

	DIN EN 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 13.260; 13.340.10

Ersatz für
DIN EN 61482-1-1
(VDE 0682-306-1-1):2010-03
 Siehe Anwendungsbeginn

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
(IEC 61482-1-1:2019);
Deutsche Fassung EN IEC 61482-1-1:2019

Live working –
 Protective clothing against the thermal hazards of an electric arc –
 Part 1-1: Test methods – Method 1: Determination of the arc rating (ELIM, ATPV and/or EBT)
 of clothing materials and of protective clothing using an open arc
 (IEC 61482-1-1:2019);
 German version EN IEC 61482-1-1:2019

Travaux sous tension –
 Vêtements de protection contre les dangers thermiques d'un arc électrique –
 Partie 1-1: Méthodes d'essai – Méthode 1: Détermination de la valeur assignée d'arc (ELIM,
 ATPV et/ou EBT) des matériaux pour vêtements et des vêtements de protection utilisant un arc
 ouvert
 (IEC 61482-1-1:2019);
 Version allemande EN IEC 61482-1-1:2019

Gesamtumfang 74 Seiten

DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE

Anwendungsbeginn

Anwendungsbeginn für die von CENELEC am 2019-08-07 angenommene Europäische Norm als DIN-Norm ist 2020-08-01.

Für DIN EN 61482-1-1 (VDE 0682-306-1-1):2010-03 besteht eine Übergangsfrist bis 2022-08-07.

Nationales Vorwort

Vorausgegangener Norm-Entwurf: E DIN EN 61482-1-1 (VDE 0682-306-1-1):2017-06.

Für dieses Dokument ist das nationale Arbeitsgremium UK 214.3 „Ausrüstungen und Geräte zum Arbeiten unter Spannung; Körperschuttmittel und schmiegbare Schutzvorrichtungen“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE (www.dke.de) zuständig.

Die enthaltene IEC-Publikation wurde vom TC 78 „Live working“ erarbeitet und unterliegt dem Copyright der IEC .

Das IEC-Komitee hat entschieden, dass der Inhalt dieses Dokuments bis zu dem Datum (stability date) unverändert bleiben soll, das auf der IEC-Website unter „<http://webstore.iec.ch>“ zu diesem Dokument angegeben ist. Zu diesem Zeitpunkt wird entsprechend der Entscheidung des Komitees das Dokument

- bestätigt,
- zurückgezogen,
- durch eine Folgeausgabe ersetzt oder
- geändert.

Das Original-Dokument enthält Bilder in Farbe, die in der Papierversion in einer Graustufen-Darstellung wiedergegeben werden. Elektronische Versionen dieses Dokuments enthalten die Bilder in der originalen Farbdarstellung.

Änderungen

Gegenüber DIN EN 61482-1-1 (VDE 0682-306-1-1):2010-03 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Aufnahme der *Einwirkenergiegrenze (ELIM, en: Incident Energy Limit)* als zusätzlicher Kennwert für die Leistungsfähigkeit eines Lichtbogens;
- b) im Anwendungsbereich Austausch der Anforderung an die Länge der Verkohlung durch die Angabe, dass Verfahren A für Prüfungen von *Materialien* anwendbar ist, die die Anforderungen für die begrenzte Flammenausbildung in IEC 61482-2 erfüllen;
- c) Erläuterung der Definition und der Bedeutung der *Stoll-Kurve*;
- d) Änderung der Positionsfestlegung von Monitorsensoren in Bezug auf den elektrischen Lichtbogen in Abhängigkeit von der geplanten hohen Belastung der Prüfstücke mit *Einwirkenergie*;
- e) Änderung der Festlegungen zum Aufbau der *Monitorsensoren*;
- f) Spezifikation der schwarzen Beschichtung;
- g) Entfernung der *Kalorimeter* von der Brust der Kleiderpuppe;
- h) Festlegung möglicher Positionen der Kleiderpuppen in unterschiedlichen Höhen abweichend von Mittelpunkt des *elektrischen Lichtbogens* sowie möglicher Drehungen, damit alle Teile des *Kleidungsstücks* oder der Kleidung, die die Leistungsfähigkeit beeinflussen, angemessen exponiert sind;
- i) ausführlichere Beschreibung der Anforderungen an das Datenerfassungssystem;
- j) Vorkonditionierung der Proben;
- k) Änderung der Anforderungen für die Verifizierung der Lichtbogenbeanspruchung und der Prüfanordnung durch *Lichtbogenschüsse mit nacktem Prüfstück*;
- l) ausführlichere Beschreibung der Prüfverfahren A und B, insbesondere der Unterabschnitte, die die „Reihenfolge der Prüfungen“, die „Prüfparameter“ und die „Prüfkriterien“ behandeln;
- m) Aufnahme der Ermittlung von *Lichtbogen-Kennwerten* zu *Kleidungsstücken* und/oder Kombinationen aus *Kleidungsstücken*.

n) Die Deutsche Fassung wurde im [Abschnitt 3](#) an die aktuellen Standardtexte angepasst.

Frühere Ausgaben

DIN EN 61482-1-1 (VDE 0682-306-1-1): 2010-03

Nationaler Anhang NA (informativ)

Zusammenhang mit europäischen und internationalen Dokumenten

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

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

Eine Information über den Zusammenhang der zitierten Dokumente mit den entsprechenden deutschen Dokumenten ist nachstehend wiedergegeben.

Tabelle NA.1

Europäisches Dokument	Internationales Dokument	Deutsches Dokument	Klassifikation im VDE-Vorschriftenwerk
–	IEC 60050-121:1998	^a	–
EN 60060-1	IEC 60060-1	DIN EN 60060-1 (VDE 0432-1)	VDE 0432-1
EN 60584-1	IEC 60584-1	DIN EN 60584-1	
EN 61482-1-2:2014	IEC 61482-1-2:2014	DIN EN 61482-1-2 (VDE 0682-306-1-2):2015-08	VDE 0682-306-1-2
EN 61482-2 ^b	IEC 61482-2:2018	DIN EN 61482-2 (VDE 0682-306-2) ^b	VDE 0682-306-2
EN 62475	IEC 62475	DIN EN 62475 (VDE 0432-20)	VDE 0432-20
EN ISO 3175-2	ISO 3175-2	DIN EN ISO 3175-2	–
EN ISO 6330	ISO 6330	DIN EN ISO 6330	–
EN ISO 9151	ISO 9151	DIN EN ISO 9151	–
EN ISO 11612:2015	ISO 11612:2015	DIN EN ISO 11612:2015-11	–
EN ISO 13688:2013	ISO 13688:2013	DIN EN ISO 13688:2013-12	–
EN ISO 15797	ISO 15797	DIN EN ISO 15797	–
EN ISO/IEC 17025:2017	ISO/IEC 17025:2017	DIN EN ISO/IEC 17025:2018-03	
CEN ISO/TR 11610	ISO/TR 11610	DIN-Fachbericht CEN ISO/TR 11610	–
^a „Internationales Elektrotechnisches Wörterbuch – Deutsche Ausgabe“, Online-Zugang: http://www.dke.de/dke-iev .			
^b In Vorbereitung.			

