

## DIN ISO 14490-5



ICS 37.020

Einsprüche bis 2023-08-23  
Vorgesehen als Ersatz für  
DIN ISO 14490-5:2018-05

**Entwurf**

**Optik und Photonik –  
Prüfverfahren für Fernrohre –  
Teil 5: Prüfverfahren zur Bestimmung des Transmissionsgrads  
(ISO 14490-5:2021);  
Text Deutsch und Englisch**

Optics and photonics –  
Test methods for telescopic systems –  
Part 5: Test methods for transmittance (ISO 14490-5:2021);  
Text in German and English

Optique et photonique –  
Méthodes d'essai pour systèmes télescopiques –  
Partie 5: Méthodes d'essai du facteur de transmission (ISO 14490-5:2021);  
Texte en allemand et anglais

**Anwendungswarnvermerk**

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2023-06-23 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

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

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal von DIN unter [www.din.de/go/entwuerfe](http://www.din.de/go/entwuerfe) bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter [www.entwuerfe.normenbibliothek.de](http://www.entwuerfe.normenbibliothek.de), sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an [nafuo@din.de](mailto:nafuo@din.de) möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter [www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe](http://www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe) oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter [www.dke.de/stellungnahme](http://www.dke.de/stellungnahme) abgerufen werden;
- oder in Papierform an den DIN-Normenausschuss Feinmechanik und Optik (NAFuO), 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 40 Seiten

DIN-Normenausschuss Feinmechanik und Optik (NAFuO)

## Inhalt

|                                                                                                                                                                                                          | Seite |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Nationales Vorwort . . . . .                                                                                                                                                                             | 4     |
| Nationaler Anhang NA (informativ) Literaturhinweise . . . . .                                                                                                                                            | 5     |
| Vorwort . . . . .                                                                                                                                                                                        | 6     |
| 1 Anwendungsbereich . . . . .                                                                                                                                                                            | 7     |
| 2 Normative Verweisungen . . . . .                                                                                                                                                                       | 7     |
| 3 Begriffe . . . . .                                                                                                                                                                                     | 7     |
| 4 Kurzbeschreibung . . . . .                                                                                                                                                                             | 7     |
| 5 Messaufbau . . . . .                                                                                                                                                                                   | 7     |
| 5.1 Allgemeines . . . . .                                                                                                                                                                                | 7     |
| 5.2 Strahlungsquelle und Kondensor . . . . .                                                                                                                                                             | 8     |
| 5.3 Monochromator oder Filtersatz . . . . .                                                                                                                                                              | 9     |
| 5.4 Kollimator . . . . .                                                                                                                                                                                 | 9     |
| 5.5 Aperturblende . . . . .                                                                                                                                                                              | 9     |
| 5.6 Prüflingshalterung . . . . .                                                                                                                                                                         | 9     |
| 5.7 Photometerkugel . . . . .                                                                                                                                                                            | 10    |
| 5.8 Strahlungsdetektor . . . . .                                                                                                                                                                         | 10    |
| 5.9 Wählbare Blende als Feldblende . . . . .                                                                                                                                                             | 10    |
| 6 Vorgehensweise . . . . .                                                                                                                                                                               | 10    |
| 6.1 Einrichten des Messaufbaus . . . . .                                                                                                                                                                 | 10    |
| 6.2 Bestimmung der Messwerte . . . . .                                                                                                                                                                   | 10    |
| 6.3 Andere Messverfahren . . . . .                                                                                                                                                                       | 11    |
| 7 Präzision der Messung . . . . .                                                                                                                                                                        | 11    |
| 8 Darstellung der Ergebnisse . . . . .                                                                                                                                                                   | 11    |
| 9 Auswertung . . . . .                                                                                                                                                                                   | 11    |
| 9.1 Wirksamer Transmissionsgrad für Tagessehen . . . . .                                                                                                                                                 | 11    |
| 9.2 Wirksamer Transmissionsgrad für Nachtsehen . . . . .                                                                                                                                                 | 12    |
| 10 Prüfbericht . . . . .                                                                                                                                                                                 | 12    |
| Anhang A (informativ) Kalibrierungsverfahren für Strahlungsdetektor/Messgeräte . . . . .                                                                                                                 | 13    |
| A.1 Kontrolle der Linearität des mit dem Messinstrument gemessenen Photostroms in Bezug zur Beleuchtungsstärke der lichtempfindlichen Fläche des Strahlungsdetektor . . . . .                            | 13    |
| A.2 Überprüfung der Unabhängigkeit der am Anzeigeinstrument abgelesenen Messwerte in Bezug zur Größe der beleuchteten Fläche des Strahlungsdetektors für den Fall eines konstanten Lichtstroms . . . . . | 14    |
| Anhang B (informativ) Normfarbwertanteile und Farbwiedergabe-Kennzahl . . . . .                                                                                                                          | 16    |
| B.1 Normfarbwertanteile . . . . .                                                                                                                                                                        | 16    |
| B.2 Farbwiedergabe-Kennzahl . . . . .                                                                                                                                                                    | 16    |
| B.3 CIELAB-Werte . . . . .                                                                                                                                                                               | 18    |
| B.4 CIELUV-Werte . . . . .                                                                                                                                                                               | 19    |
| Literaturhinweise . . . . .                                                                                                                                                                              | 21    |

