

<p>VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE</p> <p>VERBAND DER ELEKTROTECHNIK ELEKTRONIK INFORMATIONSTECHNIK</p>	<p>Röntgenoptische Systeme Messverfahren Messaufbau und Methoden zur Bewertung röntgenoptischer Systeme</p> <p>X-ray optical systems Measurement methods Measurement set-up and methods for the evaluation of X-ray optical systems</p>	<p>VDI/VDE 5575 Blatt 2 / Part 2</p> <p>Ausg. deutsch/englisch Issue German/English</p>
---	---	---

Die deutsche Version dieser Richtlinie ist verbindlich.

The German version of this standard shall be taken as authoritative. No guarantee can be given with respect to the English translation.

Inhalt	Seite	Contents	Page
Vorbemerkung .....	2	Preliminary note.....	2
Einleitung.....	2	Introduction.....	2
<b>1 Anwendungsbereich.....</b>	<b>3</b>	<b>1 Scope.....</b>	<b>3</b>
<b>2 Normative Verweise.....</b>	<b>3</b>	<b>2 Normative references.....</b>	<b>3</b>
<b>3 Formelzeichen, Abkürzungen und Indizes .....</b>	<b>3</b>	<b>3 Symbols, abbreviations, and indices.....</b>	<b>3</b>
<b>4 Strahlungsquellen.....</b>	<b>6</b>	<b>4 Radiation sources.....</b>	<b>6</b>
4.1 Wichtige Röntgenstrahlungsquellen .....	6	4.1 Important X-ray sources .....	6
4.2 Eigenschaften der Strahlungsquellen .....	7	4.2 Properties of the radiation sources.....	7
<b>5 Detektoren .....</b>	<b>8</b>	<b>5 Detectors .....</b>	<b>8</b>
5.1 Detektoren zur Erfassung der Strahlungsleistung.....	9	5.1 Detectors for the determination of the radiant power .....	9
5.2 Detektoren zur Erfassung der räumlichen Verteilung des (spektralen) Photonenflusses.....	9	5.2 Detectors for the determination of the spatial distribution of the (spectral) photon flux.....	9
<b>6 Prinzipieller Messaufbau.....</b>	<b>10</b>	<b>6 Basic measurement set-up.....</b>	<b>10</b>
<b>7 Bestimmung strahlgeometrischer Größen röntgenoptischer Systeme .....</b>	<b>13</b>	<b>7 Determination of beam-geometric quantities of X-ray optical systems.....</b>	<b>13</b>
7.1 Strahlabmessungen, Strahldurchmesser, effektive Bestrahlungsfläche, Strahlgleichförmigkeit .....	13	7.1 Beam dimensions, beam diameter, effective irradiated area, beam homogeneity .....	13
7.2 Ausgangsdivergenz, Ausgangsbrenn- weite, Eingangswinkelakzeptanz .....	20	7.2 Exit divergence angle, back focal length, entrance acceptance angle.....	20
7.3 Wellenfrontsensor .....	23	7.3 Wave front sensor.....	23
<b>8 Bestimmung spektraler Größen röntgenoptischer Systeme.....</b>	<b>25</b>	<b>8 Determination of spectral quantities of X-ray optical systems.....</b>	<b>25</b>
8.1 Grenzwinkel der Totalreflexion, spektraler Transmissionsgrad, spektraler Reflexionsgrad, integrales spektrales Reflexionsvermögen .....	25	8.1 Critical angle of total reflection, spectral transmittance, spectral reflectance, integral spectral reflectance.....	25
8.2 Spektrales Auflösungsvermögen, spektrale Halbwertsbreite.....	27	8.2 Spectral resolving power, spectral full width half maximum .....	27
8.3 Messung der Beugungseffizienz von Röntgengittern.....	27	8.3 Measurement of the diffraction efficiency of X-ray gratings.....	27
8.4 Spektrale Intensitätserhöhung, spektraler Wirkungsgrad.....	29	8.4 Spectral intensity enhancement, spectral efficiency.....	29
Schrifttum .....	31	Bibliography .....	31

VDI/VDE-Gesellschaft Mess- und Automatisierungstechnik (GMA)

Fachbereich Optische Technologien

VDI/VDE-Handbuch Optische Technologien  
VDI/VDE-Handbuch Prozessmesstechnik und Strukturanalyse

## Vorbemerkung

Der Inhalt dieser Richtlinie ist entstanden unter Beachtung der Vorgaben und Empfehlungen der Richtlinie VDI 1000.

Alle Rechte, insbesondere die des Nachdrucks, der Fotokopie, der elektronischen Verwendung und der Übersetzung, jeweils auszugsweise oder vollständig, sind vorbehalten.

Die Nutzung dieser Richtlinie ist unter Wahrung des Urheberrechts und unter Beachtung der Lizenzbedingungen ([www.vdi.de/richtlinien](http://www.vdi.de/richtlinien)), die in den VDI-Merkblättern geregelt sind, möglich.

Allen, die ehrenamtlich an der Erarbeitung dieser Richtlinie mitgewirkt haben, sei gedankt.

Eine Liste der aktuell verfügbaren Blätter dieser Richtlinienreihe ist im Internet abrufbar unter [www.vdi.de/5575](http://www.vdi.de/5575).

## Einleitung

Die Charakterisierung röntgenoptischer Systeme erfolgt mit verschiedenen Messmethoden, mit denen sowohl die Änderungen der geometrischen als auch die der spektralen Eigenschaften der Strahlung durch das System bestimmt werden können.

Als Röntgenquellen kommen unterschiedliche Quellen zum Einsatz. Die Quellen werden in Abschnitt 4 kurz beschrieben. Die einfallende Röntgenstrahlung wird in der Regel mit Filterfolien oder Monochromatoren auf den Wellenlängenbereich eingeschränkt, in dem die röntgenoptischen Systeme später Verwendung finden.

