

	DIN EN ISO 15708-2	
ICS 19.100	<div>Entwurf</div>	Einsprüche bis 2024-06-12 Vorgesehen als Ersatz für DIN EN ISO 15708-2:2019-09
<p>Zerstörungsfreie Prüfung – Durchstrahlungsverfahren für Computertomographie – Teil 2: Grundlagen, Geräte und Proben (ISO/DIS 15708-2:2024); Deutsche und Englische Fassung prEN ISO 15708-2:2024</p> <p>Non-destructive testing – Radiation methods for computed tomography – Part 2: Principles, equipment and samples (ISO/DIS 15708-2:2024); German and English version prEN ISO 15708-2:2024</p> <p>Essais non destructifs – Méthodes par rayonnements pour la tomographie informatisée – Partie 2: Principes, équipements et échantillons (ISO/DIS 15708-2:2024); Version allemande et anglaise prEN ISO 15708-2:2024</p> <p>Anwendungswarnvermerk</p> <p>Dieser Entwurf mit Erscheinungsdatum 2024-04-12 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.</p> <p>Weil das beabsichtigte Dokument von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfs besonders zu vereinbaren.</p> <p>Stellungnahmen werden erbeten</p> <ul style="list-style-type: none">– vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal von DIN unter www.din.de/go/entwuerfe bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de, sofern dort wiedergegeben;– oder als Datei per E-Mail an nmp@din.de möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;– oder in Papierform an den DIN-Normenausschuss Materialprüfung (NMP), 10772 Berlin oder Am DIN-Platz, Burggrafenstr. 6, 10787 Berlin. <p>Es wird gebeten, mit den Kommentaren zu diesem Entwurf jegliche relevanten Patentrechte, die bekannt sind, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.</p> <p>Gesamtumfang 46 Seiten</p> <p>DIN-Normenausschuss Materialprüfung (NMP)</p>		

Nationales Vorwort

Das Dokument (prEN ISO 15708-2:2024) wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 135 „Non-destructive testing“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee CEN/TC 138 „Zerstörungsfreie Prüfung“ erarbeitet, dessen Sekretariat von AFNOR (Frankreich) gehalten wird.

Das zuständige nationale Normungsgremium ist der Arbeitsausschuss NA 062-08-22 AA „Industrielle Durchstrahlungsprüfung“ im DIN-Normenausschuss Materialprüfung (NMP).

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung beigelegt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen Text.

Für die in diesem Dokument zitierten Dokumente wird im Folgenden auf die entsprechenden deutschen Dokumente hingewiesen:

ISO 9712 siehe DIN EN ISO 9712

Aktuelle Informationen zu diesem Dokument können über die Internetseiten von DIN (www.din.de) durch eine Suche nach der Dokumentennummer aufgerufen werden.

Änderungen

Gegenüber DIN EN ISO 15708-2:2019-09 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Korrektur des Vakuumniveaus für die Aktivierung der Turbopumpe in A.1.1;
- b) Hinzufügung der Photonen-zählung als Beispiel unter „Halbleiter“ in A.2.3;
- c) redaktionelle Änderungen.

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN ISO 9712, *Zerstörungsfreie Prüfung — Qualifizierung und Zertifizierung von Personal der zerstörungsfreien Prüfung*

– Leerseite –

April 2024

prEN ISO 15708-2

**Zerstörungsfreie Prüfung – Durchstrahlungsverfahren für Computertomographie –
Teil 2: Grundlagen, Geräte und Proben (ISO/DIS 15708-2:2024)**

Non-destructive testing – Radiation methods for computed tomography – Part 2: Principles, equipment and samples (ISO/DIS 15708-2:2024)

Essais non destructifs – Méthodes par rayonnements pour la tomographie informatisée – Partie 2: Principes, équipements et échantillons (ISO/DIS 15708-2:2024)