## Bilder

|                                                                                                                                      |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Bild 1 — Prüfaufbau ohne Prüfling (schematisch) . . . . .                                                                            | 8  |
| Bild 2 — Messaufbau mit Prüfling (schematisch) . . . . .                                                                             | 8  |
| Bild A.1 — Abgelesener Messwert in Abhängigkeit vom Transmissionsgrad (oder vom Reziproken des Quadrats des Abstands $l$ ) . . . . . | 13 |
| Bild A.2 — Korrekturwerte in Abhängigkeit der Messwerte des Anzeigeinstruments . . . . .                                             | 14 |
| Bild A.3 — Korrekturfaktoren in Abhängigkeit den Durchmessern des Leuchtkreises . . . . .                                            | 15 |

## Tabellen

|                                                                                                                                           |           |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Tabelle B.1 — Beispiel zur Berechnung der Farbwiedergabe-Kennzahl (CCI) . . . . .</b>                                                  | <b>17</b> |
| <b>Tabelle B.2 — Gewichtete spektrale Empfindlichkeitswerte . . . . .</b>                                                                 | <b>17</b> |
| <b>Tabelle B.3 — Spektrale Normfarbwerte <math>X_{10W} = X_n</math>; <math>Y_{10W} = Y_n</math>; <math>Z_{10W} = Z_n</math> . . . . .</b> | <b>19</b> |
| <b>Tabelle B.4 — Farbbenennungskonventionen — Farbstichname . . . . .</b>                                                                 | <b>19</b> |
| <b>Tabelle B.5 — Konventionen zur Farbbenennung — Namen der Farben . . . . .</b>                                                          | <b>20</b> |

## Nationales Vorwort

Dieses Dokument enthält die deutsche Übersetzung der Internationalen Norm ISO 14490-5:2021, die vom Technischen Komitee ISO/TC 172 „Optics and photonics“ erarbeitet wurde, dessen Sekretariat von DIN (Deutschland) gehalten wird.

Das zuständige deutsche Normungsgremium ist der Arbeitsausschuss NA 027-01-10 AA „Fernrohre und Vergrößerungsgläser“ im DIN-Normenausschuss Feinmechanik und Optik (NAFuO).

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung beigelegt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen Text.

Für die in diesem Dokument zitierten Dokumente wird im Folgenden auf die entsprechenden deutschen Dokumente hingewiesen:

|                             |       |                                     |
|-----------------------------|-------|-------------------------------------|
| ISO/CIE 11664-1:2019        | siehe | DIN EN ISO/CIE 11664-1:2020-03      |
| ISO/CIE 11664-4             | siehe | DIN EN ISO/CIE 11664-4              |
| ISO/CIE 11664-5             | siehe | DIN EN ISO 11664-5                  |
| ISO 11664-2 (zurückgezogen) | siehe | DIN EN ISO 11664-2* (zurückgezogen) |
| ISO 14132-1                 | siehe | DIN ISO 14132-1                     |
| ISO 14490-1:2005            | siehe | DIN ISO 14490-1:2006-08             |

Aktuelle Informationen zu diesem Dokument können über die Internetseiten von DIN ([www.din.de](http://www.din.de)) durch eine Suche nach der Dokumentennummer aufgerufen werden.

## Änderungen

Gegenüber DIN ISO 14490-5:2018-05 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- Aktualisierungen in Abschnitt 5, insbesondere 5.7 „Falschlichtblende“ gestrichen, Klarstellung der Anforderungen an „Photometerkugel“, Ergänzung von 5.9;
- Aktualisierungen in Abschnitt 9, insbesondere 9.1 und 9.2. Die Funktion  $V(\lambda)$  für den 2°-Beobachter wurde durch die Funktion  $V_{10}(\lambda)$  für den 10°-Beobachter ersetzt, um mit 9.2 übereinzustimmen, wo die Funktion  $V'(\lambda)$  für den 10°-Beobachter [jetzt  $V'_{10}(\lambda)$  genannt] bereits verwendet wurde;
- Klärung der Anforderungen in Abschnitt 10;
- Abschnitt B.4 ergänzt.

