

DIN EN 16016-2



ICS 19.100

**Zerstörungsfreie Prüfung –
Durchstrahlungsverfahren - Computertomografie –
Teil 2: Grundlagen, Geräte und Proben;
Deutsche Fassung EN 16016-2:2011**

Non destructive testing –
Radiation methods - Computed tomography –
Part 2: Principle, equipment and samples;
German version EN 16016-2:2011

Essais non destructifs –
Méthodes par rayonnements - Tomographie numérisée –
Partie 2: Principes, équipements et échantillons;
Version allemande EN 16016-2:2011

Gesamtumfang 25 Seiten

Normenausschuss Materialprüfung (NMP) im DIN

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (EN 16016-2:2011) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 138 „Zerstörungsfreie Prüfung“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom AFNOR (Frankreich) gehalten wird.

Das zuständige deutsche Gremium ist der NA 062-08-22 AA „Durchstrahlungsprüfung und Strahlenschutz“ im Normenausschuss Materialprüfung (NMP).

Deutsche Fassung

Zerstörungsfreie Prüfung —
Durchstrahlungsverfahren —
Computertomographie —
Teil 2: Grundlagen, Geräte und Proben

Non destructive testing —
Radiation methods —
Computed tomography —
Part 2: Principle, equipment and samples

Essais non destructifs —
Méthodes par rayonnements —
Tomographie numérisée —
Partie 2: Principes, équipements et échantillons

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 29. Juli 2011 angenommen.

Die CEN-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 Management-Zentrum des CEN-CENELEC oder bei jedem CEN-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

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

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



EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG
EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION
COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION

Management-Zentrum: Avenue Marnix 17, B-1000 Brüssel

Inhalt

Seite

Vorwort	3
Einleitung.....	4
1 Anwendungsbereich	5
2 Normative Verweisungen.....	5
3 Begriffe	5
4 Allgemeine Grundlagen	5
4.1 Wesentliche Grundsätze	5
4.2 Vorteile der CT	6
4.3 Einschränkungen der CT	6
4.4 Hauptschritte des CT-Prozesses.....	7
4.4.1 Datenerfassung.....	7
4.4.2 Rekonstruktion.....	8
4.4.3 Darstellung und Analyse.....	8
4.5 Artefakte in CT-Bildern.....	9
5 Ausrüstung und Geräte.....	9
5.1 Allgemeines	9
5.2 Strahlenquellen	10
5.3 Detektoren	11
5.4 Manipulation.....	11
5.5 Erfassungs-, Rekonstruktions-, Darstellungs- und Speichersystem	12
6 CT-Systemstabilität	12
6.1 Allgemeines	12
6.2 Stabilität der Röntgenstrahlung	13
6.3 Stabilität des Manipulators	13
7 Geometrische Ausrichtung (Justierung).....	13
8 Betrachtungen hinsichtlich der Probe.....	14
8.1 Größe und Form der Probe	14
8.2 Materialien (einschließlich Tabelle Spannung/Eindringtiefe)	14
Anhang A (informativ) Bauteile des CT-Systems.....	16
A.1 Strahlenquellen	16
A.1.1 Röntgengeräte mit offener Röhre	16
A.1.2 Röntgengeräte mit geschlossener Röhre	17
A.1.3 Linearbeschleuniger.....	18
A.1.4 Röntgentargetanordnungen	18
A.2 Detektoren	19
A.2.1 Ionisationsdetektoren	19
A.2.2 Szintillationsdetektoren	20
A.2.3 Halbleiterdetektoren	20
A.3 Manipulation.....	20
A.4 Datenerfassungs-, Rekonstruktions-, Darstellungs- und Speichersystem	21
A.4.1 Datenerfassungssystem	21
A.4.2 Rekonstruktionssystem	21
A.4.3 Darstellungssystem.....	22
A.4.4 Speichersystem	22
Literaturhinweise	23

Vorwort

Dieses Dokument (EN 16016-2:2011) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 138 „Zerstörungsfreie Prüfung“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom AFNOR gehalten wird.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis Februar 2012, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis Februar 2012 zurückgezogen werden.