Nationaler Anhang NB (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN 60060-1 (VDE 0432-1), Hochspannungs-Prüftechnik – Teil 1: Allgemeine Begriffe und Prüfbedingungen

DIN EN 60584-1, Thermoelemente – Teil 1: Thermospannungen und Grenzabweichungen

DIN EN 61482-1-2 (VDE 0682-306-1-2):2015-08, Arbeiten unter Spannung – Schutzkleidung gegen die thermischen Gefahren eines elektrischen Lichtbogens – Teil 1-2: Prüfverfahren – Verfahren 2: Bestimmung der Lichtbogen-Schutzklasse des Materials und der Kleidung unter Verwendung eines gerichteten Prüflichtbogens (Box-Test) (IEC 61482-1-2:2014); Deutsche Fassung EN 61482-1-2:2014

DIN EN 61482-2 (VDE 0682-306-2) (in Vorbereitung), Arbeiten unter Spannung – Schutzkleidung gegen die thermischen Gefahren eines Lichtbogens – Teil 2: Anforderungen

DIN EN 62475 (VDE 0432-20), Hochstrom-Prüftechnik – Begriffe und Anforderungen für Hochstrom-Messungen

DIN EN ISO 3175-2, Textilien – Professionelle Pflege, Chemischreinigung und Nassreinigung von textilen Flächengebilden und Kleidungsstücken – Teil 2: Verfahren zur Prüfung des Verhaltens beim Reinigen und Nachbehandeln unter Verwendung von Perchlorethylen (Tetrachlorethen)

DIN EN ISO 6330, Textilien – Nichtgewerbliche Wasch- und Trocknungsverfahren zur Prüfung von Textilien

DIN EN ISO 9151, Schutzkleidung gegen Hitze und Flammen – Bestimmung des Wärmedurchgangs bei Flammeneinwirkung

DIN EN ISO 11612:2015-11, Schutzkleidung – Kleidung zum Schutz gegen Hitze und Flammen – Mindestleistungsanforderungen (ISO 11612:2015); Deutsche Fassung EN ISO 11612:2015

DIN EN ISO 13688:2013-12, Schutzkleidung – Allgemeine Anforderungen (ISO 13688:2013); Deutsche Fassung EN ISO 13688:2013

DIN EN ISO 15797, Textilien – Industrielle Wasch- und Finishverfahren zur Prüfung von Arbeitskleidung

DIN EN ISO/IEC 17025:2018-03, Allgemeine Anforderungen an die Kompetenz von Prüf- und Kalibrierlaboratorien (ISO/IEC 17025:2017); Deutsche und Englische Fassung EN ISO/IEC 17025:2017

DIN-Fachbericht CEN ISO/TR 11610, Schutzkleidung – Begriffe

Arbeiten unter Spannung –
Schutzbekleidung gegen thermische Gefahren eines Lichtbogens –
Teil 1-1: Prüfverfahren – Verfahren 1: Bestimmung der Lichtbogen-Kennwerte
(ELIM, ATPV und/oder EBT) von Bekleidungsstoffen und Schutzbekleidung
mithilfe eines offenen Lichtbogens
(IEC 61482-1-1:2019)

Live working –
Protective clothing against the thermal hazards of
an electric arc –
Part 1-1: Test methods – Method 1: Determination
of the arc rating (ELIM, ATPV and/or EBT) of
clothing materials and of protective clothing using
an open arc
(IEC 61482-1-1:2019)

Travaux sous tension –
Vêtements de protection contre les dangers
thermiques d'un arc électrique –
Partie 1-1: Méthodes d'essai – Méthode 1:
Détermination de la valeur assignée d'arc
(ELIM, ATPV et/ou EBT) des matériaux pour
vêtements et des vêtements de protection
utilisant un arc ouvert
(IEC 61482-1-1:2019)

Diese Europäische Norm wurde von CENELEC am 2019-08-07 angenommen. CENELEC-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist.

Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim CEN-CENELEC Management Centre oder bei jedem CENELEC-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

Diese Europäische Norm besteht in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch). Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CENELEC-Mitglied in eigener Verantwortung durch Übersetzung in seine Landessprache gemacht und dem CEN-CENELEC Management Centre mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CENELEC-Mitglieder sind die nationalen elektrotechnischen Komitees von Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, der Republik Nordmazedonien, Rumänien, Schweden, der Schweiz, Serbien, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, der Türkei, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.



Europäisches Komitee für Elektrotechnische Normung
European Committee for Electrotechnical Standardization
Comité Européen de Normalisation Electrotechnique

CEN-CENELEC Management Centre: Rue de la Science 23, B-1040 Brüssel

© 2019 CENELEC – Alle Rechte der Verwertung, gleich in welcher Form und in welchem Verfahren, sind weltweit den Mitgliedern von CENELEC vorbehalten.

Ref. Nr. EN IEC 61482-1-1:2019 D

Europäisches Vorwort

Der Text des Dokuments 78/1256/FDIS, zukünftige 2. Ausgabe der IEC 61482-1-1, erarbeitet vom IEC/TC 78 „Live working“, wurde zur parallelen IEC-CENELEC-Abstimmung vorgelegt und von CENELEC als EN IEC 61482-1-1:2019 angenommen.

Nachstehende Daten wurden festgelegt:

- spätestes Datum, zu dem die EN auf nationaler Ebene durch Veröffentlichung einer identischen nationalen Norm oder durch Anerkennung übernommen werden muss (dop): 2020-05-07
- spätestes Datum, zu dem nationale Normen, die der EN entgegenstehen, zurückgezogen werden müssen (dow): 2022-08-07

Dieses Dokument ersetzt **EN 61482-1-1:2009** und alle Änderungen und Berichtigungen (falls vorhanden).

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. CENELEC ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Anerkennungsnotiz

Der Text der Internationalen Norm IEC 61482-1-1:2019 wurde von CENELEC ohne irgendeine Abänderung als Europäische Norm angenommen.

In der offiziellen Fassung sind unter „Literaturhinweise“ zu den aufgelisteten Normen die nachstehenden Anmerkungen einzutragen:

IEC 60060-1	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN 60060-1 .
IEC 61482-1-2:2014	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN 61482-1-2:2014 (nicht modifiziert).
ISO 3175-2	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN ISO 3175-2.
ISO 6330	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN ISO 6330.
ISO 9151	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN ISO 9151.
ISO 13688	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN ISO 13688.
ISO 15797	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN ISO 15797.

Anhang ZA (normativ)

Normative Verweisungen auf internationale Publikationen mit ihren entsprechenden europäischen Publikationen

Die folgenden Dokumente werden im Text in solcher Weise in Bezug genommen, dass einige Teile davon oder ihr gesamter Inhalt Anforderungen des vorliegenden Dokuments darstellen. 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).

ANMERKUNG 1 Ist eine internationale Publikation durch gemeinsame Abänderungen modifiziert worden, gekennzeichnet durch (mod.), dann gilt die entsprechende EN oder das HD.

ANMERKUNG 2 Aktualisierte Informationen über die in diesem Anhang aufgeführten aktuellen Fassungen der Europäischen Normen sind hier verfügbar: www.cenelec.eu.

<u>Publikation</u>	<u>Jahr</u>	<u>Titel</u>	<u>EN/HD</u>	<u>Jahr</u>
IEC 60584-1	–	Thermocouples – Part 1: EMF specifications and tolerances	EN 60584-1	–
IEC 61482-2	2018	Live working – Protective clothing against the thermal hazards of an electric arc – Part 2: Requirements	–	–
ISO/IEC 17025	2017	General requirements for the competence of testing and calibration laboratories	EN ISO/IEC 17025	2017
ISO/TR 11610	–	Protective clothing – Vocabulary	CEN ISO/TR 11610	–
ISO 11612	2015	Protective clothing – Clothing to protect against heat and flame – Minimum performance requirements	EN ISO 11612	2015

