

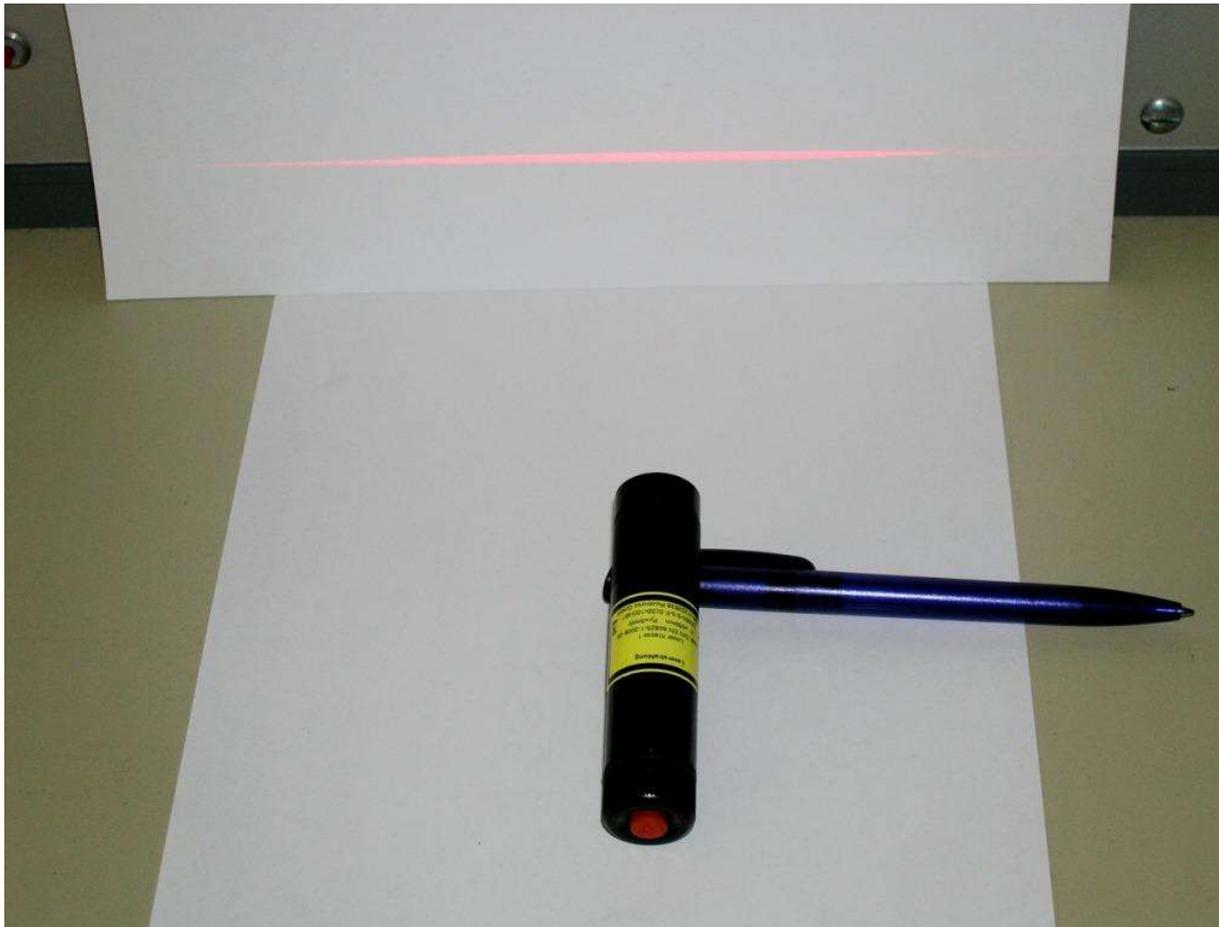
C₆ ...der unbekannte Korrekturfaktor?

**am Beispiel eines Linienlaser mit
Bewertung nach DIN EN 60825-1**

Bestimmung von C6

Kerkhoff.Thomas@bgetem.de // Stand: 2012 - 09

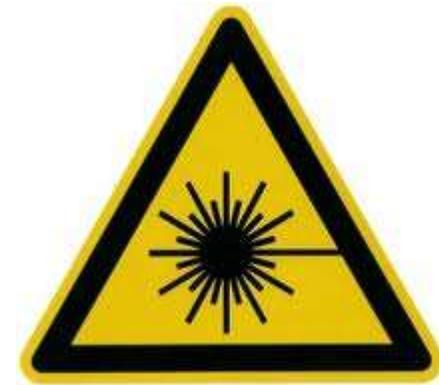
Beispiel eines Linienlasers



Vor dem Einschalten eines Lasers:

→ Risikoanalyse

Die Kontrolle der Gefahren bei Installation, Betrieb, Wartung / Service und Entsorgung von Laseranlagen sollte auf einer Risikoanalyse beruhen.

