

DIN ISO 9335

ICS 17.180.01

Einsprüche bis 2015-01-26
Vorgesehen als Ersatz für
DIN ISO 9335:2008-04

Entwurf

**Optik und Photonik –
Optische Übertragungsfunktion –
Prinzipien und Messverfahren (ISO 9335:2012)**

Optics and photonics –
Optical transfer function –
Principles and procedures of measurement (ISO 9335:2012)

Optique et photonique –
Fonction de transfert optique –
Principes et procédures de mesure (ISO 9335:2012)

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 31 Seiten

DIN-Normenausschuss Feinmechanik und Optik (NAFuO)

Inhalt

Seite

Nationales Vorwort	3
Nationaler Anhang NA (informativ) Literaturhinweise.....	4
Einleitung.....	5
1 Anwendungsbereich	6
2 Normative Verweisungen	6
3 Begriffe	6
4 Messausrüstung und Umfeld	6
4.1 Allgemeine Aspekte.....	6
4.2 Umgebung	7
4.3 Messausrüstung	7
4.4 Systemkomponenten	8
5 Messverfahren.....	15
5.1 Allgemeines	15
5.2 Einstellung der Messbedingungen	16
5.3 Zusätzliche Voraussetzungen für die Prüfung	17
5.4 Besondere Messbedingungen.....	19
6 Korrektur der Messdaten	20
6.1 Normierung.....	20
6.2 Korrektur des Frequenzbereiches	21
6.3 Korrektur der gemessenen Modulation.....	21
6.4 Abbildende Hilfssysteme	21
7 Darstellung der OTF-Daten	21
7.1 Allgemeines	21
7.2 Identifikation und Messbedingungen	22
7.3 Grafische Darstellung der OTF-Daten	23
7.4 Numerische Darstellung	23
8 Genauigkeitskontrollen.....	23
Anhang A (informativ) Beispiele zur Darstellung von OTF-Daten.....	25
A.1 Beispiel für die Spezifikation des Abbildungszustandes	25
A.2 Beispiel für die grafische Darstellung der MTF als Funktion der Ortsfrequenz	27
A.3 Beispiel für die grafische Darstellung der PTF als Funktion der Ortsfrequenz	28
A.4 Beispiel für die numerische Darstellung der MTF und PTF	29
A.5 Beispiel für die grafische Darstellung der MTF als Funktion der Bildhöhe.....	30
Literaturhinweise	31

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (ISO 9335:2012) 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 DIN-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 zitierten Internationalen Normen wird im Folgenden auf die entsprechenden Deutschen Normen hingewiesen:

ISO 9334 siehe DIN ISO 9334
ISO 9336-3 siehe DIN ISO 9336-3
ISO 11421 siehe DIN ISO 11421

Änderungen

Gegenüber DIN ISO 9335:2008-02 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) die normativen Verweisungen wurden aktualisiert;
- b) die Bilder wurden redaktionell überarbeitet;
- c) das Literaturverzeichnis wurde aktualisiert;
- d) Übernahme der Neuausgabe der Internationalen Norm (ISO 9335:2012).

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN ISO 9334, *Optik und Photonik — Optische Übertragungsfunktion — Begriffe und mathematische Beziehungen*

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*

Optik und Photonik — Optische Übertragungsfunktion — Prinzipien und Messverfahren (ISO 9335:2012)

Einleitung

Die optische Übertragungsfunktion ist ein bedeutendes Hilfsmittel zur objektiven Bewertung der Abbildungsleistung von optischen, elektro-optischen und bilderzeugenden Systemen.

Zur Messung der optischen Übertragungsfunktion werden unterschiedliche Messprinzipien angewendet. Um vergleichbare Messungen der optischen Übertragungsfunktion von Messgeräten in unterschiedlichen Laboratorien zu erhalten, ist es notwendig, äquivalente Messparameter, wie Fokus-Einstellungen und Ortsfrequenzbereich, sicherzustellen. Aus diesem Grund wurde eine einheitliche Terminologie definiert, so dass die in dieser Internationalen Norm verwendeten Messparameter von allen Anwendern verstanden werden. Diese Internationale Norm gibt eine Orientierung für den Aufbau und die Bedienung der Messausrüstung zur Messung der optischen Übertragungsfunktion.

