

DIN ISO 9039

ICS 37.020

Ersatz für
DIN 58187:1986-06**Optik und Photonik –
Qualitätsbewertung optischer Systeme –
Bestimmung der Verzeichnung (ISO 9039:2008)**

Optics and photonics –
Quality evaluation of optical systems –
Determination of distortion (ISO 9039:2008)

Optique et photonique –
Évaluation de la qualité des systèmes optiques –
Détermination de la distorsion (ISO 9039:2008)

Gesamtumfang 24 Seiten

Normenausschuss Feinmechanik und Optik (NAFuO) im DIN

Inhalt

	Seite
Nationales Vorwort	3
Nationaler Anhang NA (informativ) Literaturhinweise.....	3
Einleitung.....	4
1 Anwendungsbereich	5
2 Begriffe	5
3 Anwendungsklassen	7
3.1 Unendlicher Objektabstand, endlicher Bildabstand	7
3.2 Unendlicher Objektabstand, unendlicher Bildabstand.....	7
3.3 Endlicher Objektabstand, endlicher Bildabstand.....	7
3.4 Endlicher Objektabstand, unendlicher Bildabstand	8
4 Messverfahren.....	8
4.1 Allgemeines	8
4.2 Messgeräte	9
4.2.1 Allgemeine Anforderungen.....	9
4.2.2 Unendlicher Objektabstand, endlicher Bildabstand	9
4.2.3 Unendlicher Objektabstand, unendlicher Bildabstand.....	13
4.2.4 Endlicher Objektabstand, endlicher Bildabstand.....	13
4.2.5 Endlicher Objektabstand, unendlicher Bildabstand	14
5 Durchführung der Messung.....	15
5.1 Referenzwinkel des Prüflings.....	15
5.2 Koordinatenursprung.....	15
5.3 Auswahl der Bildhöhen.....	15
6 Auswertung	16
6.1 Berechnung der Referenzgrößen a , a' , m oder Γ	16
6.2 Berechnung der Verzeichnung.....	16
7 Darstellung der Ergebnisse	16
8 Prüfbericht.....	17
Anhang A (informativ) Beispiel für eine Methode der Nullpunkts-Verschiebung.....	18
A.1 Beschreibung der Methode	18
A.2 Ableitung der Formel für den Fall von unendlichem Objektabstand und endlichem Bildabstand	18
Anhang B (informativ) Bildhöhen-Verzeichnungswert.....	22
Literaturhinweise	24

Nationales Vorwort

Die Internationale Norm ISO 9039:2008 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.

Änderungen

Gegenüber DIN 58187:1986-06 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) folgende Inhalte sind zusätzlich hinzugekommen: Informativer Anhang A „Beispiel für eine Methode der Nullpunkts-Verschiebung“, Informativer Anhang B „Bildhöhen-Verzeichnungswert“, Abschnitt 4.2.2.3 „Knotenpunkts-Methode“ und Literaturhinweise;
- b) einige der Symbole wurden geändert, z. B. diejenigen für Objekt- und Bildhöhen, Feldwinkel und Abbildungsmaßstab;
- c) Übernahme der Internationalen Norm ISO 9039:2008.

Frühere Ausgaben

DIN 58187: 1986-06

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

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

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

DIN ISO 15795, *Optik und Photonik — Beurteilung der Qualität optischer Systeme — Bestimmung der Beeinträchtigung der Bildqualität durch chromatische Aberrationen*

Optik und Photonik
Qualitätsbewertung optischer Systeme
Bestimmung der Verzeichnung

Einleitung

Rotationssymmetrische optische Systeme haben im Allgemeinen die Aufgabe, Objekte geometrisch ähnlich abzubilden, ausgenommen einige spezielle Systeme wie Fischaugenobjektive oder Okulare, bei denen diese Bedingung absichtlich nicht gilt. Diese Aufgabe wird idealerweise nach der Geometrie der Zentralprojektion erfüllt. Abweichungen von der idealen (Gaußschen) Abbildungsgeometrie nennt man Verzeichnung. Die Verzeichnung ist eine ortsabhängige Größe, die im Allgemeinen vektoriellen Charakter hat. In einer vorgegebenen Bildebene (die auch im Unendlichen liegen kann) hat dieser Vektor zwischen theoretischem und realem Bildort eine radiale und eine tangentielle Komponente. Bei optischen Systemen ist die tangentielle Komponente grundsätzlich durch mangelhafte Rotationssymmetrie bedingt. Die nach dem heutigen Stand der Technik gefertigten Systeme haben eine vernachlässigbare tangentielle Verzeichnung. Bei elektromagnetisch fokussierten elektronenoptischen Systemen tritt dagegen eine tangentielle Komponente der Verzeichnung als primärer Bildfehler auf. In dieser Norm wird nur die radiale Verzeichnung behandelt. Für spezielle Systeme, z. B. manche optronische Systeme, kann eine Erweiterung auf eine vektorielle Darstellung erforderlich werden.

