



KIT
Karlsruher Institut für Technologie

Optoelektronische Messtechnik

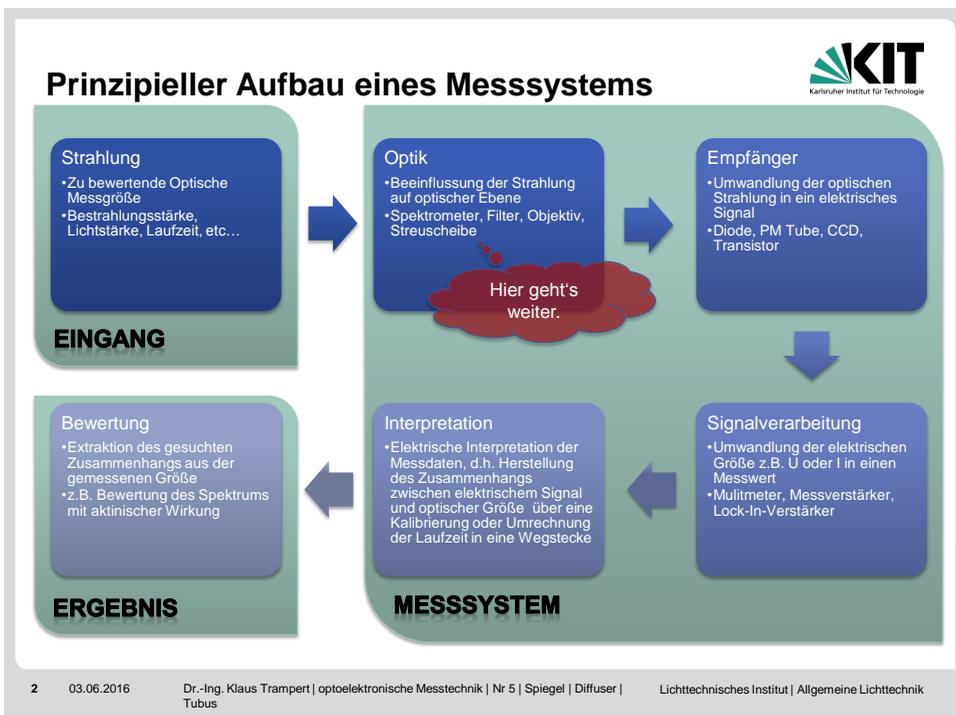
**Vorlesung | Nr. 5 |
Spiegel | Diffuser | Tubus**

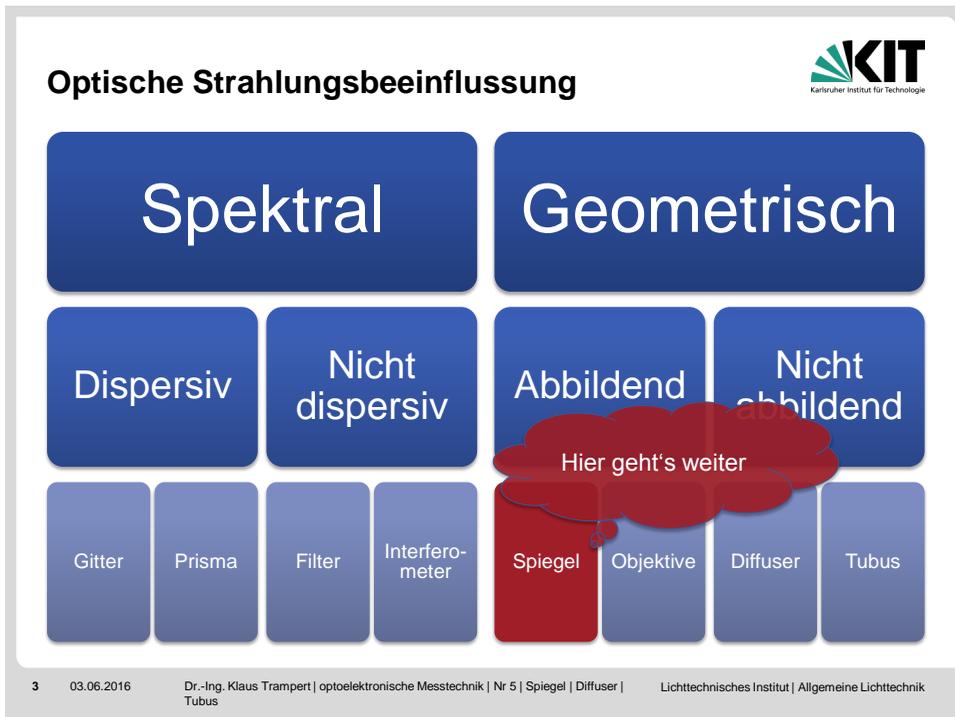
LTI | Lichttechnisches Institut



KIT – Universität des Landes Baden-Württemberg und
nationales Forschungszentrum in der Helmholtz-Gemeinschaft