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort.....	2
Anhang ZA (normativ) Normative Verweisungen auf internationale Publikationen mit ihren entsprechenden europäischen Publikationen	3
1 Anwendungsbereich	8
2 Normative Verweisungen	8
3 Begriffe, Symbole und Einheiten	8
3.1 Begriffe	8
3.2 Symbole und Einheiten.....	14
4 Prinzip der Prüfverfahren A und B.....	14
4.1 Verfahren A – <i>Material</i> : Prüfverfahren mit <i>offenem Lichtbogen</i>	14
4.2 Verfahren B – <i>Kleidungsstück</i> : Prüfverfahren mit <i>offenem Lichtbogen</i>	15
5 Bedeutung und Anwendung der Prüfverfahren A und B	16
5.1 Allgemeines	16
5.2 Verfahren A – <i>Material</i> : Prüfverfahren mit <i>offenem Lichtbogen</i>	16
5.3 Verfahren B – <i>Kleidungsstück</i> : Prüfverfahren mit <i>offenem Lichtbogen</i>	16
6 Prüfgeräte	16
6.1 Allgemeines	16
6.2 Kalorimetrische Sensoren	17
6.2.1 Aufbau des <i>Kalorimeters</i>	17
6.2.2 Aufbau eines <i>Plattensensors</i>	19
6.2.3 Aufbau und Positionierung eines <i>Monitorsensors</i>	20
6.3 Aufbau der Platte.....	22
6.4 Aufbau der Kleiderpuppe.....	24
6.5 Anordnung der Platten und <i>Monitorsensoren</i> für die Prüfung nach Verfahren A.....	25
6.6 Anordnung der Puppe(n) und <i>Monitorsensoren</i> für die Prüfung nach Verfahren B	26
6.7 Stromversorgungsanschluss und Elektroden.....	30
6.7.1 Allgemeines	30
6.7.2 Konstruktiver Käfigaufbau	30
6.7.3 Elektroden	32
6.7.4 Zünddraht	32
6.8 Elektrische Stromversorgung	32
6.9 Steuerung des Prüfstromkreises	33
6.10 Datenerfassungs- und Datenverarbeitungssystem	33
6.10.1 Allgemeines	33
6.10.2 Datenerfassung	33
6.10.3 Signalsynchronisation	34
7 Sicherheit der Bediener	35
8 Vorbereitung der Prüfstücke.....	35
8.1 Beschreibung der Prüfstücke	35
8.1.1 Prüfstücke für das Verfahren A	35

8.1.2	Prüfstücke für das Verfahren B	36
8.2	Vorbehandlung der Prüfstücke durch Reinigung	36
8.3	Vorbehandlung der Prüfstücke	36
9	Kalibrierung und Verifizierung	36
9.1	Vorkalibrierung des Datenerfassungssystems	36
9.2	Verifizierung der <i>Kalorimeter</i>	37
9.3	Verifizierung der Lichtbogenbeanspruchung und der Prüfanordnung für die Doppel-Sensor-Platten und die <i>Monitorsensoren</i>	37
9.3.1	Anordnung der Elektroden und des Zünddrahtes	37
9.3.2	Anordnung der Doppel-Sensor-Platten, der Kleiderpuppen und der <i>Monitorsensoren</i>	37
9.3.3	<i>Lichtbogenschuss mit nacktem Prüfstück</i> für die Verifizierung	38
9.3.4	Prüfablauf eines Lichtbogenschusses mit nacktem Prüfstück für die Verifizierung	39
10	Wartung und Pflege der Prüfanordnung	39
10.1	Instandsetzung der Oberfläche	39
10.2	Pflege von Platten, Kleiderpuppen und <i>Sensoren</i>	39
10.3	Pflege der Elektroden	39
11	Prüfungsdurchführung	40
11.1	Verfahren A – Prüfung mit Platten	40
11.1.1	Prüfparameter und Einstellungen	40
11.1.2	Reihenfolge der Prüfungen mit Prüfstücken eines <i>Materials</i> oder einer <i>Materialkombination</i>	40
11.1.3	Kriterien für Datensatz aus dem iterativen Verfahren der <i>Prüfschüsse</i>	40
11.2	Verfahren B – Prüfung mit Kleiderpuppen	41
11.2.1	Prüfparameter und Einstellungen	41
11.2.2	Einzelprüfung oder Reihenfolge von Prüfungen mit Prüfstück(en) eines <i>Kleidungsstücks</i> oder einer <i>Kombination aus Kleidungsstücken</i>	42
11.3	Belüftung und Anfangstemperatur der <i>Sensoren</i>	43
11.4	Befestigung der Prüfstücke	43
11.4.1	Verfahren A – Prüfung mit Platten	43
11.4.2	Verfahren B – Prüfung mit Kleiderpuppen	43
11.5	Beschreibung des Prüfstücks	45
11.6	Prüfablauf	45
12	Prüfergebnisse	46
12.1	Wärmeberechnung	46
12.1.1	Allgemeines	46
12.1.2	Wärmekapazität von Kupfer	46
12.1.3	Einwirk- und Durchgangsenergie	46
12.1.4	Verhalten der <i>Plattensensoren</i> (Durchgangsenergie (E_t) im Vergleich mit <i>Stoll-Kurve</i>)	47
12.1.5	Werte der <i>Monitorsensoren</i> (Einwirkenergie (E_i))	48
12.2	Bestimmung des <i>thermischen Lichtbogen-Kennwerts</i> ($ATPV$)	49
12.3	Bestimmung der <i>Schwellenenergie zum Aufbrechen</i> (EBT)	49

	Seite
12.4 Bestimmung der <i>Einwirkenergiegrenze (ELIM)</i>	50
12.5 Sichtprüfung	50
12.6 <i>Lichtbogen-Kennwert</i>	52
12.6.1 <i>Lichtbogen-Kennwert eines Materials oder einer Materialkombination</i>	52
12.6.2 <i>Lichtbogen-Kennwert eines Kleidungsstücks oder einer Kombination aus Kleidungsstücken</i>	52
13 Prüfbericht	54
13.1 Allgemeine Berichtsanforderungen für Prüfungen nach Verfahren A und B.....	54
13.2 Spezifische Berichtsanforderungen für Prüfungen nach Verfahren A	54
13.3 Spezifische Berichtsanforderungen für Prüfungen nach Verfahren B	56
Anhang A (informativ) Logistisches Regressionsverfahren.....	58
Anhang B (informativ) 95-%-Vertrauensbereich von <i>ATPV</i> und <i>EBT</i>	60
Anhang C (informativ) Iteratives Verfahren von <i>Prüfschüssen</i> des Verfahrens A	64
Anhang D (informativ) Beispielmateriale für Isolierträger und Befestigungsplatten	65
D.1 Allgemeines	65
D.2 Als wärmedämmende Befestigungsplatte (6.2) zu verwendende <i>Materialien</i>	65
D.3 Als Befestigungsplatte zu verwendende <i>Materialien</i> , die aber als Isolierträger (6.3) nicht ausreichend wärmedämmend sind	66
Anhang E (informativ) Empfohlene Festlegungen für die Anwendung der Prüfverfahren in der Nachbildung von Unfällen und in der Forschung	67
Literaturhinweise.....	68
Bilder	
Bild 1 – Beispiel für den Aufbau eines <i>Kalorimeters</i>	18
Bild 2 – Beispiel für den Aufbau eines <i>Plattensensors</i>	19
Bild 3 – Beispiel für den Aufbau eines <i>Monitorsensors</i> mit optionaler Abdeckplatte	21
Bild 4 – Platte.....	24
Bild 5 – Beispiel einer typischen <i>Material-Klemmvorrichtung</i> einer Platte	24
Bild 6 – Anordnung von drei Doppel-Sensor-Platten mit <i>Monitorsensoren</i> (Draufsicht) für die Prüfung nach Verfahren A.....	26
Bild 7 – Relative Positionierung von Lichtbogenelektroden sowie Kleiderpuppe(n) und <i>Monitorsensoren</i> für die Prüfung nach Verfahren B.....	27
Bild 8 – Beispiele für die Anordnung von Kleiderpuppen	29
Bild 9 – Beispiel eines Käfigaufbaus (Stromversorgung, Rohre für Stromversorgung und Lichtbogenelektroden), mit drei Platten gemeinsam dargestellt für die Prüfung nach Verfahren A (<i>Monitorsensoren</i> sind nicht dargestellt)	31
Bild 10 – Relative Positionierung des Käfigaufbaus (Stromversorgung, Rohre für Stromversorgung und Lichtbogenelektroden) sowie eines Puppentorsos und seiner <i>Monitorsensoren</i> für die Prüfung nach Verfahren B.....	32
Bild 11 – Typische Kurven der durchschnittlichen Durchgangsenergie $Q_{t,avg}$ (d. h. Durchschnittswert der zwei Sensoren auf derselben Platte) für Prüfstücke	48
Bild B.1 – Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion (PDF).....	60
Bild B.2 – Kumulative Dichte	61
Bild B.3 – Diagramm mit Wahrscheinlichkeit und unteren und oberen Bereichsgrenzen.....	63

