

	DIN EN 62788-1-6 (VDE 0126-37-1-6)	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 27.160 Messverfahren für Werkstoffe, die in Photovoltaik-Modulen verwendet werden – Teil 1-6: Verkapselungsstoffe – Prüfverfahren zur Bestimmung des Aushärtungsgrads der Ethylen-Vinyl-Acetat-Verkapselung (IEC 62788-1-6:2017); Deutsche Fassung EN 62788-1-6:2017 Measurement procedures for materials used in photovoltaic modules – Part 1-6: Encapsulants – Test methods for determining the degree of cure in Ethylene-Vinyl Acetate (IEC 62788-1-6:2017); German version EN 62788-1-6:2017 Procédures de mesure des matériaux utilisés dans les modules photovoltaïques – Partie 1-6: Encapsulants – Méthodes d'essai pour déterminer le degré de durcissement dans l'éthylène-acétate de vinyle (IEC 62788-1-6:2017); Version allemande EN 62788-1-6:2017 Gesamtumfang 28 Seiten DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE		

Anwendungsbeginn

Anwendungsbeginn für die von CENELEC am 2017-03-03 angenommene Europäische Norm als DIN-Norm ist 2017-12-01.

Nationales Vorwort

Vorausgegangener Norm-Entwurf: E DIN EN 62788-1-6 (VDE 0126-37-1-6):2015-12.

Für dieses Dokument ist das nationale Arbeitsgremium K 373 „Photovoltaische Solarenergie-Systeme“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE (www.dke.de) zuständig.

Die enthaltene IEC-Publikation wurde vom TC 82 „Solar photovoltaic energy systems“ erarbeitet.

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

- 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.

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 (1 von 2)

Europäisches Dokument	Internationales Dokument	Deutsches Dokument	Klassifikation im VDE-Vorschriftenwerk
EN 61215 (alle Teile)	IEC 61215 (alle Teile)	DIN EN 61215 (VDE 0126-31) (alle Teile)	VDE 0126-31 (alle Teile)
EN 61215-1	IEC 61215-1	DIN EN 61215-1 (VDE 0126-31-1)	VDE 0126-31-1
EN ISO 291:2008	ISO 291:2008	DIN EN ISO 291:2008-08	–
EN ISO 6427:2014	ISO 6427:2013	DIN EN ISO 6427:2014-08	–

Tabelle NA.1 (2 von 2)

Europäisches Dokument	Internationales Dokument	Deutsches Dokument	Klassifikation im VDE-Vorschriftenwerk
EN ISO 10147:2012	ISO 10147:2011	DIN EN ISO 10147:2013-03	–
EN ISO 11357-1:2009 <i>ersetzt durch:</i>	ISO 11357-1:2009 <i>ersetzt durch:</i>	DIN EN ISO 11357-1:2010-03 <i>ersetzt durch:</i>	–
EN ISO 11357-1:2016	ISO 11357-1:2016	DIN EN ISO 11357-1:2017-02	–
EN ISO 11357-2	ISO 11357-2	DIN EN ISO 11357-2	–
EN ISO 11357-3	ISO 11357-3	DIN EN ISO 11357-3	–
EN ISO/IEC 17025:2005	ISO/IEC 17025:2005	DIN EN ISO/IEC 17025:2005-08	–

Nationaler Anhang NB (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN 61215 (VDE 0126-31) (alle Teile), *Terrestrische Photovoltaik-(PV-)Module – Bauarteignung und Bauartzulassung*

DIN EN 61215-1 (VDE 0126-31-1), *Terrestrische Photovoltaik-(PV-)Module – Bauarteignung und Bauartzulassung – Teil 1: Prüfanforderungen*

DIN EN ISO 10147:2013-03, *Rohre und Fittings aus vernetztem Polyethylen (PE-X) – Berechnung des Grades der Vernetzung durch Bestimmung des Gel-Gehaltes (ISO 10147:2011); Deutsche und Englische Fassung EN ISO 10147:2012*

DIN EN ISO 11357-1:2017-02, *Kunststoffe – Dynamische Differenz-Thermoanalyse (DSC) – Teil 1: Allgemeine Grundlagen (ISO 11357-1:2016); Deutsche Fassung EN ISO 11357-1:2016*

DIN EN ISO 11357-2, *Kunststoffe – Dynamische Differenz-Thermoanalyse (DSC) – Teil 2: Bestimmung der Glasübergangstemperatur und der Glasübergangsstufenhöhe*

DIN EN ISO 11357-3, *Kunststoffe – Dynamische Differenz-Thermoanalyse (DSC) – Teil 3: Bestimmung der Schmelz- und Kristallisationstemperatur und der Schmelz- und Kristallisationsenthalpie*