---

\* Die Norm wurde zurückgezogen und durch ISO/CIE 11664-2 bzw. DIN EN ISO/CIE 11664-2 ersetzt.

## Nationaler Anhang NA (informativ)

### Literaturhinweise

DIN EN ISO/CIE 11664-1:2020-03, *Farbmetrik — Teil 1: CIE farbmétrische Normalbeobachter (ISO/CIE 11664-1:2019); Deutsche Fassung EN ISO/CIE 11664-1:2019*

DIN EN ISO/CIE 11664-4, *Farbmetrik — Teil 4: CIE 1976  $L^*a^*b^*$ -Farbraum*

DIN EN ISO 11664-2, *Farbmetrik — Teil 2: CIE Normlichtarten*

DIN EN ISO 11664-5, *Farbmetrik — Teil 5: CIE 1976  $L^*u^*v^*$ -Farbenraum und gleichabständige  $u', v'$ -Farbtafel*

DIN ISO 14132-1, *Optik und Photonik — Vokabular für Fernrohre — Teil 1: Grundbegriffe und alphabetisches Verzeichnis der Begriffe nach ISO 14132*

DIN ISO 14490-1:2006-08, *Optik und optische Instrumente — Prüfverfahren für Fernrohre — Teil 1: Prüfverfahren zur Bestimmung der Grundgrößen (ISO 14490-1:2005)*

## Vorwort

ISO (die Internationale Organisation für Normung) ist eine weltweite Vereinigung nationaler Normungsinstitute (ISO-Mitgliedsorganisationen). Die Erstellung von Internationalen Normen wird üblicherweise von Technischen Komitees von ISO durchgeführt. Jede Mitgliedsorganisation, die Interesse an einem Thema hat, für welches ein Technisches Komitee gegründet wurde, hat das Recht, in diesem Komitee vertreten zu sein. Internationale staatliche und nichtstaatliche Organisationen, die in engem Kontakt mit ISO stehen, nehmen ebenfalls an der Arbeit teil. ISO arbeitet bei allen elektrotechnischen Normungsthemen eng mit der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) zusammen.

Die Verfahren, die bei der Entwicklung dieses Dokuments angewendet wurden und die für die weitere Pflege vorgesehen sind, werden in den ISO/IEC-Directives, Teil 1 beschrieben. Es sollten insbesondere die unterschiedlichen Annahmekriterien für die verschiedenen ISO-Dokumentenarten beachtet werden. Dieses Dokument wurde in Übereinstimmung mit den Gestaltungsregeln der ISO/IEC-Directives, Teil 2 erarbeitet (siehe [www.iso.org/directives](http://www.iso.org/directives)).

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. ISO ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren. Details zu allen während der Entwicklung des Dokuments identifizierten Patentrechten finden sich in der Einleitung und/oder in der ISO-Liste der erhaltenen Patenterklärungen (siehe [www.iso.org/patents](http://www.iso.org/patents)).

Jeder in diesem Dokument verwendete Handelsname dient nur zur Unterrichtung der Anwender und bedeutet keine Anerkennung.

Für eine Erläuterung des freiwilligen Charakters von Normen, der Bedeutung ISO-spezifischer Begriffe und Ausdrücke in Bezug auf Konformitätsbewertungen sowie Informationen darüber, wie ISO die Grundsätze der Welthandelsorganisation (WTO, en: World Trade Organization) hinsichtlich technischer Handelshemmnisse (TBT, en: Technical Barriers to Trade) berücksichtigt, siehe [www.iso.org/iso/foreword.html](http://www.iso.org/iso/foreword.html).

Dieses Dokument wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 172, *Optics and photonics*, Unterkomitee SC 4 *Telescopic systems*, erarbeitet.

Diese dritte Ausgabe ersetzt die zweite Ausgabe (ISO 14490-5:2017), die technisch überarbeitet wurde.

Die wesentlichen Änderungen im Vergleich zur Vorgängerausgabe sind folgende:

- Aktualisierungen in Abschnitt 5, insbesondere 5.7 „Falschlichtblende“ wurde gestrichen, Klarstellung der Anforderungen an „Integrationskugel“, Ergänzung von 5.9;
- Aktualisierungen in Abschnitt 9, insbesondere 9.1 und 9.2. Die Funktion  $V(\lambda)$  für den 2°-Beobachter wurde durch die Funktion  $V_{10}(\lambda)$  für den 10°-Beobachter ersetzt, um mit 9.2 übereinzustimmen, wo die Funktion  $V'(\lambda)$  für den 10°-Beobachter [jetzt  $V'_{10}(\lambda)$  genannt] bereits verwendet wurde;
- Klärung der Anforderungen in Abschnitt 10;
- Abschnitt B.4 wurde ergänzt.