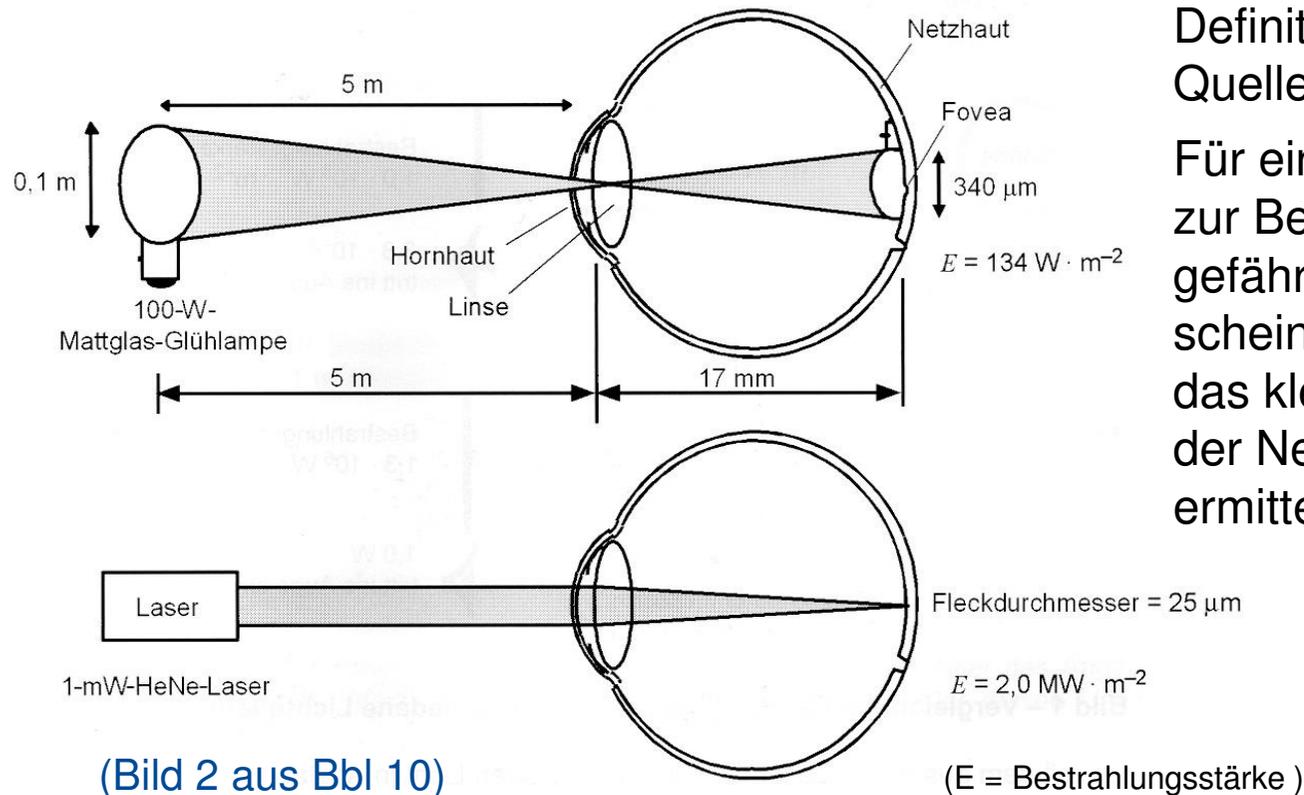


→ Laserklassifizierung beachten (Klasse 1, 1M, 2, ...)

Die Klasse einer Lasereinrichtung gibt dem Benutzer einen Hinweis auf das Potential der möglicherweise zugänglichen Laserstrahlung!

Was ist der Hintergrund für die Verwendung des Korrekturfaktors C_6 ?

(C_6 gilt nur im Wellenlängenbereich von 400 nm bis 1.400 nm)

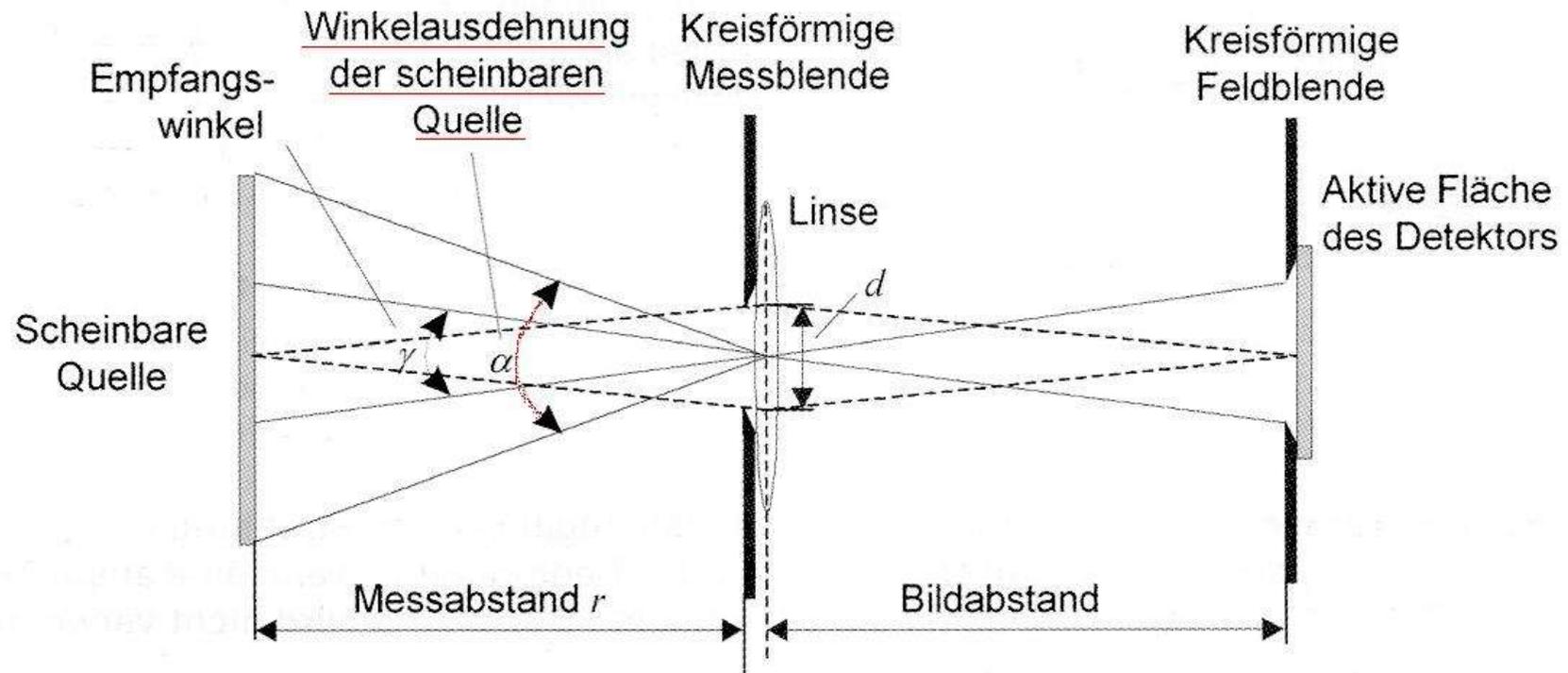


(Bild 2 aus Bbl 10)

Definition der scheinbaren Quelle:

Für eine gegebene Stelle ist zur Bewertung der Netzhautgefährdung das wirkliche oder scheinbare Objekt, welches das kleinst mögliche Bild auf der Netzhaut erzeugt zu ermitteln.

Bestimmung der scheinbaren Quelle nach Norm

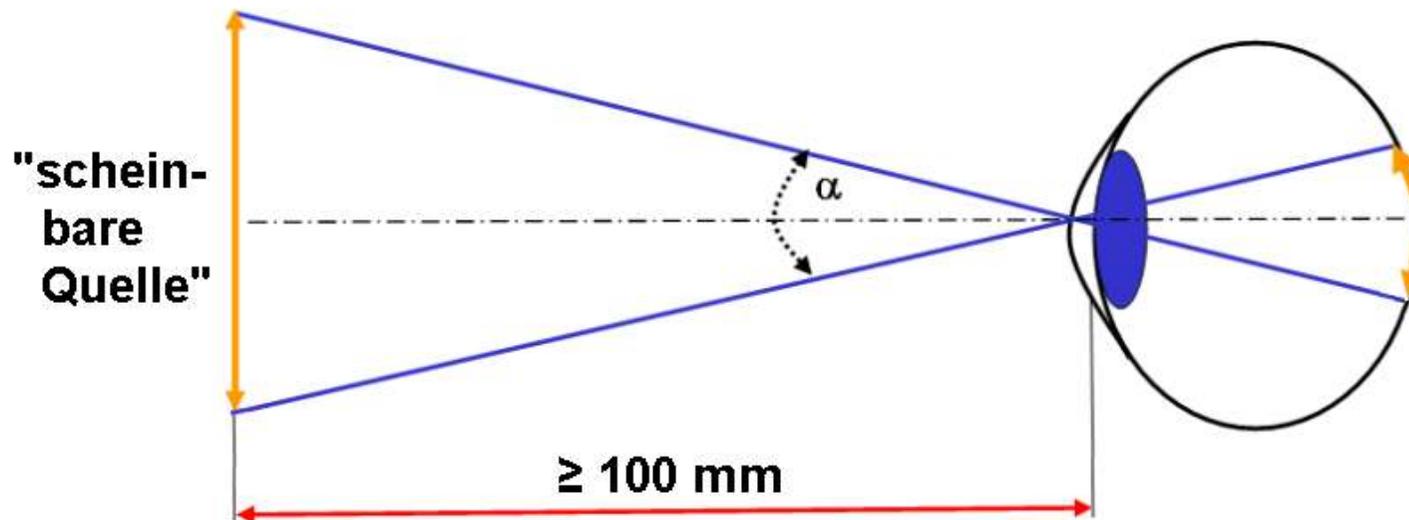


(Bild 3 aus Teil 1)

