

DIN EN ISO 13695

ICS 31.260

**Optik und Photonik –
Laser und Laseranlagen –
Prüfverfahren für die spektralen Kenngrößen von Lasern
(ISO 13695:2004);
Deutsche Fassung EN ISO 13695:2004**

Optics and photonics –
Lasers and laser-related equipment –
Test methods for the spectral characteristics of lasers (ISO 13695:2004);
German version EN ISO 13695:2004

Optique et photonique –
Lasers et équipement associé aux lasers –
Méthodes d'essai des caractéristiques spectrales des lasers (ISO 13695:2004);
Version allemande EN ISO 13695:2004

Gesamtumfang 31 Seiten

Normenausschuss Feinmechanik und Optik (NAFuO) im DIN

Die Europäische Norm EN ISO 13695:2004 hat den Status einer Deutschen Norm.

Nationales Vorwort

Diese Europäische Norm wurde vom CEN/TC 123 „Laser und Geräte, die in Verbindung mit Lasern verwendet werden“ (Sekretariat: Deutschland) aus der Arbeit des ISO/TC 172/SC 9 „Elektrooptische Systeme“ übernommen.

Im DIN Deutsches Institut für Normung e.V. ist im Normenausschuss Feinmechanik und Optik (NAFuO) hierfür der AK 1 „Begriffe, Prüfgeräte und Prüfverfahren“ des AA O 18 „Laser“ zuständig.

Für die im Abschnitt 2 zitierten Internationalen Normen wird im Folgenden auf die entsprechenden Deutschen Normen hingewiesen:

IEC 60747-5-1	siehe DIN EN 60747-5-1
ISO 11145	siehe DIN EN ISO 11145
ISO 12005	siehe DIN EN ISO 12005

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN 60747-5-1, *Einzel-Halbleiterbauelemente und integrierte Schaltungen — Teil 5-1: Optoelektrische Bauelemente; Allgemeines (IEC 60747-5-1:1997); Deutsche Fassung EN 60747-5-1:2001*

DIN EN ISO 11145, *Optik und optische Instrumente — Laser und Laseranlagen — Begriffe und Formelzeichen (ISO 11145:2001); Deutsche Fassung EN ISO 11145:2001*

DIN EN ISO 12005, *Laser und Laseranlagen — Prüfverfahren für Laserstrahlparameter — Polarisation (ISO 12005:2003); Deutsche Fassung EN ISO 12005:2003*

Deutsche Fassung

**Optik und Photonik
Laser und Laseranlagen
Prüfverfahren für die spektralen Kenngrößen von Lasern
(ISO 13695:2004)**

Optics and photonics —
Lasers and laser-related equipment —
Test methods for the spectral characteristics of lasers
(ISO 13695:2004)

Optique et photonique —
Lasers et équipement associé aux lasers
Méthodes d'essai des caractéristiques spectrales des lasers
(ISO 13695:2004)

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 23. April 2004 angenommen.

Die CEN-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist. Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim Management-Zentrum oder bei jedem CEN-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

Diese Europäische Norm besteht in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch). Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CEN-Mitglied in eigener Verantwortung durch Übersetzung in seine Landessprache gemacht und dem Management-Zentrum mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CEN-Mitglieder sind die nationalen Normungsinstitute von Belgien, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Schweden, der Schweiz, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.



EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG
EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION
COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION

Management-Zentrum: rue de Stassart, 36 B-1050 Brüssel

Inhalt

	Seite
Vorwort	3
Einleitung	4
1 Anwendungsbereich	5
2 Normative Verweisungen	5
3 Begriffe	5
4 Symbole	12
5 Rückführbarkeit	13
6 Messung der Wellenlänge und der Bandbreite	13
6.1 Allgemeines	13
6.2 Arten der Messungen	14
6.3 Auswahl der Einrichtung	15
6.4 Messungen in Luft	15
6.5 Messungen mit geringer Auflösung	16
6.6 Messung mit höherer Auflösung	18
7 Messung der Wellenlängenstabilität	21
7.1 Abhängigkeit der Wellenlänge von den Betriebsbedingungen	21
7.2 Wellenlängenstabilität eines Einmoden-Lasers	22
8 Prüfbericht	22
Anhang A (informativ) Brechzahl der Luft	24
Anhang B (informativ) Kriterien zur Auswahl eines Gittermonochromators und seiner Zubehörteile — Kalibrierung	25
Anhang C (informativ) Kriterien für die Auswahl eines Fabry-Perot-Interferometers	28
Literaturhinweise	29

Vorwort

Dieses Dokument EN ISO 13695:2004 wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 172 „Optics and photonics“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee CEN/TC 123 „Laser und Geräte, die in Verbindung mit Lasern verwendet werden“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom DIN gehalten wird.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis Dezember 2004, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis Dezember 2004 zurückgezogen werden.