Eine Auflistung aller Teile der Normenreihe ISO 14490 ist auf der ISO-Internetseite abrufbar.

Rückmeldungen oder Fragen zu diesem Dokument sollten an das jeweilige nationale Normungsinstitut des Anwenders gerichtet werden. Eine vollständige Auflistung dieser Institute ist unter [www.iso.org/members.html](http://www.iso.org/members.html) zu finden.

## 1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument legt die Prüfverfahren für die Bestimmung des Transmissionsgrads von teleskopischen Systemen und teleskopischen Beobachtungsgeräten fest.

## 2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente werden im Text in solcher Weise in Bezug genommen, dass einige Teile davon oder ihr gesamter Inhalt Anforderungen des vorliegenden Dokuments darstellen. 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/CIE 11664-1:2019, *Colorimetry — Part 1: CIE standard colorimetric observers*

ISO 11664-2, *Colorimetry — Part 2: CIE standard illuminants*

ISO 14132-1, *Optics and photonics — Vocabulary for telescopic systems — Part 1: General terms and alphabetical indexes of terms in ISO 14132*

ISO 14490-1:2005, *Optics and optical instruments — Test methods for telescopic systems — Part 1: Test methods for basic characteristics*

CIE 18.2:1983, *Basis of Physical Photometry*

## 3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach ISO 14132-1.

ISO und IEC stellen terminologische Datenbanken für die Verwendung in der Normung unter den folgenden Adressen bereit:

- ISO Online Browsing Platform: verfügbar unter <https://www.iso.org/obp>
- IEC Electropedia: verfügbar unter <https://www.electropedia.org/>

## 4 Kurzbeschreibung

Zur Bestimmung des spektralen Transmissionsgrads  $\tau(\lambda)$  werden der Strahlungsfluss in einem begrenzten Strahlenbündel vor dem Eintritt in das optische System  $\Phi_0(\lambda)$  und der Strahlungsfluss nach dem Austritt  $\Phi_p(\lambda)$  gemessen.

Der spektrale Transmissionsgrad ergibt sich dann nach Gleichung (1):

$$\tau(\lambda) = \frac{\Phi_p(\lambda)}{\Phi_0(\lambda)} \quad (1)$$

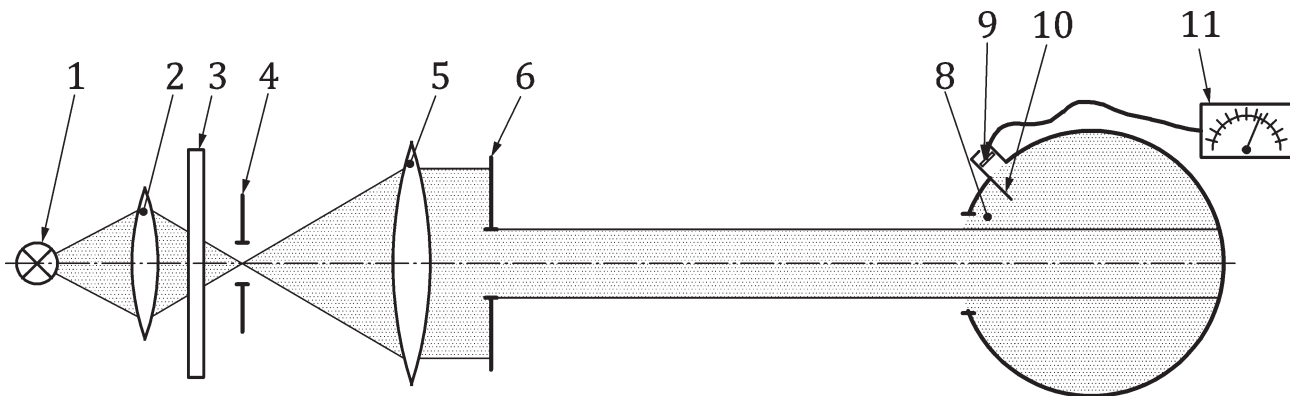
Bei der spektralen Messung wird das von der Strahlungsquelle ausgehende Licht mit einem Monochromator oder einem Filtersatz auf einen engen Wellenlängenbereich begrenzt.

