

**Arbeiten unter Spannung –
Schutzkleidung gegen thermische Gefahren eines Lichtbogens –
Teil 1-1: Prüfverfahren – Verfahren 1: Bestimmung der Lichtbogen-Kennwerte (ELIM,
ATPV und/oder EBT) von Bekleidungsstoffen und Schutzkleidung mithilfe eines
offenen Lichtbogens**

Inhalt		Seite
1	Anwendungsbereich.....	5
2	Normative Verweisungen	5
3	Begriffe und Symbole	5
3.1	Begriffe	6
3.2	Symbole und Einheiten	11
4	Prinzip der Prüfverfahren A und B	11
4.1	Verfahren A – Materialprüfverfahren mit offenem Lichtbogen	11
4.2	Verfahren B – Kleidungsstückprüfverfahren mit offenem Lichtbogen.....	12
5	Bedeutung und Anwendung der Prüfverfahren A und B.....	13
5.1	Verfahren A – Materialprüfverfahren mit offenem Lichtbogen	13
5.2	Verfahren B – Kleidungsstückprüfverfahren mit offenem Lichtbogen	13
6	Prüfgeräte.....	13
6.1	Allgemeines	13
6.2	Kalorimetrische Sensoren	14
6.2.1	Aufbau des Kalorimeters.....	14
6.2.2	Aufbau eines Plattensensors	16
6.2.3	Aufbau und Positionierung eines Monitorsensors	17
6.3	Aufbau der Platte.....	19
6.4	Aufbau der Kleiderpuppe	22
6.5	Anordnung der Platten und Monitorsensoren für die Prüfung nach Verfahren A	23
6.6	Anordnung der Puppe(n)und Monitorsensoren für die Prüfung nach Verfahren B.....	24
6.7	Stromversorgungsanschluss und Elektroden	27
6.7.1	Konstruktiver Käfigaufbau	28
6.7.2	Elektroden	30
6.7.3	Zünddraht.....	30
6.8	Elektrische Stromversorgung	31
6.9	Steuerung des Prüfstromkreises.....	31
6.10	Datenerfassungs- und Datenverarbeitungssystem.....	31
7	Sicherheit der Bediener.....	33
8	Vorbereitung der Prüfstücke	33
8.1	Beschreibung der Prüfstücke	33
8.1.1	Prüfstücke für das Verfahren A.....	33
8.1.2	Prüfstücke für das Verfahren B.....	34

	Seite
8.2	Vorbehandlung der Prüfstücke durch Reinigung 34
8.3	Vorkonditionierung der Prüfstücke 34
9	Kalibrierung und Verifizierung 34
9.1	Vorkalibrierung des Datenerfassungssystems 34
9.2	Verifizierung der Kalorimeter 34
9.3	Verifizierung der Lichtbogenbeanspruchung und der Prüfanordnung für die Doppel-Sensor-Platten und die Monitorsensoren 35
9.3.1	Anordnung der Elektroden und des Zünddrahtes 35
9.3.2	Anordnung der Doppel-Sensor-Platten, der Kleiderpuppen und der Monitorsensoren 35
9.3.3	Lichtbogenschuss mit nacktem Prüfstück für die Verifizierung 36
9.3.4	Prüfablauf eines Lichtbogenschusses mit nacktem Prüfstück für die Verifizierung 36
10	Wartung und Pflege der Prüfanordnung 37
10.1	Instandsetzung der Oberfläche 37
10.2	Pflege der Sensorplatten und Kleiderpuppen 37
10.3	Pflege der Elektroden 37
11	Prüfungsdurchführung 37
11.1	Verfahren A – Prüfung mit Platten 37
11.1.1	Prüfparameter und Einstellungen 37
11.1.2	Reihenfolge der Prüfungen mit Prüfstücken eines Materials oder einer Materialkombination 38
11.1.3	Kriterien für Datensatz aus dem iterativen Verfahren der Prüfschüsse 38
11.2	Verfahren B – Prüfung mit Kleiderpuppen 39
11.2.1	Prüfparameter und Einstellungen 39
11.2.2	Einzelprüfung oder Reihenfolge von Prüfungen mit Prüfstück(en) eines <i>Kleidungsstücks</i> oder einer <i>Kombination aus Kleidungsstücken</i> 40
11.3	Belüftung und Anfangstemperatur der Sensoren 41
11.4	Befestigung der Prüfstücke 41
11.4.1	Verfahren A – Prüfung mit Platten 41
11.4.2	Verfahren B – Prüfung mit Kleiderpuppen 41
11.5	Beschreibung des Prüfstücks 42
11.6	Prüfablauf 43
12	Prüfergebnisse 43
12.1	Wärmeberechnung 43
12.1.1	Wärmekapazität von Kupfer 43
12.1.2	Einwirk- und Durchgangsenergie 44
12.1.3	Werte der Plattensensoren (Durchgangsenergie (E_t) im Vergleich mit Stoll-Kurve) 45
12.1.4	Werte der Monitorsensoren (Einwirkenergie (E_i)) 46
12.2	Bestimmung des thermischen Lichtbogen-Kennwerts ($ATPV$) 46
12.3	Bestimmung der Schwellenenergie zum Aufbrechen (EBT) 47

