

DIN ISO 517



ICS 37.040.10

Ersatz für
DIN ISO 517:2002-07

**Photographie –
Öffnungsverhältnisse und verwandte Größen bei Photoobjektiven –
Bezeichnungen und Messungen (ISO 517:2008)**

Photography –
Apertures and related properties pertaining to photographic lenses –
Designations and measurements (ISO 517:2008)

Photographie –
Ouvertures et grandeurs associées relatives aux objectifs photographiques –
Désignations et mesurages (ISO 517:2008)

Gesamtumfang 12 Seiten

Normenausschuss Feinmechanik und Optik (NAFuO) im DIN

Nationales Vorwort

Die Internationale Norm ISO 517:2008 wurde vom ISO/TC 172 SC1 „Fundamental standards“ (Sekretariat: DIN, Deutschland) unter Beteiligung deutscher Experten ausgearbeitet. Im DIN Deutsches Institut für Normung e. V. war 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 ISO 517:2002-07 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Begriff „*tatsächliche Blendenzahl*“ ergänzt;
- b) Tabelle 1 „*Blendenzahlenreihen*“ ergänzt;
- c) Bilder aktualisiert.

Frühere Ausgaben

DIN 4521: 1942-01, 1958-07, 1973-01

DIN 4522: 1943-09, 1954-04

DIN 4522-1: 1943-09, 1954-04, 1973-01, 1991-03

DIN 4522-2: 1970-10

DIN ISO 517: 2002-07

Photographie

Öffnungsverhältnisse und verwandte Größen bei Photoobjektiven

Beziehungen und Messungen

1 Anwendungsbereich

Diese Internationale Norm befasst sich mit Öffnungsverhältnissen und verwandten Größen von Photoobjektiven, die die Beleuchtungsstärke in der Mitte des Bildes beeinflussen.

Diese Internationale Norm legt die Blendenbeschriftung für alle Arten von Objektiven, welche in Photokameras verwendet werden, fest und gibt Toleranzen für die Blendenzahlen vor. Sie legt auch die Begriffe Öffnungsblende, Eintrittspupille, Brennweite, relative Öffnung sowie Blendenzahlen fest und gibt Verfahren für deren Messung oder Bestimmung an.

Diese Internationale Norm gilt nur für Objektive in der Einstellung auf eine unendliche Entfernung, das heißt, auf wenigstens das 50-fache der Brennweite des Objektivs.

2 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

2.1

Öffnungsblende

körperliche Blende, die den Querschnitt desjenigen durch das Objektiv durchgelassenen Lichtbündels begrenzt, das im axialen Bildpunkt fokussiert ist

2.2

Eintrittspupille

Bild der Öffnungsblende vom axialen Objektpunkt aus gesehen (das Bild der Öffnungsblende, erzeugt durch die vor der Blende liegenden optischen Elemente des Objektivs)

2.3

Austrittspupille

Bild der Öffnungsblende vom axialen Bildpunkt aus gesehen (das Bild der Öffnungsblende, erzeugt durch die hinter der Blende liegenden optischen Elemente des Objektivs)

2.4

Brennweite eines Photoobjektivs

f

Grenzwert, gebildet aus der Bildhöhe h' eines scharf abgebildeten, weit entfernten Objektes h , dividiert durch seine Winkelausdehnung ω im Objektraum, d. h.

$$f = -\lim_{\omega \rightarrow 0} \frac{h'}{\tan(\omega)}$$

Siehe Bild 1.