Die genauen Beschreibungen in dieser Internationalen Norm bilden die Grundanforderungen an Messgeräte und Messverfahren zur Sicherstellung einer definierten Genauigkeit der Messung der optischen Übertragungsfunktion.

1 Anwendungsbereich

Diese Internationale Norm gibt eine allgemeine Orientierung für den Aufbau und die Anwendung der Ausrüstung zur Messung der optischen Übertragungsfunktion (OTF) von abbildenden Systemen.

Diese Internationale Norm legt bedeutende Faktoren, die die Messung der OTF beeinflussen können, fest und gibt allgemeine Regeln für die Ausrüstung bezüglich Leistungsanforderungen und Überprüfung von Umgebungseinflüssen. Sie legt wichtige Vorkehrungen fest, die getroffen werden sollten, um genaue Messungen sicher zu stellen, und gibt Korrekturfaktoren an, welche auf die gemessenen Daten angewendet werden sollen.

Die in dieser Internationalen Norm beschriebene Ausrüstung zur Messung der OTF ist beschränkt auf die Analyse der Strahlungsverteilung in der Bildebene zu prüfender optisch abbildender Systeme. Auf Interferometern basierende Instrumente liegen nicht im Anwendungsbereich der vorliegenden Internationalen Norm.

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 9334, *Optics and photonics — Optical transfer function — Definitions and mathematical relationships*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach ISO 9334.

4 Messausrüstung und Umfeld

4.1 Allgemeine Aspekte

4.1.1 Messbedingungen

Jede Messung der OTF hängt vom Abbildungszustand (en: „I-state“) des abbildenden Systems ab. Folglich müssen vor den Messungen solche Parameter, die den Abbildungszustand des Systems bilden, erkannt und der Grad der Abhängigkeit des Abbildungszustandes von diesen Parametern bestimmt werden. Der komplette Satz von Parametern, welcher den Abbildungszustand beschreibt, muss feste Werte haben. Die festen Werte repräsentieren einen speziellen Abbildungszustand und werden Messbedingungen genannt.

4.1.2 Messgenauigkeit

Die Messausrüstung und das Umfeld, in welchem diese verwendet wird, müssen die Festlegung der beschriebenen Messbedingungen sowie eine mit der erforderlichen Messgenauigkeit übereinstimmende Stabilität gestatten (siehe ISO 11421, welche die verschiedenen Parameter beschreibt, die eine Auswirkung auf die Genauigkeit der Messung haben). Die Genauigkeit einer OTF-Messung kann in Verbindung mit einer Messung, herrührend aus vielen einzelnen Parametern des Abbildungszustandes, als unsicher gelten. Wenn eine notwendige Genauigkeit der OTF-Messung festgelegt ist, muss sie auf die bekannten beitragenden Parameter entsprechend aufgeteilt werden. So kann für jeden Parameter des Abbildungszustandes eine Toleranz festgelegt werden. So könnte eine Gesamtanforderung an die Messgenauigkeit von $\pm 0,05$ der Modulations-

übertragungsfunktion (MTF) neben anderen Faktoren eine Temperaturstabilität des Messaufbaus von $\pm 1^\circ\text{C}$ und eine Einstellung der Auffangebene auf $\pm 5\text{ }\mu\text{m}$ erfordern. Die Diskussion von Geräteeinstellungen und Einstellungen der Umgebungsbedingungen in den folgenden Unterabschnitten bezieht sich auf die Toleranzen, die entsprechend der geforderten Genauigkeit der OTF-Messung in diesem Sinne zugeteilt werden.

4.2 Umgebung

4.2.1 Allgemeines

Die Umgebungsbedingungen der OTF-Ausrüstung müssen ausreichend frei bleiben von Einflüssen, die zu klimatischen, mechanischen und elektromagnetischen Störungen führen können. Die Messausrüstung und die Atmosphäre im Messraum müssen frei sein von Staub, Feuchtigkeit und Rauch. Alle optischen Oberflächen müssen vor Kratzern und Fingerabdrücken geschützt sein.

