

	DIN IEC 61482-1-1 (VDE 0682-306-1-1)	DIN
	Diese Norm ist zugleich eine VDE-Bestimmung im Sinne von VDE 0022. Sie ist nach Durchführung des vom VDE-Präsidium beschlossenen Genehmigungsverfahrens unter der oben angeführten Nummer in das VDE-Vorschriftenwerk aufgenommen und in der „etz Elektrotechnik + Automation“ bekannt gegeben worden.	VDE

ICS 13.220.40; 13.260; 59.080.01

Einsprüche bis 2006-07-31

Entwurf

**Arbeiten unter Spannung –
Schutzbekleidung gegen die thermischen Gefahren eines Lichtbogens –
Teil 1: Prüfverfahren – Verfahren 1: Bestimmung der Lichtbogenkennwerte (ATPV
oder E_{BT}) von nicht entflammaren Bekleidungsstoffen
(IEC 78/645/CD:2005)**

Live working –
Protective clothing against the thermal hazards of an electric arc –
Part 1: Test methods – Method 1: Determination of the arc rating (ATPV or E_{BT}) of flame
resistant materials for clothing
(IEC 78/645/CD:2005)

Travaux sous tension –
Vêtement de protection contre les risques d'arc électrique à effet thermique –
Partie 1: Méthodes d'essai – Méthode 1: Détermination de la performance à l'arc (ATPV ou E_{BT})
de matériaux résistant à la flamme pour vêtement
(CEI 78/645/CD:2005)

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfes besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise als Datei per E-Mail an **dke@vde.com** in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter **www.dke.de/stellungnahme** abgerufen werden
- oder in Papierform an die DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE, Stresemannallee 15, 60596 Frankfurt am Main.

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevante Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 77 Seiten

DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE

– Entwurf –

E DIN IEC 61482-1-1 (VDE 0682-306-1-1):2006-06

Beginn der Gültigkeit

Diese Norm gilt ab ...

Nationales Vorwort

Das internationale Dokument IEC 78/645/CD:2005 „Live working – Protective clothing against the thermal hazards of an electric arc – Part 1: Test methods – Method 1: Determination of the arc rating (ATPV or E_{BT}) of flame resistant materials for clothing“ (CD, en: Committee Draft) ist unverändert in diesen Norm-Entwurf übernommen worden. Dieser Norm-Entwurf enthält eine noch nicht autorisierte deutsche Übersetzung.

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung des CD entsprechend der diesbezüglich durch die IEC erteilten Erlaubnis beigefügt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen IEC-Text.

Das internationale Dokument wurde vom TC 78 „Live working“ der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) erarbeitet und den nationalen Komitees zur Stellungnahme vorgelegt.

Die IEC und das Europäische Komitee für Elektrotechnische Normung (CENELEC) haben vereinbart, dass ein auf IEC-Ebene erarbeiteter Entwurf für eine Internationale Norm zeitgleich (parallel) bei IEC und CENELEC zur Umfrage (CDV-Stadium) und Abstimmung als FDIS (en: Final Draft International Standard) bzw. Schluss-Entwurf für eine Europäische Norm gestellt wird, um eine Beschleunigung und Straffung der Normungsarbeit zu erreichen. Dokumente, die bei CENELEC als Europäische Norm angenommen und ratifiziert werden, sind unverändert als Deutsche Normen zu übernehmen.

Da der Abstimmungszeitraum für einen FDIS bzw. Schluss-Entwurf prEN nur 2 Monate beträgt, und dann keine sachlichen Stellungnahmen mehr abgegeben werden können, sondern nur noch eine „JA/NEIN“-Entscheidung möglich ist, wobei eine „NEIN“-Entscheidung fundiert begründet werden muss, wird bereits der CD als DIN-Norm-Entwurf veröffentlicht, um die Stellungnahmen aus der Öffentlichkeit frühzeitig berücksichtigen zu können.

Für diesen Norm-Entwurf ist das nationale Arbeitsgremium UK 214.3 „Ausrüstungen und Geräte zum Arbeiten unter Spannung; Körperschutzmittel und schmiegbare Schutzvorrichtungen“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE (<http://www.dke.de>) zuständig.

Nationaler Anhang NA (informativ)

Zusammenhang mit Europäischen und Internationalen Normen

Für den Fall einer undatierten Verweisung im normativen Text (Verweisung auf eine Norm ohne Angabe des Ausgabedatums und ohne Hinweis auf eine Abschnittsnummer, eine Tabelle, ein Bild usw.) bezieht sich die Verweisung auf die jeweils neueste gültige Ausgabe der in Bezug genommenen Norm.

Für den Fall einer datierten Verweisung im normativen Text bezieht sich die Verweisung immer auf die in Bezug genommene Ausgabe der Norm.

Eine Information über den Zusammenhang der zitierten Normen mit den entsprechenden Deutschen Normen ist in Tabelle NA.1 wiedergegeben.

Tabelle NA.1

Europäische Norm	Internationale Norm	Deutsche Norm	Klassifikation im VDE-Vorschriftenwerk
EN ISO 3175-2:1998	ISO 3175-2:1998	DIN EN ISO 3175-2:1998-10	–
EN ISO 6330:2000	ISO 6330:2000	DIN EN ISO 6330:2001-04	–
–	ISO 9151:1995	–	–
EN ISO 15025:2002	ISO 15025:2000	DIN EN ISO 15025:2003-02	–

Nationaler Anhang NB (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN ISO 3175-2:1998-10, *Textilien – Chemischreinigung und Nachbehandlung – Teil 2: Verfahren für Perchlorethylen (Tetrachlorethen) (ISO 3175-2:1998); Deutsche Fassung EN ISO 3175-2:1998*

DIN EN ISO 6330:2001-04, *Textilien – Nichtgewerbliche Wasch- und Trocknungsverfahren zur Prüfung von Textilien (ISO 6330:2000); Deutsche Fassung EN ISO 6330:2000*

DIN EN ISO 15025:2003-02, *Schutzkleidung – Schutz gegen Hitze und Flammen – Prüfverfahren für die begrenzte Flammenausbildung (ISO 15025:2000); Deutsche Fassung EN ISO 15025:2002*

**Arbeiten unter Spannung – Schutzkleidung gegen die thermischen Gefahren
eines Lichtbogens – Teil 1: Prüfverfahren – Verfahren 1: Bestimmung der
Lichtbogenkennwerte (ATPV oder E_{BT}) von nicht entflammaren
Bekleidungsstoffen**

Inhalt

	Seite
1 Anwendungsbereich	6
2 Normative Verweisungen.....	6
3 Begriffe.....	6
4 Kurzbeschreibung der Prüfverfahren.....	10
5 Bedeutung und Anwendung der Prüfverfahren	11
6 Prüfgeräte	11
6.1 Verfahren A – Anordnung der Doppel-Sensor-Platten	11
6.2 Aufbau der Platte	11
6.3 Verfahren B – Anordnung der Kleiderpuppen	12
6.4 Verfahren B – Aufbau der Kleiderpuppe.....	12
6.5 Verhalten der Sensoren.....	12
6.6 Aufbau des Kalorimeters	12
6.7 Stromversorgungsanschluss und Elektroden	12
6.7.1 Elektroden.....	12
6.7.2 Zünddraht.....	13
6.8 Elektrische Stromversorgung.....	13
6.9 Steuerung des Prüfstromkreises	13
6.10 Datenerfassungssystem	13
7 Sicherheitsvorkehrungen	13
8 Vorbereitung der Prüfstücke	14
8.1 Prüfstücke für die Verfahren A und B	14
8.1.1 Prüfstücke für das Verfahren A: Prüfung mit Doppel-Sensor-Platten	14
8.1.2 Prüfstücke für das Verfahren B: Vierfach-Sensor-Kleiderpuppe	14
8.2 Waschvorbehandlung der Prüfstücke.....	14
9 Kalibrierung.....	14
9.1 Vorkalibrierung des Datenerfassungssystems	14
9.2 Kontrolle der Kalibrierung des Kalorimeters	14
9.3 Kalibrierung der Lichtbogenbeanspruchung und der Anordnung der Doppel-Sensor-Platten und der Aufzeichnungssensoren	15
9.3.1 Prüfanordnung	15
9.3.2 Anordnung der Doppel-Sensor-Platten, der Kleiderpuppen und der Aufzeichnungssensoren	15
9.3.3 Kalibrierung der Doppel-Sensor-Platten und der Aufzeichnungssensoren.....	15

	Seite
9.4 Bestätigung der Einstellungen der Prüfanordnung	15
10 Wartung und Pflege der Prüfanordnung.....	16
10.1 Instandsetzung der Oberfläche	16
10.2 Pflege der Sensorplatten und Kleiderpuppen.....	16
11 Prüfverfahren	16
11.1 Prüfparameter.....	16
11.2 Reihenfolge der Prüfungen.....	16
11.2.1 Platten	16
11.2.2 Kleiderpuppen	16
11.2.3 Prüfkriterien	17
11.3 Anfangstemperatur	17
11.4 Befestigung der Prüfstücke	18
11.4.1 Verfahren A für Platten	18
11.4.2 Verfahren B für Kleiderpuppen.....	18
11.5 Prüfstückwerte.....	18
11.6 Prüfprotokoll.....	18
12 Darstellung der Ergebnisse	19
12.1 Wärmeübergang.....	19
12.1.1 Festlegen des Nullpunktes	19
12.1.2 Aufzeichnen der Sensorwerte	19
12.1.3 Sensorwerte als Funktion der Stoll-Kurve.....	20
12.1.4 Bestimmung des Hitzedämmungsfaktors (HAF)	22
12.2 Bestimmung der Schwellenenergie zum Aufbrechen, E_{BT50}	23
12.3 Lichtbogennennwerte	23
12.4 Sichtprüfung.....	24
13 Prüfbericht	24
Anhang A (normativ) Messung der Verkohlungslänge	35
Anhang B (informativ) Logistisches Regressionsverfahren.....	36
Anhang C (informativ) Hitzedämmungsfaktor.....	38
Literaturhinweise.....	39

1 Anwendungsbereich

Dieser Teil von IEC 61482 legt Prüfverfahren zur Messung der thermischen Lichtbogenkennwerte von Materialien fest, die für hitzebeständige und nicht entflammbare Bekleidung für Personen verwendet werden, die der thermischen Wirkung elektrischer Lichtbögen ausgesetzt sind, sowie die Funktion von Kleidungsstücken, die aus diesen Materialien bestehen. Mit diesen Prüfverfahren werden die thermischen Lichtbogenkennwerte von Materialien gemessen, die die folgenden Anforderungen erfüllen: die Länge der Verkohlung muss weniger als 100 mm und das Nachflammen nach dem Entfernen der Flamme weniger als 2 s betragen, wenn der äußere Stoff nach ISO 15025, Verfahren B (Beflammung am unteren Rand), geprüft und die Verkohlungslänge nach einem im Anhang A beschriebenen modifizierten ISO-Verfahren gemessen wird.