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	4
Vorwort	5
1 Anwendungsbereich	6
2 Normative Verweisungen	6
3 Begriffe	6
4 Allgemeine Grundlagen	6
4.1 Wesentliche Grundsätze	6
4.2 Vorteile der CT	7
4.3 Einschränkungen der CT	7
4.4 Hauptschritte des CT-Prozesses	8
4.4.1 Datenerfassung	8
4.4.2 Rekonstruktion	9
4.4.3 Visualisierung und Analyse	9
4.5 Artefakte in CT-Bildern	10
5 Ausrüstung und Geräte	10
5.1 Allgemeines	10
5.2 Strahlenquellen	11
5.3 Detektoren	12
5.4 Manipulation	12
5.5 Datenerfassungs-, Rekonstruktions-, Visualisierungs- und Speichersystem	12
6 CT-Systemstabilität	13
6.1 Allgemeines	13
6.2 Stabilität der Röntgenstrahlung	13
6.3 Stabilität des Manipulators	13
7 Geometrische Ausrichtung (Justierung)	14
8 Erwägungen zur Proben	14
8.1 Größe und Form der Probe	14
8.2 Materialien (einschließlich Tabelle Spannung/durchstrahlte Dicke)	15
Anhang A (informativ) Baugruppen eines CT-Systems	16
A.1 Strahlenquellen	16
A.1.1 Röntgenquellen mit offener Röhre	16
A.1.2 Röntgenquelle mit geschlossener Röhre	17
A.1.3 Linearbeschleuniger	17
A.1.4 Röntgentargetanordnungen	18
A.2 Detektoren	19
A.2.1 Ionisationsdetektoren	19
A.2.2 Szintillationsdetektoren	19
A.2.3 Halbleiterdetektoren	20
A.3 Manipulation	20
A.4 Datenerfassungs-, Rekonstruktions-, Visualisierungs- und Speichersystem	21
A.4.1 Datenerfassungssystem	21
A.4.2 Rekonstruktionssystem	21
A.4.3 Visualisierungssystem	21
A.4.4 Speichersystem	21
Literaturhinweise	23

Bilder

Bild A.1 — Vereinfachte schematische Darstellung einer Röntgenquelle mit offener Röhre	17
--	----

Tabellen

Tabelle 1 — 10-%-Transmissionsdicken für verschiedene Materialien und Energien	15
--	----

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (prEN ISO 15708-2:2024) wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 135 „Non-destructive testing“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee CEN/TC 138 „Zerstörungsfreie Prüfung“ erarbeitet, dessen Sekretariat von AFNOR gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zur parallelen Umfrage vorgelegt.

Dieses Dokument wird EN ISO 15708-2:2019 ersetzen.

Rückmeldungen oder Fragen zu diesem Dokument sollten an das jeweilige nationale Normungsinstitut des Anwenders gerichtet werden. Eine vollständige Liste dieser Institute ist auf den Internetseiten von CEN abrufbar.

Anerkennungsnotiz

Der Text von ISO/DIS 15708-2:2024 wurde von CEN als prEN ISO 15708-2:2024 ohne irgendeine Abänderung genehmigt.

Vorwort

ISO (die Internationale Organisation für Normung) ist eine weltweite Vereinigung nationaler Normungsinstitute (ISO-Mitgliedsorganisationen). Die Erstellung von Internationalen Normen wird üblicherweise von Technischen Komitees von ISO durchgeführt. Jede Mitgliedsorganisation, die Interesse an einem Thema hat, für welches ein Technisches Komitee gegründet wurde, hat das Recht, in diesem Komitee vertreten zu sein. Internationale staatliche und nichtstaatliche Organisationen, die in engem Kontakt mit ISO stehen, nehmen ebenfalls an der Arbeit teil. ISO arbeitet bei allen elektrotechnischen Normungsthemen eng mit der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) zusammen.

Die Verfahren, die bei der Entwicklung dieses Dokuments angewendet wurden und die für die weitere Pflege vorgesehen sind, werden in den ISO/IEC-Direktiven, Teil 1 beschrieben. Es sollten insbesondere die unterschiedlichen Annahmekriterien für die verschiedenen ISO-Dokumentenarten beachtet werden. Dieses Dokument wurde in Übereinstimmung mit den Gestaltungsregeln der ISO/IEC-Direktiven, Teil 2 erarbeitet (siehe www.iso.org/directives).