www.kit.edu





Spiegel





- Vorteile
 - Nur eine Ebene der Strahlmanipulation
 - Keine Transmission im Material, d.h. keine chromatische Beeinflussung in Abhängigkeit der Materialstärke
- Reflexionsschicht
 - Material anpassen auf Wellenlängenbereich
 - Typisch: Alu; Gold; Interferenz
- Ausführungen
 - Glas mit Metallbeschichtung
 - Glas mit dielektrischer Interferenz-Beschichtung
 - Metall direkt
- Anwendung
 - Strahlformung in abbildenden Systemen
 - Strahlableitung (Scanner)
 - Laser-Resonator
 - Teleskope

4 03.06.2016 Dr.-Ing. Klaus Trampert | optoelektronische Messtechnik | Nr 5 | Spiegel | Diffuser | Tubus Lichttechnisches Institut | Allgemeine Lichttechnik

Spiegel Herstellung



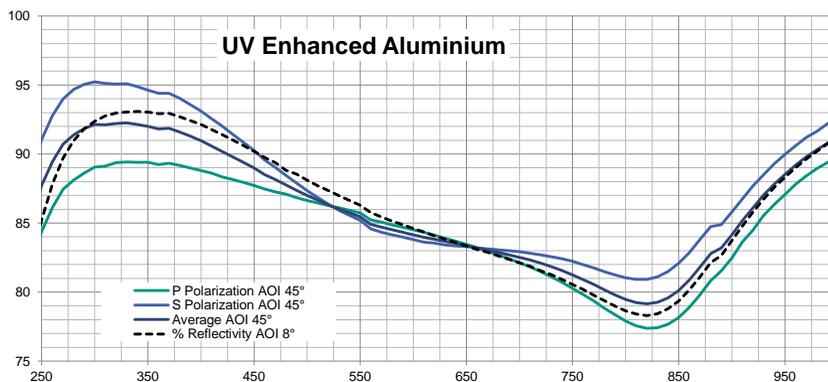
- Herstellung von Spiegeln
 - Bedampfen von Gläsern
 - Fräsen aus Metall direkt
- Fräsen
 - z.B. Firma Kugler
 - Schneiden aus Metall mit Diamant OHNE Nachbearbeitung
- Glassubstrat
 - Beschichtung mit Alu und MgF₂
 - Zerodur = Nullausdehnung

5 03.06.2016

Dr.-Ing. Klaus Trampert | optoelektronische Messtechnik | Nr 5 | Spiegel | Diffuser |