Diese Verfahren werden zur Messung und Beschreibung der Eigenschaften von Materialien, Produkten, Anordnungen oder Kleidungsstücken, die der Konvektions- und Strahlungsenergie ausgesetzt sind, die von einem elektrischen Lichtbogen im Freien unter kontrollierten Laborbedingungen erzeugt wird, angewendet.

Die bei diesen Verfahren eingesetzten Materialien sind flache Prüfstücke für das Verfahren A und Hemden für das Verfahren B.

Bei Prüfung in einer ebenen Anordnung wird zur Bestimmung des Lichtbogen-Kennwertes von Materialien und Materialanordnungen das Verfahren A angewendet.

Bei der Prüfung mit einem Kleiderpuppen-Torso wird zur Feststellung des nicht zu den Lichtbogenkennwerten zählenden Verhaltens von Kleidungsstücken, die einschließlich Zubehör für Kleidungsstücke, Nähgarn, Verschlüssen, Textilerzeugnissen und anderer Ausstattungen einem Lichtbogen ausgesetzt sind, das Verfahren B angewendet.

Es liegt in der Verantwortung des Anwenders dieses Dokuments, vor der Anwendung die entsprechenden Sicherheits- und Gesundheitspraktiken nachzuweisen. Für besondere Vorsichtsmaßnahmen siehe Abschnitt 7.

Die Prüfverfahren in diesem Teil von IEC 61482 dienen nicht zur Klassifizierung von Schutzklassen. Die Verfahren zur Festlegung von Schutzklassen sind in IEC 61482-1-2 beschrieben.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden zitierten Dokumente sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

ISO 3175-2:1998, *Textiles – Dry cleaning and finishing – Part 2: Procedures for tetrachlorethylene*

ISO 6330:2000, *Textiles – Domestic washing and drying procedures for textile testing*

ISO 9151:1995, *Protective clothing against heat and flame – Determination of heat transmission on exposure to flame*

ISO 15025:2000, *Protective clothing – Protection against heat and flame – Method of test for limited flame spread*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Teils von IEC 61482 gelten die folgenden Begriffe.

ANMERKUNG Zu anderen Definitionen für Begriffe von Textilerzeugnissen, die in diesem Teil von IEC 61482 verwendet werden, wird auf ASTM D-123 verwiesen.

3.1

Lichtbogendauer

Dauer des Lichtbogens

ANMERKUNG Die Lichtbogendauer wird in s angegeben.

3.2

Lichtbogenenergie

W_{arc}

elektrische Energie, die dem Lichtbogen zugeführt und im Lichtbogen umgewandelt wird; Produkt aus der Summe der Momentan-Lichtbogenspannungswerte, der Momentan-Lichtbogenstromwerte und der differentiellen Zunahme der Zeit während der Lichtbogendauer

ANMERKUNG Die Lichtbogenenergie wird in J oder kW-s angegeben.

3.3

Abstand der Lichtbogenfußpunkte

Abstand zwischen den Lichtbogenelektroden in mm

3.4

thermische Kennwerte des Lichtbogens (ATPV)

bei Lichtbogen-Prüfungen die auf ein Material oder eine mehrschichtige Materialanordnung einwirkende Energie, die mit 50 % Wahrscheinlichkeit dazu führt, dass eine derartige Wärmeübertragung durch die zu prüfenden Prüfstücke ausreichend ist, den Beginn einer Beschädigung der Oberfläche durch eine auf der Stoll-Kurve basierenden Verbrennung zweiten Grades hervorzurufen, ohne das Material zu zerstören

ANMERKUNG ATPV wird in kW-s/m² angegeben.

3.5

Lichtbogenspannung

Spannung über dem Lichtbogen

ANMERKUNG Die Lichtbogenspannung wird in V angegeben.

3.6

asymmetrischer Lichtbogenstrom

der Gesamtlichtbogenstrom, der während des Schließens erzeugt wird; er enthält einen Gleichanteil und eine symmetrische Komponente

ANMERKUNG Der asymmetrische Lichtbogenstrom wird in A angegeben.

3.7

Aufbrechen

bei Lichtbogen-Prüfungen das Materialverhalten, das durch die Entstehung eines oder mehrerer Löcher im Material nachgewiesen wird, die ein Durchdringen der Flamme durch das Material ermöglichen

ANMERKUNG 1 Das Prüfstück gilt als aufgebrochen, wenn auf der Oberfläche ein Loch von mindestens 300 mm² oder mindestens 25 mm in eine Richtung entstanden ist. Ein einzelner Faden verringert nicht die Größe des Loches im Sinne dieses Teils von IEC 61482.

ANMERKUNG 2 Ein mehrschichtiges Prüfstück gilt als aufgebrochen, wenn in allen Schichten ein oder mehrere Löcher entstanden sind.

3.8

Schwellenenergie zum Aufbrechen

E_{BT50}

auf eine Einheitsfläche eines Textilerzeugnisses oder Materials einwirkende Energie, die mit 50 % Wahrscheinlichkeit dazu führt, dass eine derartige Wärmeübertragung durch das zu prüfende Prüfstück ausreichend ist, das Aufbrechen des Prüfstückes herbeizuführen

ANMERKUNG Die Schwellenenergie zum Aufbrechen wird in kW-s/m² angegeben.

3.9

Brennzeit

Zeit, während der eine Flamme nach der Lichtbogeneinwirkung sichtbar ist

ANMERKUNG Die Brennzeit wird in s angegeben.

3.10

Kalorimeter

Gerät zum Messen des Wärmestroms und der einwirkenden Energie

3.11

Verkohlen

Ausbildung eines kohlenstoffhaltigen Rückstandes als Ergebnis einer thermischen Zersetzung oder einer unvollständigen Verbrennung

3.12

Schließen

Punkt im Phasenverlauf des Stroms der Stromquelle, bei dem der Lichtbogen gezündet wird

3.13

Kleidung

Gesamtheit der von Personen getragenen Kleidungsstücke

3.14

Scheitelwert-Temperatur

ΔT_p

Differenz zwischen der maximalen Temperatur und der Ausgangstemperatur des Sensors während der Prüfung

ANMERKUNG 1 Die Scheitelwert-Temperatur wird in °C angegeben.

ANMERKUNG 2 Bei Prüfung mit Material wird das Symbol ΔT_p ohne Index verwendet; bei Prüfung zum Kalibrieren (ΔT_{p0}) ohne Material wird ein zusätzlicher Index „0“ verwendet.

3.15

Abtropfen

Materialverhalten, das durch das Flüssigwerden der Polymerfasern nachgewiesen wird

3.16

elektrischer Lichtbogen

selbständige elektrische Leitung in Gas, bei der die meisten Ladungsträger Elektronen sind, die durch Primärelektronenemission geliefert werden

[IEV 121-13-12]

ANMERKUNG Bei Arbeiten an unter Spannung stehenden Teilen wird der elektrische Lichtbogen durch Ionisierung von Gas erzeugt, die durch eine ungewollte elektrisch leitende Verbindung oder einen Durchschlag zwischen spannungsführenden Teilen oder zwischen einem spannungsführenden Teil und dem Erdanschluss einer elektrischen Anlage oder eines elektrischen Gerätes hervorgerufen wird. Bei der Prüfung wird der elektrische Lichtbogen mittels Durchbrennen eines Zünddrahtes gezündet.

3.17

Versprödung

Ausbildung eines brüchigen Rückstandes als Ergebnis einer thermischen Zersetzung oder einer unvollständigen Verbrennung

3.18

Hitzedämmungsfaktor (HAF)

prozentualer Anteil der einwirkenden Energie, der von einem Material in einer mit ATPV vergleichbaren Größenordnung blockiert wird

3.19

Wärmestrom

thermische Intensität, die die übertragene Energiemenge je Zeiteinheit und Fläche angibt

ANMERKUNG Der Wärmestrom wird in kW/m^2 angegeben.

3.20

Entzündung

Einleitung der Verbrennung

3.21

Aufzeichnungssensor

Sensor, der auf beiden Seiten der Platte oder der Kleiderpuppe befestigt ist und die Kalorimeter aufnimmt, die nicht mit Stoff überzogen sind und zur Messung der einwirkenden Energie dienen

3.22

einwirkende Energie

E_i

Wärmeenergie (Gesamtwärme), die auf eine Teiloberfläche als Ergebnis eines elektrischen Lichtbogens auftritt; gemessen als eine Scheitelwert-Temperatur ΔT_p eines Kalorimeter-Sensors

ANMERKUNG 1 Die einwirkende Energie wird in kJ/m^2 oder kWs/m^2 (cal/cm^2) angegeben.¹⁾

ANMERKUNG 2 Bei einer Lichtbogenprüfung wird die Energieeinwirkung auf ein Prüfstück aus dem Mittelwert des Temperaturanstiegs der beiden neben dem Prüfstück befindlichen Aufzeichnungssensoren bestimmt.