4.2.2 Temperatur- und Feuchtigkeitskontrolle

Die Temperatur muss innerhalb einer festgesetzten Toleranz bei einem geeigneten Wert konstant gehalten werden. Die Feuchtigkeit muss ebenfalls innerhalb annehmbarer Grenzen bleiben. Beides, Temperatur und Feuchtigkeit, müssen aufgezeichnet werden. Die Luftturbulenz und -schichtung können die Messung beeinflussen und müssen durch Verwendung einer Abdeckung minimiert werden.

4.2.3 Vibration

Die Vibration muss minimal gehalten werden. Wenn andernfalls Vibrationen, zum Beispiel verursacht durch Maschinen, nicht vermeidbar sind, ist ein Kellerraum zu empfehlen. Der Grad der Vibrationsisolation für eine vorgegebene Messgenauigkeit ist abhängig von der Art der Vibration, der Messmethode und vom Ortsfrequenzbereich. Wenn die Methode die Messung der Linienbildfunktion beinhaltet, könnte als geeignete Toleranz für die durch Vibration verursachte Bildauswanderung am Analysator $1/20$ der Breite des Testspaltbildes bei halber maximaler Intensität angegeben werden.

4.2.4 Elektromagnetische Störungen

Bei einigen Systemen kann es notwendig sein, die Schwankungen der Spannungsversorgung zu überwachen und diese auf einem erträglichen Minimum zu halten. Der Einfluss von äußeren elektromagnetischen Feldern und der Grad des Umgebungslichtes müssen soweit reduziert werden, dass sie die Messung der OTF nicht signifikant beeinflussen.

4.3 Messausrüstung

4.3.1 Optikhalterungen

Die Basis jeder Messausrüstung muss eine robuste optische Bank oder Platte zur Halterung der Objektfigureneinheit, des Prüflings, des Bildanalysators sowie anderer zusätzlicher Elemente, welche befestigt und entsprechend der erforderlichen Genauigkeit zueinander ausgerichtet werden, sein.

In Abhängigkeit vom zu prüfenden abbildenden System können sich bezüglich der Linearität der Einstellungen und/oder der Parallelität der Führungsbahnen unterschiedliche Anforderungen ergeben. Abweichungen von idealen Linearitäts- und Parallelitätsanforderungen dürfen keine größere Änderung der gemessenen MTF als $1/3$ der zugelassenen oder festgelegten Messgenauigkeit verursachen.

4.3.2 Defokussierungstoleranz

Bei photographischen Objektiven führen Defokussierungseffekte, hervorgerufen durch ungenaue Ausrichtung auf der optischen Bank, zu Fehlern in der gemessenen MTF, welche sich mit steigender Ortsfrequenz,

fallender Blendenzahl und mit reduzierter Wellenfrontaberration vergrößern. Tabelle 1 gibt die Defokussierungstoleranz von beugungsbegrenzten Objektiven mit kreisrunder Pupille und inkohärenter Beleuchtung an, die zu einer Änderung der MTF von $\pm 0,05$ führt. Für die Wellenlänge des Lichtes werden 500 nm angenommen.

Tabelle 1 — Defokussierungstoleranz

Maßeinheit in Mikrometer

Blendenzahl	Defokussierungstoleranz für Ortsfrequenz					
	mm ⁻¹					
	1	5	10	20	50	100
1	45	9	4,5	2,3	1,0	0,5
1,4	62	12,5	6,3	3,2	1,4	0,8
2	89	18	9	4,7	2,0	1,1
4	180	36,5	18,8	9,8	4,6	3
8	360	74	39	21,5	12	12,2
16	720	157	86	54	49	468

ANMERKUNG Bei einer Änderung in der MTF von 0,10 verdoppelt sich die Defokussierungstoleranz gegenüber den in der Tabelle angegebenen Werten.

4.3.3 Messskalen

Die Messausrüstung muss entsprechende Messmittel zur Bestimmung der Positionen der Objektfigur, des zu prüfenden Systems oder Gerätes (Prüfling), des Bildanalysators und zusätzlicher Systeme enthalten. Diese schließen Skalen, Spindeln und Messuhren ein. Ferner müssen Messmittel zur Überwachung, Festlegung oder zur Bestimmung aller anderen Parameter, welche den Abbildungszustand des Prüflings bilden, zur Verfügung stehen.