2.5
relative Öffnung eines Photoobjektives

Doppeltes der numerischen Apertur, wobei die numerische Apertur der Sinus des halben Öffnungswinkels des in der Bildebene fokussierten, axialen Lichtbündels ist^{N1)}

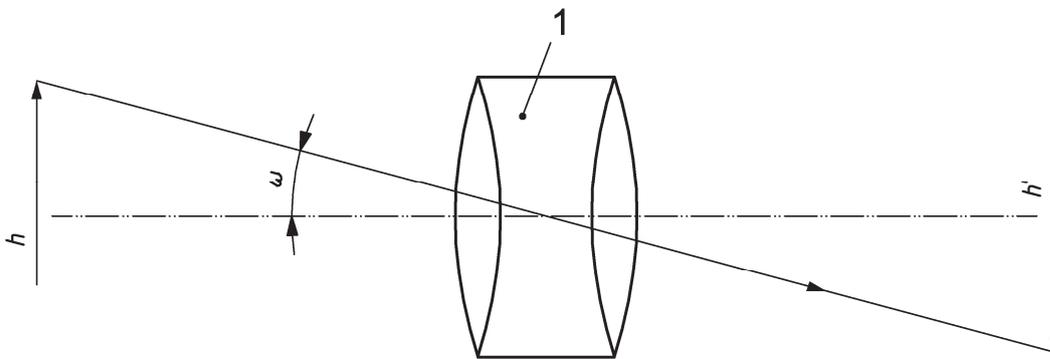
ANMERKUNG Für photographische Anwendungen entspricht die relative Öffnung (innerhalb einer 1/3-Blende) dem Verhältnis aus dem Durchmesser der Eintrittspupille und der Brennweite.

2.6
Blendenzahl

reziproker Wert der relativen Öffnung (siehe 2.5)

2.7
tatsächliche Blendenzahl
nicht gerundete Blendenzahl

Siehe 3.2.2.



Legende

1 Prüfling

ANMERKUNG Die Objekthöhe h ist positiv, die Bildhöhe h' ist negativ und ω ist positiv.

Bild 1 — Brennweite des Photoobjektives (2.4)

3 Blendenbeschriftungen

3.1 Bezeichnung

Die relative Öffnung eines Objektivs wird mit 1: gefolgt von dem numerischen Wert der Blendenzahl gekennzeichnet, wie in dem Beispiel 1:2,8.

Falls gewünscht, darf das Zeichen $f/$ gefolgt von dem Zahlenwert verwendet werden, z. B. $f/2,8$.

N1) Nationale Fußnote: Gilt beim Abbildungsmaßstab Null.

3.2 Beschriftungsreihen

3.2.1 Normreihe für die Blendenzahl-Markierung

Die Normreihe für die Blendenzahl-Markierung besteht aus den folgenden Werten:

0,5 – 0,7 – 1 (oder 1,0) – 1,4 – 2 – 2,8 – 4 – 5,6 – 8 – 11 – 16 – 22 – 32 – 45 – 64 – 90 – 128.

ANMERKUNG Für Blendenzahl-Markierungen auf einem Objektiv darf für das Dezimalzeichen der Punkt an Stelle des Kommas verwendet werden.

3.2.2 Normreihe der Blendenzahlen

Die Normblendenreihe, oder „ganze Blenden“-Reihe ist nach folgender Gleichung zu berechnen:

$$\text{Blendenzahl} = 2^{\frac{m}{2}}$$

Dabei ist $m = -2, -1, 0, 1, 2, \dots$ (m ist ganzzahlig).

3.2.3 Blendenzahl der größten relativen Öffnung

Die Blendenzahl der größten relativen Öffnung, also die kleinste zu einem Objektiv gehörende Blendenzahl, braucht nicht aus der Normreihe ausgewählt zu werden. Auf diese müssen aber die Werte der Normreihe folgen, wo immer das möglich ist, beginnend mit dem nächst größeren Wert, und bis zu dem für die jeweilige Anwendung erforderlichen Wert.

BEISPIEL Ein 1:1,9-Objektiv könnte wie folgt gekennzeichnet werden: 1,9 – 2,8 – 4 – 5,6 – 8 usw. Wäre die gewählte Kennzeichnung 1,9 – 2,0 – 2,8 – 4,0 – 5,6 usw., würde die Skala bei 1,9 unübersichtlich aussehen.