Lichttechnisches Institut | Allgemeine Lichttechnik
Tubus

Reflexion von Alu

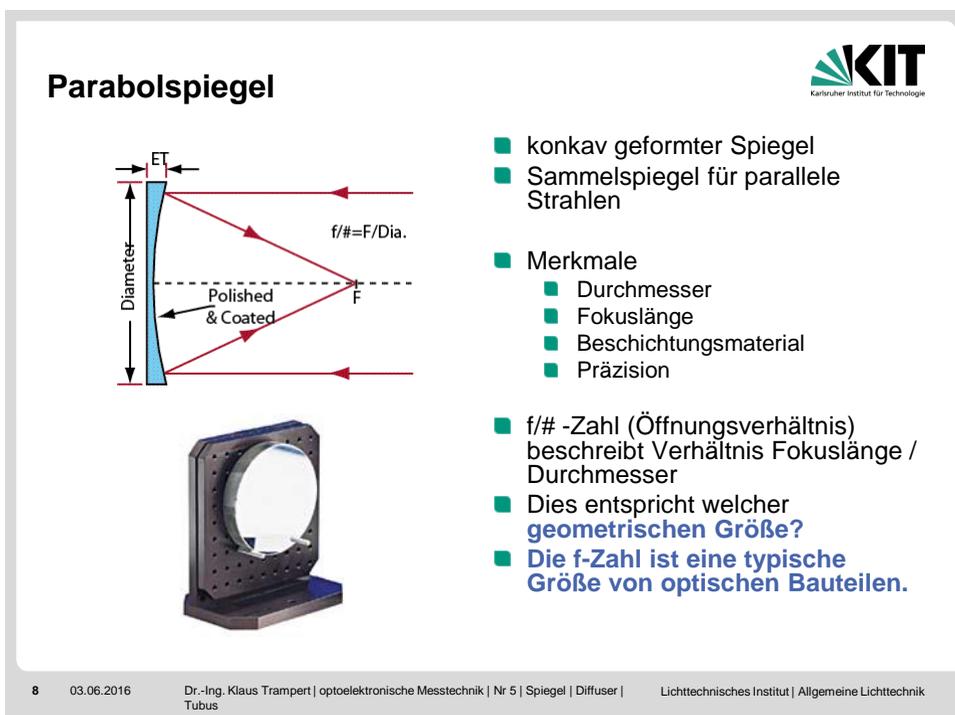
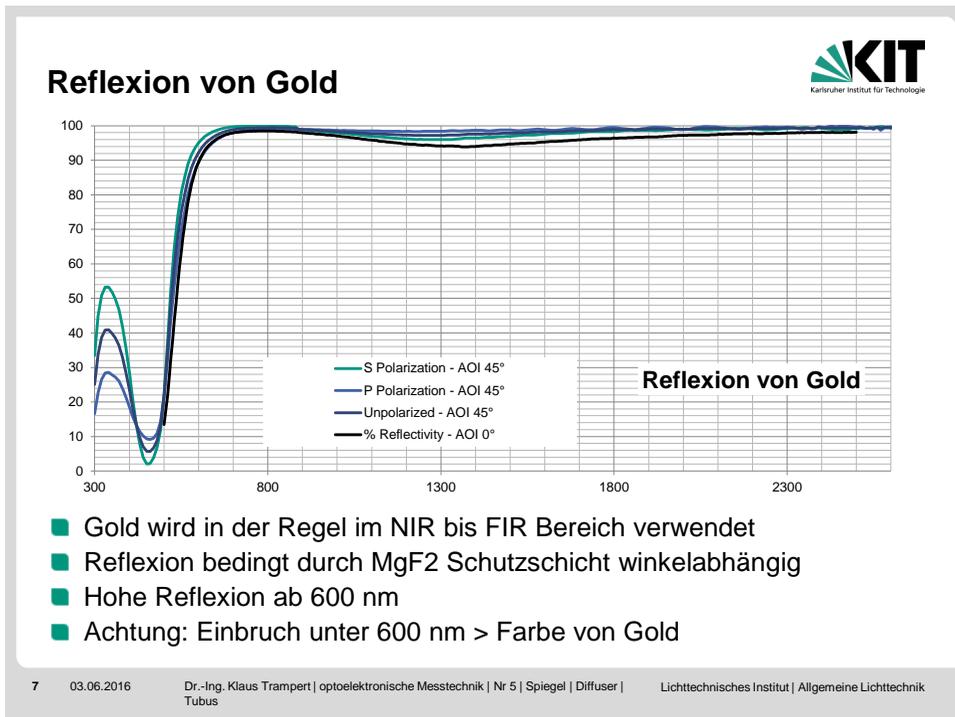


- Aluminium wird in der Regel im VIS Bereich verwendet
- Reflexion bedingt durch MgF₂ Schutzschicht Winkelabhängig
- Schwächen im UV bis VUV

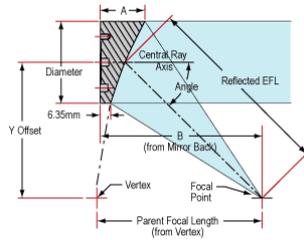
6 03.06.2016

Dr.-Ing. Klaus Trampert | optoelektronische Messtechnik | Nr 5 | Spiegel | Diffuser |

Lichttechnisches Institut | Allgemeine Lichttechnik
Tubus



Off-Axis - Spiegel



- Metallspiegel mit gekrümmter Fläche
- Fokuspunkt außerhalb des Strahls
- Ablenkwinkel 30°, 60° oder 90°
- Teil eines Parabolspiegels

9 03.06.2016

Dr.-Ing. Klaus Trampert | optoelektronische Messtechnik | Nr 5 | Spiegel | Diffuser | Tubus