3.23

Materialverhalten

Materialverhalten gegenüber einem Lichtbogen wird mit folgenden Begriffen angegeben: Aufbrechen, Schmelzen, Abtropfen, Verkohlen, Versprödung, Schrumpfen, Brennzeit und Entzündung

3.24

Schmelzen

ein Materialverhalten, das durch das Erweichen und Verformen der Polymerfasern nachgewiesen wird

3.25

Mischzone

Bereich einwirkender Energien, in dem es entweder zu einem positiven oder einem negativen Ergebnis für vorausgesagte Verbrennungen zweiten Grades, Aufbrechen oder Beflammung der unteren Schicht kommen kann

ANMERKUNG 1 Der niedrigste Wert des Bereiches beginnt mit der geringsten einwirkenden Energie, die zu einem positiven Ergebnis führt, und der höchste Wert oder größte Bereich ist die höchste einwirkende Energie, die ein negatives Ergebnis darstellt.

ANMERKUNG 2 Eine Mischzone wird nachgewiesen, wenn die höchste einwirkende Energie mit einem negativen Ergebnis höher als die geringste einwirkende Energie mit einem positiven Ergebnis ist.

3.26

Spitzenwert des Lichtbogenstroms

Maximalwert des Lichtbogen-Wechselstroms

ANMERKUNG Der Spitzenwert des Lichtbogenstroms wird in A angegeben.

¹⁾ Korrelation: $1 \text{ cal/cm}^2 = 41,868 \text{ kJ/m}^2$; $1 \text{ kJ/m}^2 = 0,023 885 \text{ cal/cm}^2$.

– Entwurf –

E DIN IEC 61482-1-1 (VDE 0682-306-1-1):2006-06

3.27

Effektivwert des Lichtbogenstroms

quadratischer Mittelwert des Lichtbogen-Wechselstroms

ANMERKUNG Der Effektivwert des Lichtbogenstroms wird in A angegeben.

3.28

Sensor

Anordnung mit einem in einem nicht leitfähigen, hitzebeständigen Material befestigten Kalorimeter

3.29

Schrumpfen

ein Materialverhalten, das durch die Abnahme der Größe des Prüfstückes nachgewiesen wird

3.30

Stoll-Kurve

Kurve der Wärmeenergie und Zeit, die aus Daten der Widerstandsfähigkeit des menschlichen Gewebes gegenüber Hitze gewonnen wird, und die verwendet wird, um eine beginnende Verbrennung zweiten Grades vorherzusagen (siehe Tabelle 1 und Gleichung (5))

3.31

Zeit bis zur Scheitelwert-Temperatur

$t_{\max}$

Zeit vom Zünden des Lichtbogens bis zum Erreichen der Scheitelwert-Temperatur

ANMERKUNG Die Zeit bis zur Scheitelwert-Temperatur wird in s angegeben.

3.32

X/R -Verhältnis

Verhältnis des Systems von induktivem Blindwiderstand zum ohmschen Widerstand

ANMERKUNG Das X/R -Verhältnis ist proportional zu dem L/R -Verhältnis der Zeitkonstante und ist deshalb ein Anzeichen für die Rate der Abnahme des Gleichstromanteils. Ein großer Wert des X/R -Verhältnisses entspricht einer großen Zeitkonstante und einer kleinen Rate für die Abnahme.

4 Kurzbeschreibung der Prüfverfahren

Das in diesem Teil von IEC 61482 beschriebene Prüfverfahren A legt die einwirkende Energie fest, die eine Verbrennung zweiten Grades vorhersagen würde, wenn das (die) Material(ien) der Wärmeenergie eines elektrischen Lichtbogens ausgesetzt ist (sind).

Während dieser Prüfungen wird die durch das (die) Material(ien) dringende Wärmeenergie während und nach der Einwirkung eines elektrischen Lichtbogens gemessen.

Der einwirkende und der den Prüfling durchdringende Wärmestrom werden beide mit Kupferkalorimetern gemessen. Die Temperaturdifferenz, um die die Temperatur des Kalorimeters steigt, ist ein direktes Maß für die aufgenommene Wärmeenergie.

Die Gebrauchseigenschaften des Materials werden nach diesem Verfahren aus der Wärmemenge bestimmt, die durch den (die) Prüfling(e) dringt.

Die Menge der durchdringenden Wärme wird verwendet, um eine beginnende Verbrennung zweiten Grades unter Nutzung der Stoll-Kurve vorherzusagen.

Die Verfahren arbeiten mit Aufzeichnungssensoren für die einwirkende Energie.

Das Materialverhalten ist unter Anwendung der Begriffe in 3.23 weiterhin durch Aufzeichnen der beobachteten Wirkungen zu beschreiben, die sich durch Beanspruchung der Prüflinge mit einem elektrischen Lichtbogen ergeben.

Das in diesem Teil von IEC 61482 beschriebene Prüfverfahren B ist für die Bewertung des Designs der Schutzkleidung oder die Bewertung nachgestellter Unglücksfälle zu verwenden. Fertige Kleidungsstücke können mit Zubehör, Taschen und Verschlüssen, die sich an den herstellungsgemäßen Stellen befinden, bewertet werden; Lichtbogen-Nennwerte, die auf den Einfluss des Designs von Kleidungsstücken, z. B. Taschenfutter und Sicherheitsverschlüsse, auf die Wärmeübertragung zu den Sensoren zurückzuführen sind, können jedoch nicht aufgezeichnet werden.

5 Bedeutung und Anwendung der Prüfverfahren

Mit dem Prüfverfahren A werden die thermischen Eigenschaften von Materialien gemessen, die für die Verwendung in flammhemmenden Bekleidungen für Personen vorgesehen sind, die elektrischen Lichtbögen ausgesetzt werden. Es dient der Bestimmung des Wertes der thermischen Eigenschaften des Materials selbst oder im Vergleich zu anderen Materialien.

Wegen der Schwankung der Lichtbogenbeanspruchung können sich für die einzelnen Sensoren verschiedene Werte für die Wärmeübertragung ergeben. Die Ergebnisse sind für jeden Sensor nach Abschnitt 12 zu bewerten.

Mit dem Prüfverfahren B werden komplette Kleidungsstücke bewertet, die aus nach Verfahren A geprüften Materialien bestehen, einschließlich des Zubehörs, Taschen und Verschlüssen, die sich an herstellungsgemäßer Stelle befinden, es können jedoch keine Lichtbogen-Kennwerte angegeben werden. Das Design von Kleidungsstücken, z. B. Taschenfutter und Sicherheitsverschlüsse, kann die Wärmeübertragung zu den Sensoren beeinflussen. Bei dem Prüfverfahren verbleibt das Prüfstück in einer stabilen senkrechten Lage, und das Prüfverfahren bezieht keine Bewegung ein, außer durch die Lichtbogeneinwirkung.

Mit den Prüfverfahren wird eine einheitliche Reihe von Bedingungen der Lichtbogeneinwirkung festgelegt. Unterschiedliche Bedingungen der Lichtbogeneinwirkung können zu unterschiedlichen Ergebnissen führen. Ergänzend zu der einheitlichen Reihe von Bedingungen der Lichtbogeneinwirkung, dürfen andere Bedingungen angewendet werden, die für die zu erwartenden Gefährdungen repräsentativ sind.

6 Prüfgeräte

Die Prüfanordnung muss aus folgenden Elementen bestehen:

- Stromversorgungsanschluss;
- Lichtbogenkontrolleinrichtung;
- Aufzeichnungsgerät;
- Lichtbogenelektroden;
- drei Doppel-Sensor-Platten oder ein bis drei Vierfach-Sensor-Kleiderpuppen;
- Aufzeichnungssensoren für jede Platte oder jede Kleiderpuppe.

6.1 Verfahren A – Anordnung der Doppel-Sensor-Platten

Drei Doppel-Sensor-Platten werden für jede Prüfung verwendet und in einem Abstand von 120° entsprechend Bild 1 angeordnet. Ergänzend muss jede Doppel-Sensor-Platte zwei Aufzeichnungssensoren haben. Ein Aufzeichnungssensor ist auf beiden Seiten der Doppel-Sensor-Platte entsprechend Bild 2 anzuordnen.

6.2 Aufbau der Platte

Jede Doppel-Sensor-Platte und Halterung des Aufzeichnungssensors muss aus nicht leitfähigem, hitzebeständigem Material bestehen. Jede Doppel-Sensor-Platte muss nach Bild 2 200 mm × 550 mm (mindestens) groß sein. Jede Doppel-Sensor-Platte und die Aufzeichnungssensoren müssen zwischen 200 mm und 600 mm von der Mittellinie der Lichtbogenelektroden entsprechend Bild 1 und Bild 3 justierbar sein. In die Platte sind zwei Sensoren entsprechend Bild 2 einzubauen. Jeder Sensor ist bündig mit der Oberfläche der Einbautafel einzubauen.

6.3 Verfahren B – Anordnung der Kleiderpuppen

Für jede Prüfung sind bis zu drei Vierfach-Sensor-Kleiderpuppen zu verwenden und in einem Abstand von mindestens 120° entsprechend Bild 4 anzuordnen. Jede Kleiderpuppe muss zwei Aufzeichnungssensoren haben. Ein Aufzeichnungssensor ist auf beiden Seiten der Kleiderpuppe entsprechend Bild 5 anzuordnen.

ANMERKUNG Der Raum um die Lichtbogenelektroden kann die Anzahl der zu verwendenden Kleiderpuppen vorschreiben. Es wurde festgestellt, dass bei zwei Kleiderpuppen die besten Arbeitsbedingungen zum Anziehen der Puppen herrschen. Es sollte ein Mindestabstand von 120° beibehalten werden.

6.4 Verfahren B – Aufbau der Kleiderpuppe

Es ist ein männlicher Puppentorso der Größe L mit einem Brustumfang von $(1\,067 \pm 25)$ mm, bestehend aus einem nicht leitfähigen Glasfaseraufbau mit hochtemperaturbeständigem Kunstharz oder aus anderen nicht leitfähigen, flammhemmenden hochtemperaturbeständigen Materialien zu verwenden (für Messungen von Kleidungsgrößen siehe auch ISO 13688).