4.4 Systemkomponenten

4.4.1 Allgemeines

Die folgenden Unterabschnitte legen Details hinsichtlich der Messanordnung und ihrer Grundkomponenten einschließlich der Objektfigureinheit, des Prüflings, des Bildanalysators und abbildender Hilfssysteme fest.

4.4.2 Optische Bänke

4.4.2.1 Allgemeines

Es sind unterschiedliche Anordnungen des Messaufbaus möglich, jedoch sind die in 4.4.2.2 bis 4.4.2.5 beschriebenen Anordnungen zu empfehlen.

4.4.2.2 Objekt und Bild im Endlichen

Bei Prüfungen, bei denen Objekt und Bild eine endliche Entfernung vom Prüfling besitzen, müssen die in den Bildern 1 oder 2 dargestellten Konfigurationen verwendet werden. Bei diesen Anordnungen sind zwei der drei Grundelemente (Prüfling, Objektfigureinheit und Bildanalysator) entlang der Schieberichtung parallel zueinander und senkrecht zur Bezugsachse beweglich. Gewöhnlich ist der Prüfling fixiert und die beiden anderen Elemente sind, wie in den Bildern 1 und 2 dargestellt, beweglich.

Wenn elektrooptische Komponenten, wie z. B. Bildverstärker, zu prüfen sind, werden abbildende Hilfssysteme zur Erzeugung eines Bildes der Objektfigur am Eingang des Prüflings verwendet. Das Bild am Ausgang des Prüflings wird von dort zum Bildanalysator übertragen. Der entsprechende Aufbau ist in Bild 2 dargestellt.

4.4.2.3 Objekt im Unendlichen

Bei Prüfungen, bei denen sich das Objekt im Unendlichen befindet (d. h., die Objektfigur befindet sich in der Brennebene des Kollimators), müssen Anordnungen ähnlich der in Bild 3 dargestellten verwendet werden. Wenn außeraxiale Messungen durchzuführen sind, darf der Kollimator zur Einstellung eines Objektfeldwinkels ω um eine Achse durch den Achspunkt der Eintrittspupille des Prüflings und senkrecht zur Bezugsachse z geschwenkt werden (siehe Bild 3).

Alternativ dazu darf der Kollimator fixiert sein, und Prüfling und Bildanalysator werden gemeinsam um die Eintrittspupille geschwenkt. In diesem Fall sind die Halterungsvorrichtungen für den Prüfling und die Bildanalysatorgleitbahn beide zu einer sich drehenden Grundplatte starr fixiert (diese Anordnung wird daher als „Drehtisch“-Typ bezeichnet).

4.4.2.4 Bild im Unendlichen

Es ist die gleiche Anordnung wie in 4.4.2.3 (siehe Bild 3) zu verwenden, wobei der Bildanalysator und die Objektfigureneinheit gegeneinander auszutauschen sind.

4.4.2.5 Objekt und Bild im Unendlichen

Bei Systemen, welche mit im Unendlich liegenden Objekt und Bild zu prüfen sind, ist eine Anordnung ähnlich der in Bild 4 dargestellten zu verwenden. Wenn außeraxiale Messungen durchzuführen sind, sollte der objektseitige Kollimator mit der Objektfigureneinheit zur Einstellung eines Objektfeldwinkels ω um eine Achse durch den Achspunkt der Eintrittspupille des Prüflings und senkrecht zur Bezugsachse z des Prüflings schwenkbar sein. Der bildseitige Dekollimator muss zusammen mit dem Bildanalysator um den Bildfeldwinkel ω' um eine Achse durch den Achspunkt der Austrittspupille des Prüflings und senkrecht zu seiner Bezugsachse z schwenkbar sein, und er wird entsprechend den Prüfkriterien nachfokussiert.