Entsprechend der CEN/CENELEC-Geschäftsordnung sind die nationalen Normungsinstitute der folgenden Länder gehalten, diese Europäische Norm zu übernehmen: Belgien, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Letland, Litauen, Luxemburg, Malta, Niederlande, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Schweden, Schweiz, Slowakei, Slowenien, Spanien, Tschechische Republik, Ungarn und Vereinigtes Königreich und Zypern.

Anerkennungsnotiz

Der Text von ISO 13695:2004 wurde vom CEN als EN ISO 13695:2004 ohne irgendeine Abänderung genehmigt.

Einleitung

Die Kenntnis der spektralen Kenndaten eines Lasers, z. B. seiner Spitzenwellenlänge oder seiner Spektrallinienbreite, ist für mögliche Anwendungen des Lasers von Bedeutung. Als Beispiele werden die spezifischen Anforderungen an eine Anwendung in der Interferometrie und der Lithographie genannt. In dieser Internationalen Norm werden Schlüsselparameter definiert, die zur Beschreibung der spektralen Kenndaten eines Lasers dienen, und es werden Anleitungen für die Durchführung von Messungen zur Bestimmung dieser Parameter für die üblichen Lasertypen vermittelt.

Das zulässige Unsicherheitsniveau bei Messung der Wellenlänge schwankt in Abhängigkeit von der vorgesehenen Anwendung. Daher werden für die Auswahl der Einrichtung und für die Mess- und Bewertungsverfahren drei Genauigkeitsklassen festgelegt. Um die Angabe der Messergebnisse für die spektralen Kenndaten zu vereinheitlichen, wird ein Beispiel für einen Prüfbericht angegeben.

1 Anwendungsbereich

In dieser Internationalen Norm werden Verfahren festgelegt, mit deren Hilfe spektrale Kenndaten gemessen werden können, z. B. Wellenlänge, Bandbreite, spektrale Verteilung und Wellenlängenstabilität eines Laserstrahls. Diese Internationale Norm ist sowohl auf Dauerstrichlaserstrahlen (cw) als auch auf Puls laserstrahlen anwendbar. Die Abhängigkeit der spektralen Kenndaten eines Lasers von den vorliegenden Betriebsbedingungen kann ebenfalls von Bedeutung sein.

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 11145, *Optics and optical instruments — Lasers and laser-related equipment — Vocabulary and symbols*

ISO 12005, *Lasers and laser-related equipment — Test methods for laser beam parameters — Polarization*

IEC 60747-5-1, *Discrete semiconductor devices and integrated circuits — Part 5-1: Optoelectronic devices — General*

Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM), BIPM¹⁾, IEC, IFCC²⁾, ISO, IUPAC³⁾, IUPAP⁴⁾, OIML⁵⁾, 1933, corrected and reprinted in 1995

International vocabulary of basic and general terms in metrology (VIM), BIPM, IEC, IFCC, ISO, IUPAC, IUPAP, OIML, Genova, ISO

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokumentes gelten die Begriffe, die im VIM, in ISO 11145 und in IEC 60747-5-1 angegeben werden sowie die folgenden Begriffe:

3.1

Wellenlänge im Vakuum

λ_0

Wellenlänge einer unendlichen, ebenen elektromagnetischen Welle, die sich im Vakuum ausbreitet

ANMERKUNG Für eine Welle mit der Frequenz f ergibt sich für die Wellenlänge im Vakuum $\lambda_0 = c/f$, wobei $c = 299792458$ m/s ist.

3.2

Wellenlänge in Luft

λ_{Luft}

Wellenlänge von Strahlung, die sich in Luft ausbreitet und die mit der Wellenlänge im Vakuum durch folgenden Zusammenhang verknüpft ist:

$$\lambda_{\text{Luft}} = \lambda_0 / n_{\text{Luft}}$$

Dabei ist n_{Luft} die Brechzahl der Umgebungsluft (siehe 6.4).