Tabellen

Tabelle 1 – Positionierung von <i>Monitorsensoren</i> entsprechend der <i>Einwirkenergie</i>	22
Tabelle 2 – Berichtsanforderungen und Auswertung der Sichtprüfung bei der Prüfung von <i>Kleidungsmaterial</i> (ien) nach Verfahren A und von <i>Kleidungsstück</i> (en) oder einer <i>Kombination aus Kleidungsstücken</i> nach Verfahren B	51
Tabelle 3 – Visuelle Beurteilungskriterien bei der Prüfung von <i>Kleidungsstück</i> (en) oder einer <i>Kombination aus Kleidungsstücken</i> nach Verfahren B	53
Tabelle B.1 – Beispiel von <i>Einwirkenergie X</i> und binärem Wert <i>Y</i> (Stoll-Kriterien erfüllt) für 21 <i>Prüfschüsse</i>	62

1 Anwendungsbereich

Dieser Teil von IEC 61482 legt Vorgehensweisen in Prüfverfahren fest, um die *Lichtbogen-Kennwerte* von *flammenfesten Bekleidungsstoffen* und *Kleidungsstücken* oder Kombinationen aus *Kleidungsstücken* zu bestimmen, sofern diese für Arbeitskleidung vorgesehen sind, die bei Gefahr eines *elektrischen Lichtbogens* getragen wird.

Ein *offener Lichtbogen* unter kontrollierten Laborbedingungen wird zur Bestimmung der Lichtbogen-Kennwerte *ELIM*, *ATPV* oder *EBT* von *Materialien*, *Kleidungsstücken* oder Kombinationen aus *Kleidungsstücken* verwendet.

ANMERKUNG 1 Der Anwender kann, wenn er dies wünscht, auf Grundlage der *ELIM*-, *ATPV*- und/oder *EBT*-Werte, die am besten den unterschiedlichen Gefahren- und Risikostufen entsprechen und den Ergebnissen der Risikoanalyse des Anwenders entnommen werden können, die Lichtbogen-Schutzleistung in *Lichtbogen-Kennwert-Schutzklassen* einteilen.

ANMERKUNG 2 Dieses Dokument ist nicht dazu bestimmt, die Schutzleistung vor Lichtbögen von *Materialien* und Kleidung in Lichtbogen-Schutzklassen einzuteilen. Verfahren zur Bestimmung dieser Lichtbogen-Schutzklassen APC1 und APC2 werden in IEC 61482-1-2 festgelegt, wo für die Prüfung ein vorgegebener Lichtbogen verwendet wird.

ANMERKUNG 3 Dieses Prüfverfahren dient weder der Bewertung, ob *Materialien* oder *Kleidungsstücke flammenfest* sind, noch ist es dafür geeignet, weil dies in IEC 61482-2 behandelt wird.

Außer den thermischen Wirkungen werden andere Auswirkungen eines *elektrischen Lichtbogens* wie Schall, Lichtemissionen, Druckanstieg, Heißöl, elektrischer Schlag, die Folgen physischen oder mentalen Schocks oder toxischer Einwirkungen durch dieses Dokument nicht abgedeckt.

Schutzkleidung für Arbeiten, bei denen ein *elektrischer Lichtbogen* absichtlich Anwendung findet, z. B. Lichtbogenschweißen und Plasmaschneiden, wird im vorliegenden Dokument nicht behandelt.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente werden im Text in solcher Weise in Bezug genommen, dass einige Teile davon oder ihr gesamter Inhalt Anforderungen des vorliegenden Dokuments darstellen. 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).

IEC 60584-1, *Thermocouples – Part 1: EMF specifications and tolerances*

IEC 61482-2:2018, *Live working – Protective clothing against the thermal hazards of an electric arc – Part 2: Requirements*

ISO/IEC 17025:2017, *General requirements for the competence of testing and calibration laboratories*

ISO/TR 11610, *Protective clothing – Vocabulary*

ISO 11612:2015, *Protective clothing – Clothing to protect against heat and flame – Minimum performance requirements*

3 Begriffe, Symbole und Einheiten

3.1 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach ISO/TR 11610 und die folgenden Begriffe.

ISO und IEC stellen terminologische Datenbanken für die Verwendung in der Normung unter den folgenden Adressen bereit:

- IEC Electropedia: verfügbar unter <http://www.electropedia.org/>
- ISO Online Browsing Platform: verfügbar unter <http://www.iso.org/obp>

3.1.1

Ablation

<Lichtbogenprüfung> *Materialverhalten*, das durch die Entstehung eines oder mehrerer Löcher in einer oder verschiedenen Außenschichten gekennzeichnet ist, jedoch nicht in allen Schichten eines mehrschichtigen *Materialkombinationen-Prüflings*

Anmerkung 1 zum Begriff: Für die Anwendung dieses Dokuments wird das Loch wie folgt definiert:

- a) mit einem Loch in der Schicht von mindestens $1\,600\text{ mm}^2$ Fläche oder mindestens 80 mm in einer planaren Richtung,
- b) mit einem Faden oder mehreren einzelnen Fäden im Loch, der/die nicht die Größe des Loches verringert/verringern.

3.1.2

Lichtbogendauer

Zeitdauer des Lichtbogens

Anmerkung 1 zum Begriff: Die *Lichtbogendauer* wird in Millisekunden (ms) angegeben.

3.1.3

Lichtbogenenergie

W_{arc}

<Lichtbogenprüfung> elektrische Energie, die dem Lichtbogen zugeführt und im Lichtbogen umgesetzt wird

Anmerkung 1 zum Begriff: *Lichtbogenenergie* wird berechnet als die Summe (Integral) über das Produkt aus Momentanwert der *Lichtbogenspannung*, Momentanwert des *Lichtbogenstroms* und Zeitdifferential, gebildet über die *Lichtbogendauer*.

Anmerkung 2 zum Begriff: Die *Lichtbogenenergie* wird in Kilojoule (kJ) angegeben.

3.1.4

Elektrodenabstand

Abstand zwischen den Lichtbogenelektroden

Anmerkung 1 zum Begriff: Der *Elektrodenabstand* wird in Millimeter (mm) angegeben.

3.1.5

Lichtbogen-Kennwert

<Lichtbogenprüfung> Zahlenwert, der einem Produkt zugeordnet ist und dessen Schutzwirkung bei entsprechender Prüfung mit dem *offenen Lichtbogen* beschreibt

Anmerkung 1 zum Begriff: Der *Lichtbogen-Kennwert* kann der *thermische Lichtbogen-Kennwert (ATPV)*, die *Schwellenenergie zum Aufbrechen (EBT)* oder die *Einwirkenergiegrenze (ELIM)* sein.

Anmerkung 2 zum Begriff: Die Lichtbogen-Kennwerte werden in kJ/m^2 (cal/cm^2) angegeben.