## 5 Messaufbau

### 5.1 Allgemeines

Die Prüfaufbau wie in Bild 1 und Bild 2 gezeigt besteht aus einer Strahlungsquelle (eventuell mit Kondensor), dem Monochromator oder einem Filtersatz, einer wählbaren Blende als Feldblende, der Kollimatorlinse, der Aperturblende, der Prüflingshalterung, der Falschlichtblende, der Photometerkugel, dem Strahlungsdetektor

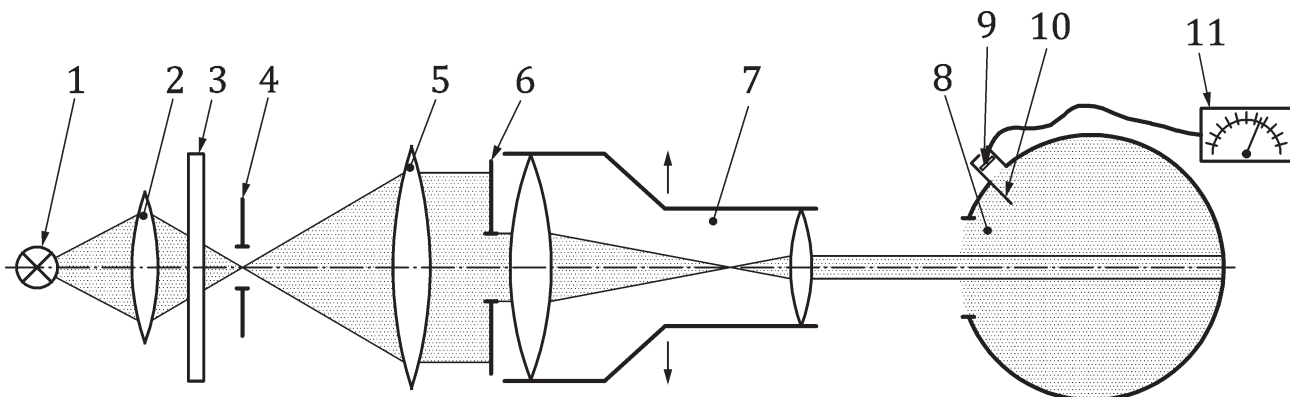
und einer Einheit für die Signalverarbeitung bestehen aus einem Strahlungsdetektor und einer Mess- und Auswerteeinheit.



**Legende**

- |                                  |                              |
|----------------------------------|------------------------------|
| 1 Strahlungsquelle               | 6 Aperturblende              |
| 2 Kondensor                      | 8 Photometerkugel            |
| 3 Monochromator/Filterset        | 9 Strahlungsdetektor         |
| 4 wählbare Blende als Feldblende | 10 Schattenblende            |
| 5 Kollimatorlinse                | 11 Mess- und Auswerteeinheit |

**Bild 1 — Prüfaufbau ohne Prüfling (schematisch)**



**Legende**

- |                                  |                              |
|----------------------------------|------------------------------|
| 1 Strahlungsquelle               | 7 Prüfling                   |
| 2 Kondensor                      | 8 Photometerkugel            |
| 3 Monochromator/Filterset        | 9 Strahlungsdetektor         |
| 4 wählbare Blende als Feldblende | 10 Schattenblende            |
| 5 Kollimatorlinse                | 11 Mess- und Auswerteeinheit |
| 6 Aperturblende                  |                              |

**Bild 2 — Messaufbau mit Prüfling (schematisch)**

## 5.2 Strahlungsquelle und Kondensor

Die Strahlungsquelle muss einen konstanten Strahlungsfluss in dem vorgegebenen Wellenlängenbereich aussenden, der sich während der Messung eines Wertepaares nur um weniger als 1 % ändern darf. Der Kondensor passt die Strahlungsquelle an den optischen Messstrahlengang an. Es sollte z. B. ein achromatisches Dublett oder ein außeraxialer Parabolspiegel sein, um eine zu starke seitliche Farbveränderung im optischen Strahlengang zu vermeiden.

### 5.3 Monochromator oder Filtersatz

Der Monochromator oder der Filtersatz kann weggelassen werden, wenn die Signalverarbeitungseinheit einen Spektraldetektor umfasst.

Zur Wellenlängenauswahl können Gitter- oder Prismenmonochromatoren verwendet werden. Der kleinste einstellbare Wellenlängenintervall muss kleiner als 2 % der Schwerpunktwellenlänge (üblicherweise 0,55 µm) der jeweiligen Messung sein.