ISO weist auf die Möglichkeit hin, dass die Anwendung dieses Dokuments mit der Verwendung eines oder mehrerer Patente verbunden sein kann. ISO bezieht jedoch in dieser Hinsicht keinerlei Stellung bezüglich Nachweis, Gültigkeit oder Anwendbarkeit jeglicher beanspruchten Patentrechte. Zum Zeitpunkt der Veröffentlichung dieses Dokuments lag ISO keine Mitteilung über ein Patent bzw. mehrere Patente vor, welche/s zur Umsetzung dieses Dokuments erforderlich sein könnte/n. Anwender werden jedoch darauf hingewiesen, dass dies möglicherweise nicht der aktuelle Informationsstand ist. Dieser kann jedoch der Patentdatenbank unter www.iso.org/patents entnommen werden. ISO ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Jeder in diesem Dokument verwendete Handelsname dient nur zur Unterrichtung der Anwender und bedeutet keine Anerkennung.

Für eine Erläuterung des freiwilligen Charakters von Normen, der Bedeutung ISO-spezifischer Begriffe und Ausdrücke in Bezug auf Konformitätsbewertungen sowie Informationen darüber, wie ISO die Grundsätze der Welthandelsorganisation (WTO, en: World Trade Organization) hinsichtlich technischer Handelshemmnisse (TBT, en: Technical Barriers to Trade) berücksichtigt, siehe www.iso.org/iso/foreword.html.

Dieses Dokument wurde vom Europäischen technischen Komitee CEN/TC 138, *Zerstörungsfreie Prüfung*, erarbeitet und mithilfe eines speziellen „Schnellverfahrens“ vom Technischen Komitee ISO/TC 135, *Non-destructive testing*, Unterkomitee SC 5, *Radiographic testing*, angenommen.

Diese dritte Ausgabe ersetzt die zweite Ausgabe (ISO 15708-2:2017), die technisch überarbeitet wurde.

Die wesentlichen Änderungen sind folgende:

- Korrektur der Vakuumstärke zur Aktivierung der Turbopumpe in A.1.1;
- Hinzufügung der Photonen-zählung als Beispiel unter Halbleitern in A.2.3;
- redaktionelle Änderungen.

Eine Auflistung aller Teile der Normenreihe ISO 15708 ist auf der ISO-Internetseite abrufbar.

Rückmeldungen oder Fragen zu diesem Dokument sollten an das jeweilige nationale Normungsinstitut des Anwenders gerichtet werden. Eine vollständige Auflistung dieser Institute ist unter www.iso.org/members.html zu finden.

1 Anwendungsbereich

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

Es gilt für die industrielle Bildgebung (d. h. nicht medizinische Anwendungen) und bietet einen einheitlichen Satz von Festlegungen zu CT-Leistungsparametern, einschließlich der Art des Zusammenhangs dieser Leistungsparameter mit den Spezifikationen des CT-Systems.

Dieses Dokument befasst sich mit der axialen Computertomographie und schließt weitere Arten der Tomographie, wie z. B. Translationstomographie und Tomosynthese, aus.

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).

ISO 15708-1:2024, *Non-destructive testing — Radiation methods for computed tomography — Part 1: Terminology*

ISO 15708-3:2024, *Non-destructive testing — Radiation methods for computed tomography — Part 3: Operation and interpretation*

ISO 15708-4:2024, *Non-destructive testing — Radiation methods for computed tomography — Part 4: Qualification*

ISO 9712, *Non-destructive testing — Qualification and certification of NDT personnel*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach ISO 15708-1.