Die Kleiderpuppe muss aufrecht stehen; der Kopf muss abnehmbar sein; die Arme müssen abnehmbar, gestreckt und senkrecht befestigt sein, so dass der Prüfling in Brusthöhe den geringsten Abstand zur Mittellinie des Lichtbogens aufweist. Die Arme dürfen um 100 mm gekürzt werden, um ein bequemes Aufstellen des Prüflings zu ermöglichen. Die Kleiderpuppe muss die in den Bildern 7a und 7b dargestellten Sensoren verwenden und ist entsprechend den Bildern 6 und 8 aufzustellen.

6.5 Verhalten der Sensoren

Das Verhalten der Sensoren muss mit der Stoll-Kurve verglichen werden. Das Verhalten der Aufzeichnungssensoren wird in die einwirkende Energie mit der Einheit kWs/m^2 durch Multiplikation des Temperaturanstiegs (ΔT) mit einem Faktor umgerechnet, der auf der temperaturkorrigierten Wärmekapazität von Kupfer, wie in 12.1.2.1 beschrieben, beruht (hinsichtlich der Beschreibung des Kalorimeteraufbaus siehe auch ISO 9151).

6.6 Aufbau des Kalorimeters

Das Kalorimeter muss aus Elektrolytkupfer mit einem Thermoelementdraht aufgebaut sein, der in der Anordnung nach Bild 7a eingebaut ist. Der Thermoelementdraht muss entsprechend Bild 7b in das Kalorimeter eingebaut werden. In Bild 8 ist ein typischer Einbau des Kalorimeters in den Sensor und Aufzeichnungssensor dargestellt. Nur für Prüfbeanspruchungen über $2\,512 \text{ kW}\cdot\text{s/m}^2$ dürfen andere Kalorimeter für die Aufzeichnungssensoren unter der Voraussetzung verwendet werden, dass sie kalibriert sind und haben einen entsprechenden Verhalten aufweisen.

Die dem Lichtbogen ausgesetzte Oberfläche des Kupfer-Kalorimeters ist mit einer dünnen Schicht schwarzem, hochtemperaturbeständigem Farbspray mit einem Emissionsvermögen $>0,9$ zu übersprühen. Der überzogene Sensor muss vor Benutzung getrocknet werden und eine gleichmäßig aufgetragene Beschichtung aufweisen (keine sichtbaren dicken Stellen oder Unebenheiten auf der Oberfläche).

ANMERKUNG Eine externe Wärmequelle, z. B. ein externer Wärmestrahler, kann erforderlich sein, um auf der frisch besprühten Oberfläche verbliebene organische Teilchen restlos zu entfernen.

6.7 Stromversorgungsanschluss und Elektroden

Die Anordnung des Stromversorgungsanschlusses und der Lichtbogenelektroden ist in Bild 9 dargestellt. Der Lichtbogen muss, wie dargestellt, in senkrechter Lage sein.

6.7.1 Elektroden

Die Elektroden sind Edelstahlstäbe (Legierung Typ UNS-S30300 oder Typ UNS-30400) mit einem entsprechenden Durchmesser und einer Länge, die für die verwendeten Prüfenergien anwendbar sind.

6.7.2 Zünddraht

Ein Zünddraht, der die beiden gegenüberliegenden Elektrodenspitzen verbindet, wird zum Auslösen des Lichtbogens verwendet. Dieser Draht wird während der Prüfung verbraucht; deshalb ist die Masse gering zu halten, um die Anzahl von Verbrennungen durch flüssiges Metall zu reduzieren. Der Zünddraht ist ein Kupferdraht mit einem Nenndurchmesser von 0,05 mm.

6.8 Elektrische Stromversorgung

Die elektrische Stromversorgung muss ausreichend sein, die Entladung eines elektrischen Lichtbogens über einen Luftabstand von (300 ± 5) mm, mit einem Wechselstrom von (8 ± 1) kA und einer Lichtbogendauer von 0,05 s bis 1,5 s mit Netzfrequenz zu ermöglichen. Die Impedanz der Energiequelle muss wesentlich höher sein als die des Lichtbogens, so dass der Effektivwert des Stroms während der Prüfung konstant bleibt. Das X/R -Verhältnis des Prüfstromkreises muss derart sein, dass der Prüfstrom einen Gleichstromanteil enthält, der sich aus dem ersten Spitzenwert des Prüfstromes ergibt, der eine Größenordnung vom 2,3fachen des symmetrischen Effektivwertes hat.

6.9 Steuerung des Prüfstromkreises

Die wiederholten Lichtbogeneinwirkungen dürfen bei jeder Prüfung nicht mehr als 2 % von der gewählten Prüfstärke abweichen. Der Schalter muss in der Lage sein, in der Phasenlage innerhalb von 0,2 Zyklen von Prüfung zu Prüfung einzuschalten, damit der Einschaltwinkel einen maximalen asymmetrischen Strom mit einem X/R -Verhältnis des Prüfstromkreises, wie in 6.8 angegeben, erzeugt. Der Strom, die Dauer und die Spannung des Lichtbogens sind zu messen. Der Strom, die Dauer, die Spannung und die Energie des Lichtbogens sind in graphischer Form anzuzeigen und in digitalem Format zu speichern.

6.10 Datenerfassungssystem

Das System muss die Spannung, den Strom und eine ausreichende Anzahl von Ausgängen der Kalorimeter, wie für die Prüfung gefordert, aufzeichnen können. Die Temperaturwerte (Ausgänge der Kupfer-Kalorimeter) müssen mit einer Abtastrate von mindestens 20 Abtastungen je s und Kalorimeter erfasst werden. Das Erfassungssystem muss Temperaturen bis 400 °C erfassen können. Das Temperaturerfassungssystem muss eine Auflösung von mindestens 0,1 °C und eine Grenzabweichung von $\pm 0,75$ °C haben. Die Strom- und Spannungswerte des Systems müssen mit einer Abtastrate von mindestens 2 000 Proben/s erfasst werden. Das Erfassungssystem für Strom und Spannung muss eine Auflösung von mindestens 1 % der angelegten Spannung und des angewendeten Stroms haben. Zum Schutz des Erfassungssystems sind an den Kalorimeter-Ausgängen Trennvorrichtungen zu verwenden.

7 Sicherheitsvorkehrungen

Die Prüfanordnung setzt große Energiemengen frei. Zusätzlich erzeugt der Lichtbogen sehr starkes Licht. Es ist darauf zu achten, dass das Personal in dem Bereich geschützt wird. Personen müssen sich hinter Schutzwänden oder in sicherem Abstand befinden, um einen tödlichen Stromunfall und den Kontakt mit geschmolzenem Metall zu vermeiden. Personen, die die Prüfung verfolgen wollen, müssen sehr stark getönte Brillen, z. B. Schweißerbrillen, tragen. Wenn die Prüfung im Innenraum durchgeführt wird, muss die Möglichkeit einer Raumbelüftung vorhanden sein, mit der die Verbrennungsprodukte, Rauch und Qualm entfernt werden. Diese Raumbelüftung darf nicht vor Abschluss der Prüfung eingeschaltet werden. Luftströme können den Lichtbogen stören und den Wärmestrom an der Oberfläche der Sensor-Wand reduzieren. Die Prüfanordnung muss in für das Prüffeld geeigneter Form durch unbrennbare Materialien abgeschirmt werden. Die Prüfanordnung muss für die Prüfspannung geeignet vom Boden isoliert sein.

Bei der Durchführung von Freiluftprüfungen sind geeignete Mittel zu verwenden, um den Einfluss von Wetterbedingungen (Wind, Regen usw.) zu verhindern.

Die Elektroden- und Kalorimeteranordnungen erhitzen sich während der Prüfungen. Beim Umgang mit diesen heißen Gegenständen sind Schutzhandschuhe zu tragen.

Vorsicht bei entzündeten Prüfstücken oder ausströmenden Verbrennungsgasen. Ein Feuerlöscher muss einsatzbereit verfügbar sein. Es muss sicher sein, dass die Materialien vollständig gelöscht sind.

Unmittelbar nach jeder Prüfung ist die elektrische Stromversorgung der Prüfanordnung und aller anderen Laboreinrichtungen, die zum Erzeugen des Lichtbogens verwendet werden, abzuschalten und die Apparate und anderen Laboreinrichtungen sind zu isolieren und zu erden. Nach Ablauf der Zeit für die Datenerfassung ist das Prüffeld in geeigneter Weise zu entlüften, bevor es von Personal betreten wird. Es sollte niemand das Prüffeld betreten, bevor nicht sämtliche Rauchgase und sämtlicher Qualm abgesaugt sind.

8 Vorbereitung der Prüfstücke

8.1 Prüfstücke für die Verfahren A und B

8.1.1 Prüfstücke für das Verfahren A: Prüfung mit Doppel-Sensor-Platten

Von dem zu prüfenden Material muss das vorgewaschene Prüfstück mindestens (600 ± 10) mm lang und mindestens (300 ± 5) mm breit sein. Die Anzahl der Prüfstücke ist nach 11.2 festzulegen.

Die Längsrichtung des Prüfstücks muss in Kett- oder Schussrichtung des Materials geschnitten werden.

8.1.2 Prüfstücke für das Verfahren B: Vierfach-Sensor-Kleiderpuppe

Das Prüfverfahren B ist für die Bewertung des Designs der Schutzkleidung oder die Bewertung nachgestellter Unglücksfälle anzuwenden. Fertige Kleidungsstücke können mit Zubehör, Taschen und Verschlüssen, die sich an den herstellungsgemäßen Stellen befinden, bewertet werden; Lichtbogen-Nennwerte, die auf den Einfluss des Designs von Kleidungsstücken, z. B. Taschenfutter und Sicherheitsverschlüsse, auf die Wärmeübertragung zu den Sensoren zurückzuführen sind, können jedoch nicht aufgezeichnet werden.