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

EN 16016 besteht aus den folgenden Teilen:

- *Zerstörungsfreie Prüfung — Durchstrahlungsverfahren - Computertomografie — Teil 1: Terminologie*
- *Zerstörungsfreie Prüfung — Durchstrahlungsverfahren - Computertomografie — Teil 2: Grundlagen, Geräte und Proben*
- *Zerstörungsfreie Prüfung — Durchstrahlungsverfahren - Computertomografie — Teil 3: Durchführung und Auswertung*
- *Zerstörungsfreie Prüfung — Durchstrahlungsverfahren - Computertomografie — Teil 4: Qualifizierung*

Entsprechend der CEN/CENELEC-Geschäftsordnung sind die nationalen Normungsinstitute der folgenden Länder gehalten, diese Europäische Norm zu übernehmen: Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, Niederlande, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, Schweiz, Slowakei, Slowenien, Spanien, Tschechische Republik, Ungarn, Vereinigtes Königreich und Zypern.

Einleitung

Dieses Dokument bietet einen Leitfaden zu den allgemeinen Grundlagen der Röntgencomputertomografie (CT), der für die industrielle Bildgebung gilt (industriell bedeutet im Rahmen dieser Norm nicht medizinische Anwendungen); es bietet auch einen einheitlichen Satz von Festlegungen zu CT-Leistungsparametern, einschließlich der Art des Zusammenhangs dieser Leistungsparameter mit den Spezifikationen des CT-Systems. Das vorliegende Dokument befasst sich mit der axialen Computertomografie und schließt weitere Arten der Tomografie, wie z. B. Translationstomografie und Tomosynthese, aus.

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument legt die allgemeinen Grundlagen der Computertomografie (CT) sowie die angewendeten Geräte und grundsätzliche Überlegungen zu Proben, Materialien und Geometrie fest.

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).

EN 473, *Zerstörungsfreie Prüfung — Qualifizierung und Zertifizierung von Personal der zerstörungsfreien Prüfung — Allgemeine Grundlagen*

EN 16016-1:2011, *Zerstörungsfreie Prüfung — Durchstrahlungsverfahren - Computertomografie — Teil 1: Terminologie*

EN 16016-3:2011, *Zerstörungsfreie Prüfung — Durchstrahlungsverfahren - Computertomografie — Teil 3: Durchführung und Auswertung*

EN 16016-4:2011, *Zerstörungsfreie Prüfung — Durchstrahlungsverfahren - Computertomografie — Teil 4: Qualifizierung*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach EN 16016-1:2011.

4 Allgemeine Grundlagen

4.1 Wesentliche Grundsätze

Computertomografie ist ein radiografisches Untersuchungsverfahren, das dreidimensionale Informationen über einen Prüfgegenstand aus einer Anzahl von radiografischen Projektionen entweder über Querschnittebenen (CT-Schichten) oder über das gesamte Volumen bereitstellt. Die Röntgenbildgebung ist möglich, weil unterschiedliche Materialien unterschiedliche Schwächungskoeffizienten für Röntgenstrahlen aufweisen. In CT-Bildern werden die linearen Schwächungskoeffizienten für Röntgenstrahlen als unterschiedliche Grauwerte (oder in Falschfarben) dargestellt. Bei der konventionellen Röntgenaufnahme wird der dreidimensionale Prüfgegenstand aus einer Richtung durchleuchtet und aus den entsprechenden über die Strahlenbahn angesammelten Werten wird eine Röntgenprojektion erzeugt. Im Gegensatz dazu werden bei einer CT-Abtastung mehrere Röntgenprojektionen eines Prüfgegenstandes unter unterschiedlichen Projektionswinkeln erfasst. Aus diesen Projektionsbildern werden die tatsächlichen Schnitte oder das Volumen rekonstruiert. Der wesentliche Vorteil gegenüber der Radiografie ist die Bewahrung der gesamten volumetrischen Information. Das sich ergebende CT-Bild (2D-CT-Schicht oder 3D-CT-Volumen) ist eine quantitative Darstellung des linearen Schwächungskoeffizienten für Röntgenstrahlen, gemittelt über das endliche Volumen des entsprechenden Volumenelements (Voxel) an jeder Stelle der Probe.

Der lineare Schwächungskoeffizient charakterisiert den lokalen Anteil, der beim Durchgang der Röntgenstrahlen durch den Prüfgegenstand während der Abtastung geschwächt wird. Die Schwächung der Röntgenstrahlen bei der Wechselwirkung mit der Materie ist das Ergebnis mehrerer verschiedener Wechselwirkungsmechanismen: Compton-Streuung und photoelektrische Absorption sind bei Röntgen-CT dabei die vorherrschenden Mechanismen. Der lineare Schwächungskoeffizient hängt von der Kernladungszahl der entsprechenden Materialien ab und ist proportional zur Materialdichte. Er hängt auch von der Energie des Röntgenstrahlenbündels ab.