3.1.6

thermischer Lichtbogen-Kennwert (en: arc thermal performance value)

ATPV (en: arc thermal performance value)

<Lichtbogenprüfung> Zahlenwert der *Einwirkenergie*, der einem Produkt zugeordnet ist und dessen thermische Eigenschaften zur Begrenzung (Reduzierung) des *Wärmestroms* angibt, der durch einen *elektrischen Lichtbogen* erzeugt wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Der *ATPV* eines *Materials* oder einer *Materialkombination* wird anhand logistischer Regressionsanalyse an Datenpunkten berechnet, die aus der Prüfung mehrerer Prüfstücke erhalten wurden. Er ist der Wert der *Einwirkenergie*, bei dem der Wärmedurchgang durch das Prüfstück die Stollkurve mit einer Wahrscheinlichkeit von 50 % erreicht.

Anmerkung 2 zum Begriff: Der *ATPV*, der einem *Kleidungsstück* oder einer *Kombination aus Kleidungsstücken* zugeordnet ist, ist entweder gleich oder kleiner als der *ATPV* des *Materials* oder der *Materialkombination*, aus dem/der es/sie

gefertigt wurde, und davon abhängig, ob das (die) geprüfte(n) Prüfstück(e) zusätzliche Kriterien zur visuellen Gestaltung und Leistungsbewertung erfüllt.

3.1.7

Lichtbogenspannung

Spannung über dem Lichtbogen

Anmerkung 1 zum Begriff: Die *Lichtbogenspannung* wird in Volt (V) angegeben.

3.1.8

Lichtbogenschuss mit nacktem Prüfstück

<Lichtbogenprüfung> Ereignis eines *elektrischen Lichtbogens*, während dem die Platten und Kleiderpuppen nackt, d. h. nicht vom Prüfstück bedeckt sind

3.1.9

Aufbrechen

<Lichtbogenprüfung> *Materialverhalten*, das durch die Entstehung eines Loches im *Material-Prüfling* gekennzeichnet ist

Anmerkung 1 zum Begriff: Für die Anwendung dieses Dokuments ist das Loch wie folgt definiert:

- a) mit einer Größe von mindestens 300 mm² Fläche oder mindestens 25 mm in einer planaren Richtung,
- b) mit einem Faden oder mehreren einzelnen Fäden im Loch, der/die nicht die Größe des Loches verringert/verringern.

Anmerkung 2 zum Begriff: Ein *Materialkombination*-Prüfling weist dann ein *Aufbrechen* auf, wenn alle Schichten die Entstehung eines oder mehrerer Löcher erkennen lassen.

Anmerkung 3 zum Begriff: *Aufbrechen durch Schrumpfen* gilt als besondere Form des *Aufbrechens*.

3.1.10

Schwellenenergie zum Aufbrechen (en: breakopen threshold energy)

EBT

<Lichtbogenprüfung> Zahlenwert der *Einwirkenergie*, der einem Produkt (*Material* oder *Kleidung*) zugeordnet ist und dessen Eigenschaften beim *Aufbrechen* beschreibt, wenn das Produkt einer durch einen *elektrischen Lichtbogen* erzeugten *Wärmeenergie* ausgesetzt wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Die *EBT* eines *Materials* oder einer *Materialkombination* wird anhand logistischer Regressionsanalyse an Datenpunkten berechnet, die aus der Prüfung mehrerer Prüfstücke erhalten wurden. Es handelt sich um den Wert der *Einwirkenergie*, bei dem mit 50 % Wahrscheinlichkeit ein *Aufbrechen* auftritt.

Anmerkung 2 zum Begriff: Die *EBT*, die einem *Kleidungsstück* oder einer *Kombination aus Kleidungsstücken* zugeordnet ist, ist entweder gleich der oder kleiner als die *EBT* des *Materials* oder der *Materialkombination*, aus dem/der es/sie gefertigt wurde, und davon abhängig, ob das/die geprüfte(n) Prüfstück(e) zusätzliche Kriterien zur visuellen Gestaltung und Leistungsbewertung erfüllen.

3.1.11

Brennzeit

Nachbrennzeit mit Flamme

Zeit, während der eine Flamme nach Ende der *Lichtbogendauer* sichtbar ist

Anmerkung 1 zum Begriff: Die *Brennzeit* wird in Sekunden (s) angegeben.

3.1.12

Kalorimeter

Einrichtung aus einer Kupferscheibe, an der ein Thermoelement angebracht ist, zur Messung der *Wärmeenergie* und der *Einwirkenergie*

3.1.13

kalorimetrischer Sensor

Sensor

Anordnung aus einem *Kalorimeter* und einem nicht leitfähigen, hitzebeständigen *Material*, in dem das *Kalorimeter* befestigt ist

Anmerkung 1 zum Begriff: In diesem Dokument ist mit der Benennung *Sensor* immer ein *kalorimetrischer Sensor* gemeint.

3.1.14

Verkohlen

Materialverhalten, das durch Ausbildung eines kohlenstoffhaltigen Rückstandes als Ergebnis einer thermischen Zersetzung oder einer unvollständigen Verbrennung gekennzeichnet ist

3.1.15

Abtropfen

Materialverhalten, das durch Ausbildung von Polymer-Tröpfchen gekennzeichnet ist, die vom *Material* oder vom *Kleidungsstück* fallen

3.1.16

elektrischer Lichtbogen

Lichtbogen

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

Anmerkung 1 zum Begriff: Bei Arbeiten unter Spannung entsteht der *elektrische Lichtbogen* durch Gasionisation, die entweder aus einer unbeabsichtigten elektrisch leitfähigen Überbrückung oder einem Durchschlag zwischen spannungsführenden Teilen beziehungsweise zwischen einem spannungsführenden und geerdeten Teilen einer elektrischen Anlage oder eines elektrischen Geräts resultiert. Bei Prüfungen wird der *elektrische Lichtbogen* durch das Abschmelzen eines Zünddrahtes eingeleitet.

[QUELLE: IEC 60050-121:1998, 121-13-12, modifiziert – Anmerkung 1 zum Begriff wurde hinzugefügt, um spezifisch auf Arbeiten unter Spannung und Lichtbogenprüfungen Bezug zu nehmen.]

3.1.17

Versprödung

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

3.1.18

flammenfest

<Lichtbogenprüfung> Eigenschaft von *Kleidungsmaterialien*, die die Anforderungen für die begrenzte Flammenausbildung nach IEC 61482-2 erfüllen

3.1.19

Kleidungsstück

Einzelteil der Kleidung, das aus einer oder mehreren Lagen *Material* bestehen kann

3.1.20

Kleidungsstückkombination

Kombination aus Kleidungsstücken

Kleidung aus zwei oder mehr miteinander getragenen *Kleidungsstücken*, die einzeln unterschiedliche Körperteile des Tragenden bedecken können und/oder die im Ganzen oder in Teilen übereinander getragen werden

Anmerkung 1 zum Begriff: Zum Beispiel kann eine *Kleidungsstückkombination* eine Kombination sein aus Jacke und Hose, eine Kombination aus Hemd, Hose und Jacke oder Mantel, die jeweils zum gleichzeitigen Tragen vorgesehen sind.

3.1.21

Wärmestrom

q

<Lichtbogenprüfung> von einem elektrischen *Lichtbogen* ausgegebene thermische Intensität, die die Menge der übertragenen Wärmeenergie je Flächeneinheit und Zeit angibt

3.1.22

Entzündung

Einleitung der Verbrennung mit Flammenerscheinung

3.1.23

Einwirkenergie

E_i

<Lichtbogenprüfung> Wärmeenergie Q , die durch einen *elektrischen Lichtbogen* je Flächeneinheit in einer festgelegten Entfernung zum *elektrischen Lichtbogen* wirksam wird

3.1.24

Einwirkenergiegrenze (en: incident energy limit)

ELIM

<Lichtbogenprüfung> Zahlenwert der *Einwirkenergie*, der einem Produkt (*Material* oder Kleidung) zugeordnet ist und unterhalb dieses Wertes das gesamte Produktverhalten unterhalb der *Stoll-Kurve* liegt und kein *Aufbrechen* erfolgt

Anmerkung 1 zum Begriff: Die *ELIM* eines *Materials* oder einer *Materialkombination* wird anhand der Datenpunkte berechnet, die aus der Prüfung mehrerer Prüfstücke erhalten werden und die auch zur Bestimmung des *ATPV* und/oder der *EBT* verwendet werden.