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

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

4 Allgemeine Grundlagen

4.1 Wesentliche Grundsätze

Computertomographie (CT) ist ein radiographisches Untersuchungsverfahren, das dreidimensionale Informationen über einen Prüfgegenstand aus einer Anzahl von radiographischen Projektionen entweder über Querschnittsebenen (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 CT-Grauwerte (oder in Falschfarben) angezeigt. Bei der konventionellen Röntgendurchstrahlung wird der dreidimensionale Prüfgegenstand aus einer Richtung durchleuchtet und aus den entsprechenden über die Strahlenwege 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 Volumina rekonstruiert. Der wesentliche Vorteil gegenüber der Radiographie ist der Erhalt der gesamten volumetrischen Information. Das sich ergebende CT-Bild (2D-CT-Schicht oder 3D-CT-Volumen) ist eine quantitative Darstellung des linearen

Schwächungskoeffizienten für Röntgenstrahlung, 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 Röntgenstrahlung 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 der 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 der Röntgenstrahlung ab.

4.2 Vorteile der CT

Unter den radiographischen Verfahren kann CT ein hervorragendes Untersuchungsverfahren sein, wenn das Hauptziel in der Lokalisierung und quantitativen Bestimmung volumetrischer Details in drei Dimensionen besteht. Da die Computertomographie auf Röntgenstrahlung beruht, kann sie 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 durchgeführt werden.

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 Computertomographie 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:

- kontaktlose Abtastung;
- Vermessung innerer und äußerer Strukturen;
- direkter Zugang zur 3D-Modellierung, insbesondere von inneren Strukturen.

In einigen Fällen können CT-Untersuchungen mit zwei Energien (DE, en: dual energy) dabei helfen, Informationen über die Materialdichte und die mittlere Kernladungszahl bestimmter Materialien zu erhalten. Bei bekannten Materialien können die zusätzlichen Informationen für eine bessere Kontrastunterscheidung oder bessere Charakterisierung angewendet werden.

4.3 Einschränkungen der CT

CT ist ein indirektes Prüfverfahren und die Messungen (z. B. der Größe von Inhomogenitäten des Materials oder der Wanddicke) müssen mit einem anderen absoluten Messverfahren verglichen werden, siehe ISO 15708-3. 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 nicht zu berücksichtigen.

Wie jedes bildgebende System kann ein CT-System niemals ein exaktes 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 in 4.4.1 erörtert. Siehe ISO 15708-3 für eine ausführlichere Beschreibung.

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 entsprechen kann.

Des Weiteren muss eine hinreichende Röntgenstrahlentransmission durch die Probe bei allen Projektionswinkeln (siehe 8.2) ohne Sättigung jeglicher Teile des Detektors vorliegen.

4.4 Hauptschritte des CT-Prozesses

4.4.1 Datenerfassung

Während einer CT-Abtastung werden mehrere Projektionen systematisch aufgezeichnet: Die Bilder werden aus mehreren unterschiedlichen Betrachtungswinkeln erfasst. Die Detailerkennung hängt, neben anderen Faktoren, von der Anzahl der Winkel ab, aus denen die einzelnen Projektionen erfasst werden. Die Güte des CT-Bildes kann durch Erhöhung der Anzahl von Projektionen in einer Aufnahme verbessert werden.

Da sämtliche Bilderfassungssysteme inhärente Artefakte enthalten, beginnen CT-Abtastungen üblicherweise mit dem Erfassen von Referenzbildern für Untergrund und Verstärkung, um eine Korrektur der aufgenommenen Bilder (Flat-Field-Korrektur) zu ermöglichen; dabei werden Dunkelbilder (Röntgenstrahlung aus) und Hellbilder (Röntgenstrahlung an, wobei sich die Probe außerhalb des Sichtfeldes befindet) zur Korrektur von Detektoranomalien verwendet. Das Erfassen von Referenzbildern für die Verzeichnungskorrektur (kissenförmige Verzeichnung im Fall von kamerabasierten Detektorsystemen mit optischer Verzerrung) und Korrektur des Rotationszentrums können auch auf dieser Stufe erfolgen. Diese Korrekturen werden auf jedes nacheinander erfasste Bild des CT-Datensatzes angewendet. Einige Systeme können so konfiguriert werden, dass entweder eine Verbesserung der Einstellungen für die Röntgenstrahlung oder eine Bildverbesserung erreicht wird, um sicherzustellen, dass der Hintergrundpegel der erfassten Bilder während der Dauer der CT-Abtastung konstant bleibt.