Bestimmung von C_6 (1/2)

Ermittlung des restriktivsten Bildes auf der Netzhaut:

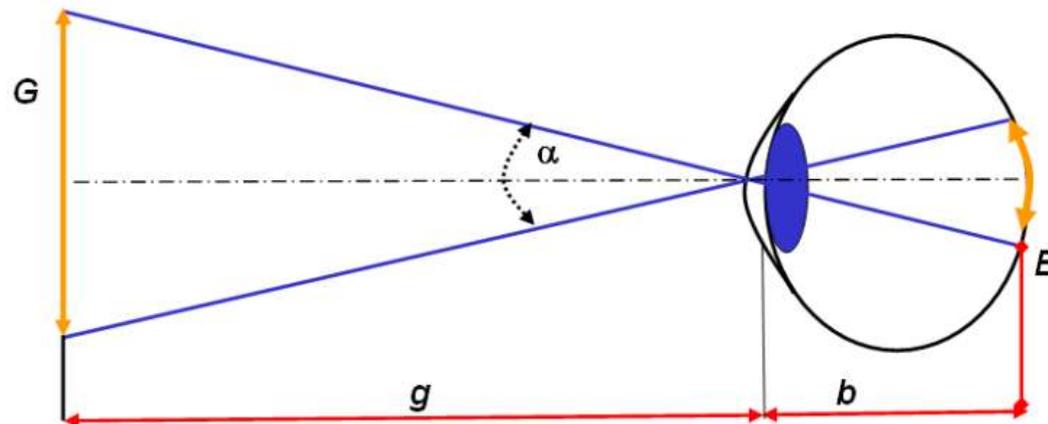
Durch Verschieben einer Sammellinse (≥ 100 mm) ist der Ort der größten Gefahr (entspricht der kleinsten & hellsten Stelle in der Abbildung) **zu suchen. (Entspricht nach Kapitel 9.3.3 aus DIN EN 60825-1 der restriktivsten Stelle.)**



(α = Winkelausdehnung der scheinbaren Quelle)

Bestimmung von C_6 (2/2)

Zur Bestimmung der scheinbaren Quelle sind zwei Formeln anzuwenden:



Abbildungsmaßstab :

$$B / G = b / g$$

Trigonometrie:

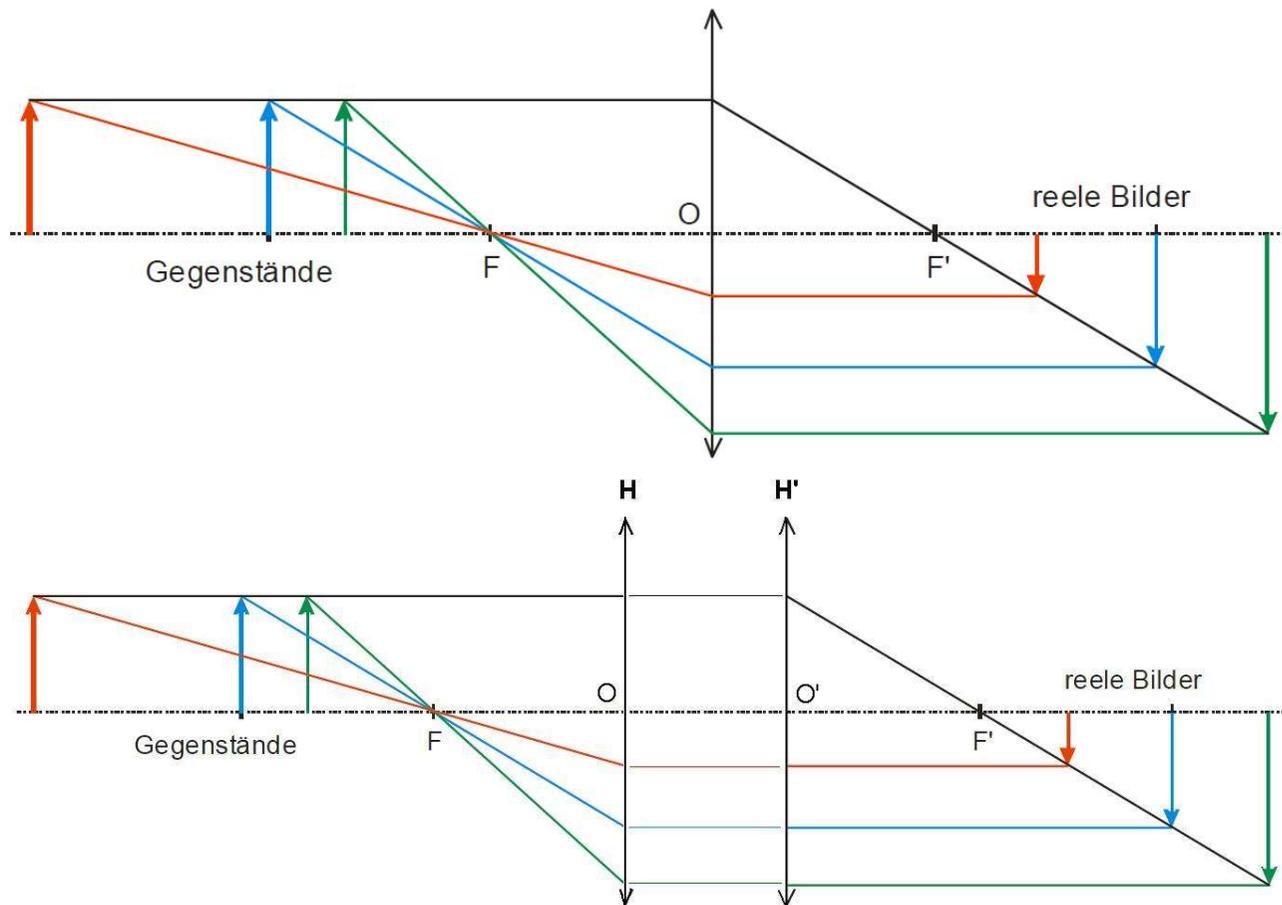
$$\tan \alpha = GK / AK$$

Das α wird in der Einheit Bogenmaß angegeben.

Das α kann Werte zwischen (1,5 ... 100) mrad annehmen.