Anmerkung 2 zum Begriff: Die *ELIM*, die einem *Kleidungsstück* oder einer *Kleidungsstückkombination* zugeordnet ist, ist entweder gleich der oder kleiner als die *ELIM* des *Materials* oder der *Materialkombination*, aus dem/der es/sie gefertigt wurde; und davon abhängig, ob der/die geprüfte(n) Prüfling(e) zusätzliche Kriterien zur visuellen Gestaltung und Leistungsbewertung erfüllen.

3.1.25

Material

Materialien, ausgenommen Hardware, aus denen ein Kleidungsstück hergestellt ist

3.1.26

Materialkombination

Kombination aus *Materialien*, die für den Aufbau der Lagen eines *Kleidungsstücks* oder einer *Kleidungsstückkombination* charakteristisch ist

Anmerkung 1 zum Begriff: Der *Lichtbogen-Kennwert* einer *Materialkombination*, bei der eine *Kombination* aus *Kleidungsstücken* übereinander getragen wird, kann nicht anhand des *Lichtbogen-Kennwerts* jedes *Materials*, aus dem die einzelnen *Kleidungsstücke* bestehen, bestimmt werden, er kann ausschließlich bestimmt werden, indem Prüfstücke der *Materialkombinationen*, die für die *Kleidungsstückkombination* repräsentativ sind, geprüft werden.

3.1.27

Materialverhalten

Reaktion des *Materials* infolge *Lichtbogenbeanspruchung*, das durch *Entzündung*, *Brennzeit* (*Nachbrennzeit mit Flamme*), *Aufbrechen*, *Schmelzen*, *Abtropfen*, *Schrumpfen* usw. gekennzeichnet ist

3.1.28

Schmelzen

Materialverhalten, das durch das Erweichen und Verformen nachgewiesen wird

Anmerkung 1 zum Begriff: *Materialien, die schmelzen*, sind gewöhnlich Polymere.

3.1.29

Mischzone

<Lichtbogenprüfung> Bereich der gemessenen *Einwirkenergien* (die unabhängige Variable X), in dem ein binäres Verhalten (d. h. entweder der Wert „0“ oder der Wert „1“) (die abhängige Variable Y) einem untersuchten Parameter des gemessenen *Materialverhaltens* bzw. einer Kombination aus mehreren untersuchten Parametern zugeordnet wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Eine *Mischzone* einer Datenpunktverteilung tritt auf, wenn die höchste *Einwirkenergie* mit binärem Verhalten „0“ größer als die geringste *Einwirkenergie* mit binärem Verhalten „1“ ist. Die *Mischzone* einer Datenpunktverteilung ist leer, wenn die höchste *Einwirkenergie* mit binärem Verhalten „0“ niedriger als die geringste *Einwirkenergie* mit binärem Verhalten „1“ ist.

Anmerkung 2 zum Begriff: Zu den Parametern für das *Materialverhalten*, die zur Bestimmung des *ATPV* untersucht wurden, siehe 11.1.3.1 und 12.2.

Anmerkung 3 zum Begriff: Zu den Parametern für das *Materialverhalten*, die zur Bestimmung der *EBT* untersucht wurden, siehe 11.1.3.2 und 12.3.

Anmerkung 4 zum Begriff: Zu den Parametern für das *Materialverhalten*, die zur Bestimmung der *ELIM* untersucht wurden, siehe 11.1.3.3 und 12.4.

3.1.30

Monitorsensor

<Lichtbogenprüfung> *kalorimetrischer Sensor*, angeordnet an beiden Seiten der Platte oder der Puppe nicht von einem Prüfstück bedeckt; zur Messung der *Einwirkenergie* in einem festgelegten Abstand zum *elektrischen Lichtbogen*

3.1.31

offener Lichtbogen

<Lichtbogenprüfung> *elektrischer Lichtbogen* zwischen zwei vertikal sich gegenüber stehenden Elektroden, bei dem eine gleichmäßige Verteilung der Energieabgabe um die Mittelachse, die durch die Elektroden gebildet wird, beabsichtigt ist und keine Richtwirkung der Energieabgabe durch physikalische Einwirkungen (z. B. Umhausungen, Wände) erzeugt wird

[QUELLE: IEC 61482-2:2018, 3.1.13]

3.1.32

Plattensensor

<Lichtbogenprüfung> *kalorimetrischer Sensor*, angeordnet an der Platte, der, sofern mit Prüfstück bedeckt, verwendet wird, um die Durchgangsenergie durch ein Prüfstück zu messen

3.1.33

Schutzkleidung

Kleidung, die die Kleidung von Personen überdeckt oder ersetzt und die derart beschaffen ist, dass sie Schutz gegen eine oder mehrere Gefahren bietet

[QUELLE: ISO 13688:2013, 3.5, modifiziert – Die Definition wurde zur Klarstellung modifiziert, indem die unklare Benennung „Protektor“ gestrichen wurde.]

3.1.34

Schrumpfen

Materialverhalten, das sich durch die Verringerung der Größe des Prüfstücks äußert

3.1.35

Aufbrechen durch Schrumpfen

<Lichtbogenprüfung> *Materialverhalten*, verursacht durch übermäßiges *Schrumpfen*, das dazu führt, dass sich das Prüfstück von den Klemmen löst und die Platte freilegt

Anmerkung 1 zum Begriff: *Aufbrechen durch Schrumpfen* gilt als besondere Form des *Aufbrechens*.

3.1.36

Stoll-Kurve

empirisch vorhergesagtes Modell für Haut-Brandverletzungen zweiten Grades

Anmerkung 1 zum Begriff: *Stoll-Kurve* definiert eine Beziehung zwischen der aufgenommenen Energierate und der Toleranzzeit der menschlichen Haut.

Anmerkung 2 zum Begriff: Siehe Stoll, A.M. und Chianta, M.A., *Method and rating system for evaluation of thermal protection*.

3.1.37

(Lichtbogen-)Prüfschuss

<Lichtbogenprüfung> Auftreten eines *elektrischen Lichtbogens*, während dem ein oder mehrere Prüfstücke auf dem (den) Träger(n) des Prüfgeräts angebracht ist/sind, wobei das/die Prüfstück(e) einige oder alle Sensoren außer den *Monitorsensoren* abdeckt/abdecken und den Auswirkungen des *elektrischen Lichtbogens* ausgesetzt ist/sind

3.1.38

X/R-Verhältnis

Verhältnis der induktiven Reaktanz zur Resistenz des elektrischen Prüfkreises

Anmerkung 1 zum Begriff: Das *X/R-Verhältnis* ist proportional zu dem *L/R-Verhältnis* der Zeitkonstante und ist deshalb ein Maß für das Abklingen des Gleichstromanteils. Ein großer Wert des *X/R-Verhältnisses* entspricht einer großen Zeitkonstante und einem langsamen Abklingen.

3.2 Symbole und Einheiten

<i>ATPV</i>	<i>thermischer Lichtbogen-Kennwert</i>	kJ/m^2 (cal/cm^2)
C_p	Wärmekapazität	$\text{J/g } ^\circ\text{C}$
<i>EBT</i>	<i>Schwellenenergie zum Aufbrechen</i> (en: <i>breakopen threshold energy</i>)	kJ/m^2 (cal/cm^2)
E_i	<i>Einwirkenergie</i>	kJ/m^2
E_t	Durchgangsenergie	kJ/m^2
<i>ELIM</i>	<i>Einwirkenergiegrenze</i>	kJ/m^2 (cal/cm^2)
Q	Wärmeenergie	kJ/m^2
q	Wärmestrom	kW/m^2
T	Temperatur	K
t	Zeit	s
t_0	Zeit für Lichtbogensauslösung	s

ANMERKUNG $1 \text{ kJ/m}^2 = 1 \text{ kW}\cdot\text{s/m}^2 = 0,1 \text{ J/cm}^2 = 0,023 \text{ 9006 cal/cm}^2$;

$1 \text{ cal/cm}^2 = 41,840 \text{ kJ/m}^2 = 41,840 \text{ kW}\cdot\text{s/m}^2$.