Die Güte eines CT-Bildes hängt von einer Reihe von Leistungsfaktoren des Systems ab, wobei einer der wichtigsten Faktoren die räumliche Auflösung ist.

Die räumliche Auflösung wird im Allgemeinen quantitativ in Bezug auf den kleinsten Abstand bestimmt, bei dem zwei Details räumlich noch getrennt werden können. Die Grenzen der räumlichen Auflösung werden durch Konstruktion und Ausführung des Systems und durch die Auflösung und Anzahl der CT-Projektionen bestimmt. Die Auflösung der CT-Projektion wird durch die maximale Vergrößerung begrenzt, bei der noch die Erfassung aller Teile der Probe bei allen Drehwinkeln möglich ist.

Es ist wichtig zu beachten, dass das kleinste Detail, das in einem CT-Bild nachgewiesen werden kann, nicht dasselbe ist wie das kleinste Detail, das räumlich aufgelöst werden kann. Ein Detail, das beträchtlich kleiner ist als ein einzelnes Voxel, kann das ihm entsprechende Voxel in einem Maß beeinflussen, dass es mit einem sichtbaren Kontrast erscheint, so dass es in Bezug auf die angrenzenden Voxel leicht nachgewiesen werden kann. Diese Erscheinung tritt aufgrund des „Teilvolumen-Effekts“ auf.

Obwohl die lokale Tomographie (ROI-CT, en: region of interest) die räumliche Auflösung in bestimmten Bereichen größerer Prüfgegenstände verbessern kann, führt sie (aufgrund von unvollständigen Daten) Artefakte ein, die bisweilen durch spezielle Bearbeitung verringert werden können.

Die Röntgenbildgebung, wie sie bei der CT-Untersuchung angewendet wird, wird immer durch Rauschen beeinträchtigt. In der Radiographie stammt dieses Rauschen aus zwei Strahlenquellen: (1) intrinsische Schwankungen entsprechend der Photonenstatistik der Emission und der Detektion der Röntgenphotonen und (2) aus Schwankungen spezifisch für die verwendeten Geräte und die angewendete Datenverarbeitung. Das Rauschen in CT-Projektionen wird oft durch den Rekonstruktionsalgorithmus verstärkt. In den CT-Bildern

tritt das statistische Rauschen als Zufallsschwankung auf, die den CT-Grauwert jedes Voxels überlagert, was zu einer Begrenzung der Dichteauflösung führt.

Obwohl das statistische Rauschen unvermeidbar ist, kann das Signal-Rausch-Verhältnis (SNR, en: signal-to-noise ratio) durch Erhöhen der Anzahl von Projektionen und/oder der Belichtungsdauer jeder der Projektionen, der Intensität der Röntgenstrahlenquelle oder der Voxelgröße verbessert werden. Einige dieser Maßnahmen verringern jedoch die räumliche Auflösung. Dieser Kompromiss zwischen räumlicher Auflösung und statistischem Rauschen ist der Computertomographie eigen.

4.4.2 Rekonstruktion

Bei einer CT-Abtastung wird zuerst eine Reihe von Projektionen eines Prüfgegenstands erzeugt. Die anschließende Rekonstruktion des CT-Bildes aus diesen einzelnen Projektionen ist der Hauptschritt der Computertomographie, durch den sich dieses Untersuchungsverfahren von anderen radiographischen Verfahren unterscheidet.

Die Rekonstruktionssoftware kann zusätzliche Korrekturen der CT-Projektionen während der Rekonstruktion enthalten, z. B. die Verringerung des Rauschens, Korrektur der Strahlaufhärtung und/oder der Streustrahlung.

In Abhängigkeit vom CT-System werden entweder einzelne CT-Schichten oder 3D-CT-Bilder rekonstruiert.