3.2.4 Unterteilungen der Normblendenzahlen

Die Skalenmarkierungen einer Normblendenreihe, oder „ganze Blenden“-Reihe dürfen in zwei oder drei Unterteilungen, entsprechend 1/2 oder 1/3 einer Blendenstufe, aufgeteilt werden. Die 1/2-Unterteilung entspricht einer geometrischen Reihe mit dem Startwert 0,5 und dem Faktor $\sqrt[4]{2}$. Die 1/3-Unterteilung entspricht einer geometrischen Reihe mit dem Startwert von 0,5 und einem Faktor von $\sqrt[9]{2}$.

Tabelle 1 gibt die berechneten ganzen, halben und drittel Blenden an.

Tabelle 1 — Blendenzahlenreihen

Ganze Blende	Halbe Blende	Drittel Blende
0,500	0,500	0,500
		0,561
0,707	0,595	0,630
	0,707	0,707
		0,794
1,000	0,841	0,891
	1,000	1,000
		1,122
1,414	1,189	1,260
	1,414	1,414
		1,587
	1,682	1,782

Tabelle 1 (fortgesetzt)

Ganze Blende	Halbe Blende	Drittel Blende
2,000	2,000	2,000
		2,245
	2,378	2,520
2,828	2,828	2,828
		3,175
	3,364	3,564
4,000	4,000	4,000
		4,490
	4,757	5,040
5,657	5,657	5,657
		6,350
	6,727	7,127
8,000	8,000	8,000
		8,980
	9,514	10,08
11,31	11,31	11,31
		12,70
	13,45	14,25
16,00	16,00	16,00
		17,96
	19,03	20,16
22,63	22,63	22,63
		25,40
	26,91	28,51
32,00	32,00	32,00
		35,92
	38,05	40,32
45,25	45,25	45,25
		50,80
	53,82	57,02
64,00	64,00	64,00
		71,84
	76,11	80,63
90,51	90,51	90,51
		101,6
	107,6	114,0
128,0	128,0	128,0

4 Toleranzen der Blendenzahlen für Photoobjektive

Die gemessenen Blendenzahlen müssen mit den tatsächlichen Blendenzahlen innerhalb der in Tabelle 2 aufgeführten Toleranzen übereinstimmen. Falls die Blendenzahl für die volle Öffnung auf einen Wert der Normreihe gerundet wurde, gilt die Toleranz für die tatsächliche Blendenzahl.

Tabelle 2 — Toleranzen der gemessenen Blendenzahlen

Markierte Blendenzahl	Toleranz (tatsächliche Blendenzahl)
volle Öffnung	± 5 %
kleiner als $f/5,6$	+12 % bis -11 % (± 1/3 Blende)
$f/5,6$ und größer	+19 % bis -16 % (± 1/2 Blende)

5 Verfahren für die Messung der wirksamen Eintrittspupille und der Brennweite

5.1 Allgemeines

Es gibt eine ganze Anzahl von Verfahren, die wirksame Eintrittspupille und die Brennweite eines Photoobjektives zu messen, welche verwendet werden dürfen, wenn die Messfehler innerhalb der zulässigen Toleranzen liegen. Als Beispiel werden in 5.2 jeweils zwei der am häufigsten verwendeten Messverfahren zur Messung der wirksamen Eintrittspupille und zur Bestimmung der Brennweite angegeben.

ANMERKUNG Diese Messverfahren sind geeignet für Objektive von 20 mm bis 500 mm Brennweite und mit Pupillendurchmessern von 5 mm bis 100 mm. Für Objektive außerhalb dieser Bereiche könnten andere Verfahren geeigneter sein.

5.2 Messverfahren

5.2.1 Wirksame Eintrittspupille

5.2.1.1 Verfahren 1 für die Messung des Durchmessers der wirksamen Pupille eines Photoobjektivs

5.2.1.1.1 Prinzip

In Verfahren 1 wird der Durchmesser der Eintrittspupille direkt gemessen.

5.2.1.1.2 Gerät

5.2.1.1.2.1 Messmikroskop, mit der Möglichkeit, das Mikroskop rechtwinklig zur optischen Achse messbar zu verschieben, und zwar mindestens um den Durchmesser der wirksamen Eintrittspupille. Das Mikroskop muss einen Arbeitsabstand haben, der ausreichend groß ist, um durch die vorderen Linsenelemente auf die begrenzende Öffnung des Photoobjektives fokussieren zu können. Es muss mit einem Fadenkreuz ausgestattet sein.