DIN EN ISO 291:2008-08, *Kunststoffe – Normalklimate für Konditionierung und Prüfung (ISO 291:2008); Deutsche Fassung EN ISO 291:2008*

DIN EN ISO 6427:2014-08, *Kunststoffe – Bestimmung der extrahierbaren Bestandteile durch organische Lösemittel (Standardverfahren) (ISO 6427:2013); Deutsche Fassung EN ISO 6427:2014*

DIN EN ISO/IEC 17025:2005-08, *Allgemeine Anforderungen an die Kompetenz von Prüf- und Kalibrierlaboratorien (ISO/IEC 17025:2005); Deutsche und Englische Fassung EN ISO/IEC 17025:2005*

Messverfahren für Werkstoffe,
die in Photovoltaik-Modulen verwendet werden –
Teil 1-6: Verkapselungssstoffe –
Prüfverfahren zur Bestimmung des Aushärtungsgrads der
Ethylen-Vinyl-Acetat-Verkapselung
(IEC 62788-1-6:2017)

Measurement procedures for materials used in
photovoltaic modules –
Part 1-6: Encapsulants –
Test methods for determining the degree of cure
in Ethylene-Vinyl Acetate
(IEC 62788-1-6:2017)

Procédures de mesure des matériaux utilisés
dans les modules photovoltaïques –
Partie 1-6: Encapsulants –
Méthodes d'essai pour déterminer le degré de
durcissement dans l'éthylène-acétate de vinyle
(IEC 62788-1-6:2017)

Diese Europäische Norm wurde von CENELEC am 2017-03-03 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, der ehemaligen jugoslawischen Republik Mazedonien, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, 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: Avenue Marnix 17, B-1000 Brüssel

© 2017 CENELEC – Alle Rechte der Verwertung, gleich in welcher Form und in welchem Verfahren, sind weltweit den Mitgliedern von CENELEC vorbehalten.

Ref. Nr. EN 62788-1-6:2017 D

Europäisches Vorwort

Der Text des Dokuments 82/1197/FDIS, zukünftige 1. Ausgabe der IEC 62788-1-6, erarbeitet vom IEC/TC 82 „Solar photovoltaic energy systems“, wurde zur parallelen IEC-CENELEC-Abstimmung vorgelegt und von CENELEC als EN 62788-1-6:2017 angenommen.

Nachstehende Daten wurden festgelegt:

- spätestes Datum, zu dem dieses Dokument auf nationaler Ebene durch Veröffentlichung einer identischen nationalen Norm oder durch Anerkennung übernommen werden muss (dop): 2017-12-03
- spätestes Datum, zu dem nationale Normen, die diesem Dokument entgegenstehen, zurückgezogen werden müssen (dow): 2020-03-03

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. CENELEC [und/oder CEN] sind nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Anerkennungsnotiz

Der Text der Internationalen Norm IEC 62788-1-6:2017 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 61215 (Reihe)	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN 61215 (Reihe).
ISO 11357-2	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN ISO 11357-2.
ISO 11357-3	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN ISO 11357-3.

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	2
1 Anwendungsbereich.....	5
2 Normative Verweisungen	5
3 Begriffe	5
4 Kurzbeschreibung	6
5 DSC-Sekundärverfahren.....	7
5.1 Messgerät und Messeinrichtung für das Sekundärverfahren	7
5.1.1 Allgemeines.....	7
5.1.2 Elektronische Waage	7
5.1.3 Gerät für die Dynamische Differenz-Thermoanalyse.....	7
5.1.4 Kalibrierung des Messgerätes	7
5.2 Vorbereitung von Prüflingen für das Sekundärverfahren.....	8
5.2.1 Probenahme und Lagerung	8
5.2.2 Vorbereitungsverfahren.....	8
5.3 Prüfanforderungen für das Sekundärverfahren	9
5.3.1 Umgebungsanforderungen	9
5.3.2 Parametereinstellungen (Restenthalpie-Verfahren)	9
5.3.3 Parameter-Einstellungen (Schmelz/Gefrier-Verfahren)	9
5.3.4 Parameter-Einstellungen (kombiniertes Enthalpie- und Schmelz/Gefrier-Verfahren)	9
5.4 Prüfverfahren für das Sekundärverfahren.....	10
5.5 Berechnung und Darstellung der Ergebnisse für das Sekundärverfahren	10
5.5.1 Enthalpie-Verfahren	10
5.5.2 Schmelz/Gefrier-Verfahren	11
5.6 Messunsicherheit für das Sekundärverfahren	15
6 Das Primärverfahren	15
6.1 Kurzbeschreibung des Primärverfahrens.....	15
6.2 Messgerät und Messeinrichtung für das Primärverfahren	16
6.2.1 Elektronische Waage	16
6.2.2 Soxhlet-Extraktor.....	16
6.2.3 Extraktionskartusche.....	16
6.2.4 Heizeinrichtung	16
6.2.5 Handhabung des Prüfgerätes	17
6.2.6 Lösemittel	17
6.3 Vorbereitung von Prüflingen für das Primärverfahren.....	17
6.3.1 Probenahme und Lagerung	17
6.3.2 Vorbereitungsverfahren.....	18
6.4 Prüfanforderungen an das Primärverfahren – Umgebungsanforderungen	18