Lichttechnisches Institut | Allgemeine Lichttechnik

Anwendung von Parabolspiegeln



- Kollimierter Strahl => Fokus in ∞
- Anwendung als erster Sammelspiegel in Teleskopen
- f/# bestimmt die Menge des eingesammelten Lichts => großer Durchmesser
- VLT = Very Large Telescope

10 03.06.2016

Dr.-Ing. Klaus Trampert | optoelektronische Messtechnik | Nr 5 | Spiegel | Diffuser | Tubus

Lichttechnisches Institut | Allgemeine Lichttechnik

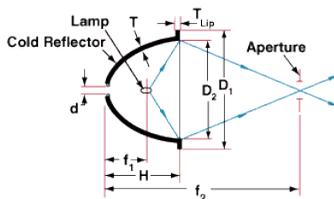
VLT - Hauptspiegel



Spiegel	Haupt	Fangspiegel	Endspiegel
Material	Zerodur	Beryllium	Zerodur
Durchmesser	8200 mm	1116 mm	1242 x 866
Dicke	177 mm	130 mm	140 mm
Gewicht	23 t	44 kg	105 kg
Form	Konkav	Konvex	Plan
Krümmung	28.975 mm	-4550 mm	> 63.000 m

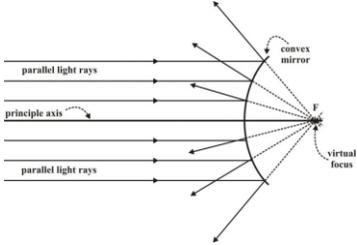
- Parabolspiegel können bis zu sehr großen Dimensionen hergestellt werden.
- VLT = Europäisches Großteleskop
- Hauptspiegel von Schott aus Zerodur
- Zerodur = Glaskeramikgemisch mit Nullausdehnung bei Raumtemp. (CERAN Herd)

Kaltlichtreflektor



- Since ellipsoidal cold reflectors can enhance light collection without dramatically increasing heat in the illumination plane, they are an ideal selection for many projection and general illumination applications.
- When a light source is placed at the first focal point (f_1) of the reflector, the ellipsoidal reflector redirects light that would otherwise miss the target area (f_2). This increased efficiency allows the user to specify lower output bulbs to obtain suitable intensity levels.
- The illumination gained by utilizing a greater portion of the bulb output has the added benefit of being relatively "cold" light.
- The reflector coating transmits approximately 75% of incident IR and reflects over 90% of visible light. Substrate is glass.

Konvex Spiegel



- Anwendung: Aufweitung des Sichtfeldes von bildgebenden Systemen
- Erzeugung eines virtuellen Fokus hinter dem Spiegel
 - Kurzer Fokus = großes Sichtfeld
 - langer Fokus = geringe Aufweitung
- Beschichtungsmaterial abhängig von der Anwendung.
 - Alu: VIS
 - Gold: NIR bis FIR

13 03.06.2016
Dr.-Ing. Klaus Trampert | optoelektronische Messtechnik | Nr 5 | Spiegel | Diffuser | Tubus
Lichttechnisches Institut | Allgemeine Lichttechnik

Optische Strahlungsbeeinflussung

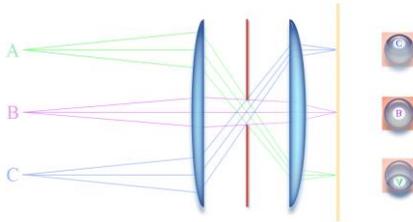


Spektral				Geometrisch			
Dispersiv		Nicht dispersiv		Abbildend		Nicht abbildend	
Gitter	Prisma	Filter	Interferometer	Spiegel	Objektive	Diffuser	Tubus



14 03.06.2016
Dr.-Ing. Klaus Trampert | optoelektronische Messtechnik | Nr 5 | Spiegel | Diffuser | Tubus
Lichttechnisches Institut | Allgemeine Lichttechnik

Telezentrisches Objektiv



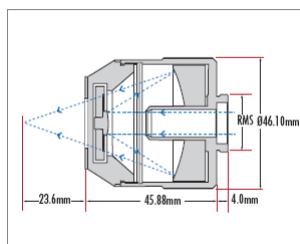
- Anwendung in
 - Messtechnik
 - fotolithografischen Herstellungsverfahren
- Eintritts- und Austrittspupille liegen im Unendlichen
 - große tolerierbare Objektlage nicht durch die Schärfentiefe begrenzt
 - Bildebene ohne Veränderung des Abbildungsmaßstabs nachfokussierbar
- Ein beidseitig telezentrisches Objektiv weist theoretisch keine geometrischen Abbildungsfehler, wie z.B. Verzeichnung, auf.