8.2 Waschvorbehandlung der Prüfstücke

Die erforderliche Menge des Materials für die Prüfstücke ist zu waschen. Vor der Prüfung sind die zu prüfenden Materialien oder Kleidungsstücke fünfmal entsprechend ISO 6330, Verfahren 2A, zu waschen und nach Verfahren E (Trommeltrocknung) zu trocknen, sofern in den Pflegehinweisen nichts anderes ausgewiesen ist. Materialien oder Kleidungsstücke, für die ausschließlich Chemischreinigung vorgeschrieben ist, müssen entsprechend ISO 3175-2 fünfmal chemisch gereinigt werden. Prüfstücke können durch Bügeln in die alte Form gebracht werden.

Für Materialien, für die eine Spezialreinigung erforderlich ist, die von der oben genannten abweicht, ist der vom Hersteller empfohlenen Praxis zu folgen, und das angewendete Verfahren ist in den Prüfberichten anzugeben.

9 Kalibrierung

9.1 Vorkalibrierung des Datenerfassungssystems

Das Datenerfassungssystem ist mit einem Thermoelement-Kalibrator/Simulator zu kalibrieren. Diese lässt Kalibrierungen zu, die an mehreren Punkten und bei Werten über 100 °C vorzunehmen sind. Das Datenerfassungssystem muss kalibriert werden. Wegen der Eigenheit der Prüfungen werden häufige Kontrollen der Kalibrierung empfohlen.

9.2 Kontrolle der Kalibrierung des Kalorimeters

Kalorimeter sind zu kontrollieren, um die einwandfreie Funktion nachzuweisen.

Nach dem endgültigen Anordnen von allen Prüf-Platten/Kleiderpuppen und Aufzeichnungssensoren in der Prüfzelle ist auf jedes Kalorimeter eine feste Strahlungsenergiequelle für 30 s einwirken zu lassen. Ein kalibrierter 500-W-Scheinwerfer ist (267 ± 5) mm vom Kalorimeter entfernt anzuordnen. Der Scheinwerfer ist senkrecht auf das Kalorimeter zu richten. Der Temperaturanstieg jedes Kalorimeters und das Systemverhalten sind zu messen und graphisch aufzuzeichnen. Nach 30 s darf kein Kalorimeterwert mehr als 4 °C

vom Durchschnittswert aller 12 Kalorimeter abweichen. Jedes Kalorimeter, das diese Anforderungen nicht erfüllt, ist auszutauschen oder zu reparieren.

9.3 Kalibrierung der Lichtbogenbeanspruchung und der Anordnung der Doppel-Sensor-Platten und der Aufzeichnungssensoren

9.3.1 Prüfanordnung

Vor jeder Kalibrierung sind die Elektroden der Prüfanordnung so anzuordnen, dass sie ein Abstand von (300 ± 5) mm voneinander haben. Die Oberseite der Aufzeichnungssensoren muss parallel und senkrecht zur Mittellinie der Elektroden sein. Der Mittelpunkt des Elektrodenabstandes muss in der gleichen Höhe wie der Mittelpunkt der Aufzeichnungssensoren sein (siehe Bild 3). Der Zünddraht ist durch mehrere Schlingen und Windungen mit dem Ende der einen Elektrode und dann in gleicher Weise mit dem Ende der anderen Elektrode zu verbinden. Der Zünddraht ist festzuziehen und der Rest zu entfernen. Die Prüfeinrichtung sollte so eingestellt werden, dass die gewünschten Werte für den Strom und die Dauer des Lichtbogens erzeugt werden.

9.3.2 Anordnung der Doppel-Sensor-Platten, der Kleiderpuppen und der Aufzeichnungssensoren

Jede Doppel-Sensor-Platte oder Kleiderpuppe ist so anzuordnen, dass deren Oberfläche (300 ± 5) mm parallel und senkrecht von der Mittellinie der Elektroden entfernt ist.

9.3.3 Kalibrierung der Doppel-Sensor-Platten und der Aufzeichnungssensoren

Die Kalibrierkennwerte sind ein Lichtbogenstrom von (8 ± 1) kA, ein Elektrodenabstand von (300 ± 5) mm, Elektroden aus Edelstahl und eine Lichtbogendauer von (167 ± 2) ms.

Der Lichtbogen ist zu entladen, der maximale Temperaturanstieg für jeden Sensor zu bestimmen und mit der Sensorkonstanten zu multiplizieren (siehe 12.1.2.3, um die von jedem Sensor gemessene einwirkende Energie (Gesamtwärme) in $\text{kW}\cdot\text{s}/\text{m}^2$ zu erhalten).

Der höchste Sensorwert ist mit dem Mittelwert aller Sensoren zu vergleichen; z. B. mit dem gemessenen Ergebnis von $423 \text{ kW}\cdot\text{s}/\text{m}^2$ für die in 11.1 angegebene kalibrierte Beanspruchung. Der mit den Sensoren bestimmte Gesamtwärmewert ist mit dem angezeigten Wert zu vergleichen. Der für die Sensoren berechnete Mittelwert für den Gesamtwärmewert muss mindestens 60 % des durch Berechnung bestimmten oder des angezeigten Wertes betragen. Der höchste gemessene Wert der Gesamtwärme der Sensoren muss innerhalb von 10 % des berechneten Wertes liegen. Wenn diese Werte nicht erreicht werden, ist die Prüfanordnung zu untersuchen und jedes mögliche Problem zu beseitigen. Nach jeder Justierung und vor dem Beginn und Abschluss jeder täglichen Prüfung sowie nach jeder Justierung der Einrichtung oder bei einem Fehler sollte eine Prüfung der Kalibrierung der Lichtbogeneinwirkung durchgeführt werden.

Da der Lichtbogen einen Weg nimmt, der nicht gleich dem Abstand zu jedem Sensor ist, werden die Ergebnisse variieren. Bei 8 000 A muss die höchste Gesamtwärme, die mit einem Sensor gemessen wird, zwischen $377 \text{ kW}\cdot\text{s}/\text{m}^2$ und $461 \text{ kW}\cdot\text{s}/\text{m}^2$ und die durchschnittliche Gesamtwärme für alle Sensoren mindestens $251 \text{ kW}\cdot\text{s}/\text{m}^2$ betragen. Wenn diese Werte nicht erreicht werden, ist die Kalibrierung des Sensorsystems, die elektrischen Bedingungen und die physikalischen Einstellungen der Anordnung zu überprüfen und die Kalibrier-Einwirkung zu wiederholen, bis die geforderten Ergebnisse erreicht werden.

9.4 Bestätigung der Einstellungen der Prüfanordnung

Bei jeder Prüfung sind die Einstellungen der Prüfanordnung zu bestätigen. Die aufzuzeichnenden Messwerte sind Lichtbogen-Spitzenstrom, effektiver Lichtbogenstrom, Lichtbogendauer, Lichtbogenenergie und Lichtbogenspannung. Das Diagramm des Lichtbogenstroms ist aufzuzeichnen, um einen ordnungsgemäßen Phasenverlauf sicherzustellen. Zusätzlich sind die Umgebungstemperatur und die relative Feuchte aufzuzeichnen.

10 Wartung und Pflege der Prüfanordnung

Bei den Prüfverfahren verbleibt der Prüfling in einer festen senkrechten Lage, und das Prüfverfahren bezieht keine Bewegung ein, außer durch die Lichtbogeneinwirkung.

Mit den Prüfverfahren wird eine einheitliche Reihe von Bedingungen der Lichtbogeneinwirkung festgelegt. Unterschiedliche Bedingungen der Lichtbogeneinwirkung können zu unterschiedlichen Ergebnissen führen. Ergänzend zu der einheitlichen Reihe von Bedingungen der Lichtbogeneinwirkung, dürfen andere Bedingungen angewendet werden, die für die zu erwartenden Gefährdungen repräsentativ sind.

10.1 Instandsetzung der Oberfläche

Jede Sensorfläche ist in heißem Zustand unmittelbar nach jeder Prüfung abzuwischen, um jegliche Zersetzungsprodukte, die sich niedergeschlagen haben und eine zukünftige Fehlerursache sein könnten, zu entfernen. Wenn sich eine Ablagerung angesammelt hat und dicker zu sein scheint als eine Farbschicht, oder ungleichmäßig ist, ist für die Sensorfläche eine Instandsetzung erforderlich. Der kalte Sensor ist vorsichtig, mit Azeton- oder Petroleum-Lösungsmittel, das eine schonende Behandlung zulässt, zu reinigen. Die Oberfläche ist mit einer dünnen Schicht des gleichen Sprays, wie in 6.6 beschrieben, zu beschichten. Die gleiche Beschichtung ist an allen Sensoren vorzunehmen und es ist sicherzustellen, dass die beschichtete Oberfläche vor dem Beginn der nächsten Prüfung trocken ist.

10.2 Pflege der Sensorplatten und Kleiderpuppen

Sensorplatten und Kleiderpuppen müssen in trockenem Zustand bleiben. Bei Prüfungen im Freien sind Sensorplatten, Kleiderpuppen und Aufzeichnungssensoren bei größeren Zeitabständen zwischen den Prüfungen abzudecken, um eine durch Sonneneinstrahlung verursachte übermäßige Erwärmung zu verhindern. Wegen der zerstörenden Wirkung des elektrischen Lichtbogens sollten die Platten mit der gleichen Farbe wie die Sensoren angestrichen werden. Zur Verschleißminderung sollten die Platten in bestimmten Zeitabständen erneut beschichtet werden.

11 Prüfverfahren

11.1 Prüfparameter

Die Prüfparameter sind ein Lichtbogenstrom von (8 ± 1) kA, ein Luftabstand der Elektroden von (300 ± 5) mm, Elektroden aus Edelstahl und ein Abstand zwischen der Mittellinie des Lichtbogens und der Oberfläche des Prüfstückes von (300 ± 5) mm.

