

	Leitlinie zur Bestimmung der Wirkung ionisierender Strahlung auf Isolierstoffe Teil 2: Verfahren zur Bestrahlung und Prüfung (IEC 544-2 : 1991)	DIN IEC 544-2
VDE	Diese Norm ist zugleich eine VDE-Bestimmung im Sinne von VDE 0022. Sie ist nach Durchführung des vom VDE-Vorstand beschlossenen Genehmigungsverfahrens unter nebenstehenden Nummern in das VDE-Vorschriftenwerk aufgenommen und in der etz Elektrotechnische Zeitschrift bekanntgegeben worden.	Klassifikation VDE 0306 Teil 2
ICS 29.040.20 Deskriptoren: Elektroisolierstoff, Bestrahlung, ionisierende Strahlung, Prüfverfahren, Leitlinie Guide for determining the effects of ionizing radiation on insulating materials – Part 2: Procedures for irradiation and test (IEC 544-2:1991) Guide pour la détermination des effets des rayonnements ionisants sur les matériaux isolants – Deuxième partie: Méthodes d'irradiation et d'essai (CEI 544-2:1991) Die Internationale Norm IEC 544-2:1991, „Guide for determining the effects of ionizing radiation on insulating materials – Part 2: Procedures for irradiation and test“, ist unverändert in diese Deutsche Norm übernommen worden. Beginn der Gültigkeit Diese Norm gilt ab 1. März 1996. Norm-Inhalt war veröffentlicht als E DIN VDE 0306-2 (VDE 0306 Teil 2):1991-01. Ersatz für DIN VDE 0306-2 (VDE 0306 Teil 2):1985-07 und DIN VDE 0306-3 (VDE 0306 Teil 3):1985-07 Fortsetzung Seite 2 bis 17 Deutsche Elektrotechnische Kommission im DIN und VDE (DKE) Normenausschuß Kerntechnik (NKe) im DIN Deutsches Institut für Normung e.V. Normenausschuß Kunststoffe (FNK) im DIN Normenausschuß Materialprüfung (NMP) im DIN		

Nationales Vorwort

Diese Norm enthält die deutsche Übersetzung der Internationalen Norm IEC 544-2:1991-08, „Guide for determining the effects of ionizing radiation on insulating materials – Part 2: Procedures for irradiation and test“.

Für die vorliegende Norm ist in Deutschland das nationale Arbeitsgremium AK 181.1.22 „Verhalten gegen ionisierende Strahlung“ des UK 181.1 „Prüfverfahren für feste Isolierstoffe“ der DKE zuständig.

Der Zusammenhang der zitierten Normen mit den entsprechenden Deutschen Normen ist nachstehend wiedergegeben.

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.

Zum Zeitpunkt der Veröffentlichung dieser Norm waren die angegebenen Ausgaben gültig.

Europäische Norm	Internationale Norm	Deutsche Norm	Klassifikation im VDE-Vorschriftenwerk
HD 429 S1:1983	IEC 93:1980	DIN IEC 93 (VDE 0303 Teil 30):1993-12	VDE 0303 Teil 30
HD 568 S1:1990	IEC 167:1964	DIN IEC 167 (VDE 0303 Teil 31):1993-12	VDE 0303 Teil 31
HD 537 S1:1984	IEC 212:1971	DIN IEC 212 (VDE 0308 Teil 1):1995-09	VDE 0308 Teil 1
HD 559.1 S1:1991	IEC 243-1:1988, mod. ¹⁾	E DIN VDE 0303-2 (VDE 0303 Teil 2):1987-03	VDE 0303 Teil 2
EN 60544-1:1995	IEC 544-1:1977	DIN EN 60544-1 (VDE 0306 Teil 1):1996-03	VDE 0306 Teil 1
–	IEC 544-3:1979	DIN VDE 0306-3 (VDE 0306 Teil 3):1985-07	VDE 0306 Teil 3
–	IEC 544-4:1985	DIN VDE 0306-4 (VDE 0306 Teil 4):1987-04	VDE 0306 Teil 4
–	ISO 37:1977	DIN 53504:1994-05	–
–	ISO 48:1979	DIN 53519 Teile 1 und 2:1972-05	–
prEN 20178:1994	ISO 178:1975	E DIN EN 20178:1994-08	–
prEN 20179:1994	ISO 179:1982	E DIN EN 20179:1994-08	–
prEN 20527-1:1994-08	ISO R 527:1966	E DIN EN 20527-1:1994-08	–
–	ISO 815:1972	DIN 53517:1987-04	–
–	ISO 868:1985	DIN 53505:1987-06	–
1) Der hier zitierte deutsche Norm-Entwurf enthält die deutsche Übersetzung zur entsprechenden IEC 243-1:1990, deren modifizierte Fassung als HD 559.2 S1:1991 ratifiziert wurde; die Deutsche Norm ist in Vorbereitung.			

