

DIN ISO 9334

ICS 01.040.37; 37.020

Ersatz für
DIN ISO 9334:2002-07**Optik und Photonik –
Optische Übertragungsfunktion –
Begriffe und mathematische Beziehungen (ISO 9334:2007);
Text Deutsch und Englisch**

Optics and photonics –
Optical transfer function –
Definitions and mathematical relationships (ISO 9334:2007);
Text in German and English

Optique et photonique –
Fonction de transfert optique –
Définitions et relations mathématiques (ISO 9334:2007);
Texte en allemand et anglais

Gesamtumfang 28 Seiten

Normenausschuss Feinmechanik und Optik (NAFuO) im DIN

Nationales Vorwort

Die Internationale Norm ISO 9334:2007 wurde vom ISO/TC 172/SC 1 „*Fundamental standards*“ (Sekretariat: DIN, Deutschland) unter Beteiligung deutscher Experten ausgearbeitet. Im DIN Deutsches Institut für Normung e. V. ist hierfür der Arbeitsausschuss NA 027-01-02 AA „*Grundnormen der Optik*“ im Normenausschuss Feinmechanik und Optik (NAFuO) zuständig.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Texte dieses Dokuments Patentrechte berühren können. Das DIN ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Für die im Inhalt zitierte Internationale Norm wird im Folgenden auf die entsprechende Deutsche Norm hingewiesen:

ISO 9335:1995 siehe DIN ISO 9335:2002-07

Änderungen

Gegenüber DIN ISO 9334:2002-07 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Symbole teilweise geändert (siehe Tabelle 1 „Parameter“);
- b) nationale Fußnoten N2) sowie N4) bis N7) und nationaler Anhang NB in die Norm eingearbeitet; hieraus resultieren Änderungen in den folgenden Abschnitten: 3.11, Anmerkung 2; 3.22, Anmerkung 1, Gleichung; 4.12; 4.21; 4.22;
- c) Änderung von Bild 1 und Hinzufügung von Bild 2;
- d) Übernahme der Neuauflage der Internationalen Norm (ISO 9334:2007).

Frühere Ausgaben

DIN 58185-1: 1974-04
DIN ISO 9334: 2002-07

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN ISO 9335:2002-07, *Optik und Photonik — Optische Übertragungsfunktion — Prinzipien und Messverfahren (ISO 9335:1995)*

DIN ISO 9336-3, *Optik und optische Instrumente — Optische Übertragungsfunktion: Anwendung — Teil 3: Fernrohre*

DIN ISO 11421, *Optik und optische Instrumente — Genauigkeit von Messungen der optischen Übertragungsfunktion*

DIN ISO 15529, *Optik und Photonik — Optische Übertragungsfunktion — Messung der Modulationsübertragungsfunktion von gerasteten Bildsystemen*

**Optik und Photonik —
Optische Übertragungsfunktion —
Begriffe und mathematische
Beziehungen**

**Optics and photonics —
Optical transfer function —
Definitions and mathematical
relationships**

Einleitung

Die optische Übertragungsfunktion (OTF) ist eine wichtige Hilfe für die objektive Bewertung der Abbildungseigenschaften von optischen, elektro-optischen und anderen bilderzeugenden Systemen.

Um den Vergleich von Messungen der optischen Übertragungsfunktion sicherzustellen, welche mit verschiedenen Messprinzipien und -instrumenten durchgeführt werden oder die von Messinstrumenten in verschiedenen Laboratorien erhalten wurden, ist es notwendig, die Äquivalenz von Messparametern wie Fokus-Einstellung und Bereich der Ortsfrequenzen sicherzustellen. Daher muss eine allgemein akzeptierte Terminologie definiert werden, so dass die Messparameter, welche in einer Norm herangezogen werden, von allen Benutzern verstanden werden. In dieser Internationalen Norm werden Definitionen der Begriffe, die bei der Messung der optischen Übertragungsfunktion benutzt werden, aufgelistet.

Die Spezifikationen dieser Internationalen Norm bilden die grundlegenden Erfordernisse für die Messausrüstung und -prozeduren, um eine definierte Genauigkeit der Messung der optischen Übertragungsfunktion sicherzustellen.

Die optische Übertragungsfunktion stellt ein Mittel zur Verfügung, um die Abbildungsqualität von bildgebenden Systemen objektiv zu beschreiben. Subjektive Maße der optischen Qualität, wie z. B. die Grenzauflösung, ergeben weniger Information über die Abbildungseigenschaften des Prüfsystems und unterliegen den Schwankungen im Beurteilungsvermögen von menschlichen Beobachtern.