1) International Bureau of Weights and Measures (Bureau International des Poids et Mesures)

2) International Federation of Clinical Chemistry and Laboratory Medicine

3) International Union of Pure and Applied Chemistry

4) International Union of Pure and Applied Physics

5) International Organization of Legal Metrology (Organization Internationale de Metrologie Legale)

ANMERKUNG Die spezifischen Eigenschaften der Umgebungsluft, z. B. Feuchte, Druck, Temperatur und Zusammensetzung, nehmen Einfluss auf n_{Luft} . Daher ist es vorteilhafter, die Wellenlänge im Vakuum oder in Normalluft anzugeben. Diese Wellenlängen können aus λ_{Luft} und n_{Luft} nach der in 6.4 angegebenen Gleichung errechnet werden.

3.3 Wellenlänge in trockener Luft unter Normalbedingungen

λ_{norm}
Wellenlänge von Strahlung, die sich in trockener Luft (0 % Feuchte) unter Normalbedingungen ausbreitet und die mit der Wellenlänge im Vakuum λ_0 durch folgenden Zusammenhang verknüpft ist:

$$\lambda_{\text{norm}} = \lambda_0 / n_{\text{norm}}$$

Dabei ist n_{norm} die Brechzahl der Luft unter Normalbedingungen (siehe 6.4).

ANMERKUNG Im Rahmen dieser Internationalen Norm gilt die in 6.4 angegebenen Definition für Luft unter Normalbedingungen. Es ist zu beachten, dass in der Literatur verschiedene andere Normalbedingungen angegeben werden. Daher ist es notwendig, die festgelegten Normalbedingungen im Prüfbericht anzugeben.

3.4 spektrale Strahlungsleistungs-(-energie-)verteilung

$P_\lambda(\lambda)$, $[Q_\lambda(\lambda)]$

Strahlungsleistung $dP(\lambda)$ [oder für Puls laser: Strahlungsenergie $dQ(\lambda)$], die von einem Laserstrahl im Wellenlängenbereich $d\lambda$ übertragen wird, dividiert durch diesen Wellenlängenbereich:

$$P_\lambda(\lambda) = \frac{dP(\lambda)}{d\lambda} \quad \left[Q_\lambda(\lambda) = \frac{dQ(\lambda)}{d\lambda} \right]$$

ANMERKUNG Die vom Laserstrahl für eine beliebige Bandbreite von $\lambda_{\text{niedr.}}$ bis λ_{hoch} gelieferte Strahlungsleistung (Strahlungsenergie) wird durch das folgende Integral angegeben:

$$P = \int_{\lambda_{\text{niedr.}}}^{\lambda_{\text{hoch}}} P_\lambda(\lambda) d\lambda \quad \left[Q = \int_{\lambda_{\text{niedr.}}}^{\lambda_{\text{hoch}}} Q_\lambda(\lambda) d\lambda \right]$$

3.5 Spitzen-Emissionswellenlänge

λ_p

Wellenlänge, bei der die spektrale Strahlungsleistungs-(-energie-)verteilung ihren maximalen Wert hat

Siehe Bild 1.

3.6 gewichtete mittlere Wellenlänge (erstes Moment)

λ_g

Wellenlänge, die den Schwerpunkt der spektralen Strahlungsleistungs-(-energie-)verteilung repräsentiert und durch folgende Gleichung definiert wird:

$$\lambda_g = \frac{\int_{\lambda_{\text{min}}}^{\lambda_{\text{max}}} \lambda S(\lambda) d\lambda}{\int_{\lambda_{\text{min}}}^{\lambda_{\text{max}}} S(\lambda) d\lambda}$$

Dabei ist $S(\lambda)$ für einen Dauerstrichlaser (cw-Laser) die spektrale Strahlungsleistungsverteilung $P_\lambda(\lambda)$ bzw. für einen Puls laser die spektrale Strahlungsenergieverteilung $Q_\lambda(\lambda)$.

Siehe Bild 1.

ANMERKUNG Zur Wahl der Integrationsgrenzen λ_{min} und λ_{max} siehe 6.2.2.

3.7

Zentralwellenlänge

 $\bar{\lambda}$

gewogener Mittelwert der Wellenlängen der Spektrallinien oder Schwingungsmoden:

$$\bar{\lambda} = \frac{\sum_{i=i_{\min}}^{i=i_{\max}} I_i \lambda_i}{\sum_{i=i_{\min}}^{i=i_{\max}} I_i}$$

Dabei ist

λ_i die Wellenlänge der i -ten Spektrallinie oder der i -ten Schwingungsmode;

I_i die relative Strahlungsleistung der i -ten Spektrallinie oder der i -ten Schwingungsmode;

$i_{\min}, i_{\max}$ die extremen Spektrallinien oder Moden unter- und oberhalb von λ_p .

