

DIN ISO 9334

ICS 17.180.01; 01.040.17

Einsprüche bis 2015-01-26
Vorgesehen als Ersatz für
DIN ISO 9334:2008-08

Entwurf

**Optik und Photonik –
Optische Übertragungsfunktion –
Begriffe und mathematische Beziehungen (ISO 9334:2012)**

Optics and photonics –
Optical transfer function –
Definitions and mathematical relationships (ISO 9334:2012)

Optique et photonique –
Fonction de transfert optique –
Définitions et relations mathématiques (ISO 9334:2012)

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2014-09-26 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfes besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal des DIN unter www.entwuerfe.din.de 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 nafuo@din.de möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/stellungnahme oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an den DIN-Normenausschuss Feinmechanik und Optik (NAFuO) (Hausanschrift: Alexander-Wellendorff-Str. 2, 75172 Pforzheim).

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevanten Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 24 Seiten

DIN-Normenausschuss Feinmechanik und Optik (NAFuO)

Inhalt

Seite

Nationales Vorwort	3
Nationaler Anhang NA (informativ) Literaturhinweise.....	4
Einleitung.....	5
1 Anwendungsbereich	7
2 Normative Verweisungen	7
3 Grundlegende Definitionen.....	9
4 Praktische Definitionen	18
Literaturhinweise	22
Alphabetisches Stichwortverzeichnis	23

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (ISO 9334:2012) wurde vom Technischen Komitee 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.

Zur besseren Verständlichkeit einzelner Begriffe durch die Nennung eines gebräuchlichen Synonyms wurde auf den Seiten 7 und 9 je eine nationale Fußnote eingefügt.

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

ISO 9335 siehe DIN ISO 9335
ISO 9336-3 siehe DIN ISO 9336-3
ISO 11421 siehe DIN ISO 11421
ISO 15529 siehe DIN ISO 15529

Änderungen

Gegenüber DIN ISO 9334:2008-08 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) die Datierung der normativen Verweisungen wurden angepasst;
- b) die Symbole wurden teilweise geändert (siehe Tabelle 1 „Punktbildfunktion“, „Monochromatische Punktbildfunktion“);
- c) Übernahme der Neuausgabe der Internationalen Norm (ISO 9334:2012).

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN ISO 9335:, *Optik und Photonik — Optische Übertragungsfunktion — Prinzipien und Messverfahren*

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 (MTF) von abtastenden Abbildungssystemen*

Optik und Photonik

Optische Übertragungsfunktion — Begriffe und mathematische Beziehungen

Einleitung

Die optische Übertragungsfunktion (OTF) ist ein bedeutendes Hilfsmittel zur objektiven Bewertung der Abbildungsleistung von optischen, elektro-optischen und anderen abbildenden 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 Grundanforderungen an die Messgeräte und Messverfahren, um eine definierte Genauigkeit der Messung der optischen Übertragungsfunktion sicherzustellen.

Die optische Übertragungsfunktion stellt ein Mittel zur Verfügung, um die Abbildungsqualität von abbildenden 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.

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 als sinusförmiges Muster mit reduzierter Modulation und (häufig) mit einer Phasenverschiebung in die Bildebene 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 bedeutsam 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.

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. Dabei wird hier keine spezielle Messtechnik vorgeschrieben, da eine Vielzahl von Methoden anwendbar ist, abhängig von den Charakteristika des Prüflings und dem zur Verfügung stehenden Messsystem.

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

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 (en: „i-state“) gegeben, welche eine Liste aller 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.

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 Dokumente, die in diesem Dokument teilweise oder als Ganzes zitiert werden, 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 9335:2012, *Optics and photonics — Optical transfer function — Principles and procedures of measurement*

Tabelle 1 — Parameter

Parameter	Mathematisches Symbol	Zeichnungs- angabe	Empfohlene Einheit	Siehe Unterabschnitt
Lokale Bildfeld-Koordinaten	u, v	u, v	mm, mrad ^{a)} , Grad ^{a)}	—
Ortsfrequenz-Koordinaten	r, s	r, s	mm ⁻¹ , mrad ⁻¹ , Grad ⁻¹	3.12
Pupillen-Koordinaten	x, y	x, y	mm, mrad ^{a)} , Grad ^{a)}	—
Objektseitiger Feldwinkel	ω	ω	Grad, mrad	4.13
Bildseitiger Feldwinkel	ω'	ω'	Grad, mrad	4.14
Objekthöhe	h	h	mm	4.15
Bildhöhe	h'	h'	mm	4.16
Referenzwinkel	ϕ	ϕ	Grad	4.12
Azimut	ψ	ψ	Grad	—
Bestrahlungsstärkeverteilung in einem Bildpunkt	$F(u, v)$	$F(u, v)$	mm ⁻² , mrad ⁻²	—
Punktbildfunktion	$p(u, v)$	PSF	mm ⁻² , mrad ⁻²	3.5

Parameter	Mathematisches Symbol	Zeichnungs- angabe	Empfohlene Einheit	Siehe Unterabschnitt
Monochromatische Punktbildfunktion	$p_{\lambda}(u, v)$	PSF_{λ}	$\text{mm}^{-2}, \text{mrad}^{-2}$	—
Optische Übertragungsfunktion	$D(r, s)$	OTF	1	3.8
Modulationsübertragungsfunktion	$T(r, s)$	MTF	1	3.9
Phasenübertragungsfunktion	$\theta(r, s)$	PTF	rad, Grad	3.10
Eindimensionale OTF	$D(r)$	OTF	1	3.11
Linienbildfunktion	$L(u)$	LSF	$\text{mm}^{-1}, \text{mrad}^{-1}$	3.13
Kantenbildfunktion	$E(u)$	ESF	1	3.14
Modulation	M	-	1	3.17
Modulationsübertragungsfaktor	$T(r_0)$	-	1	3.18
Phasenübertragungswert	θ	-	rad, Grad	3.19
Wellenaberrationsfunktion	$W_{\lambda}(x, y)$	WFE_{λ}	nm, m	3.20
Pupillenfunktion	$P_{\lambda}(x, y)$	$P_{\lambda}(x, y)$	1	3.21
Amplitudenpunktbildfunktion	$A_{p,\lambda}(u, v)$	$A_{p,\lambda}(u, v)$	$\text{mm}^{-2}, \text{mrad}^{-2}$	3.22
Amplitude in der Austrittspupille	$A_{\lambda}(x, y)$	$A_{\lambda}(x, y)$	1	—
Monochromatische OTF	$D_{\lambda}(r, s)$	OTF_{λ}	1	3.24
Polychromatische OTF	$D_p(r, s)$	OTF_p	1	3.25
Relative spektrale Gewichtungsfunktion	$F(\lambda)$	$F(\lambda)$	1	—
Wellenlänge	λ	λ	nm, m	—
Analysierte Fläche	G	G	mm^2	—
Radius der Referenzkugel	R	R	mm	—
^a Die Einheiten mrad und Grad werden benutzt, wenn die zu kennzeichnenden Größen unendlich entfernt vom optischen System sind.				