Es ist wichtig anzumerken, dass die optische Übertragungsfunktion nur einen von mehreren objektiven Parametern darstellt, wie beispielsweise Rauschen, Falschlicht, Bildstruktur (sampling) usw., die die Bildqualität beeinflussen können. Alle diese Parameter sollten in eine vollständige Beschreibung der Leistungsfähigkeit eines Abbildungssystems mit eingehen.

Introduction

The optical transfer function (OTF) is an important aid to objective evaluation of the image-forming capability of optical, electro-optical and other imaging systems.

To allow comparison of optical transfer function measurements achieved using different measuring principles and instruments, or obtained from measuring instruments in different laboratories, it is necessary to ensure equivalence of measurement parameters such as focus setting and spatial frequency range. For this reason, an agreed terminology must be defined so that the measurement parameters called upon in a standard may be understood by all users. Definitions of the terms used in optical transfer function measurement are listed in this International Standard.

The specifications in this International Standard form the basic requirements of measurement instrumentation and procedures for guaranteeing a defined accuracy of measurement of the optical transfer function.

The optical transfer function provides a means of expressing the image-forming quality of imaging systems objectively. Subjective measures of optical performance, such as limiting resolution, give less information about the imaging performance of the system under test and are susceptible to the variability of human observers.

It is important to note that the optical transfer function is only one of a number of objective parameters, such as noise, veiling glare, image structure (sampling), etc., which may affect image quality and all such parameters should be included in a comprehensive description of the performance of an imaging system.

Das Konzept der optischen Übertragungsfunktion hat seinen Ursprung in dem Gebiet der optischen Systeme, bestehend aus Linsen und Spiegeln, welche in ihrem Abbildungsprozess annähernd die Bedingungen der (radiometrischen) Linearität und Isoplanasie erfüllen. Es erlaubte den Optikkonstrukteuren und Systemauslegern, die Leistungsfähigkeit optischer Systeme mit hoher Zuverlässigkeit aus den grundlegenden Konstruktionsdaten vorherzusagen.

Wenn die Erfordernisse der Isoplanasie und Linearität exakt erfüllt sind, beschreibt die optische Übertragungsfunktion die Art und Weise, in der sinusförmige räumliche Frequenzkomponenten im Fourierspektrum eines inkohärent strahlenden Objektes in die Bildebene als sinusförmiges Muster mit reduzierter Modulation und (häufig) mit einer Phasenverschiebung übertragen werden.

Für gewisse Abbildungssysteme sind die Bedingungen der Linearität und Isoplanasie jedoch nur in bestimmten Grenzen gewährleistet. Um den Ansatz der optischen Übertragungsfunktion selbst unter diesen Bedingungen verwenden zu können, werden zwei Schlüsselkonzepte eingeführt. Zum ersten wird angenommen, dass ein bestimmter Bereich existiert, innerhalb dessen das System sich linear verhält. Zum zweiten soll ein Gebiet im Objekt/Bildfeld existieren, innerhalb dessen das System isoplanatisch ist, derart, dass die Messung der optischen Übertragungsfunktion genügend genau innerhalb spezifizierter Grenzen ist.

Die zugrunde gelegte Messtechnik wird in diesem Zusammenhang bedeutungsvoll und muss als Teil der Messbedingungen spezifiziert werden. Informationen hierzu werden in den entsprechenden Abschnitten von ISO 9336 gegeben.

Ein sehr nützlicher und wichtiger Aspekt des Konzeptes der optischen Übertragungsfunktion ist die multiplikative Eigenschaft der OTF-Komponenten von inkohärent gekoppelten Einheiten. Diese Eigenschaft erlaubt es, die Gesamt-OTF eines zusammengesetzten Abbildungssystems als Produkt der getrennt gemessenen OTFs der inkohärent gekoppelten Komponenten zu beschreiben. Genau genommen ist diese „Produktregel“ nur gültig, wenn das Gesamtsystem und seine individuellen Komponenten den Bedingungen der Isoplanasie und Linearität gehorchen. Die Produktregel ist aber selbst dann von Nutzen, wenn der lineare radiometrische Bereich und das isoplanatische Gebiet von begrenzter Ausdehnung sind.

The optical transfer function concept originated in the field of optical systems, comprising lenses and mirrors, which closely satisfy the conditions of (radiometric) linearity and isoplanatism in their image-forming process. It allowed optical and systems designers to predict, with high reliability, the performance of optical systems of this type from the basic design data.