Zum Nachweis der reflektierten bzw. transmittierten Strahlung werden je nach Erfordernis unterschiedliche Detektoren eingesetzt, die entweder den Strahl integral erfassen oder eine positionsempfindliche Erfassung des Röntgenstrahls ermöglichen. Eine Übersicht zu möglichen Detektoren findet sich in Abschnitt 5. Zur Strahlformung können sich neben dem zu untersuchenden röntgenoptischen System zusätzlich weitere optische Elemente wie Blenden, Teststrukturen und Absorber sowohl vor als auch hinter dem röntgenoptischen System im Strahlengang befinden. Um eine Vergleichbarkeit der Messungen in verschiedenen Apparaturen zu ermöglichen, müssen alle relevanten Geräteparameter angegeben werden.

Alle Messmethoden benötigen ein Positioniersystem, das in der Lage ist, die Röntgenquelle, das zu charakterisierende röntgenoptische System sowie das Detektorsystem mit der erforderlichen Präzision zueinander zu positionieren und zu bewegen. Das benötigte Positioniersystem ist abhängig von der benutzten Messmethode. In Abschnitt 6 wird ein

## Preliminary note

The content of this standard has been developed in strict accordance with the requirements and recommendations of the standard VDI 1000.

All rights are reserved, including those of reprinting, reproduction (photocopying, micro copying), storage in data processing systems and translation, either of the full text or of extracts.

The use of this standard without infringement of copyright is permitted subject to the licensing conditions ([www.vdi.de/richtlinien](http://www.vdi.de/richtlinien)) specified in the VDI Notices.

We wish to express our gratitude to all honorary contributors to this standard.

A catalogue of all available parts of this series of standards can be accessed on the Internet at [www.vdi.de/5575](http://www.vdi.de/5575).

## Introduction

For the characterization of X-ray optical systems, various measurement methods are available which allow the variations both of the geometric and of the spectral properties of radiation due to the system to be determined.

For this purpose, different X-ray sources are used, which are briefly described in Section 4. Filter foils or monochromators are normally used to limit the incident X-rays to the wavelength range in which the X-ray optical systems will be employed.

To measure the reflected or transmitted radiation, different detectors are used depending on the particular requirements. They either cover the beam of X-rays integrally or permit position-sensitive detection. An overview of potential detectors can be found in Section 5. For beam shaping, in addition to the X-ray optical system to be investigated, further optical elements such as diaphragms, test structures and absorbers may be located in the optical path either in front of or behind the X-ray optical system. To ensure comparability of the measurements performed in different systems, all relevant device parameters must be stated.

All measurement methods require a positioning system that has the ability to position and displace the X-ray source, the X-ray optical system to be characterized as well as the detector system with respect to one another with the precision required. The choice of the required positioning system is dependent on the measurement method applied. In Section 6, a

prinzipieller Messaufbau beschrieben und es werden Koordinatensysteme definiert. In den darauf folgenden Abschnitten werden die unterschiedlichen Messmethoden beschrieben, wobei sich der Messaufbau bzw. die Koordinatensysteme auf die in Abschnitt 6, Bild 1 gegebenen Definitionen beziehen.

Die Herangehensweise bei der Charakterisierung von röntgenoptischen Systemen ist häufig abhängig davon, ob eine absolute Bestimmung eines Parameters (z.B. Strahlmessungen, Divergenzwinkel) erfolgt oder ob eine Größe in Relation zu dem Zustand ohne röntgenoptisches System (z.B. spektrale Intensitätserhöhung) ermittelt wird. Während im ersten Fall die für die Messung entscheidenden Eigenschaften des Messaufbaus (Quelle, Blendensystem, Detektor) sehr genau bekannt sein müssen, ist es im zweiten Fall meist ausreichend, neben der Sicherung der für die jeweiligen Messaufgaben erforderlichen Eigenschaften lediglich auf eine ausreichende Stabilität des Aufbaus zu achten.

## 1 Anwendungsbereich

Diese Richtlinie bezieht sich auf Messverfahren zur Erfassung von Kenngrößen, die zur Bewertung von röntgenoptischen Systemen herangezogen werden können. Begriffe röntgenoptischer Systeme sind in VDI/VDE 5575 Blatt 1 definiert.

## 2 Normative Verweise

Das folgende zitierte Dokument ist für die Anwendung dieser Richtlinie erforderlich:

VDI/VDE 5575 Blatt 1:2018-09 Röntgenoptische Systeme; Begriffe

fundamental measurement set-up is described and coordinate systems are defined. In the subsequent sections, different measurement methods are described, the measurement set-up and the coordinate systems conforming to the definitions given in Section 6, Figure 1.

The approach to characterize X-ray optical systems frequently differs. It depends on whether to determine a particular parameter (e.g., beam dimensions, divergence angle) in absolute terms or a quantity in relation to the state without an X-ray optical system (e.g., spectral intensity enhancement). While in the first-mentioned case the properties of the measurement set-up that are crucial for the measurement (source, diaphragm system, detector) must be known very exactly, it is usually sufficient in the second case to ensure, besides the properties necessary for the particular measurement tasks, sufficient stability of the set-up.

## 1 Scope

This standard relates to measurement procedures to determine characteristics which can be drawn upon for the assessment of X-ray optical systems. Terms and definitions of X-ray optical systems are specified in VDI/VDE 5575 Part 1.

## 2 Normative references

The following referenced document is indispensable for the application of this standard:

VDI/VDE 5575 Part 1:2018-09 X-ray optical systems; Terms and definitions