Die erforderliche spektrale Bandbreite ist vom Prüfling abhängig. Es sollte sichergestellt werden, dass steile Änderungen der Transmissionskurve richtig erfasst werden. Daher sollte die Bandbreite so gewählt werden, dass sich der Transmissionsgrad um weniger als 4 % ändert. Diese Bedingung kann aus messtechnischen und energetischen Gründen oder wegen eines zu geringen Zeit-/Kostenaufwands nicht immer erfüllt werden. In diesen Fällen ist eine maximale Bandbreite von 4 % der Wellenlänge zulässig. Eine Bandbreite von weniger als 2 % der Wellenlänge ist erforderlich, wenn die Farbwiedergabe-Kennzahl berechnet werden soll.

Anstelle des Monochromators kann ein Satz Schmalbandspektralfiltern (Halbwertsbreite < 20 nm) benutzt werden. Sie bieten sich hauptsächlich bei flach verlaufenden Transmissionskurven an. Die Anzahl der Messpunkte muss einen eindeutigen Kurvenanpassung ergeben. Eine Messung mit Spektralfiltern anstelle eines Monochromators ist auch geeignet, wenn nur Einzelmessungen erforderlich sind.

### 5.4 Kollimator

Der Kollimator darf ein Linsen- oder Spiegelobjektiv enthalten. Der Kollimator ist an die vorgeschalteten Komponenten so anzupassen, dass eine volle und gleichmäßige Ausleuchtung der nachgeschalteten Aperturblende gegeben ist. Die Brennweite des Kollimators muss so lang sein, dass der Punktdurchmesser im Verhältnis zur Feldblende des Kollimators klein genug ist, um die Bildebene des Prüfmusters zu passieren und nicht durch Zielmarken und innere Strukturen verdeckt wird. Ein Drittel des Durchmessers der Bildebene sollte nicht überschritten werden.

Das Strahlenbündel muss innerhalb des Messabstands so gut wie möglich kollimiert werden, indem die Position des Kollimators angepasst wird. Bei einem Linsenobjektiv muss die chromatische Längsaberration im Anwendungsspektralbereich  $\leq 1$  % seiner Brennweite sein. Ein außeraxialer Parabolspiegel oder ein gleichwertiges System sind ebenfalls als Kollimator geeignet.

### 5.5 Aperturblende

Die Aperturblende sollte kreisförmig sein und möglichst nahe an dem Objektiv des Prüflings positioniert werden. Der Durchmesser sollte  $\leq 50$  % der Eingangspupille des Prüflings betragen sowie kleiner als die Öffnung der Photometerkugel sein. Um diese Anforderung zu erfüllen, können Hilfsysteme zur Strahlanpassung verwendet werden. Diese Systeme müssen während der Messung mit und ohne Prüfling im Strahlengang verbleiben.

Allgemein sollte die kleinstmögliche Aperturblende verwendet werden, welche an die Signal-Rauschverhältnisanforderungen des Detektors angepasst ist.

Besondere Vorsicht sollte bei der Messung von teleskopischen Systemen mit variabler Vergrößerung geboten werden, wo bei einigen Vergrößerungseinstellungen die Eintrittspupille beträchtlich kleiner als der freie Durchmesser des Objektivs sein kann.

### 5.6 Prüflingshalterung

Die Prüflingshalterung muss so gestaltet sein, dass der Prüfling positioniert, eingerichtet und stabil gehalten werden kann.

Der Prüfling sollte so justiert sein, dass es nicht zu Behinderungen des Messstrahls (z. B. durch Visiermarkenstrukturen) kommt.

## 5.7 Photometerkugel

Der Abstand zwischen der Aperturblende und der Photometerkugel muss den Anforderungen des Prüflings entsprechend gestaltet werden. Der Abstand darf während der Messung mit und ohne Prüfling nicht verändert werden, sodass das Licht immer vollständig von der Photometerkugel erfasst wird. Um den Einfluss von Mehrfachreflexionen zu vermeiden, wird ein großer Abstand, z. B. 100 mm, zwischen dem Okular und der Photometerkugel empfohlen. Die Position der Photometerkugel sollte so gewählt werden, dass der Durchmesser des in die Photometerkugel eintretenden Strahlenbündels nahezu derselbe ist wie ohne die Probe.

Die Photometerkugel hat zwei Öffnungen, eine zum Einstrahlen des zu messenden Strahlenbündels, die andere für den Detektor. Die Öffnungen dürfen einander nicht gegenüberliegen. Ein direkter Strahlungseinfall auf den Detektor ist durch Schattenblenden zu vermeiden. Die Flächen der beiden Öffnungen dürfen zusammen nicht mehr als 5 % der Kugelfläche betragen. Der Durchmesser der Eintrittsöffnung der Photometerkugel muss den maximalen Durchmesser der Aperturblende (Bild 1, Legendeeintrag 6) um mindestens 5 % bis 7 % übersteigen.