When the requirements for isoplanatism and linearity are exactly satisfied, the optical transfer function can be regarded as expressing the way in which each sinusoidal spatial frequency component in the Fourier spectrum of an incoherently radiating object is transferred to the image as a sinusoidal pattern with reduced modulation and (frequently) a shift of phase.

However, for some imaging devices the linearity and isoplanatism conditions are met only within certain limits. In order to adopt the optical transfer function approach, even under these conditions, two key concepts will be introduced. First, it will be assumed that it is possible to identify a certain range over which a system behaves in a linear manner. Secondly, there will be an area of the object/image field over which the system is isoplanatic such that the measured optical transfer function can be assumed to be accurate within a specified tolerance.

The basic measurement technique also becomes significant in this situation and must be specified as part of the measurement conditions relating to that device. This information is contained in the appropriate sections of ISO 9336.

A very useful and important aspect of the optical transfer function concept is the multiplicative property of incoherently coupled system component OTFs. This property permits the overall OTF of a composite imaging system to be obtained as the product of the separately measured OTFs of its incoherently coupled components. Strictly speaking, this “product rule” applies only when the complete system, and its individual components, obey the conditions of linearity and isoplanatism, but the product rule remains useful even when the linear radiometric range and isoplanatic area are of limited extent.

Für kaskadierte optische Systeme, wie z. B. Fernrohre, bei denen die Komponenten kohärent gekoppelt sind, kann die „Produktregel“ nicht angewendet werden. Die Bestimmung der optischen Übertragungsfunktion dieser Systeme ist nur durch eine Messung des kompletten Instrumentes möglich.

Zusammenfassend beschreibt diese Internationale Norm die optische Übertragungsfunktion als ein Werkzeug, welches in wohldefinierten Grenzen auf eine weite Klasse von abbildenden Systemen angewendet werden kann, um deren Abbildungsleistung zu ermitteln.

Da die Messproblematik von einer Klasse Abbildungssysteme zu einer anderen beträchtlich variieren kann, wird für Internationale Normen auf dem Gebiet der optischen Übertragungsfunktion das folgende Format benutzt.

Diese Internationale Norm beinhaltet die Einführung und einen Satz von Definitionen, auf welchen die Theorie der optischen Übertragungsfunktion gründet. Diese Definitionen sind Teil eines Vokabulars, in dem alle allgemein benutzten Begriffe für diese Internationale Norm festgelegt sind. Sie beinhaltet auch eine Liste von grundlegenden Beziehungen der optischen Übertragungsfunktion zu anderen bildbeschreibenden Parametern und eine Zusammenfassung der Konzepte und Symbole, die bei der Arbeit mit der optischen Übertragungsfunktion nützlich sind.

ISO 9335 beinhaltet Aussagen zu den Prinzipien und Regeln der Messung und Darstellung der Ergebnisse, die ganz allgemein für alle bildgebenden Systeme gelten, für die die optische Übertragungsfunktion ein gültiges Konzept darstellt.

Es ist von grundlegender Bedeutung für die Genauigkeit der Messergebnisse, dass diese Regeln befolgt werden. Es wird kein Versuch gemacht, eine spezielle Messtechnik zu beschreiben, da eine Vielzahl von Methoden anwendbar ist, abhängig von den Charakteristika des Prüflings und der zur Verfügung stehenden Messausrüstung.

ISO 9336 ist in mehrere Teile aufgegliedert, wobei jeder einer verschiedenen Klasse von bildgebenden Systemen oder einer speziellen Anwendung zugeordnet ist.

For cascaded optical systems, such as telescopic sights, in which the components are coherently coupled, the “product rule” cannot be applied. It is only possible to determine the optical transfer function of these optical systems by a test of the complete instrument.

To summarize, this International Standard describes the optical transfer function as a tool which can be applied within well-defined limits to a large class of imaging systems in order to assess their image-forming capabilities.

Since the problems of measurement vary considerably from one class of imaging device to another, the following format is used for International Standards on the optical transfer function.

This International Standard contains the introduction and a set of definitions upon which optical transfer function theory is built. These definitions are part of a vocabulary in which all terms in general use throughout this International Standard are defined. It also contains a list of basic relationships of the optical transfer function to other image-describing parameters and a summary of concepts and symbols which are useful in optical transfer function work.

ISO 9335 contains statements of the principles and rules of measurement and presentation of results which apply in general to all imaging devices for which the optical transfer function is a valid concept.

It is essential that these rules be followed in order to ensure that accurate results are obtained. No attempt is made to prescribe a particular measuring technique since a variety of methods may be applicable depending on the characteristics of the device under test and the equipment available.