5.2.1.1.2.2 Flächenhafte Lichtquelle.

5.2.1.1.3 Durchführung der Messung

Das Photoobjektiv, dessen wirksame Eintrittspupille gemessen werden soll, ist mit seiner Achse parallel zu der Achse des Messmikroskops (5.2.1.1.2.1) zu befestigen. Die Frontgruppe muss dabei zum Messmikroskop zeigen. Das Objektiv ist von hinten mit der flächenhaften Lichtquelle (5.2.1.1.2.2) zu beleuchten.

Das Mikroskop ist auf den Rand der Öffnung mit dem kleinsten Durchmesser zu fokussieren. Das Mikroskop ist dann zu verschieben. Durch Messen der Verschiebung ist der Durchmesser dieser Öffnung, der wirksamen Eintrittspupille, zu bestimmen. Ist die Öffnung nicht kreisförmig, ist der Durchmesser des mit der Eintrittspupille flächengleichen Kreises zu benutzen.

5.2.1.2 Verfahren 2 für die Messung des Durchmessers der wirksamen Pupille eines Photoobjektivs

5.2.1.2.1 Prinzip

Verfahren 2 verwendet das telezentrische Projektionsverfahren.

5.2.1.2.2 Gerät

5.2.1.2.2.1 Telezentrisches Projektionssystem (nachfolgend kurz „Projektionssystem“ genannt), bestehend aus:

- einem Projektionsobjektiv;
- einer telezentrischen Öffnungsblende;
- einem Projektionsschirm.

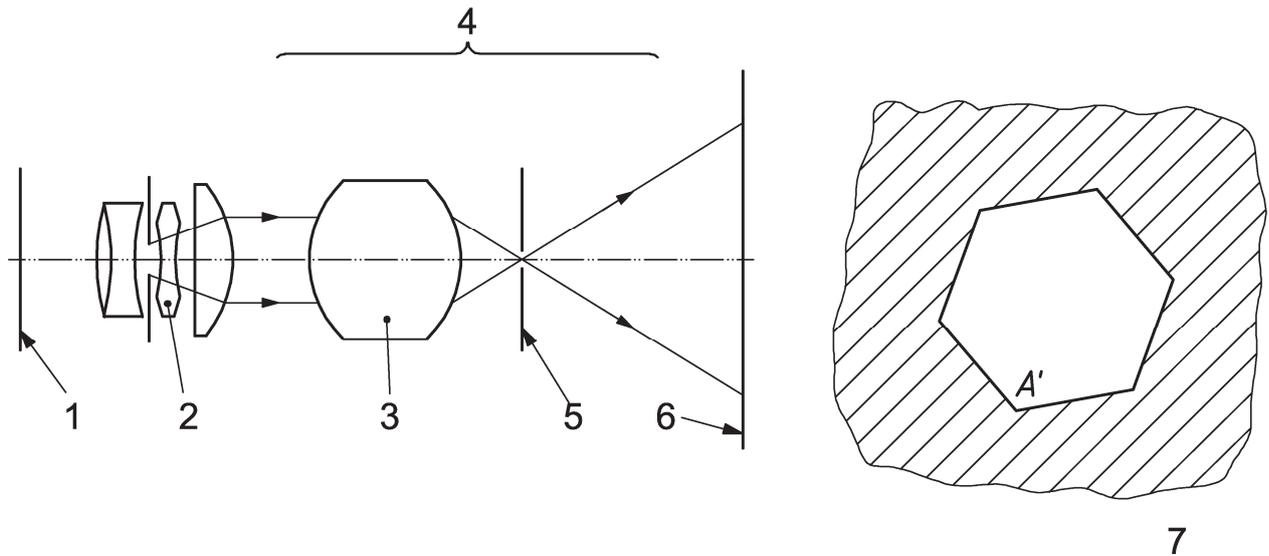
Das Projektionssystem muss die in Bild 2 gezeigte Anordnung aufweisen.