11.2 Reihenfolge der Prüfungen

11.2.1 Platten

Jede Prüfung ist an mindestens drei Prüfstücken des gleichen Materials durchzuführen, eins für jede der drei Doppel-Sensor-Platten. Um einen einzigen Prüfling eines Materials bewerten zu können, ist eine Serie mit der Mindestanzahl von Prüfungen durchzuführen, die notwendig sind, um 20 Einwirkungen auf das Prüfstück über einen Bereich der einwirkenden Energien zu erzeugen.

11.2.2 Kleiderpuppen

Jede Prüfung ist mit mindestens ein bis drei Prüfstücken des gleichen Kleidungsstückes an jeder der ein bis drei Kleiderpuppen durchzuführen. Um einen einzigen Prüfling des Kleidungsstückes bewerten zu können, sind Prüfungen mit den Lichtbogenkennwerten der in den Kleidungsstücken verarbeiteten Stoffe oder Stoffkombinationen durchzuführen.

11.2.3 Prüfkriterien

Die gemessene Energieeinwirkung (Mittelwert der zwei jeweiligen Aufzeichnungssensoren) auf mindestens 15 % der beanspruchten Doppel-Sensor-Platten muss zu Werten führen, die die vorausgesagten Verletzungskriterien durch Verbrennungen zweiten Grades nach der Stoll-Kurve (wie nach 12.1.3 bestimmt) ständig überschreiten. Mit anderen Worten, die Werte in diesem Energiebereich überschreiten ausnahmslos die Stoll-Kriterien.

Die gemessene Energieeinwirkung (Mittelwert der zwei jeweiligen Aufzeichnungssensoren) auf mindestens 15 % der beanspruchten Doppel-Sensor-Platten muss zu Werten führen, die die vorausgesetzten Verletzungskriterien durch Verbrennungen zweiten Grades nach der Stoll-Kurve (wie nach 12.1.3 bestimmt) niemals überschreiten. Mit anderen Worten, die Werte in diesem Energiebereich überschreiten zu keiner Zeit die Stoll-Kriterien.

Die gemessene Energieeinwirkung (Mittelwert der zwei jeweiligen Aufzeichnungssensoren) auf mindestens 50 % der beanspruchten Doppel-Sensor-Platten muss zu Werten führen, die innerhalb von $\pm 20\%$ der End-ATPV nahezu gleich verteilt sind (wie nach 12.1.3.3 bestimmt – siehe anschließende Anmerkung). Die Werte in diesem Energiebereich liegen üblicherweise in der Mischzone – einige Werte überschreiten die Stoll-Kriterien und einige Werte überschreiten diese nicht.

Es sind alle Datenpunkte zulässig, ausgenommen, bei dem in 6.2 beschriebenen Aufzeichnungssensor überschreitet die Temperatur eines Kupferkalorimeters $400\text{ }^{\circ}\text{C}$, Prüf- oder Datenerfassungsgerät funktionieren nicht oder die Halterung des Prüfstücks versagt.

Werden mehr als die Mindestanzahl von Prüfungen durchgeführt, aus welchen Gründen auch immer, sind sämtliche zulässigen Datenpunkte zu verwenden (siehe nachfolgende Anmerkung).

Prüfstücke, die aufgebrochen sind oder eine Beflammung der unteren Schicht aufweisen (mehrlagige Systeme), sind zulässige Datenpunkte für die ATPV-Bestimmung.

Wenn bei einwirkenden Energien unter einem Wert von 20% über der ATPV-Bestimmung mehr als zwei Aufbrüche des Materials auftreten, müssen die Werte des Aufbruches gemessen werden. In diesem Fall können mehr als sieben Prüfungen erforderlich sein, so dass der Aufbruchwert errechnet werden kann (liegt dieser außerhalb der Stollkurven-Kriterien, siehe 12.2 hinsichtlich der Behandlung von Aufbrüchen).

ANMERKUNG Um die Anforderung, dass 50% der Datenpunkte innerhalb von 20% der ATPV der Materialanordnungen liegen, zu erfüllen, ist eine Wiederholung notwendig. Nach den ersten zwei Einwirkungen des Lichtbogens (sechs Platten), Werte über und unter den Stollkurven-Kriterien vorausgesetzt, kann ein geschätzter ATPV festgelegt werden. Unter Verwendung dieser Schätzung können die restlichen Prüfungen ausgewählt werden, so dass 50% der Daten der Sensorplatte innerhalb von 20% der ATPV liegen, z. B., wenn der angenäherte ATPV $27,2\text{ J/cm}^2$ ($6,5\text{ cal/cm}^2$) beträgt, werden die Prüfparameter so ausgewählt, dass die auf die drei Platten einwirkenden Energien in dem Bereich von $21,8\text{ J/cm}^2$ bis $32,7\text{ J/cm}^2$ ($5,2\text{ cal/cm}^2$ bis $7,8\text{ cal/cm}^2$) liegen. Da die Prüfungen der Reihe nach durchgeführt werden, wird die Genauigkeit der ATPV-Schätzung derart vervollkommen, dass der Zielbereich der einwirkenden Energie $\pm 20\%$ des ATPV ebenfalls genauer bestimmt werden kann. Ziel ist, die geforderten 50% der Daten innerhalb 20% vom ATPV in der Zeit zu erreichen, in der die geforderten 20 Daten erreicht sind. Die Gültigkeit aller Datenpunkte vorausgesetzt, würde dies generell bedeuten, dass 11 von den 21 Wertepaaren ausreichen würden, Werte der einwirkenden Energie innerhalb der 20% des ATPV zu haben. Im zuvor angegebenen Beispiel würden 11 Wertepaare ausreichen, Werte der einwirkenden Energie innerhalb des Bereiches von $21,8\text{ J/cm}^2$ bis $32,7\text{ J/cm}^2$ ($5,2\text{ cal/cm}^2$ bis $7,8\text{ cal/cm}^2$) für ein Material mit einem ATPV von $27,2\text{ J/cm}^2$ ($6,5\text{ cal/cm}^2$) zu haben. Liegen weniger als 11 Wertepaare in diesem Bereich, sind weitere Prüfungen notwendig, bis 50% aller Wertepaare Werte der einwirkenden Energie innerhalb von 20% des ATPV erreicht haben. Es kann eine Anpassung nach dem Verfahren der kleinsten Quadrate der maximalen Differenz zwischen dem Mittelwert der gemessenen Wärmeenergie der Sensorplatte und dem entsprechenden Stoll-Wert (unabhängiger Wert) sowie dem Mittelwert der gemessenen, auf jede Platte einwirkenden Energie (abhängige Variable) nach der Methode der kleinsten Quadrate vorgenommen werden, um die Auswahl der geeigneten Energieeinwirkungen zu treffen. Der Wert der Y-Achse ist der angenäherte ATPV-Wert.

11.3 Anfangstemperatur

Die Temperatur der Sensoren ist zwischen $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ und $35\text{ }^{\circ}\text{C}$ einzustellen.

– Entwurf –

E DIN IEC 61482-1-1 (VDE 0682-306-1-1):2006-06

Nach der Energieeinwirkung sind die Sensoren mit einem Luftstrahl oder durch Berührung mit einer kalten Fläche zu kühlen. Es ist nachzuweisen, dass die Temperatur der Sensoren zwischen 25 °C und 35 °C liegt.

11.4 Befestigung der Prüfstücke

11.4.1 Verfahren A für Platten

Das Prüfstück ist an der Sensorplatte derart zu befestigen, dass das Material nicht gedehnt wird und ein Schrumpfen während der Lichtbogeneinwirkung möglich ist. Das wird mit einem System zum Klemmen des Materials erreicht (siehe Bild 10). Das aus vier Klemmen bestehende Klemmsystem hält das Prüfstück an der Sensorplatte und erlaubt ein Schrumpfen des Prüfstückes während der Lichtbogeneinwirkung. Jede Klemme des Klemmsystems bringt eine Kraft von 4,4 N bis 6,7 N auf, um das Material auf der Platte sicher zu halten. Andere Befestigungsmittel, die die gleichen Anforderungen erfüllen, können ebenso verwendet werden. Bei der Verwendung von mehrlagigen Prüfstücken sind diese so zu befestigen, als ob sie übliche Schichten abnutzender Bekleidung darstellen.

11.4.2 Verfahren B für Kleiderpuppen

Die Prüfstücke sind derart zu befestigen, dass sie übliche Schichten abnutzender Bekleidung darstellen. Die Kleiderpuppe ist mit einem Prüfstück mit allen sicher befestigten Knöpfen zu bekleiden. An das gefaltete Unterteil des Prüfstückes ist ein Gewicht von 1 500 g in Form eines Halbkreises mittels fünf auf dem halbkreisförmigen Gewicht befindlichen Klammern zu hängen. Das Prüfstück ist auf der Vorderseite der Puppe glatt zu streichen und das überschüssige Material auf der Rückseite der Puppe zusammen zu raffen. Die Ärmel müssen an den Seiten der Puppe herunterhängen und dürfen dem Lichtbogen nicht näher sein als die Brustfläche.

11.5 Prüfstückwerte

Die Aufzeichnung der Daten des Prüfmusters muss folgende Angaben enthalten:

- Identifikationsnummer;
- Reihenfolge der Schichten, wobei die äußere zuerst genannt wird;
- Typ des Materials;
- aktuelles Gewicht;
- Gewebeart/Art der Strickware;
- Farbe;
- Anzahl der geprüften Prüfmusterstücke.

11.6 Prüfprotokoll

Der Zünddraht ist an den Elektroden zu befestigen.

Alle Sicherheitsmaßnahmen sind zu üben, und es ist sicherzustellen, dass sich alle Personen in einem sicheren Bereich befinden.

Der Lichtbogen ist auf die Prüfstücke einwirken zu lassen.

Die elektrische Stromversorgung ist abzuschalten, das Prüffeld nach Ablauf der Zeit zur Datenerfassung zu belüften und Schutzerdungsvorrichtungen wieder anzuschließen (siehe Abschnitt 7).