Der Reflexionsgrad der inneren Beschichtung der Photometerkugel muss über den gesamten Spektralbereich so hoch wie möglich und diffus sein. Der Reflexionsgrad muss im gesamten Spektralbereich von 380 nm bis 780 nm mindestens 85 % betragen.

## 5.8 Strahlungsdetektor

Die Linearität der Signalverarbeitungseinheit (Strahlungsdetektor zusammen mit der Mess- und Auswerteeinheit) muss besser als 0,5 % sein.

## 5.9 Wählbare Blende als Feldblende

Der Durchmesser sollte so gewählt werden, dass die Winkelausdehnung auf der Okularseite des Prüflings 5 Grad nicht überschreitet, um Pupillen- und Absehenvignettierung zu vermeiden.

# 6 Vorgehensweise

## 6.1 Einrichten des Messaufbaus

Der Prüfling ist, mit dem Objektiv zur Strahlungsquelle, in seine Halterung einzusetzen (siehe Bild 1). Die Eintritts- und Austrittsfläche der vorderen Abschlusscheiben des Prüfmusters müssen sauber und staubfrei sein.

Es ist darauf zu achten, dass Mehrfachreflexionen zwischen der Aperturblende, dem Prüfling und anderen Bauteilen, die das Messergebnis verfälschen könnten, durch zusätzliche Abschirmungen vermieden werden.

Bei Systemen, die in einer Zwischenbildebene eine Visiermarke enthalten, ist besonders darauf zu achten, dass Teile der Visiermarke den Lichtdurchgang nicht verfälschen. Es ist sicherzustellen, dass das Umgebungslicht das Messergebnis nicht beeinflusst.

## 6.2 Bestimmung der Messwerte

Die Messungen sind im Spektralbereich von 380 nm bis 780 nm vorzunehmen, falls Farbverteilungsanteile nicht berechnet werden müssen.

Zunächst wird ohne Prüfling am Messinstrument ein Messwert  $S_0(\lambda)$  ermittelt, der dem Strahlungsfluss  $\Phi_0(\lambda)$  durch die Aperturblende proportional ist. Dann wird der Prüfling in den Strahlengang eingesetzt und der dem Strahlungsfluss  $\Phi_p(\lambda)$  proportionalen Messwert  $S_p(\lambda)$  bestimmt. Das Verhältnis der beiden Werte mit und ohne Prüfling ist der spektrale Transmissionsgrad, angegeben in Gleichung (2):

$$\tau(\lambda) = \frac{\Phi_p(\lambda)}{\Phi_0(\lambda)} = \frac{S_p(\lambda)}{S_0(\lambda)} \quad (2)$$

Um den spektralen Verlauf zu bestimmen, wird dieser Vorgang bei den erforderlichen Wellenlängen durchgeführt. Die Wellenlängen müssen dabei so gewählt werden, dass der Verlauf der Transmissionskurve eindeutig erkennbar ist, um kritische Bereiche der Kurve korrekt wiederzugeben.

### 6.3 Andere Messverfahren

Für viele Zwecke, wie z. B. Vergleichsmessungen oder die Überprüfung der geforderten Transmissionswerte für eine Normlichtart, sind integrale Prüfverfahren ausreichend, die wesentlich kostengünstiger sein können. Der Transmissionsgrad kann mit integralen Messverfahren unter Verwendung des Messaufbau (siehe Bild 1) und zusätzlichen, geeigneten Ausgleichsfiltern. Zum Beispiel könnte eine Messung einen Konversionsfilter verwenden, der die Spektralempfindlichkeit der Photometerkugel und des Detektors an die des Auges anpasst, direkt misst. Bei diesem vereinfachten Messverfahren muss ein kalibrierter Prüfling zum Nachweis der Richtigkeit herangezogen werden. Gegebenenfalls werden die Messwerte einer Integralmessung durch eine spektrale Messung und Berechnung nach diesem Dokument bestätigt. Wird eine Prüfanordnung ohne Photometerkugel verwendet, muss der Strahlungsdetektor überprüft werden, um sicherzustellen, dass die Anzeige nicht von der beleuchteten Fläche des Strahlungsdetektors abhängt, wobei ein geeignetes Verfahren, z. B. nach Anhang A, anzuwenden ist.

## 7 Präzision der Messung

Der Fehler bei der Wiederholbarkeit der Transmissionswerte darf 2 % nicht überschreiten. Der Messaufbau muss so gestaltet werden und Baugruppen müssen so ausgewählt werden, dass diese Anforderung eingehalten wird.

