anhand des Entflammens bzw. der Nachbrennzeit, der Lochbildung und des Ab- und Durchschmelzens visuell beurteilt werden.

Ein Elektriker Gesichtsschutz, der nach dem Prüfgrundsatz GS-ET-29 zertifiziert wird, muss zusätzlich mit der jeweiligen Störlichtbogenklasse gekennzeichnet werden.

#### 4 Störlichtbogenschutz als Herausforderung für den Elektriker Gesichtsschutz

Die Anforderungen an die Schutzwirkung vor den thermischen Gefahren eines Störlichtbogens im Prüfgrundsatz GS-ET-29 bedeuten nichts anderes, als dass das Visier den Wärmedurchgang vom Störlichtbogen auf das Gesicht verringern soll. Wärmeenergie kann durch Wärmeleitung, Wärmeströmung (Konvektion) und Wärmestrahlung übertragen werden. Die Wärmeleitung spielt bei der Übertragung der vom Störlichtbogen erzeugten Energie eine untergeordnete Rolle, da sich zwischen Visierscheibe und Gesicht noch ein Luftpolster befindet. Maßgeblich sind also die Wärmestrahlung auf das Gesicht und die Wärmeströmung vom Lichtbogen zur Visierscheibe (gegebenenfalls auch unter das Visier). Schutzbekleidungen sind zumindest für das sichtbare Licht undurchlässig und reflektieren bzw. absorbieren dadurch schon einen großen Teil der Strahlungsenergie.

Eine Haupteigenschaft für den Elektriker Gesichtsschutz muss dagegen ein möglichst hoher Transmissionsgrad für das sichtbare Licht (VLT – Visible Light Transmission) sein. Hieraus ergibt sich ein Zielkonflikt für den Elektriker-Gesichtsschutz, der eine besondere Herausforderung für einen Gesichtsschutz der Störlichtbogenklasse 2 darstellt. Einerseits soll möglichst viel sichtbares Licht für ergonomisches Arbeiten an elektrischen Anlagen durch die Visierscheiben ungehindert hindurchgehen. Andererseits ist im Fehlerfall der Wärmeübergang durch Wärmestrahlung durch das Visier zu minimieren. Die Entwicklungsrichtungen beim Arbeitsschutz und der Arbeitsergonomie laufen im PSA-Bereich meistens nicht in dieselbe Richtung.

Bei der Lösung dieses Konflikts ist aber nicht nur der Transmissionsgrad zu beachten. Wichtig ist außerdem der Farbwiedergabeindex der Visierscheibe. Elektriker-Gesichtsschutzschirme mit einem hohen Störlichtbogenschutz (ATPV > 5 cal/cm<sup>2</sup> nach ASTM F2178) werden auf dem nordamerikanischen Markt vorwiegend mit durchgefärbten Visierscheiben angeboten. Diese können einen akzeptablen Transmissionsgrad über 50 % aufweisen. Aber durch einen geringen Farbwiedergabeindex von unter 60 % ist mindestens die Arbeitsergonomie beeinträchtigt. Bei Arbeiten im Niederspannungsbereich, wo die Farberkennung eine wichtige Rolle spielt, ist die Einsetzbarkeit von Gesichtsschutzschirmen mit (vorrangig grün) durchgefärbten Visierscheiben sehr begrenzt.

Durch die bisher nicht geforderten Prüfungen zum Störlichtbogenschutz bestehen die Visierscheiben der meisten Hersteller aus Polycarbonat oder Celluloseacetat, die vorrangig die Mindestdicke aus der DIN EN 166 aufweisen. Diese Scheiben mit einem visuellen Transmissionsgrad von nahezu 100 % haben aber keine spezifischen Eigenschaften zur Verringerung des Wärmedurchgangs im Fehlerfall. Größeren Störlichtbogenbeanspruchungen, wie sie zum Beispiel durch das (nicht standardisierte) Prüfverfahren PIP001 der RWE Eurotest GmbH generiert werden, führten

größtenteils zu abschmelzenden, thermisch nicht beständigen Visierscheiben [6].

Der Elektriker-Gesichtsschutz BSD ErgoS wurde speziell für diese Anforderungen entwickelt (*Bild 3*). Maximaler Störlichtbogenschutz wurde hier mit einem Höchstmaß an Arbeitsergonomie kombiniert. Der BSD-ErgoS Elektriker-Gesichtsschutz ist nach GS-ET-29 mit der Störlichtbogenklasse 2 zertifiziert worden und erreicht dieses Ergebnis mit einer visuellen Transmissionsrate von 70 % bei einem Farbwiedergabeindex von 97 %. Aufgrund der großen Bedeutung der Wärmestrahlung beim Wärmeübergang vom Störlichtbogen zur Gesichtsoberfläche wurde bei der Konstruktion der Visierscheibe das Hauptaugenmerk auf die spektralen Eigenschaften gelegt. Durch eine spezielle Bearbeitung der Polycarbonatscheibe ist es gelungen, die Wärmestrahlung im Fehlerfall ohne große Einschnitte an der visuellen Transmission zu begrenzen. Zusätzlich kann man bei einem Farbwiedergabeindex von 97 % von einer fast unbeeinflussten Größe sprechen. Dem Einfluss der Wärmeströmung wurde bei der Entwicklung des Visiers durch die Montage eines Kinnschutzes Rechnung getragen. Dieser verhindert das Unterschlagen der heißen Gaswolke an der unteren Visierkante hinter das Visier. Dadurch wird der Wärmeeintrag auf die untere Gesichtshälfte wirksam begrenzt.