	Seite
12.4 Bestimmung der Einwirkenergiegrenze (<i>ELIM</i>)	47
12.5 Sichtprüfung	47
12.6 Lichtbogen-Kennwert	49
12.6.1 Lichtbogen-Kennwert eines Materials oder einer Materialkombination	49
12.6.2 Lichtbogen-Kennwert eines Kleidungsstücks oder einer Kombination aus Kleidungsstücken	49
13 Prüfbericht	50
13.1 Allgemeine Berichtsanforderungen für Prüfungen nach Verfahren A und B	50
13.2 Spezifische Berichtsanforderungen für Prüfungen nach Verfahren A	51
13.3 Spezifische Berichtsanforderungen für Prüfungen nach Verfahren B	52
Anhang A (informativ) Logistisches Regressionsverfahren	55
Anhang B (informativ) 95%-Vertrauensbereich von <i>ATPV</i> und <i>EBT</i>	57
Anhang C (informativ) Iteratives Verfahren von Prüfschüssen des Verfahrens A	61
Anhang D (informativ) Materialien für Isolierträger und Befestigungsplatte.....	62
Anhang E (informativ) Präzision des Prüfverfahrens	64
Anhang F (informativ) Empfohlene Festlegungen für die Anwendung der Prüfverfahren in der Nachbildung von Unfällen und in der Forschung	65
Literaturhinweise	66
Bilder	
Bild 1 — Beispiel für den Aufbau eines Kalorimeters.....	15
Bild 2 — Beispiel für den Aufbau eines Plattensensors	16
Bild 3 – Beispiel für den Aufbau eines Monitorsensors, mit optionaler Abdeckplatte	18
Bild 4 – Platte	21
Bild 5 – Beispiel einer typischen Materialklemmvorrichtung einer Platte	22
Bild 6 – Anordnung der drei Doppel-Sensor-Platten mit Monitorsensoren (Draufsicht) für die Prüfung nach Verfahren A	24
Bild 7 – Relative Positionierung der Lichtbogenelektroden sowie der Kleiderpuppe(n) und Monitorsensoren für die Prüfung nach Verfahren B.....	25
Bild 8 – Beispiele für die Anordnung von Kleiderpuppen	27
Bild 9 – Beispiel eines Käfigaufbaus (Stromversorgung, Rohre für Stromversorgung und Lichtbogenelektroden), mit drei Platten gemeinsam dargestellt für die Prüfung nach Verfahren A (Monitorsensoren sind nicht dargestellt).....	29
Bild 10 – Relative Positionierung des Käfigaufbaus (Stromversorgung, Rohre für Stromversorgung und Lichtbogenelektroden) sowie eines Puppentorso und deren Monitorsensoren für die Prüfung nach Verfahren B.....	30
Bild 11 –Typische Kurven der durchschnittlichen Durchgangsenergie $Q_{t,avg}$ (d. h. Durchschnittswert der zwei Sensoren einer Platte) für Prüfstücke	46
Bild B1 – Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion	57
Bild B2 – kumulative Verteilungsfunktion	58
Bild B3 – Schaubild mit Wahrscheinlichkeit und unteren und oberen Bereichsgrenzen	60

Tabellen

Tabelle 1 Positionierung von Monitorsensoren entsprechend der Einwirkenergien	19
Tabelle 2 – Berichtsanforderungen und Auswertung der Sichtprüfung bei der Prüfung von Kleidungsmaterial(ien) nach Verfahren A und von Kleidungsstücken oder Kombinationen aus Kleidungsstücken nach Verfahren B	48
Tabelle 3 – Visuelle Beurteilungskriterien bei der Prüfung von Kleidungsstücken oder Kombinationen aus Kleidungsstücken nach Verfahren B	50
Tabelle B1 – Beispiel einer Einwirkenergie X und eines binären Werts Y (Stoll-Kriterien erfüllt) für 21 Prüfschüsse	59