15 03.06.2016

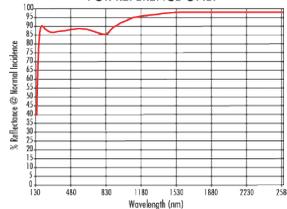
Dr.-Ing. Klaus Trampert | optoelektronische Messtechnik | Nr 5 | Spiegel | Diffuser | Tubus

Lichttechnisches Institut | Allgemeine Lichttechnik

Reflexionsobjektive | DUV oder IR



DUV ENHANCED ALUMINUM PERFORMANCE CURVE
FOR REFERENCE ONLY



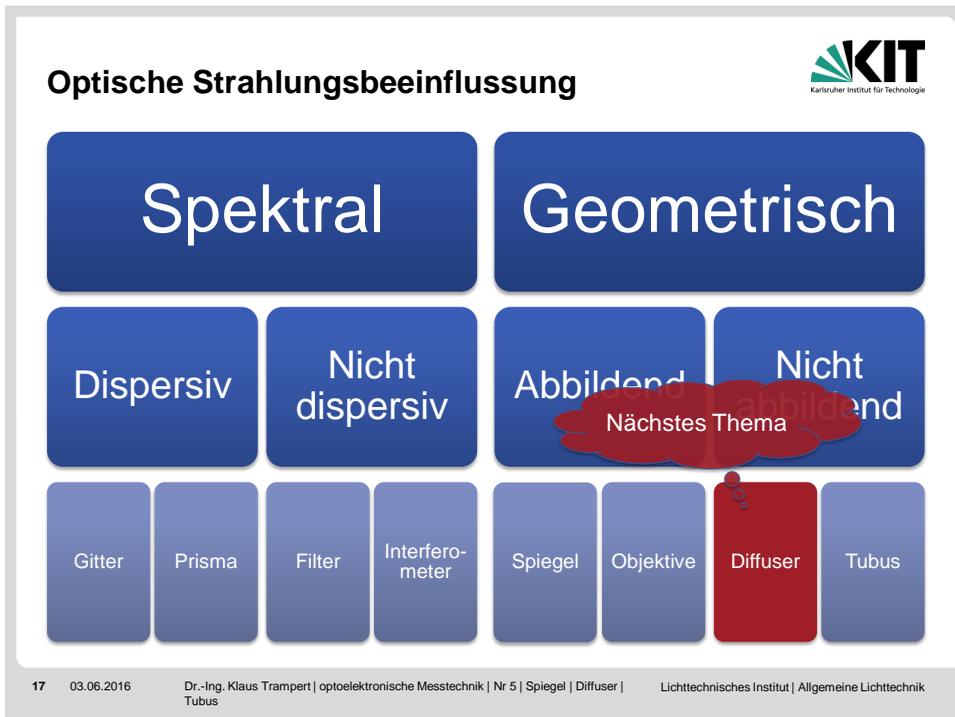
- Im UV oder IR sind übliche Linsengläser nicht ausreichend transparent. > Spiegelobjektive
- Reflexbeschichtung abhängig vom Wellenlängenbereich
- Keine chromatische Abberation



16 03.06.2016

Dr.-Ing. Klaus Trampert | optoelektronische Messtechnik | Nr 5 | Spiegel | Diffuser | Tubus

Lichttechnisches Institut | Allgemeine Lichttechnik



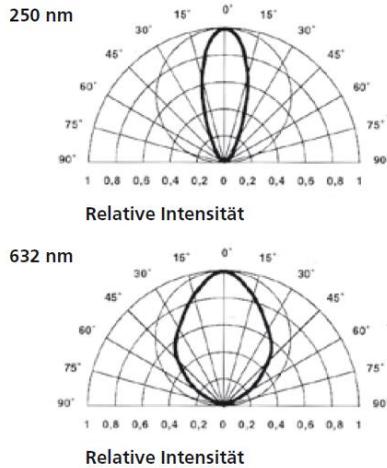
Diffuser




- Aufgabe
 - Streuung
 - Mischung der einfallenden Strahlung
 - cos- getreue Anpassung
- Einteilung
 - Oberflächenstreuer
 - Volumenstreuer
 - U-Kugel

18 03.06.2016 Dr.-Ing. Klaus Trampert | optoelektronische Messtechnik | Nr 5 | Spiegel | Diffuser | Tubus Lichttechnisches Institut | Allgemeine Lichttechnik