Im Ergebnis wurde das Stoll-Chianta-Kriterium zum Bestehen der Störlichtbogenklasse 2 bei der Box-Test-Prüfung an der Technischen Universität Ilmenau deutlich unterschritten (*Bild 2*).

Der Nachweis der physikalischen Beständigkeit gegen Störlichtbögen höherer Energie wurde im Prüflabor der RWE Eurotest GmbH in Dortmund mit dem dortigen dreipoligen Prüfverfahren bei einem Störlichtbogenstrom von 10 kA und einer Beanspruchungszeit von einer Sekunde nachgewiesen. Hierbei wurden keine Löcher, Risse oder Verformungen des Gesichtsschutzschirms festgestellt. Dieses positive Ergebnis ist als Resultat der gezielten Kombination von Visierscheibendicke und Scheibenbearbeitung anzusehen.

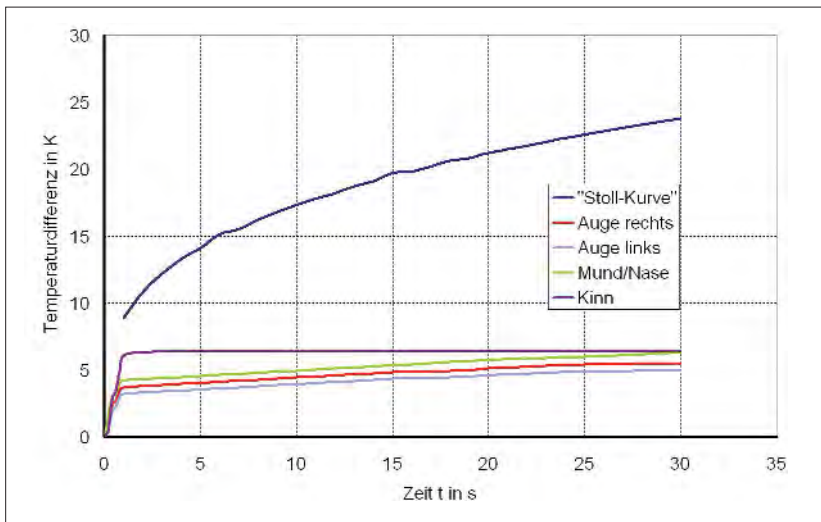


Bild 2: Temperatur-Zeit-Diagramm der Kalorimeter am Prüfling des Box-Test-Aufbaus (BSD ErgoS bei Prüfung mit Klasse-2-Störlichtbogen)

## 5 Zusammenfassung

Durch das Fehlen normierter Prüfverfahren zum Nachweis des Störlichtbogenschutzes ging bei der Gestaltung von Elektriker-Gesichtsschutzschirmen der Störlichtbogenschutz bisher zu Lasten anderer Anforderungen. Erst die zusätzlichen Anforderungen an den

Elektriker-Gesichtsschutz, die in dem Prüfgrundsatz GS-ET-29 der BG ETEM fixiert sind, stellen auch spezifische Anforderungen an die störlichtbogensichere Gestaltung dar.

Aufgrund der vorherrschenden Wärmeübertragungsprinzipien im Störlichtbogenfall (Wärmestrahlung und Wärmeströmung) wird

## 7 Schrifttum

- [1] *Schau, H.*: The new standard IEC 61482 and experiences with the Box method for testing of clothing for protection against the thermal hazards of an electrical arc, ICOLIM 2006, Prag
- [2] Prüfgrundsatz GS-ET-29:2010, Zusatzanforderungen für die Prüfung und Zertifizierung von Elektriker-Gesichtsschutz, BG-Prüfzert
- [3] *Schau, H.*: Störlichtbögen – Schutz vor thermischen Gefahren. Berlin, ep Elektropraktiker 62 (2008), Heft 8, S. 687 – 691
- [4] Leitlinie für die Auswahl persönlicher Schutzausrüstung gegen thermische Auswirkungen durch einen Störlichtbogen, Internationale Vereinigung für soziale Sicherheit, Köln
- [5] DIN EN 166:2002 Persönlicher Augenschutz, Anforderungen
- [6] *Borneburg, D.; Hoffmann, R.*: Studies of face protection against the thermal hazards of an electric arc in the three phase service box test by RWE Eurotest. Icolim 2006, Prag



Bild 3: Elektriker-Gesichtsschutz BSD ErgoS

t.jordan@bsd-dresden.de

www.bsd-dresden.de