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN 53504	Prüfung von Kautschuk und Elastomeren – Bestimmung von Reißfestigkeit, Zugfestigkeit, Reißdehnung und Spannungswerten im Zugversuch
DIN 53505	Prüfung von Kautschuk, Elastomeren und Kunststoffen – Härteprüfung nach Shore A und Shore D
DIN 53517	Prüfung von Kautschuk und Elastomeren – Bestimmung des Druckverformungsrestes nach konstanter Verformung
DIN 53519-1	Prüfung von Elastomeren – Bestimmung der Kugeldruckhärte von Weichgummi, Internationaler Gummihärtegrad (IRHD), Härteprüfung an Normproben
DIN 53519-2	Prüfung von Elastomeren – Bestimmung der Kugeldruckhärte von Weichgummi, Internationaler Gummihärtegrad (IRHD), Härteprüfung an Proben geringer Abmessungen, Mikrohärteprüfung
DIN EN 60544-1 (VDE 0306 Teil 1)	Elektroisolierstoffe – Bestimmung der Wirkung ionisierender Strahlung – Teil 1: Einfluß der Strahlenwirkung und Dosimetrie (IEC 544-1:1994); Deutsche Fassung EN 60544-1:1994
E DIN EN 20178	Kunststoffe – Bestimmung der Biegeeigenschaften (ISO 178:1993); Deutsche Fassung prEN 20178:1994
E DIN EN 20179	Kunststoffe – Bestimmung der Charpy-Schlagzähigkeit (ISO 179:1993); Deutsche Fassung prEN 20179:1994
E DIN EN 20527-1	Kunststoffe – Bestimmung der Zugeigenschaften – Teil 1: Allgemeine Grundsätze (ISO 527-1:1993); Deutsche Fassung prEN 20527-1:1994
DIN IEC 93 (VDE 0303 Teil 30)	Prüfverfahren für Elektroisolierstoffe – Spezifischer Durchgangswiderstand und spezifischer Oberflächenwiderstand von festen, elektrisch isolierenden Werkstoffen (IEC 93:1980); Deutsche Fassung HD 429 S1:1983
DIN IEC 167 (VDE 0303 Teil 31)	Prüfverfahren für Elektroisolierstoffe – Isolationswiderstand von festen isolierenden Werkstoffen (IEC 167:1964); Deutsche Fassung HD 568 S1:1990
DIN IEC 212 (VDE 0308 Teil 1)	Standardbedingungen für die Anwendung vor und während der Prüfung von festen Elektroisolierstoffen (IEC 212:1971); Deutsche Fassung HD 437 S1:1984
E DIN VDE 0303-2 (VDE 0303 Teil 2)	Prüfung von Isolierstoffen – Durchschlagspannung und Durchschlagfestigkeit bei technischen Frequenzen; Identisch mit IEC 15A(CO)52
E DIN VDE 0306-2 (VDE 0306 Teil 2)	Leitlinie zur Bestimmung der Wirkung ionisierender Strahlung auf Isolierstoffe – Teil 2: Verfahren zur Bestrahlung und Prüfung; Identisch mit IEC 15B(CO)81
DIN VDE 0306-4 (VDE 0306 Teil 4)	Leitlinie zur Bestimmung der Wirkung ionisierender Strahlung auf Isolierstoffe – Klassifikationssystem für den Einsatz unter Strahlung; Identisch mit IEC 544-4, Ausgabe 1985

Änderungen:

Gegenüber **DIN VDE 0306-2 (VDE 0306 Teil 2):1985-07** und **DIN VDE 0306-3 (VDE 0306 Teil 3):1985-07** wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- Beide Teile wurden in einem Teil zusammengefaßt und damit die internationalen Festlegungen übernommen.