	Seite
6.5 Prüfverfahren für das Primärverfahren.....	18
6.6 Berechnung und Darstellung der Ergebnisse für das Primärverfahren	19
7 Prüfbericht	19
Anhang A (informativ) Einschränkungen der Primär- und Sekundär-Messverfahren	20
Literaturhinweise.....	22
Anhang ZA (normativ) Normative Verweisungen auf internationale Publikationen mit ihren entsprechenden europäischen Publikationen	24
Bilder	
Bild 1 – Beispielergebnis für das DSC-Restenthalpie-Verfahren	11
Bild 2 – Position der beim DSC-Schmelz/Gefrier-Verfahren verwendeten Temperaturen und Temperaturbereichen	12
Bild 3 – Beispiel für die Temperaturgrenzen, die bei einem automatischen Software- Integrationsalgorithmus angewendet werden	14
Bild 4 – Darstellung des Messprofils für einen EVA-Prüfling.....	15
Tabellen	
Tabelle 1 – Zusammenfassung der Ergebnisse für die in Bild 2 dargestellten Beispielmessungen.....	13

1 Anwendungsbereich

Dieser Teil von IEC 62788 legt die Terminologie, die Prüfeinrichtung, die Prüfumgebung, die Vorbereitung von Prüflingen, die Prüfverfahren und den Prüfbericht für die Messung des Aushärtungsgrades von Verkapselungsfolien aus Ethylenvinylacetat (EVA) (en: Ethylene-Vinyl Acetate) zur Verwendung in Photovoltaik(PV)-Modulen fest. Die dynamische Differenz-Thermoanalyse (sowohl Restenthalpie als auch Schmelz/Gefrier-Protokoll) und Gel-Gehaltverfahren sind hier eingeschlossen. Dieses Verfahren kann von Werkstoff- oder Modulherstellern verwendet werden, um nachzuweisen, dass das Vernetzungsadditiv vorhanden und wirksam ist. Das Verfahren kann auch zum Nachweis des Modulherstellungsprozesses (Laminierung) für Zwecke der Qualitätssicherung und Prozesssteuerung verwendet werden. Das Verfahren kann zudem sowohl zur Beurteilung der Gleichmäßigkeit der EVA-Rezeptur innerhalb einer Rolle als auch zum Vergleich der Abweichung der EVA-Rezeptur von Rolle zu Rolle verwendet werden. Dieses Verfahren kann weiterhin sowohl für nicht ausgehärtete oder kürzlich ausgehärtete EVA-Folien als auch für nicht ausgehärtetes oder kürzlich ausgehärtetes EVA von PV-Modulen verwendet werden.

Dieses Prüfverfahren kann außerdem auch für andere vernetzende ethylenische Copolymere verwendet werden, welche kein EVA sind. Die bei den Kalorimetriemessungen in diesem Verfahren ermittelten Temperaturen wurden für EVA optimiert. Deshalb muss der Bereich der Prüftemperaturen möglicherweise auf der Grundlage der tatsächlichen Temperatur des Härtungsmittels und/oder der Schmelz/Gefrier-Temperatur des Grundwerkstoffs angepasst werden, wenn das Prüfverfahren für andere Verkapselungswerkstoffe verwendet wird.

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 61215-1, *Terrestrial photovoltaic (PV) modules – Design qualification and type approval – Part 1: Test requirements*

ISO/IEC 17025:2005, *General requirements for the competence of testing and calibration laboratories*

ISO 291:2008, *Plastics – Standard atmospheres for conditioning and testing*

ISO 6427:2013, *Plastics – Determination of matter extractable by organic solvents (conventional methods)*

ISO 11357-1:2009, *Plastics – Differential scanning calorimetry (DSC) – Part 1: General principles*

ISO 10147:2011, *Pipes and fittings made of crosslinked polyethylene (PE-X) – Estimation of the degree of cross-linking by determination of the gel content*

ASTM D2765-11, *Standard test methods for determination of gel content and swell ratio of crosslinked ethylene plastics*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach **IEC/TS 61836** und die folgenden Begriffe.