1 Anwendungsbereich

Diese Internationale Norm legt Methoden zur Bestimmung der Verzeichnung von optischen Systemen für die Qualitätsbewertung fest. Sie gilt für optische Abbildungssysteme im optischen Spektralbereich von 100 nm bis 15 000 nm, bei denen durch ihre Konstruktion eine rotationssymmetrische Abbildungsgeometrie angestrebt ist. Sie gilt für optronische Abbildungssysteme, sofern eine hinreichende Rotationssymmetrie der Abbildung gewährleistet ist. Sie gilt also nicht für anamorphotische und faseroptische Systeme.

2 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

2.1

Verzeichnung

Maß für die Ablage der außeraxialen Bildpunkte von den Gaußschen Bildpunkten in einer vorgegebenen Bildebene, die parallel zur Referenzebene des Systems liegt

ANMERKUNG Liegt die Bildebene im Unendlichen, werden die Bildorte durch den Tangens der Feldwinkel angegeben.

2.2

Referenzebene

körperliche Fläche des Prüflings, die zur Ausrichtung benutzt wird, wie z. B. ein Montageflansch oder eine Halterung, die speziell für diesen Zweck montiert wurde

2.3

absolute Verzeichnung

V_a

radialer Abstand zwischen beobachtetem Bildpunkt und Gaußschem Bildpunkt, gemessen in Millimetern oder Mikrometern

2.4

relative Verzeichnung

V_r

radialer Abstand zwischen beobachtetem Bildpunkt und Gaußschem Bildpunkt, angegeben in % der Gaußschen Bildhöhe h'_0

ANMERKUNG Liegt das Bild im Unendlichen, so ist die relative Verzeichnung die Differenz des Tangens des beobachteten Feldwinkels und des Tangens des Gaußschen Feldwinkels, ausgedrückt in % des Tangens des Gaußschen Feldwinkels ω'_0 .

2.5

Objekthöhe

h

Abstand zwischen Objektpunkt und der Achse der Rotationssymmetrie des Prüflings, gemessen in Millimeter

2.6

Bildhöhe

h'

Abstand zwischen Bildpunkt und der Achse der Rotationssymmetrie des Prüflings, gemessen in Millimeter

2.7

objektseitiger Feldwinkel

ω_p

Absolutwert des Winkels, in Radian oder Grad, zwischen der Achse der Rotationssymmetrie und der Richtung des Strahls vom Objekt zur Eintrittspupille des Prüflings

2.8

bildseitiger Feldwinkel

ω'_p

Absolutwert des Winkels, in Radian oder Grad, zwischen der Achse der Rotationssymmetrie und der Richtung des Strahls von der Austrittspupille des Prüflings zum Bild

2.9

Objektabstand

a

Abstand der Objektebene vom objektseitigen Hauptpunkt, gemessen in Millimeter

2.10

Bildabstand

a'

Abstand der Bildebene vom bildseitigen Hauptpunkt, gemessen in Millimeter

2.11

Objektebene

die zur Referenzebene parallele Ebene, die einen Objektpunkt enthält

2.12

Bildebene

die zur Referenzebene parallele Ebene, die einen Bildpunkt enthält

2.13

Gaußsche Bildhöhe

h'_0

Bildhöhe ohne Verzeichnung, nach der Geometrie der Zentralprojektion, gemessen in Millimeter

2.14

Gaußscher bildseitiger Feldwinkel

ω'_0

bildseitiger Feldwinkel ohne Verzeichnung, nach der Geometrie der Zentralprojektion, gemessen in Radian oder Grad

2.15

Winkelvergrößerung

Γ

Grenzwert der Gleichung

$$\Gamma = \lim_{\omega_p \rightarrow 0} \frac{\tan \omega'_p}{\tan \omega_p}$$

2.16

Abbildungsmaßstab

m

Grenzwert der Gleichung

$$m = \lim_{h \rightarrow 0} \frac{h'}{h}$$

3 Anwendungsklassen

3.1 Unendlicher Objektabstand, endlicher Bildabstand

Referenzgröße ist der Bildabstand a' , den man als Grenzwert aus der Gleichung

$$a' = \lim_{\omega_p \rightarrow 0} \frac{h'}{\tan \omega_p}$$

erhält.