Frühere Ausgaben:

DIN 53750:1970-07

DIN 53751:1975-01

DIN VDE 0306-2 (VDE 0306 Teil 2):1985-07

DIN VDE 0306-3 (VDE 0306 Teil 3):1985-07

Deutsche Übersetzung
INTERNATIONALE ELEKTROTECHNISCHE KOMMISSION
IEC 544-2
Zweite Ausgabe 1991-08
Leitlinie zur Bestimmung der Wirkung ionisierender Strahlung auf Isolierstoffe
Teil 2: Verfahren zur Bestrahlung und Prüfung

Inhalt

	Seite
Vorwort	5
Einführung	5
1 Einleitung	6
2 Zweck und Anwendungsbereich	7
3 Bestrahlung	7
3.1 Strahlenart und Dosimetrie	7
3.2 Bestrahlungsbedingungen	7
3.3 Probekörperherstellung	8
3.4 Bestrahlungsverfahren	8
3.4.1 Kontrolle der Dosisleistung	8
3.4.2 Kontrolle der Bestrahlungstemperatur	8
3.4.3 Bestrahlung in Luft	8
3.4.4 Bestrahlung in einem anderen Medium als Luft	8
3.4.5 Bestrahlung im Vakuum	9
3.4.6 Bestrahlung bei erhöhtem Druck	9
3.4.7 Bestrahlung unter mechanischer Beanspruchung	9
3.4.8 Bestrahlung unter elektrischer Beanspruchung	9
3.4.9 Kombinierte Bestrahlungsverfahren	9
3.5 Behandlung nach der Bestrahlung	9
3.6 Festgelegte Bestrahlungsbedingungen	9
4 Prüfung	9
4.1 Allgemeines	9
4.2 Prüfverfahren	10
4.3 Beständigkeitskriterien	10
4.3.1 Eigenschaftsgrenzwerte	10
4.3.2 Energiedosiswerte	11
4.4 Auswertung	11
5 Prüfbericht	11
5.1 Werkstoff	11
5.2 Bestrahlung	11
5.3 Prüfung	11
5.4 Ergebnisse	11
Anhang A: Beispiele	12
Anhang B: Schrifttum	17

Vorwort

1. Die offiziellen Beschlüsse oder Vereinbarungen der IEC über technische Fragen, die in Technischen Komitees von Vertretern aller an dem behandelten Thema besonders interessierten Nationalen Komitees erarbeitet werden, bringen das höchstmögliche Maß internationaler Übereinstimmung für das behandelte Sachgebiet zum Ausdruck.
2. Sie stellen Empfehlungen zur internationalen Anwendung dar und sind als solche von den Nationalen Komitees angenommen.
3. Um die internationale Vereinheitlichung zu fördern, wünscht die IEC, daß alle Nationalen Komitees den Text der IEC-Empfehlungen soweit in ihre nationalen Regeln übernehmen, wie es die Gegebenheiten im jeweiligen Land gestatten. Jede Abweichung zwischen der IEC-Empfehlung und der entsprechenden nationalen Regel sollte in dieser, soweit möglich, deutlich gekennzeichnet werden.

Einführung

Diese Norm wurde im Unterkomitee 15B „Endurance tests“ der IEC Technisches Komitee Nr. 15 „Insulating materials“ aufbereitet.

Der Text dieser Norm basiert auf folgenden Schriftstücken:

DIS	Abstimmungsbericht
15B(CO)81	5B(CO)87

Weitere Informationen zur Abstimmung dieser Norm können dem in der Tabelle bezeichneten Abstimmungsbericht entnommen werden.