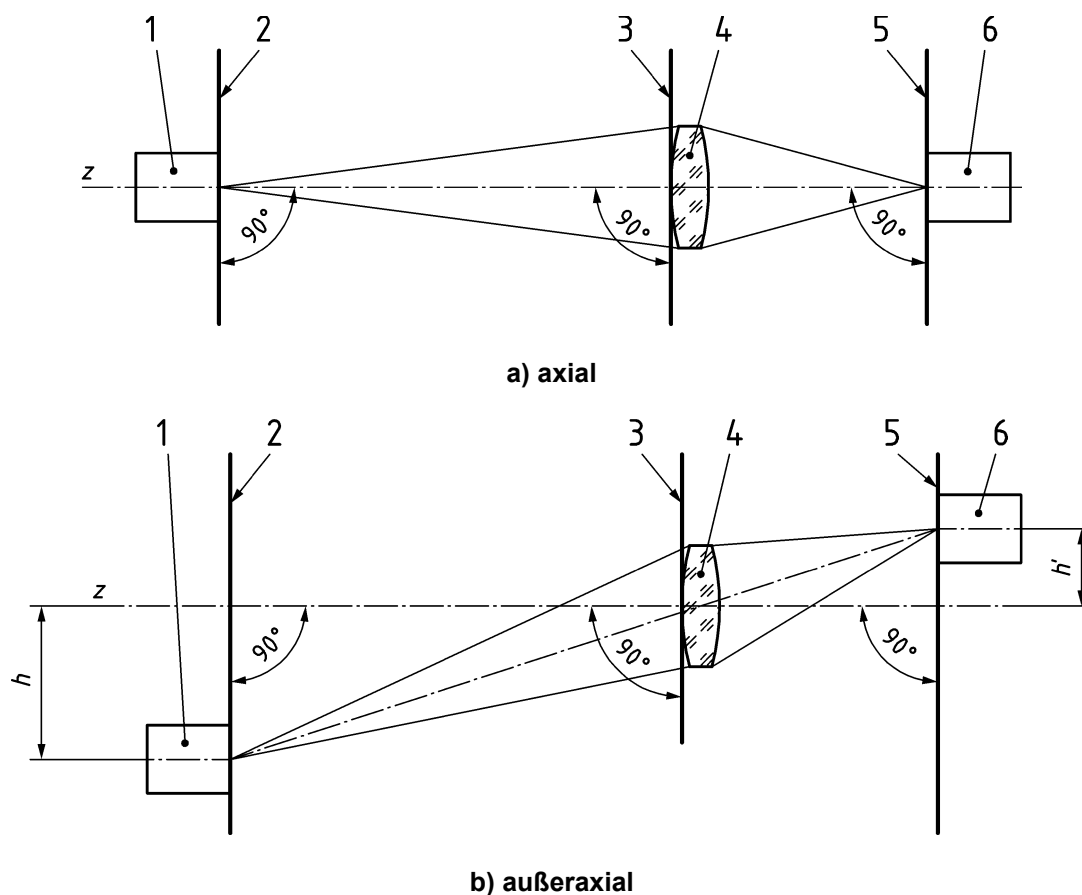
4.4.3 Objektfigureneinheit

4.4.3.1 Allgemeines

Die Objektfigureneinheit besteht aus einer Beleuchtungsquelle und einer Objektfigur.

4.4.3.2 Objektfigur

Abhängig von den Eigenschaften des Prüflings dürfen mehrere verschiedene Typen von Objektfiguren verwendet werden. Gebräuchlich sind Lochblenden, Spalte, Kanten, Gitter und selbstleuchtende Objektfiguren, wie leuchtende Drähte. Das Ortsfrequenzspektrum der Objektfigur, das für die Messung der OTF verwendet wird, muss mit einer durch die erforderliche Messgenauigkeit bestimmten Genauigkeit bekannt sein. Das tatsächliche Frequenzspektrum der Objektfigur unterscheidet sich gewöhnlich von seinem idealen (geometrisch vorhergesagten) Spektrum. Wenn das tatsächliche Spektrum nicht gemessen werden kann, müssen Maßnahmen ergriffen werden, die sicherstellen, dass das Objektfigur der festgelegten Geometrie so gut wie möglich entspricht.

**Legende**

- | | | | |
|---|--|---------|----------------------------------|
| 1 | Objektfigureneinheit (TTU, en: test target unit) | 5 | Führungsbahn des Bildanalysators |
| 2 | TTU-Führungsbahn | 6 | Bildanalysator |
| 3 | Haltevorrichtung für den Prüfling | z | Bezugsachse |
| 4 | Prüfling | h, h' | Objekt-, Bildhöhe |

Bild 1 — Schematischer Prüfaufbau: Objekt und Bild im Endlichen