4.4.3 Visualisierung und Analyse

Dieser Schritt schließt alle Arbeitsgänge und Datenverarbeitungen ein, um die gewünschten Informationen aus dem rekonstruierten CT-Bild zu gewinnen.

Die Visualisierung kann entweder in 2D (Schichtansichten) oder 3D (Volumen) erfolgen. Die 2D-Darstellung ermöglicht dem Anwender die schichtweise Untersuchung der Daten entlang einer festgelegten Achse (im Allgemeinen kann das in eine beliebige Richtung sein).

Bei der dreidimensionalen Bildgebung wird/werden das CT-Volumen oder ausgewählte, daraus abgeleitete Flächen zur Erzeugung des gewünschten Bildes nach einem optischen Modell, das dem Algorithmus zugrunde liegt, verwendet. Der Hauptvorteil dieser Art der Darstellung ist, dass die visuelle Wahrnehmung des Bildes für das menschliche Auge gut dem natürlichen Erscheinungsbild des Prüfgegenstandes entspricht, obwohl sich bei der 2D-Darstellung auf einem Bildschirm die Details möglicherweise überlagern.

Bei der Visualisierung können zusätzliche Artefakte unterschiedlichen Ursprungs auftreten, insbesondere bei der dreidimensionalen Bildgebung des CT-Volumens. Derartige Artefakte durch Abtastung, Filterung, Klassifikation und Mischung im Rahmen der Visualisierungssoftware hängen von der angewendeten Hard- und Software sowie der vorliegenden darstellungsbezogenen Aufgabe ab. Deshalb sind derartige Artefakte nicht in der Definition von Artefakten nach 4.5 enthalten. Trotzdem sollte der Anwender beachten, dass Daten in diesem Prozessschritt falsch interpretiert werden können.

Zum Hervorheben der interessierenden Details bei der Visualisierung können verschiedene digitale Filterfunktionen verwendet werden. Es ist ein charakteristisches Merkmal sämtlicher dieser Funktionen, dass sie, obwohl sie eine oder mehrere Eigenschaften der Daten verbessern, gleichzeitig andere Eigenschaften verschlechtern (zum Beispiel: verschlechtert das Hervorheben der Kanten die Erkennung innerer Strukturen eines Prüfgegenstandes). Deshalb sollten Digitalfilter für bestimmte Aufgaben stets mit Bedacht verwendet werden, wobei zu beachten ist, mit welchen Vor- und Nachteilen sie verbunden sind.

Ein für die 3D-Visualisierung verwendeter Computer sollte in der Lage sein, das gesamte interessierende Volumen in seinem Arbeitsspeicher zu verarbeiten. Der zugehörige Bildschirm sollte über eine Auflösung, einen Dynamikbereich und Einstellungen verfügen, die hinreichend für die vorliegende darstellungsbezogene Aufgabe sind. Ein angemessenes Sehvermögen des Personals muss nach ISO 9712 sichergestellt werden.

4.5 Artefakte in CT-Bildern

Ein Artefakt ist ein künstliches Merkmal (Detail), das im CT-Bild erscheint, jedoch keinem physikalischen Merkmal der Probe entspricht. Artefakte sind unterschiedlichen Ursprungs; sie können in Artefakte, die durch die Messung selbst und das System bedingt sind (Artefakte aufgrund der Röntgenstrahlbreite, Streustrahlung, Instabilitäten und Besonderheiten des Detektors), und verfahrenseigene Artefakte (z. B. Strahlaufhärtung) eingeteilt werden. Artefakte können auch in Erfassungsartefakte (z. B. Streustrahlung, Ringartefakte) und Rekonstruktionsartefakte (z. B. Kegelstrahlartefakte) eingeteilt werden. Einige Artefakte können durch die Anwendung eines entsprechenden Messverfahrens mit geeigneten Parametern beseitigt werden, während andere nur in ihrem Ausmaß verringert werden können. Artefakte können für spezifische Messungen oder Analyseaufgaben nachteilig sein, haben aber möglicherweise keine Auswirkung auf bestimmte andere Analysen. Unter Beachtung dieser Tatsache sind die Art und das Ausmaß von Artefakten in einem Datensatz im Zusammenhang mit der entsprechenden Analyseaufgabe zu bewerten.