5.2.1.2.2.2 Flächenhafte Lichtquelle.

5.2.1.2.3 Durchführung der Messung

5.2.1.2.3.1 Der Prüfling ist zwischen der flächenhaften Lichtquelle (5.2.1.2.2.2) und dem Projektionssystem (5.2.1.2.2.1) einzusetzen. Die Bildseite des Objektivs muss der flächenhaften Lichtquelle zugewandt sein. Die optische Achse des Objektivs muss mit der optischen Achse des Projektionssystems zusammenfallen.

5.2.1.2.3.2 Der Prüfling ist entlang der optischen Achse des Projektionssystems zu verschieben, bis das Bild der Eintrittspupille des Objektivs auf dem Schirm scharf erscheint. Die Fläche oder der Durchmesser dieses Bildes ist zu messen. Dabei ist der Durchmesser der telezentrischen Öffnungsblende so zu wählen, dass der Rand des Blendenbildes A' (siehe Bild 2) ausreichend scharf für eine genaue Messung erscheint.



Legende

- 1 Flächenhafte Lichtquelle
- 2 Prüfling
- 3 Projektionsobjektiv
- 4 Telezentrische Projektionssystem
- 5 Telezentrische Blende
- 6 Schirm
- 7 Bild der Eintrittspupille
- A' Fläche des Bildes der Eintrittspupille in Quadratmillimetern

Bild 2 — Schematische Darstellung des telezentrischen Projektionssystems (siehe 5.2.1.2.2)

5.2.1.2.3.3 Der Abbildungsmaßstab des Projektionssystems ist auf folgende Art und Weise zu kalibrieren.

Das Objektiv ist durch ein Objekt bekannter Fläche oder bekannten Durchmessers zu ersetzen. Form und Abmessungen entsprechen näherungsweise denen der Eintrittspupille des Objektivs bei üblichem Gebrauch.

Das Bild des bekannten Objektes ist auf den Schirm zu projizieren und die Fläche bzw. der Durchmesser ist zu messen.

Bei der Messung der Fläche oder des Durchmessers des bekannten Objektes muss der Durchmesser der telezentrischen Öffnungsblende der gleiche sein wie bei der Messung des Objektivs in 5.2.1.2.3.2.

Der Abbildungsmaßstab ist zu bestimmen; es ist das Verhältnis der Abmessungen des Bildes zu denen des bekannten Objektes.

5.2.1.2.4 Durchmesser der relativen Öffnung

Der Durchmesser der relativen Öffnung ist unter Verwendung folgender Gleichung zu berechnen:

$$d = \frac{2}{m} \sqrt{\frac{A'}{\pi}} = \frac{1,13}{m} \sqrt{A'}$$

Dabei ist

- d der Durchmesser der wirksamen Eintrittspupille, in Millimetern, der für die Berechnung der relativen Öffnung verwendet wird;
- A' die Fläche des Bildes der Eintrittspupille in Quadratmillimetern (siehe Bild 2);
- m der Abbildungsmaßstab des Projektionssystems.

ANMERKUNG Ist die Objektivöffnung kreisförmig, oder kann sie als kreisförmig angesehen werden, lässt sich der Durchmesser der relativen Öffnung aus folgender Gleichung errechnen:

$$d = \frac{d'}{m}$$

Dabei ist

- d' der Durchmesser des Bildes der Eintrittspupille, in Millimetern.