Die absolute Verzeichnung ist

$$V_a = h' - a' \tan \omega_p$$

und die relative Verzeichnung ist

$$V_r = 100 \cdot \frac{h' - a' \tan \omega_p}{a' \tan \omega_p}$$

Bei telezentrischer Abbildung tritt an Stelle von a' der Abstand der telezentrischen Blende vom objektseitigen Hauptpunkt.

Liegt der bildseitige Brennpunkt in der Bildebene, dann ist a' die Brennweite (en: equivalent focal length). Für photogrammetrische Objektive wird die Kammerkonstante an Stelle von a' zur Berechnung der absoluten Verzeichnung V_a verwendet. Die Kammerkonstante ist ein Wert, der so eingestellt wird, dass man eine bestimmte Verteilung der Verzeichnung im Bildfeld erhält.

3.2 Unendlicher Objektabstand, unendlicher Bildabstand

Die Referenzgröße ist die Winkelvergrößerung Γ .

Die relative Verzeichnung V_r ist gegeben durch

$$V_r = 100 \cdot \frac{\frac{\tan \omega'_p}{\tan \omega_p} - \Gamma}{\Gamma}$$

3.3 Endlicher Objektabstand, endlicher Bildabstand

Referenzgröße ist der laterale Abbildungsmaßstab m .

Die absolute Verzeichnung ist

$$V_a = h' - h \cdot m$$

und die relative Verzeichnung ist

$$V_r = 100 \cdot \frac{\frac{h'}{h} - m}{m}$$

3.4 Endlicher Objektabstand, unendlicher Bildabstand

Referenzgröße ist die Objektentfernung a , die man als Grenzwert aus der Gleichung

$$a = \lim_{h \rightarrow 0} \frac{h}{\tan \omega'_p}$$

erhält.

Die relative Verzeichnung ist

$$V_r = 100 \cdot \frac{a \cdot \tan \omega'_p - h}{h}$$

Bei telezentrischer Abbildung tritt an die Stelle von a der Abstand der telezentrischen Blende vom bildseitigen Hauptpunkt.

4 Messverfahren

4.1 Allgemeines

Zur Ermittlung der Verzeichnung müssen korrespondierende Wertepaare objektseitiger und bildseitiger Koordinaten gemessen werden. Objektseitig sind das der objektseitige Feldwinkel ω_p oder die Objekthöhe h und bildseitig sind das der bildseitige Feldwinkel ω'_p oder die Bildhöhe h' . Dabei sind die Bezeichnungen objektseitig und bildseitig anwendungsbezogen zu verstehen.

Die Strahlrichtung bei der Messung sollte von der Objektseite zur Bildseite verlaufen. Bei Messungen ändert die Richtung der Messstrahlung (von der Objektseite oder der Bildseite) das Vorzeichen der Verzeichnungswerte. Wenn aus Gründen der Messbequemlichkeit die entgegengesetzte Richtung gewählt wird, sollte dies in Betracht gezogen werden.

Zur Einstellung von Objektpositionen mit endlichem Abstand bzw. bei umgekehrter Strahlrichtung zur Einstellung von Bildpositionen mit endlichem Abstand dienen z. B. beleuchtete Strichplatten, eine Reihe von beleuchteten Spalten mit bekannten Abständen oder ein einzelner, messbar verschiebbarer beleuchteter Spalt. Zur Einstellung von Objektpositionen mit unendlichem Abstand benutzt man Kollimatoren, zur Erfassung von im Unendlichen liegenden Bildern benutzt man Fernrohrobjective (bzw. umgekehrt bei umgekehrter Strahlrichtung).

Zur Messung der objektseitigen bzw. bildseitigen Feldwinkel werden der Kollimator oder das Fernrohr und der Prüfling (mit seiner Bildebene oder Objekzebene) gegeneinander verdreht, so dass die Winkel gemessen werden können. Die Drehachse sollte durch die Mitte der Eintrittspupille bzw. Austrittspupille des Prüflings verlaufen, um die volle Apertur des Prüflings auch bei größeren Feldwinkeln zu erfassen.

Zur Messung von endlichen Bildhöhen bzw. Objekthöhen benutzt man in der Messebene messbar verschiebbare Detektionseinrichtungen bzw. in der Messebene angebrachte Skalen.

Die Berechnung der Verzeichnung aus den Messwerten erfolgt nach den in Abschnitt 3 angegebenen Formeln.

ANMERKUNG Bei umgekehrter Strahlrichtung sollte darauf geachtet werden, dass bildseitige und objektseitige Größen nicht verwechselt werden, da sich anderenfalls das Vorzeichen der Verzeichnung umkehrt.