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

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

ANMERKUNG Berechnungen, die sich auf diese Definitionen beziehen, sind in **5.5** angegeben.

3.1

Aushärtungsgrad

G

einheitenloser Parameter, der das Maß der Vernetzung innerhalb von EVA beschreibt

Anmerkung 1 zum Begriff: Im Gegensatz zur Vernetzungsdichte, welche eine durch die Theorie der Gummi-Elastizität festgelegte physikalische Größe ist, darf der Aushärtungsgrad in einem Polymer mittels eines beliebigen experimentellen Verfahrens beurteilt werden, welches teilweise ausgehärtete Prüflinge gegenseitig oder in Bezug zu einem Referenz-Werkstoff unterscheidet. Der Aushärtungsgrad kann mit dem Gel-Gehalt korreliert werden, welcher der Massenanteil von unlöslichem Werkstoff (als vernetzt angenommen) innerhalb des Prüflings ist.

3.2

Wärmestrom

$\dot{Q}$

Wärmefluss über eine festgelegte Fläche in Richtung eines Temperaturgefälles, in W

Anmerkung 1 zum Begriff: Der spezifische Wärmestrom q ist als der Wärmestrom je Masseneinheit des Prüflings, in W g^{-1} , festgelegt.

3.3

Dynamische Differenz-Thermoanalyse (en: Differential Scanning Calorimetry)

DSC

ein in ISO 11357-1 beschriebenes thermoanalytisches Verfahren, bei welchem die Differenz zwischen der zur Änderung der Temperatur eines Werkstoffprüflings erforderlichen Wärmestrommenge und einer Referenz in Abhängigkeit von Temperatur oder Zeit gemessen wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Sowohl der Prüfling als auch die Referenz werden während der DSC-Charakterisierung bei annähernd gleicher Temperatur gehalten. DSC darf zur Quantifizierung der Wärmemenge angewendet werden, welche während der Verarbeitung (Aushärtung) von EVA erzeugt oder aufgenommen wird. Die Auswirkungen der Vernetzung, welche sich aus Änderungen der Molekülstruktur des EVA ergeben, dürfen ebenfalls unter Verwendung von DSC bei der Phasenumwandlung (Glasübergang, Schmelzpunkt und Kristallisationstemperatur) untersucht werden. Die Ermittlung der Temperaturen der Phasenumwandlung ist in ISO 11357-2 und ISO 11357-3 beschrieben.

3.4

Gerät für die Dynamische Differenz-Thermoanalyse

Messgerät, das zur Messung der Differenz des Wärmestroms zwischen dem Prüftiegel (der den Prüfling enthält) und dem Bezugstiegel (üblicherweise leer) verwendet wird

3.5

Gel-Gehalt

Prozentsatz des Massenanteils von unlöslichen Polymeren in einer festgelegten Lösung nach der Extraktion entsprechend den festgelegten Prüfbedingungen

Anmerkung 1 zum Begriff: Das Gel setzt sich üblicherweise aus unlöslichem vernetztem Werkstoff zusammen.

4 Kurzbeschreibung

Der Aushärtungsgrad von EVA kann unter Verwendung eines „Sekundärverfahrens“, wie zum Beispiel der Dynamischen Differenz-Thermoanalyse (DSC, ISO 11357-1), welche in [Abschnitt 5](#) beschrieben ist, schnell ermittelt werden. Die in [Anhang A](#) festgelegten alternativen Sekundärverfahren oder Spezialgeräte dürfen auch direkt zu Herstellungszwecken und zur Qualitätssteuerung eingesetzt werden. Wenn die Ergebnisse des Sekundärverfahrens zwischen verschiedenen Institutionen zu vergleichen sind, müssen sie unter Verwendung eines langsameren, allgemeineren „Primärverfahrens“, dem in [Abschnitt 6](#) beschriebenen Gel-Gehalt-Verfahren, auf ähnliche Weise wie in ISO 6427, ISO 10147 und ASTM D2765 beschrieben kalibriert werden. Das Primärverfahren darf auch für die Forschung und Entwicklung angewendet werden, wenn die Ergebnisse des Sekundärverfahrens für verschiedene EVA-Rezepturen zu vergleichen sind. Ein Prüfverfahren für das Primärverfahren ist in [Abschnitt 6](#) beschrieben. Die Ergebnisse der Primär- oder Sekundärverfahren dürfen zu den Modul-Qualifizierungsprüfungen (Normenreihe IEC 61215) korreliert werden, oder es sind zusätzliche Daten zur Haltbarkeit im Einsatz zur Ermittlung des erforderlichen Mindest-Aushärtungs-