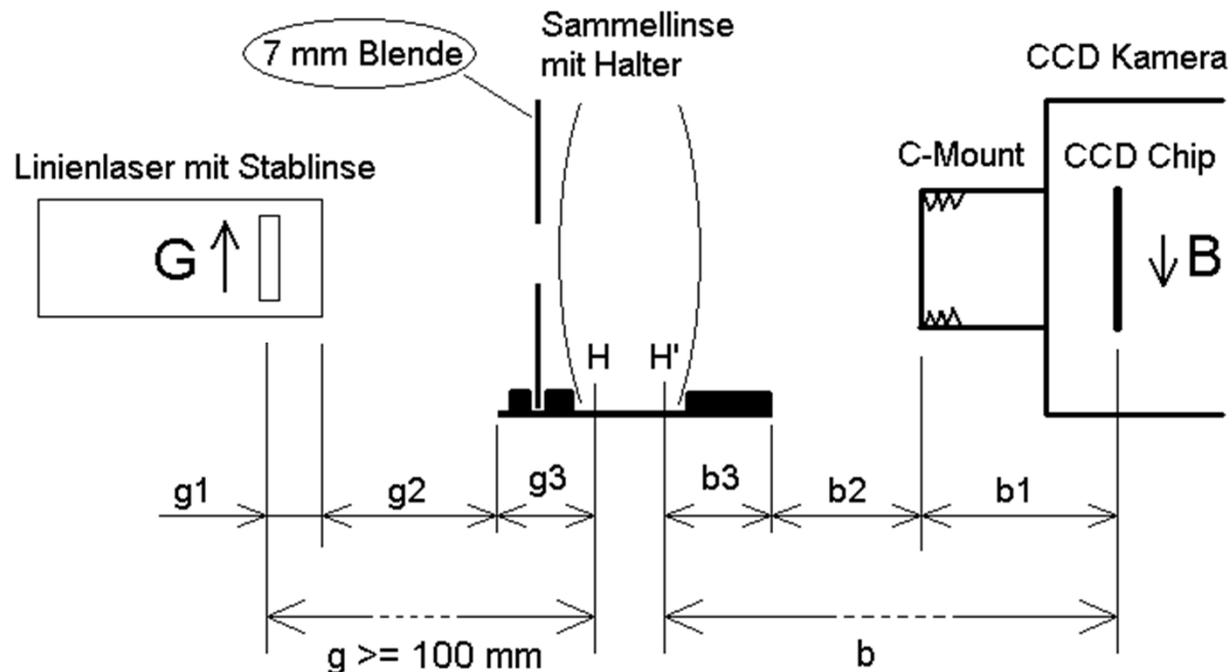
→ $C_6 = \alpha / \alpha_{\min}$ und kann Werte im Bereich von 1 ... 66,7 annehmen.

Ausrichten von „Gegenständen“ an einer dünnen bzw. an einer dicken Sammellinse



Prüfaufbau zur Ermittlung der Gegenstandsgröße

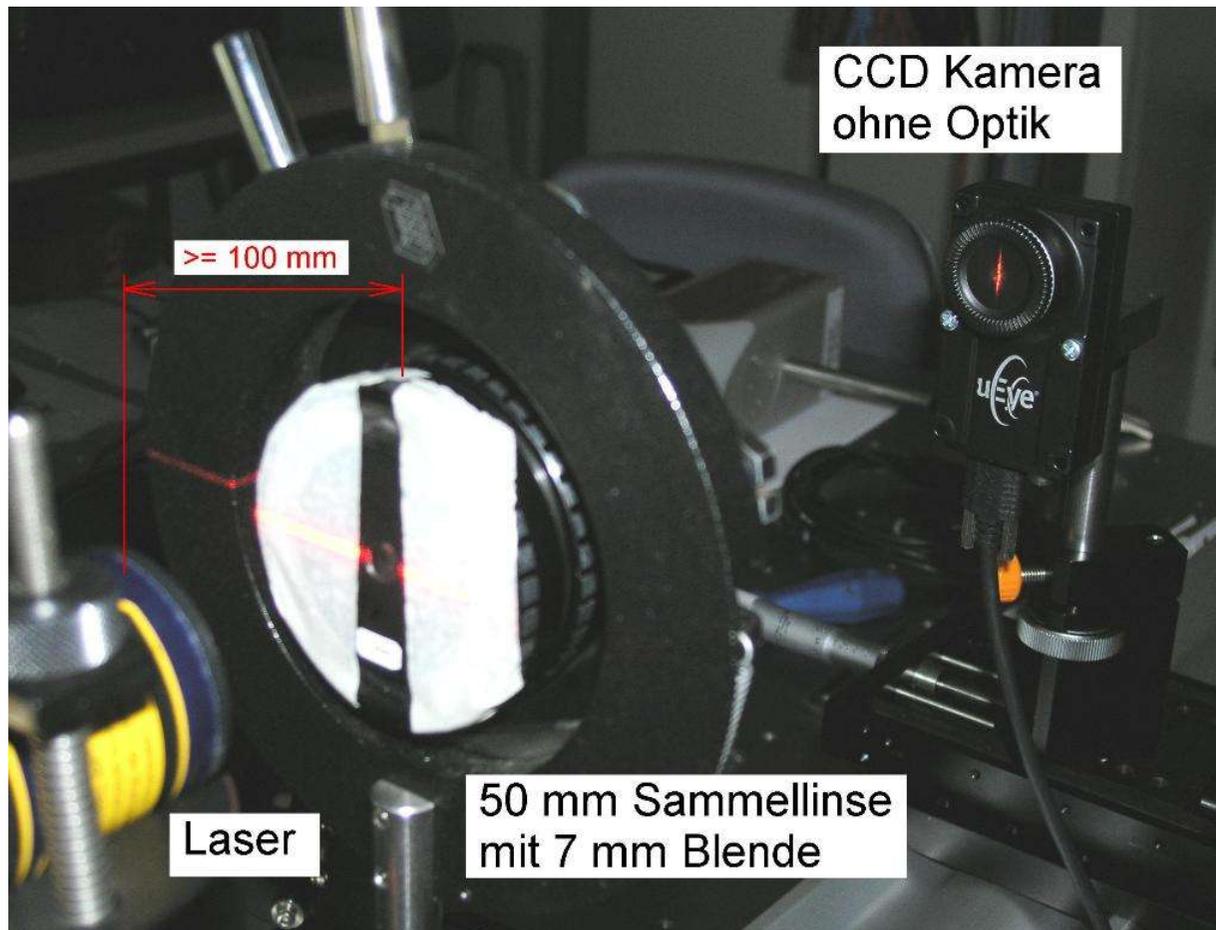
Zuerst wird an der restriktivsten Stelle die Größe der Abbildung festgestellt.



Durch das Aufsplittern von g in g_1, g_2 und g_3 sowie das Aufsplittern von b in b_1, b_2 und b_3 lassen sich die geometrischen Entfernungen leicht ablesen.

Prüfaufbau zur Ermittlung der Gegenstandsgröße

Zuerst wird an der restriktivsten Stelle die Größe der Abbildung festgestellt.



Bei den Bestimmungen zur Größe der scheinbaren Quelle und zur Größe der Abbildung sind g und b unterschiedlich!

Die vorgestellten Gesetzmäßigkeiten gelten für beide Fälle.