Nach der Datenerfassung sind alle Flammen oder Feuer zu löschen, es sei denn, das Prüfstück verlischt selbst oder die Verbrennung des(der) Prüfstücke(s) ist nicht vorgesehen.

Die thermischen und elektrischen Messwerte sowie das Materialverhalten sind, wie im Abschnitt 13 gefordert, aufzuzeichnen.

Wenn erforderlich, sind die Sensoren zu kontrollieren und instand zu setzen sowie die richtige Lage und der Abstand der Elektroden einzustellen.

12 Darstellung der Ergebnisse

12.1 Wärmeübergang

12.1.1 Festlegen des Nullpunktes

Wegen des elektrischen Rauschens, das bei der Durchführung von Prüfungen dieser Art typisch ist, ist es schwer, ein zuverlässiges Trigger-Signal zum Zündzeitpunkt des Lichtbogens zu erhalten. Der Zündzeitpunkt des Lichtbogens kann jedoch für jede Prüfung durch folgende Auswertung bestimmt werden.

Bei jeder Sensorkurve ist die Differenz zwischen der Kurve und einer Linie, die vom Beginn des Datenstromes zu einem Punkt der Kurve im Anstiegsbereich der Temperatur gezogen wird, darzustellen. Der Maximalwert dieser Differenz-Darstellung ist zu ermitteln. Der Punkt, an dem dieses Maximum liegt, ist die beste Schätzung für den Zündzeitpunkt des Lichtbogens für diesen Sensor. Dieser Zündzeitpunkt des Lichtbogens ist normalerweise sehr stetig bei einer Prüfung, jedoch sollte der Mittelwert dieser Punkte aller Sensoren als Nullpunkt für alle Sensoren genommen werden.

ANMERKUNG Zum Festlegen des Nullpunktes sind andere ausreichende Verfahren zulässig und dürfen angewendet werden.

12.1.2 Aufzeichnen der Sensorwerte

Wenn einmal der Nullpunkt bestimmt wurde, kann der Mittelwert von den Nullpunkt-Werten gebildet werden, um eine Grundlinie für jede Sensorkurve zu erhalten. Die Grundlinie jeder einzelnen Kurve ist dann von jedem der Wertepaare zu subtrahieren, um eine auf Null bezogene Kurve für den Temperaturanstieg zu erhalten. Mit dem Bestimmen des Nullpunktes und der bekannten Datenerfassungszeit kann dann die Kurve für den Temperaturanstieg mit der richtigen Temperaturskala gezeichnet werden (siehe Gleichungen 1 bis 4 und Bild 11). Dieses Verfahren kann leicht mit einem Kalkulationsprogramm automatisiert werden.

12.1.2.1 Korrektur der Temperatur für die Wärmekapazität von Kupfer

Die Wärmekapazität in J/g°C (oder cal/gK) jedes Kupfer-Kalorimeters bei der Anfangstemperatur wird wie folgt berechnet:

$$C_p = \frac{(A + B \times T + C \times T^2 + D \times T^3 + E/T^2)}{63,546 \text{ g/mol}} \quad (1)$$

Dabei ist:

$T =$ (gemessene Temperatur °C + 273,15)/1 000

$A =$ 17,72891

$B =$ 28,09870

$C =$ - 31,25289

$D =$ 13,97243

$E =$ 0,068611

ANMERKUNG Die Wärmekapazität von Kupfer in J/g°C bei einer Temperatur zwischen 289 K und 1358 K wird mit Hilfe der Gleichung (1) (Shomate-Gleichung mit Koeffizienten von NIST) ermittelt. Den Wert kann man in cal/g°C umrechnen, indem man das Ergebnis aus Gleichung (1) durch 4,1868 J/cal teilt.

– Entwurf –

E DIN IEC 61482-1-1 (VDE 0682-306-1-1):2006-06

12.1.2.2 Wärmekapazität von Kupfer

Die Wärmekapazität von Kupfer wird in bestimmten Zeitabständen für alle Kupfer-Kalorimeter (Aufzeichnungs- und Platten- oder Kleiderpuppensensoren) ermittelt. Dies erfolgt durch Errechnung einer mittleren Wärmekapazität für jeden Sensor mit der in 12.1.2.1 ermittelten Anfangs-Wärmekapazität und der in Zeitabständen gemessenen Temperatur

$$\bar{C}_p = \frac{C_p @ T_{\text{initial}} + C_p @ T_{\text{final}}}{2} \quad (2)$$

12.1.2.3 Gesamtenergieeinwirkung

Die Gesamtenergieeinwirkung wird in bestimmten Zeitabständen in J/cm²) (cal/cm²) mit folgender Gleichung ermittelt:

$$Q = \frac{\text{Masse} \times \bar{C}_p \times (T_{\text{final}} - T_{\text{initial}})}{\text{Fläche}} \quad (3)$$

Dabei ist:

Q = Wärmeenergie in J/cm² (cal/cm²)

Masse = Masse der Kupferplatte in g

$\bar{C}_p$ = mittlere Wärmekapazität des Kupfers während des Temperaturanstiegs in J/g°C (cal/g°C)

T_{final} = Endtemperatur der Kupferplatte zu der Zeit_{final} in °C

T_{initial} = Anfangstemperatur der Kupferplatte zu der Zeit_{initial} in °C

Fläche = Fläche der dem Lichtbogen ausgesetzten Kupferplatte in cm²

12.1.2.4 Beispiel einer Berechnung der Gesamtwärmeenergie

Für eine Kupferscheibe mit einer Masse von 18,0 g und einer dem Lichtbogen ausgesetzten Fläche von 12,57 cm² reduziert sich die Ermittlung der Wärmeenergie auf:

$$Q = 1,432 \times \bar{C}_p \times (T_{\text{final}} - T_{\text{initial}}) \quad (4)$$

Wird eine Kupferscheibe mit einer anderen Masse und/oder anderer dem Lichtbogen ausgesetzter Fläche für das Kalorimeter verwendet, muss die Konstante in Gleichung (4) entsprechend angepasst werden.

12.1.3 Sensorwerte als Funktion der Stoll-Kurve

Die Stoll-Kurve ist durch die Werte in Tabelle 1 festgelegt. Die Stoll-Kurve ist über die Kurve der Sensorwerte zu legen, wobei darauf zu achten ist, dass die gleichen Maßeinheiten verwendet werden. Es ist eine Datei anzulegen, die zwischen den Wertepaaren der Stoll-Kurve in Tabelle 1 interpoliert und somit für jedes Zeitintervall, für das Messwerte für den Temperaturanstieg aufgezeichnet wurden, Werte für die Stoll-Kurve verfügbar sind.

Tabelle 1 – Widerstandsfähigkeit des menschlichen Gewebes gegenüber Hitze, Verbrennungen zweiten Grades [1]²⁾

	Wärmestrom	Gesamtwärme	Dem Kalorimeter entsprechendes Eisen-Konstantan-Thermoelement	
s	kW/m ²	kWs/m ²	ΔT °C	ΔmV
1	50	50	8,9	0,46
2	31	61	10,8	0,57
3	23	69	12,2	0,63
4	19	75	13,3	0,69
5	16	80	14,1	0,72
6	14	85	15,1	0,78
7	13	88	15,5	0,80
8	11,5	92	16,2	0,83
9	10,6	95	16,8	0,86
10	9,8	98	17,3	0,89
11	9,2	101	17,8	0,92
12	8,6	103	18,2	0,94
13	8,1	106	18,7	0,97
14	7,7	108	19,1	0,99
15	7,4	111	19,7	1,02
16	7,0	113	19,8	1,03
17	6,7	114	20,2	1,04
18	6,4	116	20,6	1,06
19	6,2	118	20,8	1,08
20	6,0	120	21,2	1,10
25	5,1	128	22,6	1,17
30	4,5	134	23,8	1,23

12.1.3.1 Gleichungen für die Stoll-Kurve

Die Stoll-Kurve kann auch aus der Gleichung (5), die auf den Werten der Tabelle 1 basiert, gewonnen werden, wobei t_i die Zeit der Wärmeenergie-Ermittlung in s und die seit Beginn der Lichtbogeneinwirkung verstrichene Zeit ist. Wenn der WärmeenergieWert eines Sensors den Stoll-Wert (zu der Zeit t_i) überschreitet, ist eine Hautverbrennung zweiten Grades absehbar.

Der Stoll-Wert kann wie folgt in J/cm² angegeben werden:

$$\text{Stoll-Wert, J/cm}^2 = 5,0204 \times t_i^{0,2901} \quad (5)$$

ANMERKUNG Stoll-Wert, cal/cm² = 1,1991 $\times t_i^{0,2901}$

²⁾ Zahlenangaben in eckigen Klammern beziehen sich auf die Literaturhinweise.

– Entwurf –

E DIN IEC 61482-1-1 (VDE 0682-306-1-1):2006-06

Von den Messwerten für den Temperaturanstieg der zwei Sensoren jeder Platte oder der vier Sensoren jeder Kleiderpuppe ist eine Kurve für den durchschnittlichen Temperaturanstieg (rT_{avg}) zu bilden. Für jede Platte oder Kleiderpuppe ist diese Kurve rT_{avg} mit der Stoll-Kurve zu vergleichen.

Für rT_{avg} -Kurven, die oberhalb der Stoll-Kurve liegen, ist der Wert 1 aufzuzeichnen. Für rT_{avg} -Kurven, die unterhalb der Stoll-Kurve liegen, ist der Wert 0 aufzuzeichnen.

12.1.3.2 Einwirkende Energie (E_i) - Werte der Aufzeichnungssensoren

Zur Bestimmung des Mittelwertes der einwirkenden Energie für die jeweilige Platte oder Kleiderpuppe ist der Mittelwert der Aufzeichnungssensoren für jede Platte oder jede Kleiderpuppe zu berechnen. Während der Datenerfassung ist der Höchstwert der Wärmeenergie vom das Mittel bildenden Aufzeichnungssensorpaar für jede Platte oder Kleiderpuppe aufzuzeichnen. Die resultierenden Höchstwerte sind die einwirkenden Wärmeenergien E_i , die auf die jeweilige Platte oder Kleiderpuppe übertragen werden.