Rauschen und Teilvolumen-Effekte werden in dieser Norm nicht als Artefakte betrachtet.

Weitere Einzelheiten sind in ISO 15708-3:2017, 5.5, angeführt.

5 Ausrüstung und Geräte

5.1 Allgemeines

In Bezug auf die Leistung kann ein CT-System als aus vier Hauptbauteilen bestehend betrachtet werden: aus der Röntgenstrahlenquelle, dem Detektor, den Tischen für die Probenmanipulation (einschließlich jeglicher mechanischer Bauteile, die die Bildstabilität beeinflussen) und dem Rekonstruktions-/Visualisierungssystem.

Im Allgemeinen sind die Strahlenquelle und der Detektor feststehend, während die Probe sich im Strahlenbündel dreht, um den notwendigen Satz von Projektionen zu erfassen. In Abtastsystemen, die zum Beispiel für *In-vivo*-Tieruntersuchungen oder die bildliche Darstellung von großen Strukturen ausgelegt sind, können Strahlenquelle und Detektor um die Probe kreisen.

Bei den meisten Mikro-/Nano- oder Submikro-Tomographiesystemen wird die Auflösung in erster Linie durch die Brennfleckgröße der Röntgenröhre bestimmt. Aufgrund der geometrischen Vergrößerung kann der Abstand der Detektorelemente viel größer sein als die berechnete Voxelgröße und ein dickerer und somit wirksamerer Szintillator kann verwendet werden. Ein Nachteil dieser Vorgehensweise besteht darin, dass die Probe sehr nah an der Strahlenquelle angeordnet werden sollte, um hohe Vergrößerungsverhältnisse zu erhalten. Das ist besonders problematisch, wenn die Probe in einer Klimakammer oder zum Beispiel auf einem Prüftisch zur *In-situ*-Belastung zu befestigen ist. Dies bedingt einen größeren Abstand zwischen Strahlenquelle und Probe und verringert somit die Flussdichte der Röntgenstrahlung (was zu einem geringeren Signal-Rausch-Verhältnis und/oder einer verlängerten Erfassungszeit führt) und erfordert, dass der Detektor in gleichem Verhältnis in noch größerem Abstand angebracht wird, um denselben Vergrößerungsfaktor zu erreichen. Andererseits wird, wenn der Abstand zwischen Probe und Detektor im Vergleich zum Abstand zwischen Strahlenquelle und Probe gering ist, die Detektorauflösung anstelle der Brennfleckgröße zum limitierenden Faktor. In diesem Fall bedeutet der erhöhte Abstand zwischen Strahlenquelle und Detektor wiederum eine verringerte Flussdichte der Röntgenstrahlung und hochauflösende Detektoren erfordern dünnere und somit weniger wirksame Szintillatoren.

CT-Systeme können in Bezug auf Auflösung, Energie, Datenerfassungsgeschwindigkeit oder einfach Kosten optimiert werden. Obwohl ein bestimmtes System in einem großen Bereich von Bedingungen betrieben werden kann, ist der Betrieb nur in einem wesentlich kleineren Bereich optimal und der Anwender sollte bei der Auswahl eines bestimmten Modells die Hauptanwendung berücksichtigen und nicht einfach überspezifizieren.

Zum Beispiel kann ein hochauflösendes CT-System (kleine Brennfleckgröße der Röntgenröhre) bei einer mittleren Ortsauflösung einen erheblich geringeren Strahlungsfluss haben als ein System, das nur für den Betrieb bei einer mittleren Auflösung ausgelegt ist. Ferner weist ein Präzisionsdrehtisch bei einer hochauflösenden Abtastung eine weitaus geringere Belastungsgrenze auf. Gleichermaßen erfordert ein System, das für die Bild-