Zur Unterscheidung:
Bei der Bestimmung zur Größe der Abbildung erhalten g und b einen Index. (Folien 17 + 18)

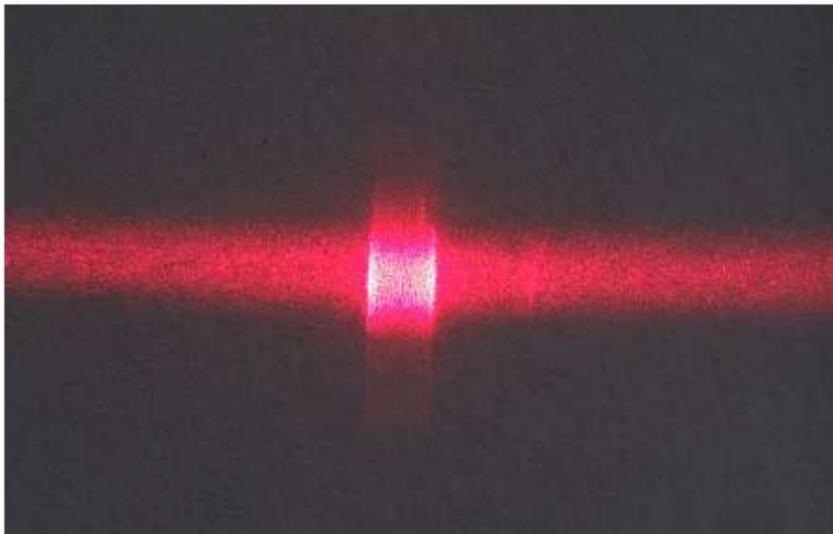
Vorgehensweise zum Auffinden der restriktivsten Stelle:

1. Das Prüfmuster wird so auf einer optischen Bank positioniert, dass das Strahlungsmaximum über der Mitte einer optischen Bank liegt. (Das Prüfmuster wird nun nicht mehr verschoben.)
2. Vom Brennpunkt der Linie des Linienlasers bis H der Sammellinse sind im ersten Schritt 100 mm einzustellen, siehe Tabelle 12 in DIN EN 60825. (Wenn g_1 und g_3 bekannt sind, dann lässt sich dieser Abstand mit einem Maßstab leicht einstellen.)
3. Die CCD Kamera wird nun so verschoben, dass sich die hellste Abbildung auf dem CCD Chip einstellt. (Die Abbildung wird scharf gestellt, siehe nächste Folie.)
4. Nun ist Abstand zwischen der Sammellinse und dem Prüfmuster sukzessive zu erhöhen. Nach jeder Verschiebung der Sammellinse ist die CCD Kamera wieder auf die hellste Abbildung scharf einzustellen. (Die CCD Kamera sollte auf einem Lineartisch montiert sein, da an der hellsten Stelle kleinste Verschiebungen eine große Auswirkung haben.) (Siehe übernächste Seite, Folie 13.)

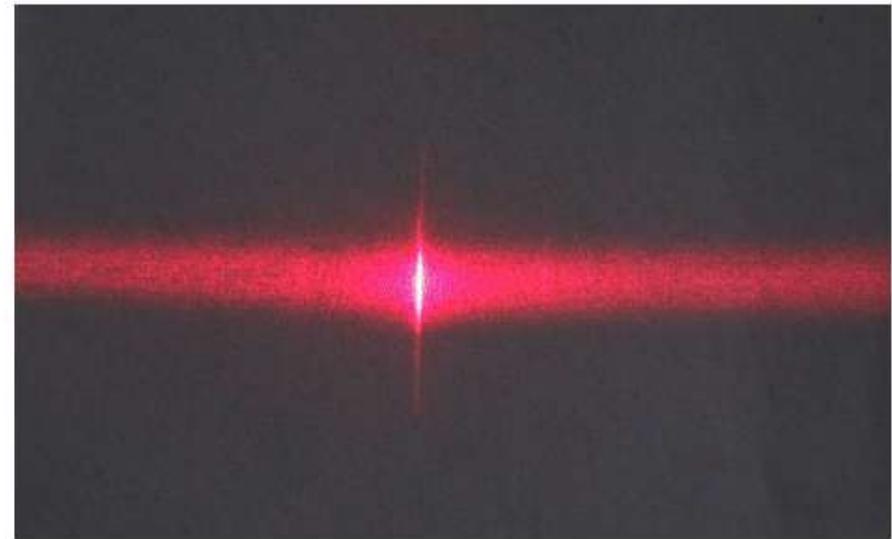
Zur Auswahl der Sammellinse: da die kleinste einzustellende Entfernung 100 mm beträgt, muss die Brennweite der Sammellinse kleiner als 100 mm gewählt werden.

Vorgehensweise zum Auffinden der restriktivsten Stelle:

zu Punkt 3 der Vorderseite: Verschieben der CCD Kamera



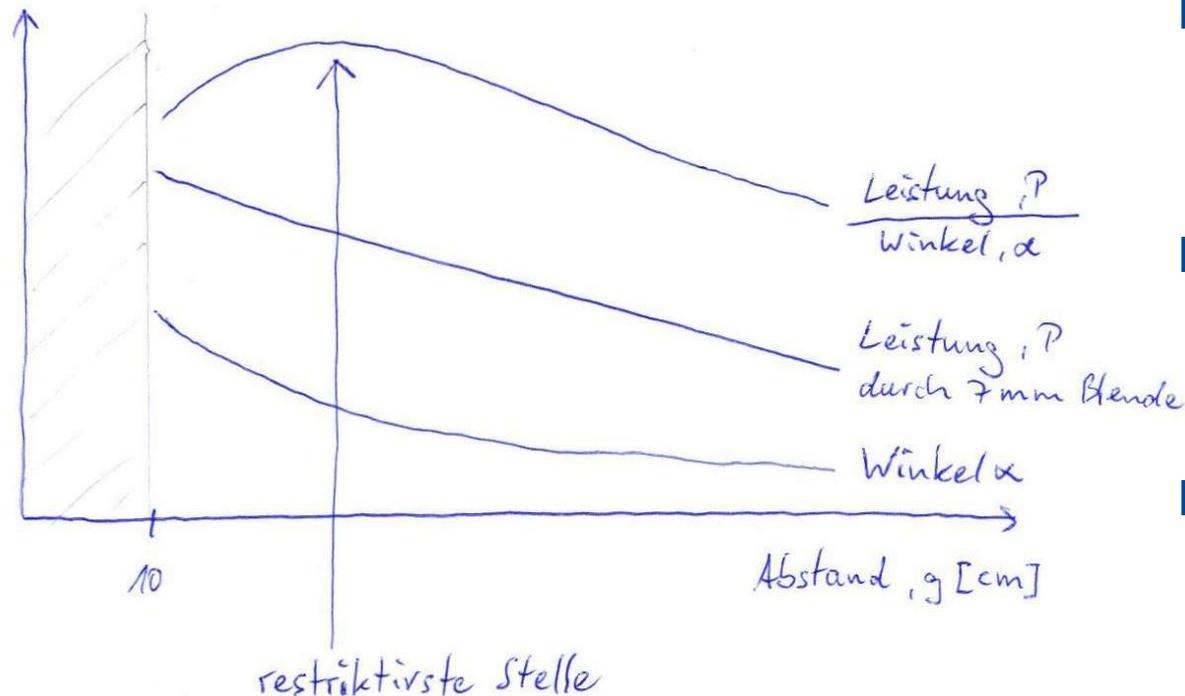
unscharfe Abbildung



scharfe Abbildung

Vorgehensweise zum Auffinden der restriktivsten Stelle:

zu Punkt 4 der Folie 11: auffinden der restriktivsten Stelle (allgemein)