ANMERKUNG 1 Die Grenzen für die Summierung werden üblicherweise so ausgewählt, dass die relative Strahlungsleistung der Spektrallinien oder Moden außerhalb dieser Grenzen weniger als 1 % der relativen Strahlungsleistung der stärksten bei λ_p ermittelten Linie oder Mode beträgt.

ANMERKUNG 2 Diese Definition ist besonders für Laser mit mehreren Schwingungsmoden (Multimode-Laser) vorteilhaft.

3.8

mittlere Wellenlänge

 λ_{mittl}

Quotient aus der Lichtgeschwindigkeit c und der mittleren optischen Emissionsfrequenz f_{mittl}

$$\lambda_{\text{mittl}} = c/f_{\text{mittl}}$$

ANMERKUNG Die mittlere optische Emissionsfrequenz f_{mittl} kann direkt gemessen werden, z. B. nach dem Überlagerungsverfahren (siehe 6.6.5).

3.9

quadratischer Mittelwert der spektralen Strahlungsbandbreite (zweites Moment)

 $\Delta\lambda$

zweites Moment der spektralen Strahlungsleistungs-(-energie-)verteilung, definiert durch folgende Gleichung:

$$\Delta\lambda = \sqrt{\frac{\int_{\lambda_{\min}}^{\lambda_{\max}} (\lambda - \lambda_g)^2 S(\lambda) d\lambda}{\int_{\lambda_{\min}}^{\lambda_{\max}} S(\lambda) d\lambda}}$$

Dabei ist $S(\lambda)$ für einen Dauerstrichlaser (cw-Laser) die spektrale Strahlungsleistungsverteilung $P_\lambda(\lambda)$ bzw. für einen Puls laser die spektrale Strahlungsenergieverteilung $Q_\lambda(\lambda)$.

Siehe Bild 1.

ANMERKUNG Zur Wahl der Integrationsgrenzen $\lambda_{\min}$ und $\lambda_{\max}$ siehe 6.2.2.

3.10 quadratischer Mittelwert der spektralen Bandbreite

$\Delta\lambda_{\text{rms}}$

der quadratische Mittelwert der spektralen Bandbreite wird durch folgende Gleichung definiert:

$$\Delta\lambda_{\text{rms}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=i_{\min}}^{i=i_{\max}} I_i (\lambda_i - \bar{\lambda})^2}{\sum_{i=i_{\min}}^{i=i_{\max}} I_i}}$$

Dabei ist

λ_i die Wellenlänge der i -ten Spektrallinie oder der i -ten Schwingungsmode;

I_i die relative Strahlungsleistung der i -ten Spektrallinie oder der i -ten Schwingungsmode;

$\bar{\lambda}$ die Zentralwellenlänge;

$i_{\min}, i_{\max}$ die extremen Spektrallinien oder Moden unter- und oberhalb von λ_p .

Siehe Bild 1.

ANMERKUNG 1 Die Grenzen für die Summierung werden üblicherweise so ausgewählt, dass die relative Strahlungsleistung der Spektrallinien oder Moden außerhalb dieser Grenzen weniger als 1 % der relativen Strahlungsleistung der stärksten bei λ_p ermittelten Linie oder Mode beträgt.

ANMERKUNG 2 Diese Definition ist besonders für Laser mit mehreren Schwingungsmoden vorteilhaft.

3.11 spektrale Bandbreite FWHM

$\Delta\lambda_H$

maximale Differenz zwischen den Wellenlängen, für die die spektrale Strahlungsleistungs-(-energie-)verteilung der Hälfte des Spitzenwertes entspricht

Siehe Bild 1.

ANMERKUNG In Anlehnung an ISO 11145.

3.12 spektrale Linienbreite FWHM

$\Delta\lambda_L$

maximale Differenz zwischen den Wellenlängen innerhalb von $\delta\lambda$, für die die spektrale Strahlungsleistungs-(-energie-)verteilung der Hälfte des Spitzenwertes entspricht, der innerhalb von $\delta\lambda$ gefunden wird

Siehe Bild 1.

vergleiche **spektrale Bandbreite** (3.11), $\Delta\lambda_H$

ANMERKUNG Die spektrale Linienbreite ist analog zur spektralen Bandbreite (3.11) zu verstehen, jedoch definiert für eine einzelne (longitudinale) Mode oder für ein auf andere Weise klar unterscheidbares und benennbares und im Intervall $\delta\lambda$ enthaltenes Wesensmerkmal.