12.1.3.3 Thermische Kennwerte des Lichtbogens (ATPV)

Bestimmung der thermischen Kennwerte des Lichtbogens (ATPV) – Zur Berechnung eines ATPV-Wertes sind mindestens 20 der gemessenen Platten- oder Kleiderpuppenwerte zu verwenden (siehe 11.2). Wenn sich während eines spezifischen Prüfablaufs der Lichtbogeneinwirkung mehr als 20 Messwerte ergeben, sind zur ATPV-Bestimmung alle gültigen Messergebnisse zu verwenden.

An den erzielten Messwerten ist eine nominale logistische Regression vorzunehmen. Als Dauervariable wird der Durchschnittshöchstwert der Aufzeichnungssensoren der einwirkenden Energie verwendet, X für alle Platten oder Kleiderpuppen. Der entsprechende binäre Nennwert Y stellt den Mittelwert der Messwerte des Platten- oder Kleiderpuppensensors dar, darüber liegend = 1/ nicht darüber liegend = 0, die Stoll-Kriterien (aus 12.1.4.2). Im Anhang B wird das logistische Regressionsverfahren erläutert.

Zur Berechnung (inverse Vorhersage) des Wertes der 50 % Wahrscheinlichkeit, dass die Stoll-Kurven-Kriterien überschritten werden, sind die bei der logistischen Regression ermittelten Werte des Kurvenanstiegs und des Achsenabschnitts zu verwenden. Dies ist der ATPV-Wert oder der Wert der einwirkenden Energie, bei dem sich die Stoll-Kurven-Kriterien überschneiden würden. Der Wert wird wie folgt ermittelt:

$$\text{ATPV} = \left| \frac{\text{Schnittpunkt}}{\text{Anstieg}} \right| \quad (6)$$

12.1.4 Bestimmung des Hitzedämmungsfaktors (HAF)

Aus den graphischen Darstellungen nach 12.1.2 ist der Maximalwert der Wärmeenergie für jede Platte oder jede Kleiderpuppe zu bestimmen, und diese Werte sind durch ihre resultierenden Maximalwerte des Aufzeichnungssensors der einwirkenden Energie nach 12.1.3.2 zu teilen. Jeder dieser Werte ist mit $E_{\text{transmitted}}$ (Anteil der einwirkenden Energie, die das Prüfstück durchdringt) für jede Platte oder jede Kleiderpuppe gleichzusetzen.

12.1.4.1 Berechnung des HAF-Messwertes (haf)

Ein HAF-Meßwert (haf) für jede Platte oder jede Kleiderpuppe wird berechnet mit der Gleichung

$$\text{haf} = 100 \times (1 - E_{\text{transmitted}})$$

12.1.4.2 Berechnung des Hitzedämmungsfaktors (HAF)

Der HAF-Wert wird dann durch Berechnung des Mittelwertes aller haf-Werte bestimmt. Es sind mindestens 20 Messwerte, die 20 Platten oder 20 Kleiderpuppen darstellen, aufzutragen.

Zu berechnen sind die Standardabweichung von den Messwerten (Std), der Standardfehler des Mittelwertes (durch das Verhältnis der Standardabweichung zur Quadratwurzel von der Anzahl der verwendeten Platten oder Kleiderpuppen) und das zu verwendende 95-%-Konfidenzintervall,

$$\text{Obere Konfidenzgrenze} = \text{HAF-Wert} + \frac{t_{95\%} \times Std}{\sqrt{N}} \quad (7)$$

$$\text{Untere Konfidenzgrenze} = \text{HAF-Wert} - \frac{t_{95\%} \times Std}{\sqrt{N}} \quad (8)$$

Dabei ist $t_{95\%}$ der Student-Wert t des 95-%-Konfidenzintervalls für einen Freiheitsgrad von $N - 1$ mit N als Anzahl der verwendeten Platten- oder Kleiderpuppenwerte (für $N = 20$, $t_{95\%} = 2,093$).

Hinsichtlich einer Beurteilung und Erläuterung der Verfahren und Gleichungen zur Bestimmung von ATPV und HAF wird auf Anhang C verwiesen.

12.2 Bestimmung der Schwellenenergie zum Aufbrechen, E_{BT50}

Der Energiewert zum Aufbrechen wird auf eine ähnliche Weise wie eine ATPV-Bestimmung errechnet. Das geschieht, indem die Angaben zum Aufbrechen des Materials (siehe 3.7) mit der in 12.1.3.2 festgelegten einwirkenden Energie E_i verknüpft werden. Die Werte des Materialaufbrechens sind so zu verteilen, dass etwa 15 % der Platten oder Kleiderpuppen, die einen geringeren Wert der einwirkenden Energie aufweisen, nicht aufbrechen, etwa 15 % der Platten oder Kleiderpuppen, die einen höheren Wert der einwirkenden Energie aufweisen, immer aufbrechen, und etwa 50 % bis 70 % der Platten oder Kleiderpuppen, die Werte der einwirkenden Energie aufweisen, die zu einer Mischung führen (manchmal entsteht ein Aufbrechen, manchmal nicht). Wenn in diesen Bereichen nicht genügend Werte erreicht werden, sind in den jeweiligen Bereichen der einwirkenden Energie zusätzliche Prüfungen durchzuführen und das Materialverhalten aufzuzeichnen.

Um das Verhalten einer aufgebrochenen Materialanordnung zu ermitteln, kann, unabhängig von der resultierenden einwirkenden Energie und ihrem Verhältnis zur Stoll-Kurve oder ATPV folgendes Verfahren angewendet werden. Dies kann bei der Ermittlung des Materialverhaltens beim Aufbrechen in mehrlagigen Anordnungen hilfreich sein.

Für jede Platte oder Kleiderpuppe, an denen ein Aufbrechen stattgefunden hat, ist der Wert 1, und für die, bei denen das nicht der Fall ist, der Wert 0 aufzuzeichnen.

An den erzielten Messwerten ist eine nominale logistische Regression vorzunehmen. Der Durchschnittshöchstwert der Aufzeichnungssensoren der einwirkenden Energie wird als Dauervariable X verwendet. Der entsprechende binäre Nennwert Y stellt das Verhalten des Materials nach dem Aufbrechen dar, aufgebrochen = 1 / nicht aufgebrochen = 0.

Zur Berechnung (inverse Vorhersage) des Wertes der 50 % Wahrscheinlichkeit des Aufbrechens des Materials sind die bei der logistischen Regression ermittelten Werte des Kurvenanstiegs und des Achsenabschnitts zu verwenden. Dies ist der E_{BT50} -Wert oder der Wert der einwirkenden Energie, der ein Aufbrechen vorhersagen würde. Dieser Wert wird wie folgt ermittelt:

$$E_{BT50} = \left| \frac{\text{Schnittpunkt}}{\text{Anstieg}} \right| \quad (9)$$

12.3 Lichtbogennennwerte

Wenn ein ermittelter E_{BT50} -Wert oberhalb eines ermittelten ATPV liegt (vorausgesetzt, der ATPV kann ermittelt werden), ist der ATPV-Wert als Lichtbogennennwert der geprüften Anordnung aufzunehmen.

E DIN IEC 61482-1-1 (VDE 0682-306-1-1):2006-06

Ist der ermittelte E_{BT50} -Wert gleich oder geringer als ein ermittelter ATPV (vorausgesetzt, der ATPV kann ermittelt werden), dann ist der E_{BT50} -Wert als Lichtbogenennwert der geprüften Anordnung aufzunehmen und im Prüfbericht anzugeben.

Kann der ATPV-Wert infolge eines Aufbrechens nicht bestimmt werden, sind zur Bestimmung des E_{BT50} -Wertes genügend zusätzliche Prüfungen nach 12.2 durchzuführen. Der erzielte E_{BT50} -Wert ist als Lichtbogenennwert aufzunehmen und im Prüfbericht anzugeben.

12.4 Sichtprüfung

Die Wirkung des Lichtbogens auf die Stoff- oder Kleidungsproben ist zu beobachten. Nachdem das Prüfstück sich abgekühlt hat, sind die Stoffprobe und die anderen Schichten vorsichtig von der Platte oder die Kleidung von den Kleiderpuppen zu nehmen und jede zusätzliche Wirkung durch die Lichtbogeneinwirkung zu notieren. Dies kann durch einen oder mehrere der folgenden Begriffe beschrieben werden, die im Abschnitt 3 definiert sind:

- Aufbrechen;
- Schmelzen;
- Abtropfen;
- Verkohlen;
- Versprödung;
- Schrumpfen;
- Brennzeit;
- Zündung.

13 Prüfbericht

Es ist anzugeben, dass die Prüfung entsprechend dieses Prüfverfahrens durchgeführt wurde, und ergänzend zu den folgenden Angaben das angewendete Verfahren (Verfahren A oder B) mitzuteilen:

- Befestigung des Prüfmusters, wie in 11.4 angegeben;
- Daten des Prüfmusters, wie in 11.5 angegeben;
- Bedingungen jeder Prüfung, einschließlich
 - Nummer der Prüfung;
 - Effektivwert des Lichtbogenstroms;
 - Spitzenwert des Lichtbogenstroms;
 - Abstand der Lichtbogenfußpunkte;
 - Lichtbogendauer;
 - Lichtbogenenergie;
 - Diagramm des Lichtbogenstroms;
- Prüfwerte, einschließlich
 - Nummer der Prüfung;
 - Prüfstück(e);
 - Reihenfolge der Schichten;
 - Abstand von der Lichtbogen-Mittellinie zur Platten- oder Kleiderpuppenoberfläche;
 - Sichtprüfung, wie in 12.4 angegeben;
 - Diagramm der Messwerte der Doppel-Aufzeichnungs-Sensoren und der Doppel-Platten-Sensoren für jede Plattenprüfung oder der Vierfach-Kleiderpuppen-Sensoren für jede Kleiderpuppenprüfung;