5.2.2 Brennweite

5.2.2.1 Verfahren 1 zur Messung der Brennweite eines Photoobjektivs

5.2.2.1.1 Prinzip

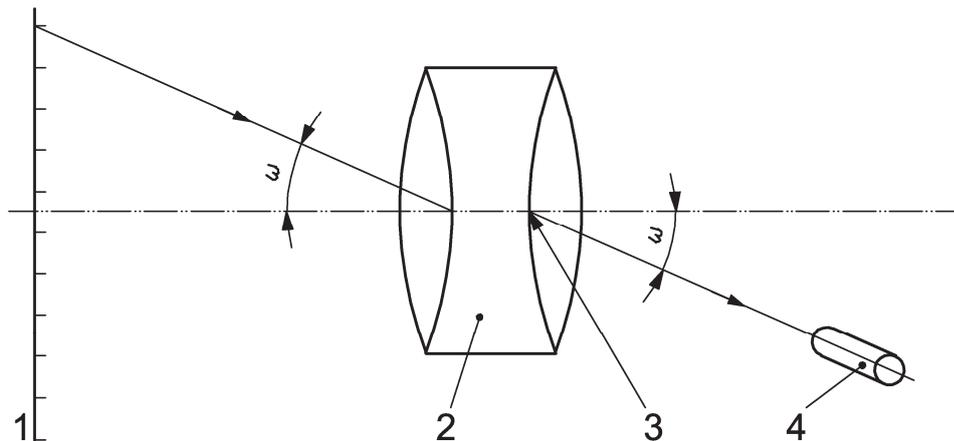
Das Verfahren 1 zur Messung der Brennweite eines Photoobjektivs verwendet die Gleichung nach 2.4.

5.2.2.1.2 Gerät

5.2.2.1.2.1 Teleskop mit Fadenkreuz, mit einer Brennweite, die ausreicht, um alle Teilstriche des Bildes der Skale im Unendlichen erkennen zu können. Das Teleskop muss sich um einen ausreichend großen Winkel ω (siehe 2.4 und Bild 3) schwenken lassen, und zwar um eine Achse, die näherungsweise durch den vorderen Hauptpunkt des Prüflings verläuft. Die Abbildungsfehler des Teleskops müssen hinreichend klein sein, sodass sie die Messwerte nicht beeinflussen. Der Durchmesser des Teleskops muss größer als die Eintrittspupille des Prüflings sein.

5.2.2.1.2.2 flächenhafte monochromatische Lichtquelle, mit der Wellenlänge $\lambda = 546 \text{ nm}$ (grüne Quecksilber-Linie).

5.2.2.1.2.3 Messskale.



Legende

- 1 Skale beleuchtet mit Licht der Wellenlänge $\lambda = 546 \text{ nm}$
- 2 Prüfling
- 3 objektseitiger Hauptpunkt
- 4 Teleskop

Bild 3 — Schematischer Aufbau eines Gerätes zur Messung der Brennweite (Verfahren 1)
(siehe 5.2.2.1)

5.2.2.1.3 Durchführung der Messung

Die Messskale (5.2.2.1.2.3) mit Markierungen für die Bildhöhe h' ist in der hinteren Brennebene des Prüflings anzubringen^{N2)} und mit der flächenhaften Lichtquelle (5.2.2.1.2.2) zu beleuchten. Fokussierung des Objektivs und Messung der Brennweite muss, wenn möglich, bei $f/5,6$ erfolgen. Andernfalls ist die Messung bei voller Öffnung durchzuführen. Durch Schwenken des Teleskops (5.2.2.1.2.1) ist das Fadenkreuz mit den jeweiligen Skalenmarkierungen zur Deckung zu bringen und der dazugehörige Winkel ω aufzuzeichnen. Um Messfehler durch die Verzeichnung zu vermeiden, ist das Verhältnis

$$\frac{h'}{\tan(\omega)} \text{ (siehe 2.4)}$$

für mehrere Bildhöhen h' bzw. Winkel ω zu messen und der Grenzwert für $\omega \rightarrow 0$ zu ermitteln.