Kosinus Anpassung



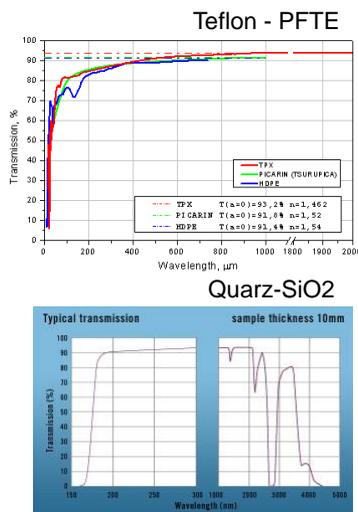
- Für eine richtige Bewertung von E muss die Charakteristik des Empfängers getreu der projizierten Fläche sein.
- $E = E_0 \times \cos(\alpha)$
 - $E_0 = E$ in Richtung der Flächennormale
 - $\alpha =$ Winkel zwischen Flächennormale und optischer Achse
- **Generell gilt**
Je besser die Kosinus-Anpassung desto geringer der Lichtdurchsatz.

19 03.06.2016

Dr.-Ing. Klaus Trampert | optoelektronische Messtechnik | Nr 5 | Spiegel | Diffuser | Tubus

Lichttechnisches Institut | Allgemeine Lichttechnik

Materialien



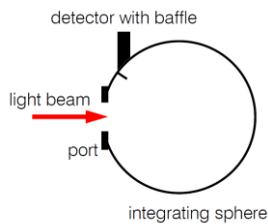
- PFTE (Teflon)
 - Dünne Platten
 - Volumenstreuer
 - mittlere cos-Anpassung
 - Hohe Transmission bis ins UV
 - Achtung: Unter hohen Bestrahlungsstärken nicht stabil
- Quarz SiO2
 - Dünne Platten
 - Volumen-Streuer
 - gesinterte Fritte
 - Gute Steuereigenschaften
 - Oberflächen-Streuer
 - ein- oder beidseitig sandgestrahlt
 - mäßige cos-Anpassung
 - Hohe Transmission
 - sehr stabil und hoch belastbar

20 03.06.2016

Dr.-Ing. Klaus Trampert | optoelektronische Messtechnik | Nr 5 | Spiegel | Diffuser | Tubus

Lichttechnisches Institut | Allgemeine Lichttechnik

U-Kugel



- universelle Strahleinkopplung
 - kollimierte Strahlung von z.B.
 - abbildenden optischen Systemen,
 - LichtleiternS
 - Endoskopen.
 - Bewertung der gesamten Strahlung

- Bestrahlungsstärke Messung
 - sehr gute Kosinus-Anpassung
 - weiter Spektralbereich erreicht
 - guter Lichtdurchsatz bei kleinen Kugeln

- Optional Quarzglas-Dome zum Schutz der Kugelöffnung

21 03.06.2016

Dr.-Ing. Klaus Trampert | optoelektronische Messtechnik | Nr 5 | Spiegel | Diffuser | Tubus

Lichttechnisches Institut | Allgemeine Lichttechnik

Optische Strahlungsbeeinflussung

Spektral

Geometrisch

Dispersiv

Nicht dispersiv

Abbildend

Nicht abbildend

Gitter

Prisma

Filter

Interfero-
meter

Spiegel

Objektive

Diffuser

Tubus

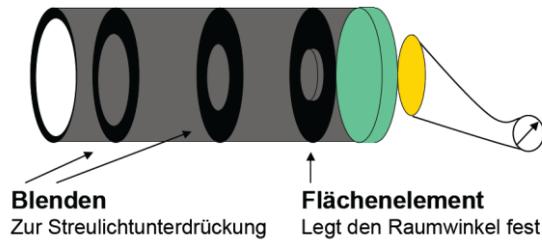
Nun zum Schluss

22 03.06.2016

Dr.-Ing. Klaus Trampert | optoelektronische Messtechnik | Nr 5 | Spiegel | Diffuser | Tubus

Lichttechnisches Institut | Allgemeine Lichttechnik

Tubus



- Einsatz zur Begrenzung des Sichtfeldes
 - Einfacher Lichtstärke- oder Leuchtdichtemesser
- Verringerung von Streulicht
- Aufbau mit mindestens 3 Blenden
 - Scharfe Kanten
 - Schwarze Färbung (für den entsprechenden Wellenlängenbereich)