4 Prinzip der Prüfverfahren A und B

4.1 Verfahren A – *Material*: Prüfverfahren mit offenem Lichtbogen

Das in dieser Norm festgelegte Verfahren A dient der Bestimmung des *Lichtbogen-Kennwerts* eines *Materials* oder einer *Materialkombination*; dieser wird entweder als Wert *ATPV* oder *EBT* angegeben, je nachdem welcher niedriger ist, oder als Wert *ELIM*, wenn durch eine Person die Prüfung gefordert wird, dass der *Lichtbogen-Kennwert* als Wert von *ELIM* angegeben werden muss. *ATPV*, *EBT* und *ELIM* werden bestimmt, indem die Menge der durch das/die Prüfstück(e) übertragenen Wärme mit der Stoll-Kurve verglichen und das mögliche *Aufbrechen* beobachtet wird, wenn das/die Prüfstück(e) verschiedenen Stufen der an den *Monitorsensoren* gemessenen *Einwirkenergie* ausgesetzt wird/werden.

Die in diesem Verfahren verwendeten Prüfstücke sind flache Proben des *Materials* oder der *Materialkombination*, die auf Prüfplatten angebracht werden.

Der *Lichtbogen-Kennwert* einer *Materialkombination*, bei der eine *Kombination aus Kleidungsstücken* übereinander getragen wird, kann nicht anhand des *Lichtbogen-Kennwerts* jedes *Materials* oder jeder *Materialkombination*, aus dem/der die einzelnen *Kleidungsstücke* bestehen, bestimmt werden, er kann aber ausschließlich bestimmt werden, indem ein Prüfstück der *Materialkombination*, die für die *Kleidungsstückkombination* repräsentativ ist, geprüft wird.

Während der Prüfungen wird die durch das *Material* bzw. die *Materialkombination* dringende Wärmeenergie während und nach der Einwirkung eines *elektrischen Lichtbogens* gemessen.

Während jeder einzelnen Lichtbogenbeanspruchungs-Prüfung (d. h. während jedes einzelnen *Prüfschusses*) werden sowohl die *Wärmeenergie* der Einwirkung als auch der durch das (die) Prüfstück(e) durchdringende Wärmestrom mithilfe von *kalorimetrischen Sensoren* aus Kupfer gemessen. Die zeitliche Temperaturänderung dient zusammen mit den thermo-physikalischen Eigenschaften von Kupfer zur Bestimmung der jeweiligen Wärmeenergie, die auf die Prüfstücke einwirkt und hindurchgeht.

Das *Materialverhalten* muss unter Anwendung der charakterisierenden Benennungen in 3.1.27 weiterhin beschrieben werden durch Aufzeichnung der beobachteten Auswirkungen, die sich durch Beanspruchung der Prüfstücke mit einem *elektrischen Lichtbogen* ergeben.

4.2 Verfahren B – *Kleidungsstück*: Prüfverfahren mit offenem Lichtbogen

Das in diesem Dokument festgelegte Verfahren B wird eingesetzt, um einem *Kleidungsstück* den *Lichtbogen-Kennwert* zuzuweisen. Der *Lichtbogen-Kennwert* beruht auf dem *Lichtbogen-Kennwert*, der für das *Material* des *Kleidungsstücks* in Verfahren A bestimmt wurde und durch Auswertung der Gestaltung und Leistung der Kleidung (bestehend aus einem *Kleidungsstück* oder einer *Kombination aus Kleidungsstücken*) zugewiesen wurde. Bei diesem Verfahren wird die Kleidung einem *offenen Lichtbogen* ausgesetzt, der eine *Einwirkenergie* auf die äußere Oberfläche der Kleidung ausübt, die mit dem *Lichtbogen-Kennwert*, der in Verfahren A für das *Material* oder die gesamte *Materialkombination* der Kleidung bestimmt wurde, ungefähr identisch oder größer als dieser ist (siehe 11.2). Das *Kleidungsstück* bzw. die *Kombination aus Kleidungsstücken* muss mit Zubehör, Taschen und Verschlüssen bewertet werden, die sich an den herstellungsgemäßen Stellen befinden und entsprechend den Gebrauchsanweisungen des Herstellers befestigt sind; die geprüften Prüfstücke des *Kleidungsstücks* oder der *Kombination aus Kleidungsstücken* müssen die visuellen Beurteilungskriterien (siehe 12.6.2, Tabelle 3) erfüllen. In diesem Fall kann der *Lichtbogen-Kennwert* des *Materials* oder der *Materialkombination* der Kleidung als ihr *Lichtbogen-Kennwert* zugeordnet werden (siehe 11.2.2).

Falls das Prüfstück eines *Kleidungsstücks* oder einer *Kombination aus Kleidungsstücken* bei der Prüfung unter einer bestimmten *Einwirkenergie* nicht die visuellen Kriterien zur Bewertung der Gestaltung und Leistung erfüllt (siehe 12.6.2, Tabelle 3), kann dieser Wert der *Einwirkenergie* der Kleidung nicht als ihr *Lichtbogen-Kennwert* zugeordnet werden.

Es können jedoch ein oder mehrere zusätzliche Prüfstücke des *Kleidungsstücks* oder der *Kombination aus Kleidungsstücken* bei geringerer *Einwirkenergie* geprüft werden. Falls ein Prüfstück des *Kleidungsstücks* oder der *Kombination aus Kleidungsstücken*, das bei geringerer *Einwirkenergie* geprüft wurde, und auch alle Prüfstücke, die möglicherweise bei noch niedrigeren *Einwirkenergien* geprüft wurden, die visuellen Beurteilungskriterien (siehe 12.6.2, Tabelle 3) erfüllen, darf dieser Wert der niedrigeren *Einwirkenergie* dem *Kleidungsstück* oder der *Kombination aus Kleidungsstücken* als *Lichtbogen-Kennwert* zugeordnet werden (siehe 11.2.2).

Die die Prüfung bestellende Partei darf bewusst einen *Einwirkenergie*wert festlegen, der (deutlich) unter dem *Lichtbogen-Kennwert* des *Materials* oder der *Materialkombination* liegt, und darf eine Prüfung fordern, die nachweist, dass dieser festgelegte Wert der Kleidung als *Lichtbogen-Kennwert* zugewiesen werden kann. In diesem Fall darf die Prüfung absichtlich ausschließlich bei einer (wesentlich) niedrigeren *Einwirkenergie* als dem *Lichtbogen-Kennwert* des *Materials* oder der *Materialkombination* ausgeführt werden.

Die in diesem Verfahren verwendeten Prüfstücke sind Proben des *Kleidungsstücks* oder der *Kombination aus Kleidungsstücken*, die an Prüfpuppen angebracht werden.

5 Bedeutung und Anwendung der Prüfverfahren A und B

5.1 Allgemeines

Die Prüfverfahren A und B werden angewendet, um den *Lichtbogen-Kennwert* von *flammenfesten Kleidungs-materialien* und *Kleidung* zu bestimmen, die bei elektrotechnischen Arbeiten mit *elektrischem Lichtbogen* getragen werden.

Bei den Prüfverfahren verbleibt das Prüfstück in einer statischen senkrechten Lage und die Prüfverfahren beinhalten keine Bewegung, außer der, die aus der Lichtbogenbeanspruchung resultiert.