## 8 Darstellung der Ergebnisse

Die Messergebnisse müssen tabellarisch und graphisch wie folgt dargestellt werden:

- a) bei der tabellarischen Darstellung müssen die Ergebnisse auf drei Dezimalstellen genau angegeben werden;
- b) bei der graphischen Darstellung müssen die Werte über die Wellenlänge linear aufgetragen werden.

## 9 Auswertung

### 9.1 Wirksamer Transmissionsgrad für Tagessehen

Der effektive Transmissionsgrad für photopisches Sehen ( $\tau_D$ ), der für den gesamten sichtbaren Wellenlängenbereich gilt, wird durch die spektrale Strahldichte der Quelle,  $S_{D65}(\lambda)$ , den spektralen Transmissionsgrad  $V_{10}(\lambda)$  des Teleskops und die spektralen Eigenschaften der relativen Helligkeitskurve für photopisches Sehen bestimmt. Als Strahlungsfunktion ist die Normlichtart D65 nach ISO 11664-2 zu verwenden, sodass Gleichung (3) für den effektiven Transmissionsgrad für das photopische Sehen gilt:

Somit gilt für den wirksamen Transmissionsgrad für Tagessehen Gleichung (3):

$$\tau_D = \frac{\int_{380 \text{ nm}}^{780 \text{ nm}} S_{D65}(\lambda) \times \tau(\lambda) \times V_{10}(\lambda) \times d\lambda}{\int_{380 \text{ nm}}^{780 \text{ nm}} S_{D65}(\lambda) \times V_{10}(\lambda) \times d\lambda} \quad (3)$$

Dabei ist

$\tau(\lambda)$  der spektrale Transmissionsgrad des Fernrohrs;

$S_{D65}(\lambda)$  die Strahlungsfunktion (relative spektrale Energieverteilung) der Normlichtart D65 nach ISO 11664-2;

$V_{10}(\lambda)$  der relative spektrale Hellempfindlichkeitsgrad für Tagessehen nach CIE 18.2:1983, Tabelle 2,  $\bar{y}_{10}(\lambda)$ .

Für die meisten Messaufgaben sind Wellenlängenintervalle von 5 nm ausreichend.

ANMERKUNG  $V(\lambda)$ - und  $V'(\lambda)$ -Werte basieren auf anthropologischen Messungen, welche nicht repräsentativ für alle ethnischen Gruppen sein können.

## 9.2 Wirksamer Transmissionsgrad für Nachtsehen

Wird der relative spektrale Hellempfindlichkeitsgrad für Nachtsehen eingesetzt, ergibt sich für die Berechnung des wirksamen Transmissionsgrads für Nachtsehen  $\tau_N$  Gleichung (4):

$$\tau_N = \frac{\int_{380 \text{ nm}}^{780 \text{ nm}} S_{D65}(\lambda) \times \tau(\lambda) \times V'_{10}(\lambda) \times d\lambda}{\int_{380 \text{ nm}}^{780 \text{ nm}} S_{D65}(\lambda) \times V'_{10}(\lambda) \times d\lambda} \quad (4)$$

Dabei ist

$\tau(\lambda)$  der spektrale Transmissionsgrad des Fernrohrs;

$S_{D65}(\lambda)$  die Strahlungsfunktion (relative spektrale Energieverteilung) der Normlichtart D65 nach ISO 11664-2;

$V'_{10}(\lambda)$  der relative spektrale Hellempfindlichkeitsgrad für Nachtsehen nach CIE 18.2:1983, Tabelle 3.

Für die meisten Messaufgaben sind Wellenlängenintervalle von 5 nm ausreichend.

## 10 Prüfbericht

Es muss ein Prüfbericht erstellt werden, und dieser muss die allgemeinen Angaben nach ISO 14490-1:2005, Abschnitt 13, sowie das Ergebnis der Prüfung, wie in Abschnitt 8 a) und b), sowie in 9.1 und 9.2 festgelegt, enthalten.

Der Prüfbericht muss auch wesentliche Merkmale der Prüfanordnung/Messaufbau enthalten:

- Typ und Hauptmerkmale der Lichtquelle;
- Durchmesser der Feldblende im Inneren des Kollimators;
- Brennweite des Kollimators;
- Durchmesser der Aperturblende;
- Abstand zwischen Kollimator und Prüfling;
- Abstand zwischen Prüfling und Photometerkugel;
- Abmessungen der Photometerkugel mit Durchmesser der Öffnung;
- Typ des Detektors mit Messbereich und spektraler Auflösung;
- alle ungewöhnlichen Merkmale, die während der Messung beobachtet wurden.

Die Darstellung der Ergebnisse in der in Abschnitt B.1 und Abschnitt B.2 festgelegten Art und Weise ist fakultativ.