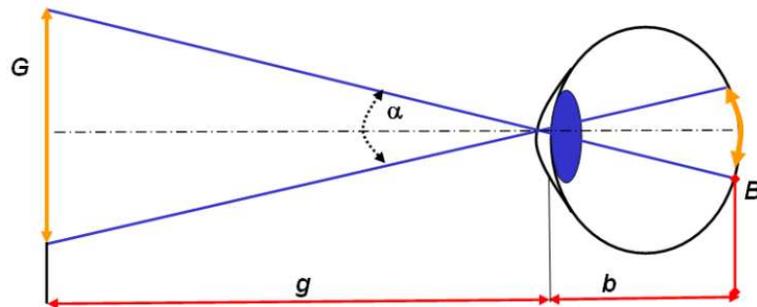


Die Leistung P nimmt mit dem Abstand ab.
(Abhängig vom Prüfmuster.)

Der Winkel α nimmt mit dem Abstand ab.
(Bitte nicht die Näherung von Folie 21 benutzen.)

Die restriktivste Stelle befindet sich dort wo der Quotient von Leistung zu Winkel maximal ist.

„Betrachtung der Messungenauigkeit“ (1/2)



Abbildungsmaßstab:

$$B / G = b / g \rightarrow G = B * g / b$$

g und b sind restriktiv abzulesen:

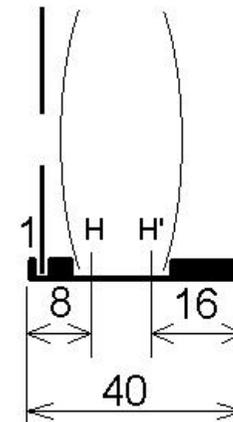
→ g ist eher in Richtung kleinerer Werte abzulesen.

→ b ist eher in Richtung größerer Werte abzulesen.

Beispiel:

g₃ (restriktiv) = 7 mm

b₃ (restriktiv) = 17 mm



„Betrachtung der Messungenauigkeit“ (2/2)

Die Bildgröße wird durch eine CCD Kamera ermittelt.

Das Bild der CCD Kamera wird mit einer Bildverarbeitung so aufbereitet, das lediglich 4 Farben angezeigt werden:

Lila: Intensität $\geq 100\%$ (z.B. 240 von 255 Helligkeitswerten)

Grün: Intensität zwischen $63\% \dots 100\%$ ($240 \text{ Hw} * 0,63 = 151 \text{ Hw}$)

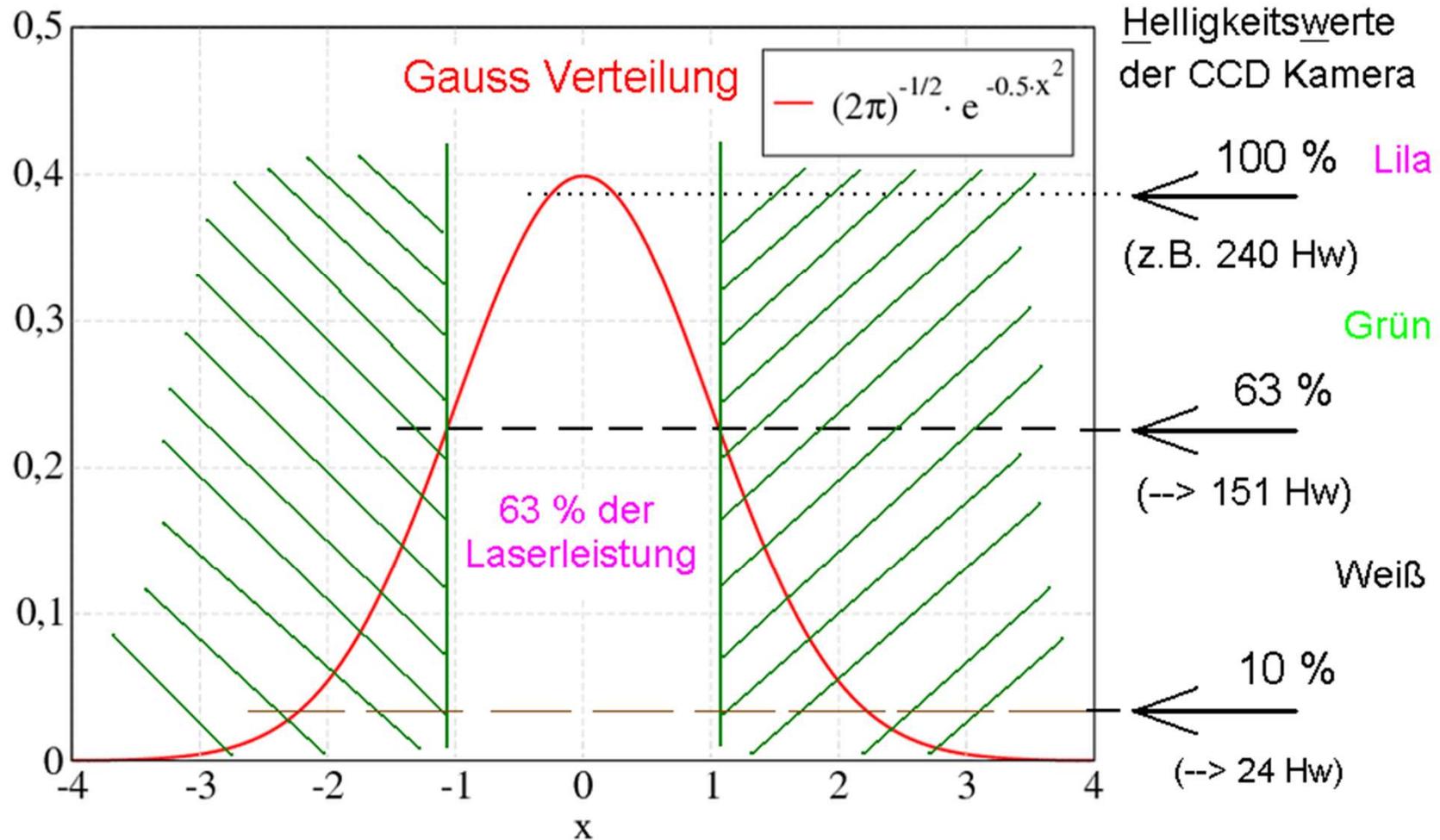
Weiß: Intensität $< 63\%$

Schwarz: Intensität $< 10\%$

Durch Einstellen der Kameraparameter (Verstärkung/ Integration) und durch Auswahl eines passenden Filters (zur Abschwächung der Laserstrahlung) ist das Bild so einzustellen, dass der Übergang zu 100% gerade so erkennbar ist. Die Länge der grünen Bildinformation entspricht dann der gesuchten Bildgröße.