Diese zweite Ausgabe der IEC 544-2 ersetzt die erste Ausgabe aus 1979 und auch IEC 544-3 aus 1979.

Folgende IEC-Publikationen sind in dieser Norm zitiert:

IEC 93:1980	Methods of test for volume resistivity and surface resistivity of solid electrical insulating materials
IEC 167:1964	Methods of test for the determination of the insulation resistance of solid insulating materials
IEC 212:1971	Standard conditions for use prior to and during the testing of solid insulating materials
IEC 243-1:1988	Recommended methods of test for electric strength of solid insulating materials at power frequencies
IEC 544-1:1977	Guide for determining the effects of ionizing radiation on insulation materials – Part 1: Radiation interaction
IEC 544-4:1985	Guide for determining the effects of ionizing radiation on insulation materials – Part 4: Classification system for service in radiation environments

Andere zitierte Publikationen:

ISO 37:1977	Rubber, vulcanized – Determination of tensile stress-strain properties
ISO 48:1979	Vulcanized rubbers – Determination of hardness (Hardness between 30 and 85 IRHD)
ISO 178:1975	Plastics – Determination of flexural properties of rigid plastics
ISO 179:1982	Plastics – Determination of Charpy impact strength of rigid materials
ISO/R 527:1966	Plastics – Determination of tensile properties
ISO 815:1972	Vulcanized rubbers – Determination of compression set under constant deflection at normal and high temperatures
ISO 868:1985	Plastics and ebonite – Determination of indentation hardness by means of a durometer (Shore hardness)

1 Einleitung

Bei der Auswahl von Isolierstoffen für Anwendungen in Bereichen mit ionisierender Strahlung muß der Konstrukteur über zuverlässige Prüfdaten verfügen, um die verschiedenen Werkstoffe miteinander vergleichen zu können. Die Kennwerte müssen, um verwendbar zu sein, mit genormten Verfahren ermittelt werden, die so ausgelegt sein sollten, daß sie die Einflüsse unterschiedlicher Bestrahlungsbedingungen auf die relevanten Eigenschaften ausreichend erfassen. Dies ist besonders dann zu beachten, wenn niedrige Dosisleistungen die üblichen Betriebsbedingungen darstellen, während die Auswahl der Isolierstoffe aufgrund von Strahlenbeständigkeitsdaten erfolgen soll, die durch Bestrahlung mit hoher Dosisleistung gewonnen wurden.

Die Umgebungsbedingungen müssen während der Ermittlung der Strahlenwirkungen sorgfältig kontrolliert und dokumentiert werden. Wichtige Umgebungsparameter sind Temperatur, reaktive Medien sowie mechanische und elektrische Beanspruchungen während der Bestrahlung. In Luft können strahleninduzierte Reaktionsprodukte Zerfallsreaktionen mit Sauerstoff eingehen, die bei Abwesenheit von Sauerstoff nicht eintreten könnten. Das ist der Grund dafür, daß bei der Bestrahlung bestimmter Polymere in Luft ein Einfluß der Dosisleistungen beobachtet wird. Als Folge davon kann die Beständigkeit um Gußanordnungen niedriger sein als bei Bestrahlung der Proben in Vakuum oder Inertgas. Es wird allgemein vom „Dosisleistungs-Effekt“ gesprochen, der in der zitierten Literatur [1] bis [14] des [Anhangs B](#) erläutert wird.

ANMERKUNG: Für den Anwender dieser Norm, der sich mit dieser Problematik gründlicher befassen möchte, ist im [Anhang B](#) ein Literaturverzeichnis angegeben.

Die Dauer der Bestrahlung kann von Bedeutung sein bei zeitabhängigen Einflüssen, hervorgerufen durch

- a) physikalische Effekte, wie diffusions-kontrollierte Oxidation [8], [10] und
- b) chemische Effekte, wie geschwindigkeitsbestimmende Zerfallsreaktionen von Hydroperoxiden [10], [14].