5.2.2.2 Verfahren 2 zur Messung der Brennweite eines Photoobjektives

5.2.2.2.1 Gerät

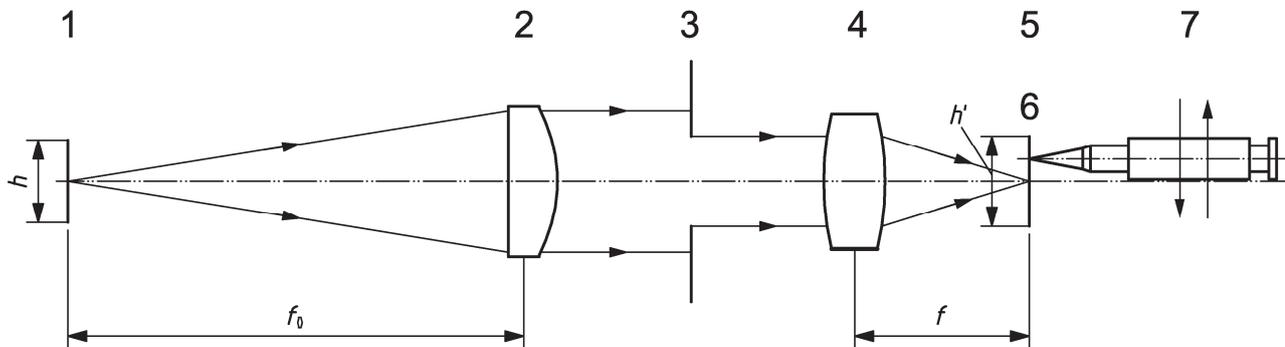
5.2.2.2.1.1 Kollimator mit bekannter Brennweite, in dessen Brennebene sich eine Zielmarkierung von bekannter Größe befindet. Die Zielmarkierung darf nicht größer sein als $1/50$ der Brennweite des Kollimators. Die Brennweite des Kollimators muss mindestens das Dreifache der Brennweite des Prüflings betragen. Die Bildfehler des Kollimators müssen hinreichend klein sein, um die Messwerte nicht zu beeinflussen. Der Durchmesser der Austrittspupille des Kollimators muss groß gegen den der Eintrittspupille des Prüflings sein (siehe Bild 4).

N2) Nationale Fußnote: Da es sich bei h' um die hintere Brennebene handelt, befindet sich diese Ebene entsprechend der Anwendung auf der Bildseite.

5.2.2.2.1.2 **Mikroskop**, mit einer Gesamtvergrößerung von etwa 50-fach.

5.2.2.2.1.3 **Skale**, mit einer Genauigkeit von 0,002 mm.

5.2.2.2.1.4 **Flächenhafte monochromatische Lichtquelle**, mit der Wellenlänge $\lambda = 546 \text{ nm}$.



Legende

- | | | | |
|---|-------------------------|-------|-------------------------------------|
| 1 | Zielmarkierung | h | Größe der Zielmarkierung |
| 2 | Kollimator | h' | Größe des Bildes der Zielmarkierung |
| 3 | Öffnungsblende | f_0 | Brennweite des Kollimators |
| 4 | Prüfling | f | Brennweite des Prüflings |
| 5 | Bild der Zielmarkierung | | |
| 6 | Schirm | | |
| 7 | Mikroskop | | |

Bild 4 — Schematischer Aufbau eines Gerätes zur Messung der Brennweite (Verfahren 2)
(siehe 5.2.2.2)

5.2.2.2.2 Durchführung der Messung

Der Prüfling ist mit seiner Vorderseite auf den Kollimator (5.2.2.2.1.1) auszurichten und es ist, unter Verwendung der flächenhaften Lichtquelle (5.2.2.2.1.4), ein Bild der Zielmarkierung auf dem Schirm zu erzeugen. Ist die Blendenzahl des voll geöffneten Objektivs kleiner als $f/5,6$ ist die Blende des Objektivs auf $f/5,6$ einzustellen. Andernfalls ist die Messung bei voller Öffnung durchzuführen.

Die Größe des Bildes ist mit Hilfe der Skalenteilung der Skale (5.2.2.2.1.3) zu messen, und die Brennweite ist nach folgender Gleichung zu berechnen:

$$f = f_0 \frac{h'}{h}$$

Dabei ist

- f die Brennweite des zu vermessenden Objektivs;
- f_0 die Brennweite des Kollimators;
- h die Länge der Zielmarkierung in der Brennebene des Kollimators;
- h' die Länge des Bildes der Zielmarkierung in der Brennebene des zu vermessenden Objektivs.