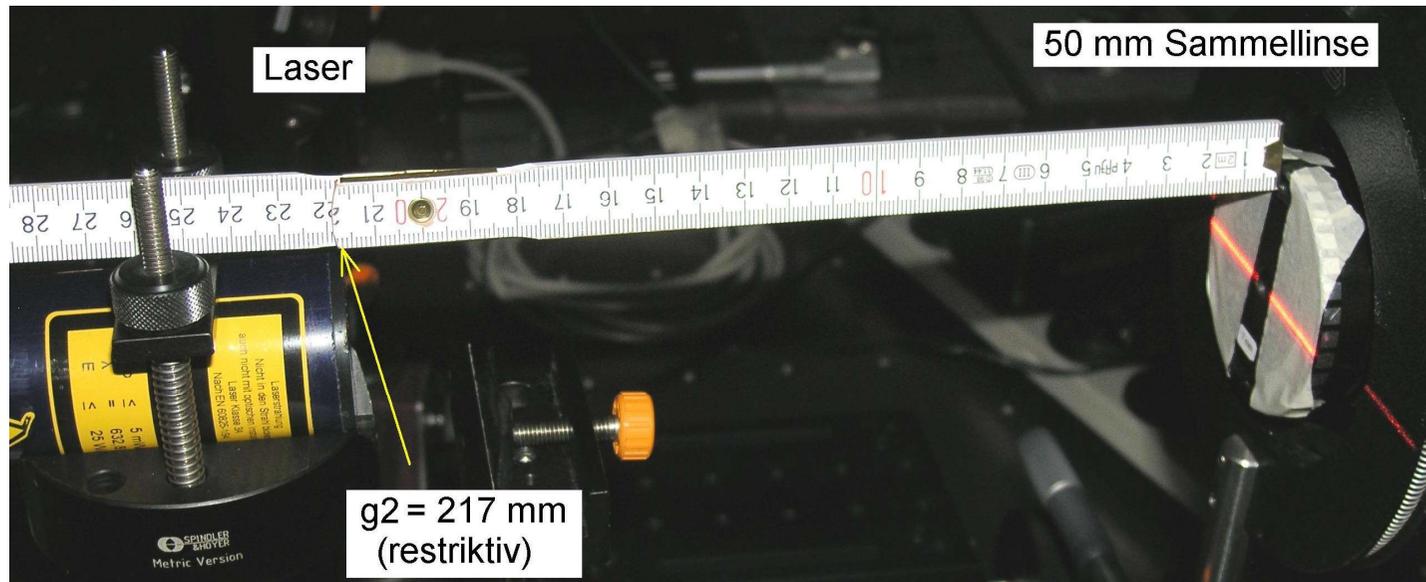
→ Die MU hängt von der Kennlinie der CCD Kamera ab!

Erläuterung der Farbdarstellung in der Bildverarbeitung



Ermittlung der Gegenstandsgröße (1/4)

Bestimmung der Gegenstandsweite g_{BBg} ($BBg = \underline{B}$ estimmung \underline{B} ildgröße)



g_1 = Scheitelpunkt der Linie bis zur Gehäusekante des Linienlasers
= ca. 7 mm (geschätzt, beim Hersteller nachfragen!)

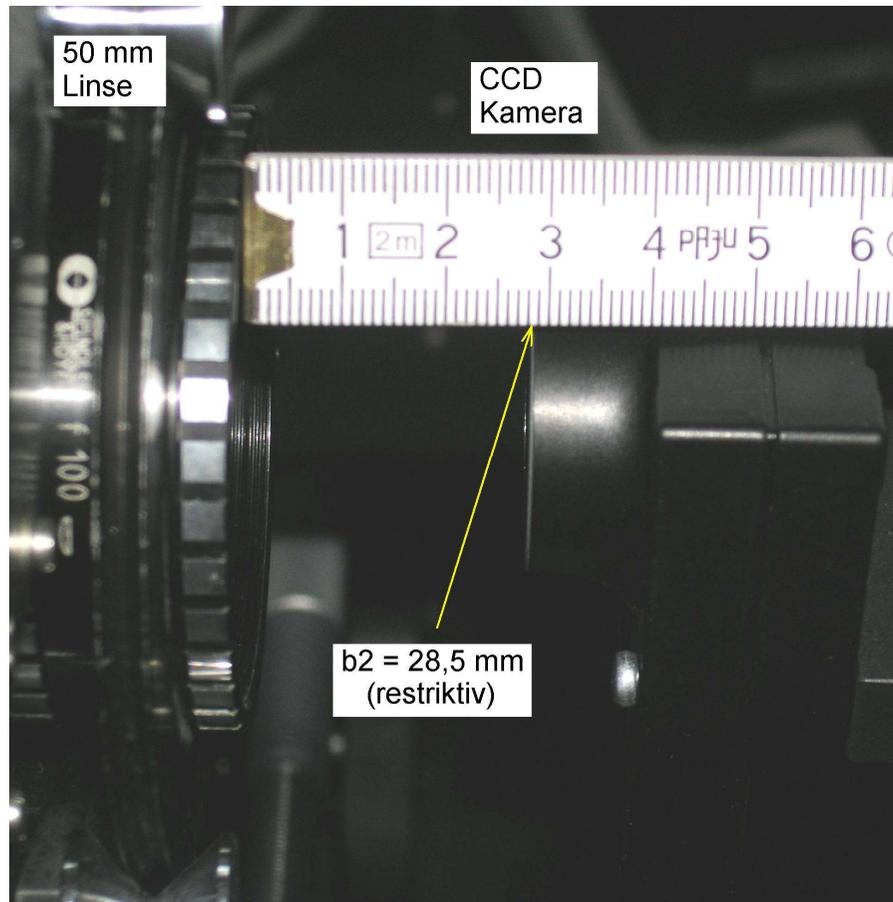
g_2 = abgelesener Wert = 217 mm

g_3 = „Vorderkante der Sammellinse“ bis H = ca. 7 mm

$g_{BBg} = (7 + 217 + 7) \text{ mm} = 231 \text{ mm}$

Ermittlung der Gegenstandsgröße (2/4)

Bestimmung der Bildweite b_{BBg} (BBg = Bestimmung Bildgröße)



b1 = Auflagemaß der CCD-Kamera = 17,5... mm

b2 = abgelesener Wert = 28,5 mm

b3 = „Hinterkante der Sammellinse“ bis H' = ca. 17 mm

$b_{BBg} = (17,5 + 28,5 + 17) \text{ mm}$

$b_{BBg} = 63 \text{ mm}$

Ermittlung der Gegenstandsgröße (3/4)