WICHTIG – Dieses Prüfverfahren und die Verfahren dienen weder der Bewertung, ob *Materialien* oder *Kleidungsstücke flammenfest* sind, noch sind sie dafür geeignet.

ANMERKUNG Die Prüfverfahren legen Standardbedingungen der Lichtbogenbeanspruchung fest. Unterschiedliche Bedingungen der Lichtbogenbeanspruchung können zu unterschiedlichen Prüfergebnissen führen.

5.2 Verfahren A – *Material*: Prüfverfahren mit offenem Lichtbogen

Das in diesem Dokument festgelegte Verfahren A wird zur Bestimmung der *Einwirkenergiegrenze (ELIM)*, des *thermischen Lichtbogen-Kennwerts (ATPV)* und/oder der *Schwellenenergie zum Aufbrechen (EBT)* eines *Materials* oder einer *Materialkombination* angewendet.

Wegen der Schwankung der Lichtbogenbeanspruchung und der Stoffbeschaffenheit können von den durch Prüfstücke bedeckten *Sensoren* verschiedene Werte für die übertragene Wärmeenergie gemessen werden, wenn sie einem *elektrischen Lichtbogen* ausgesetzt sind. Die Messergebnisse der Wärmeübertragung für eine ausreichend große Anzahl an Prüfstücken (mindestens 20 Prüfstücke) werden in Übereinstimmung mit [Abschnitt 12](#) statistisch analysiert.

5.3 Verfahren B – *Kleidungsstück*: Prüfverfahren mit offenem Lichtbogen

Das in diesem Dokument festgelegte Verfahren B wird gewöhnlich angewendet, um das Design der *Schutz-kleidung* zu bewerten und den *Lichtbogen-Kennwert* der *Kleidung* zu bestimmen, wenn das *Material* oder die *Materialkombination* der *Kleidung*, d. h. eines *Kleidungsstücks* oder einer *Kombination aus Kleidungsstücken*, zuerst geprüft und ihr *Lichtbogen-Kennwert* nach Verfahren A bestimmt wurde.

Der *Lichtbogen-Kennwert* von *Kleidung* ist entweder identisch mit dem oder niedriger als der *Lichtbogen-Kennwert* des *Materials* oder der gesamten *Materialkombination*, andernfalls kann der *Kleidung*, je nachdem, ob die visuellen Beurteilungskriterien für die *Kleidungsstücke* und *Kombinationen aus Kleidungsstücken* erfüllt sind, kein *Lichtbogen-Kennwert* zugewiesen werden.

6 Prüfgeräte

6.1 Allgemeines

Die Prüfanordnung muss aus folgenden Elementen bestehen:

- Stromversorgungsanschluss;
- Lichtbogenkontrollereinrichtung;
- Aufzeichnungsgerät oder Datenerfassungssystem;
- Lichtbogenelektroden;

- drei Trägern für die Prüfstücke um die Mittellinie des *elektrischen Lichtbogens*, von denen ein bis drei Platten (für Verfahren A) bzw. ein bis drei Kleiderpuppen (für Verfahren B) sein können. Bei Verfahren A muss für alle drei Positionen eine Platte verwendet werden. Es ist nicht zulässig, bei Verfahren A Platten in unterschiedlichen Formen oder aus unterschiedlichen *Materialien* während einer Abfolge von *Lichtbogen-Prüfschüssen* auszuwechseln, da dies zu Änderungen in der Wärmeverteilung führen kann.
- zwei *Monitorsensoren* für jede Platte oder für jede Puppe, je einem auf der linken und einem auf der rechten Seite jeder Platte oder Puppe.

6.2 Kalorimetrische Sensoren

6.2.1 Aufbau des Kalorimeters

Die *Kalorimeter* müssen aus Elektrolytkupfer mit einem Thermoelementdraht aufgebaut sein, der in der Anordnung nach [Bild 1 a](#)) eingebaut ist.

Ein Beispiel für die mechanische Sicherung des Thermoelements in der Kupferscheibe ist in [Bild 1 b](#)) dargestellt. Das Thermoelement darf nicht in die Scheibe gelötet werden.

Die Kupferscheiben sowie das Füllmaterial, sofern verwendet, müssen aus Elektrolytkupfer mit einer Reinheit von mehr als 99,90 % bestehen, d. h. IACS-Grad C110 (UNS11000). Die Kupferscheiben müssen eine Dicke von $1,6 \text{ mm} \pm 0,1 \text{ mm}$, einen Durchmesser von $40,0 \text{ mm} \pm 0,1 \text{ mm}$ und eine Masse von $18 \text{ g} \pm 1 \text{ g}$ haben. In der Mitte der Kupferscheibe muss sich ein Loch befinden, das $1,3 \text{ mm} \pm 0,1 \text{ mm}$ tief ist und einen Durchmesser von $1,2 \text{ mm} \pm 0,3 \text{ mm}$ hat.

ANMERKUNG 1 Der IACS-Grad, (IACS, en: International Annealed Copper Standard), gibt die Stufe der elektrischen Leitfähigkeit an.

Die Masse jeder Scheibe muss mit einer Messunsicherheit von $\pm 0,05 \text{ g}$ und der Durchmesser und die Dicke müssen mit einer Messunsicherheit von $\pm 0,03 \text{ mm}$ bestimmt werden. Für die Berechnungen jedes *Sensorverhaltens* nach [12.1.2](#), Gleichung (3)^{N1} müssen der tatsächliche Durchmesser (für die Berechnung des Flächeninhalts) und die tatsächlichen Massewerte jeder einzelnen Scheibe verwendet werden. Falls in den Berechnungen Durchschnittswerte für alle *Kalorimeter* verwendet werden, muss deren Masse/Fläche-Verhältnis innerhalb von $\pm 0,008 \text{ g/cm}^2$ ihres Mittelwerts liegen.

ANMERKUNG 2 Es kann die Bedienung und den Austausch der *Kalorimeter* erleichtern, wenn bei der Auswahl der Kupferscheiben für die *Kalorimeter* für das Masse/Fläche-Verhältnis (Gleichung (3)) der „Mittelwert“ verwendet wird.

Die Thermoelemente müssen vom Typ K (NiCr – NiAl) mit einer Querschnittsfläche von $0,05 \text{ mm}^2$ (Nr. 30 AWG), jedoch nicht größer, oder gleichwertig nach IEC 60584-1 sein. Der Thermoelementdraht muss entsprechend [Bild 1 b](#)) in das *Kalorimeter* eingebaut werden. Im Innern des Loches der Kupferscheibe müssen die Thermoelementdrähte – die nach Entfernen der Isolierung einen Außendurchmesser von $0,5 \text{ mm}$ haben, d. h. von zwei einzelnen Drähten mit einem Durchmesser von $0,254 \text{ mm}$ – für die gesamte Länge innerhalb des Lochs in der Kupferscheibe nackt sein und müssen die umliegende Kupferscheibe vollständig berühren, gegebenenfalls mithilfe von zusätzlichem Kupferfüllmaterial im Loch. Die Thermoelementdrähte müssen (z. B. mithilfe eines Feingeräts) unmittelbar nach Ausgang aus der Kupferscheibe getrennt werden.

ANMERKUNG 3 Zur Überprüfung, ob die Kupferdrähte ordnungsgemäß auf der Rückseite der Kupferscheibe getrennt sind und ob die Drähte nicht beschädigt sind, kann eine Lupe verwendet werden.

ANMERKUNG 4 Jeder Thermoelementdraht, der aus der Kupferscheibe austritt, ist in der Regel für ein kurzes Stück nach Austritt aus dem Loch der Scheibe nackt.

^{N1} Nationale Fußnote: Die Verweisung in IEC 61482-1-1:2019 auf „12.1.2, [Gleichung \(3\)](#)“ ist nicht korrekt. Richtig ist die Verweisung auf „12.1.3, [Gleichung \(2\)](#) und [Gleichung \(3\)](#)“.