Die typischen diffusions-kontrollierten Effekte werden gewöhnlich bei der Bestrahlung von Polymeren in Luft beobachtet. Ihre Bedeutung hängt von der Wechselwirkung zwischen der Geometrie des Polymers und der Permeations- und Umsatzgeschwindigkeit des Sauerstoffs, beide temperaturabhängig, ab. Das bedeutet, daß bei Bestrahlung dicker Proben die Oxidation auf die Oberfläche beschränkt bleibt und die Werkstoffeigenschaften kaum stärker verändert werden als bei Bestrahlung unter Sauerstoffausschluß. Wenn also die Werkstoffe über einen längeren Zeitraum bei niedriger Dosisleistung in Luft eingesetzt werden sollen, so ist die Bestrahlung mit der gleichen Gesamt-Energiedosis während einer kurzen Bestrahlungszeit unter Umständen nicht zur Prüfung geeignet. Die Heranziehung bereits vorliegender Untersuchungen sowie die Berücksichtigung der Probendicke und des Sauerstoffdiffusionskoeffizienten können eventuell zur Beurteilung ausreichen. Ein Verfahren zur Beschleunigung der Wirkung der Sauerstoffdiffusion durch Prüfung unter Sauerstoffdruck wird z. Z. erarbeitet [8].

Strahleninduzierte Reaktionen sind temperaturabhängig. Eine Erhöhung der Reaktionsgeschwindigkeit mit der Temperatur kann eine synergistische Wirkung von Strahlung und Wärme bewirken. Bei der gebräuchlichen zeitraffenden Prüfung der Wärmealterung wird die Arrheniusmethode angewendet, die eine Gleichung verwendet, die auf grundlegender chemischer Kinetik beruht. Das Gebiet der Alterung durch Strahlung ist trotz beträchtlich verstärkter Untersuchungen der Methodik weit weniger entwickelt [9]. Allgemeine Beziehungen, die die Dosis, die Bestrahlungszeit, die Aktivierungsenergie, die Dosisleistung und die Temperatur umfassen, werden gegenwärtig auf ihre Eignung für Alterungsuntersuchungen geprüft [10] bis [12]. Die häufig praktizierte sequentielle Beanspruchung durch Strahlung und Wärme kann sehr unterschiedliche Ergebnisse liefern, je nachdem, ob vor oder nach der Bestrahlung erwärmt wird, und daher können synergistische Effekte dadurch nicht richtig simuliert werden [13], [14].

Die an Isolierstoffe gestellten Anforderungen hinsichtlich der elektrischen und mechanischen Eigenschaften einerseits und deren zulässigen Änderungen durch Strahlung andererseits sind zu vielfältig, als daß im Rahmen einer Norm bestimmte Eigenschaftswerte festgelegt werden könnten. Das gleiche gilt für die Bestrahlungsbedingungen. Es werden daher in dieser Norm lediglich einige wenige Eigenschaften und Bestrahlungsbedingungen empfohlen, die nach bisher vorliegenden Erfahrungen wichtig sind. Diese Eigenschaften sind gegenüber Strahlung besonders empfindlich. Für einen konkreten Anwendungsfall können andere Eigenschaften auszuwählen sein.

Teil 1 dieser Reihe von Normen ([IEC 544-1](#)) bringt eine ausführliche Einführung in die Problematik, die mit der Ermittlung von Strahlenwirkungen verbunden ist. Er bringt auch eine Einführung in die Terminologie der Dosimetrie, verschiedene Methoden der Ionen- und Energiedosismessung sowie Verfahren zur Berechnung der Energiedosis in einem bestimmten Material aus den Ergebnissen der angewendeten dosimetrischen Methode. Der Teil 4 ([IEC 544-4](#)) definiert ein Klassifikationssystem zur Einteilung der Strahlenbeständigkeit von Isolierstoffen in Kategorien. Er legt eine Reihe von Parametern zur Kennzeichnung der Brauchbarkeit in Bereichen mit ionisierender Strahlung fest. Das System ist eine Leitlinie für die Auswahl und Kennzeichnung von Isolierstoffen und für die Werkstoffanforderungen. Der frühere Teil 3 ([IEC 544-3](#)) ist in den vorliegenden neuen Teil 2 eingearbeitet worden.