4.2 Vorteile der CT

Computertomografie (CT) ist ein radiografisches Verfahren, das ein hervorragendes Untersuchungsverfahren sein kann, wenn das Hauptziel in der Lokalisierung und quantitativen Bestimmung volumetrischer Einzelheiten in drei Dimensionen besteht. Da das Verfahren auf Röntgenstrahlung beruht, kann es zusätzlich bei metallischen und nichtmetallischen Proben, festen und faserartigen Materialien und Prüfgegenständen mit glatten und unregelmäßigen Oberflächen angewendet werden.

Im Gegensatz zu konventionellen Röntgenaufnahmen, bei denen die inneren Merkmale (Details) einer Probe auf eine einzelne Bildebene projiziert werden und somit einander überlagern, erscheinen in CT-Bildern die einzelnen Details der Probe getrennt voneinander, wobei die gesamten räumlichen Informationen erhalten bleiben.

Bei einer ordnungsgemäßen Kalibrierung können auch Maßprüfungen und Bestimmungen der Materialdichte erfolgen.

Eine vollständige dreidimensionale Darstellung von untersuchten Prüfgegenständen kann entweder durch Rekonstruktion und Zusammensetzen aufeinander folgender CT-Schichten (2D-CT) oder durch direkte Rekonstruktion von 3D-CT-Bildern (3D-CT) erhalten werden. Die Computertomografie ist somit nützlich auf den Gebieten der Industrieanwendung der zerstörungsfreien Prüfung, 2D- und 3D-Messtechnik und Reverse Engineering.

CT hat gegenüber den herkömmlichen Verfahren der Messtechnik verschiedene Vorteile:

- Erfassung ohne Kontakt;
- Zugang zu internen und externen Maßangaben;
- eine direkte Eingabe für die 3D-Modellierung, insbesondere von inneren Strukturen.

In einigen Fällen können CT-Untersuchungen mit zwei Energien (en: dual energy, DE) dabei helfen, Informationen über die Materialdichte und die mittlere Kernladungszahl bestimmter Materialien zu erhalten. Im Fall von bekannten Materialien können die zusätzlichen Informationen einer besseren Kontrastunterscheidung oder besseren Charakterisierung dienen.

4.3 Einschränkungen der CT

CT ist ein indirektes Prüfverfahren und Messungen (z. B. der Größe der Materialfehler, der Wanddicke) müssen mit anderen absoluten Messverfahren verglichen werden, siehe EN 16016-3. Ein anderer möglicher Nachteil der CT-Bildgebung ist das mögliche Auftreten von Artefakten (siehe 4.5) in den Daten. Artefakte schränken die Möglichkeit ein, quantitative Informationen aus einem Bild zu entnehmen. Deshalb muss der Anwender, wie bei jeder Untersuchungstechnik, in der Lage sein, übliche Artefakte subjektiv zu erkennen und unberücksichtigt zu lassen.

Wie jedes bildgebende System kann ein CT-Gerät niemals ein genaues Bild des abgetasteten Prüfgegenstandes wiedergeben. Die Genauigkeit des CT-Bildes wird im Wesentlichen durch die konkurrierenden Einflüsse des bildgebenden Systems bestimmt, und zwar räumliche Auflösung (Ortsauflösung), statistisches Rauschen und Artefakte. Jeder dieser Aspekte wird kurz in 4.4.1 erörtert. Eine vollständigere Beschreibung ist in EN 16016-3 zu finden.

CT-Grauwerte können nicht zur eindeutigen Identifizierung unbekannter Materialien verwendet werden, es sei denn, es stehen Vorinformationen (A-priori-Informationen) zur Verfügung, da ein bestimmter experimenteller Wert, der an einer bestimmten Stelle gemessen wird, möglicherweise einem breiten Spektrum von Materialien entspricht.

Ein weiterer wichtiger Gesichtspunkt ist die Sicherstellung, dass eine hinreichende Röntgen(strahlen)-transmission durch die Probe bei allen Projektionswinkeln (siehe 8.2) ohne Sättigung eines beliebigen Teils des Detektors vorhanden ist.