ISO 9336 is subdivided into several parts each devoted to a different class of imaging device or to a special application.

Sie beschreibt für jede Klasse die Einschränkungen und Vorsichtsmaßnahmen, welche erforderlich sind, um gültige Messungen der optischen Übertragungsfunktion zu erhalten. Ebenso wird eine Spezifikation eines Abbildungszustandes („I-state“) gegeben, welche eine Liste all der Parameter darstellt, die die Punktbildfunktion und folglich auch die gemessene optische Übertragungsfunktion beeinflussen.

Dieser Rahmen erlaubt eine zukünftige Erweiterung, um neue Klassen von abbildenden Systemen einzuschließen.

It describes, for each class, the limitations and precautions associated with making valid optical transfer function measurements and provides an imaging state (“I-state”) specification, which is a list of all those parameters which affect the point spread function and consequently the measured optical transfer function.

This framework will allow for future expansion to include new classes of imaging device.

1 Anwendungsbereich

Diese Internationale Norm legt Begriffe der optischen Übertragungsfunktion fest und benennt — wo es angebracht ist — die mathematischen Beziehungen zwischen diesen Begriffen. Sie definiert auch wichtige Parameter, die im Zusammenhang mit der Messung optischer Übertragungsfunktionen spezifiziert sein sollten.

In Tabelle 1 sind die Bezeichnungen und Einheiten der wichtigen Parameter angegeben, die in dieser Internationalen Norm und in ISO 9335 und ISO 9336 benutzt werden.

Die in dieser Internationalen Norm definierten Begriffe und Parameter gelten für alle Messungen optischer Übertragungsfunktionen optischer, elektro-optischer und anderer abbildender Systeme.

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).

ISO 9335:1995, *Optics and photonics — Optical transfer function — Principles and procedures of measurement*

1 Scope

This International Standard defines terms relating to the optical transfer function and indicates, where pertinent, the mathematical relationships between those terms. It also defines important parameters that should be specified in connection with optical transfer function testing.

Table 1 lists the notation and units for the major parameters considered in this International Standard and to be used in ISO 9335 and ISO 9336.

The terms and parameters defined in this International Standard apply to all measurements of the optical transfer function for optical, electro-optical and other imaging systems.

2 Normative references

The following referenced documents are indispensable for the application of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

ISO 9335:1995, *Optics and photonics — Optical transfer function — Principles and procedures of measurement*

Tabelle 1 — Parameter
Table 1 — Parameters

Parameter	Symbol	Recommended unit Empfohlene Einheit	Corresponding subclause Siehe Unterabschnitt
Local image field coordinates Lokale Bildfeld-Koordinaten	u, v	mm, mrad ^a , degree ^a mm, mrad ^a , Grad ^a	—
Spatial frequency coordinates Ortsfrequenz-Koordinaten	r, s	mm ⁻¹ , mrad ⁻¹ , degree ⁻¹ mm ⁻¹ , mrad ⁻¹ , Grad ⁻¹	3.12
Pupil coordinates Pupillen-Koordinaten	x, y	mm, mrad ^a , degree ^a mm, mrad ^a , Grad ^a	—
Object field angle Objektseitiger Feldwinkel	ω	degree, mrad Grad, mrad	4.13
Image field angle Bildseitiger Feldwinkel	ω'	degree, mrad Grad, mrad	4.14
Object height Objekthöhe	h	mm mm	4.15
Image height Bildhöhe	h'	mm mm	4.16
Reference angle Referenzwinkel	ϕ	degree Grad	4.12
Azimuth Azimut	ψ	degree Grad	—
Irradiance distribution in an image point Bestrahlungsstärkeverteilung in einem Bildpunkt	$F(u, v)$	mm ⁻² , mrad ⁻² mm ⁻² , mrad ⁻²	—
Point spread function Punktbildfunktion	$p(u, v)$	mm ⁻² , mrad ⁻² mm ⁻² , mrad ⁻²	3.5
Monochromatic point spread function Monochromatische Punktbildfunktion	$p_{\lambda}(u, v)$	mm ⁻² , mrad ⁻² mm ⁻² , mrad ⁻²	—
Optical transfer function Optische Übertragungsfunktion	$D(r, s)$	1	3.8
Modulation transfer function Modulationsübertragungsfunktion	$T(r, s)$	1	3.9
Phase transfer function Phasenübertragungsfunktion	$\theta(r, s)$	rad, degree rad, Grad	3.10
One-dimensional OTF Eindimensionale OTF	$D(r)$	1	3.11