Bestimmung der Bildgröße / Ergebnis der Bildbearbeitung

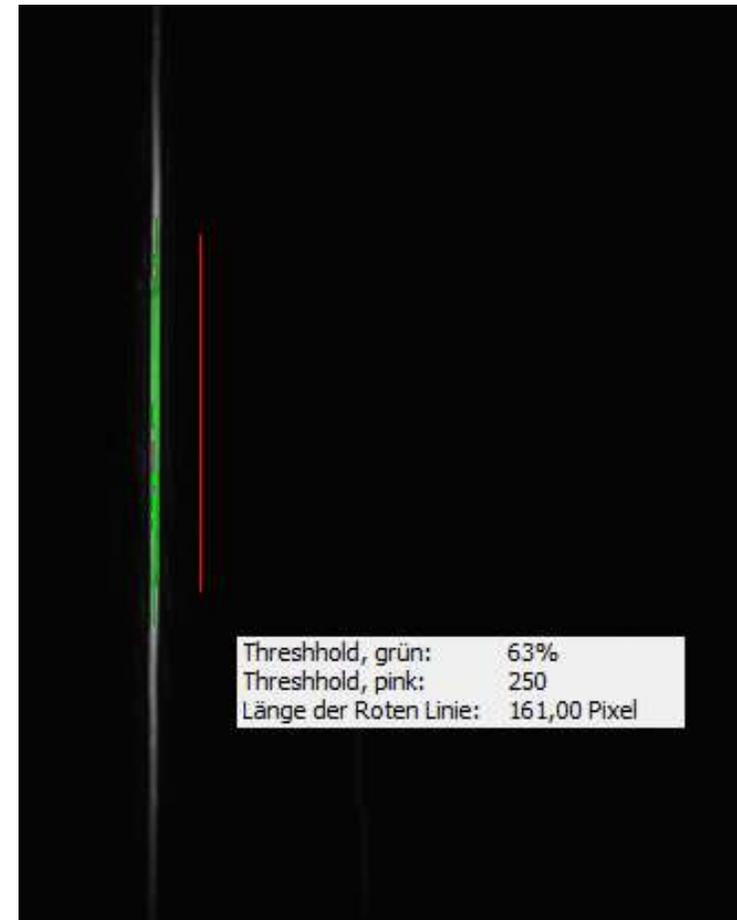
In X- Ausrichtung beträgt die Bildgröße nur wenige Pixel: geschätzt = 6 Pixel.

$$\begin{aligned} \rightarrow B_x &= 6 \text{ Pixel} * 1,67 \mu\text{m/Pixel} \\ &= \text{ca. } 10 \mu\text{m} \end{aligned}$$

In Y- Ausrichtung beträgt die Bildgröße ca. 161 Pixel.

$$\begin{aligned} \rightarrow B_y &= 161 \text{ Pixel} * 1,67 \mu\text{m/Pixel} \\ &= \text{ca. } 270 \mu\text{m} \end{aligned}$$

(Die rote Linie symbolisiert die Messstrecke im „Grün“.)



Ermittlung der Gegenstandsgröße (4/4)

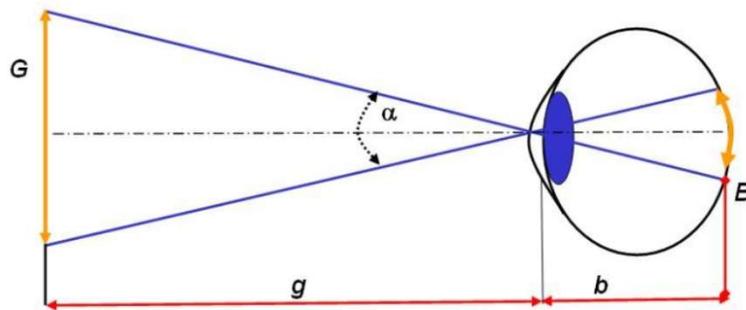
Bestimmung der Größe der scheinbaren Quelle

$$G = B^* = g_{BBg} / b_{BBg} \quad // \quad b_{BBg} = 63 \text{ mm} \quad // \quad g_{BBg} = 231 \text{ mm}$$

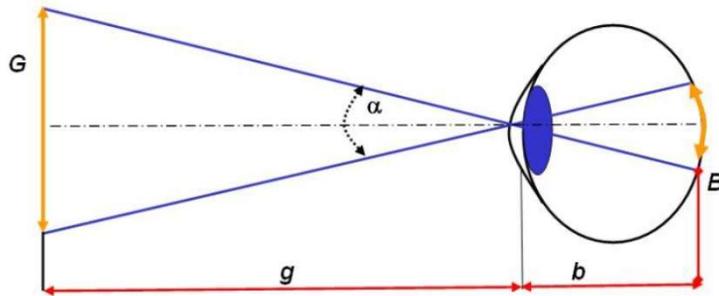
$$// \quad B_x = 10 \text{ } \mu\text{m} \quad // \quad B_y = 270 \text{ } \mu\text{m}$$

$$G_x = B_x * 231 / 63 = 10 \text{ } \mu\text{m} * 3,67 = 36,7 \text{ } \mu\text{m}$$

$$G_y = B_y * 231 / 63 = 270 \text{ } \mu\text{m} * 3,67 = 990 \text{ } \mu\text{m} = 0,99 \text{ mm}$$



Bestimmung der Winkelausdehnung



Die Bestimmung von α erfolgt unter worst case Bedingungen aus einem Abstand von 100 mm!

(100 mm entsprechen der Messbedingung 3)

Exakt: $\tan \alpha/2 = (G/2) / 100$

$\rightarrow \alpha = 2^* \arctan ((G/2) / 100)$

Nahrung, fur kleine Winkel: mit $\tan \alpha/2 \approx \alpha/2$

$\rightarrow \alpha/2 = (G/2) / 100 \rightarrow \alpha = G / 100$

Mit der Nahrung ergeben sich folgende Werte:

$$\alpha_X = G_X / 100 = 0,0367 \text{ mm} / 100 \text{ mm} = 0,367 \text{ mrad}$$

$\rightarrow \alpha_X$ wird auf 1,5 mrad erhohert!

(siehe DIN EN 60825-1, Kapitel 8.3 d)

$$\alpha_Y = G_Y / 100 = 0,99 \text{ mm} / 100 \text{ mm} = 9,9 \text{ mrad}$$

Bestimmung vom C6

Nach Kapitel 8.3 d aus DIN EN 60825-1 wird aus den zwei Winkelausdehnungen eine mittlere Winkelausdehnung bestimmt:

$$\alpha = (\alpha_x / \alpha_y) / 2 = (1,5 + 9,9) / 2 = 5,7 \text{ mrad}$$

Nach Tabelle 10, aus DIN EN 60825-1, wird C6 wie folgt bestimmt:

$$C6 = \alpha / \alpha_{\min} = 5,7 / 1,5 = 3,8$$

Wo wird der Korrekturfaktor C_6 benötigt?

DIN EN 60825-1 *(siehe Abschnitt 9.3.3)*

**Sicherheit von Lasereinrichtungen –
Teil 1: Klassifizierung von Anlagen und Anforderungen**

DIN EN 62471 *(als α in Abschnitt 3.2 und 5.2.3)*

Photobiologische Sicherheit von Lampen u. Lampensystemen

RL 2006/25/EG *(als α in Anhang 1 + Anhang 2)*

**Mindestvorschriften zum Schutz von Sicherheit und Gesundheit der
Arbeitnehmer vor Gefährdung durch physikalische Einwirkungen (KOS)**

BGV B2 *(Anhang 2)*

Unfallverhütungsvorschrift – Laserstrahlung

BGI 5006 *(Abschnitt 3.4)*

Expositionsgrenzwerte für künstliche optische Strahlung

(α = Winkelausdehnung der scheinbaren Quelle)

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit.

Kontakt:

Kerkhoff.Thomas@bgetem.de

0221 / 3778 -6311