

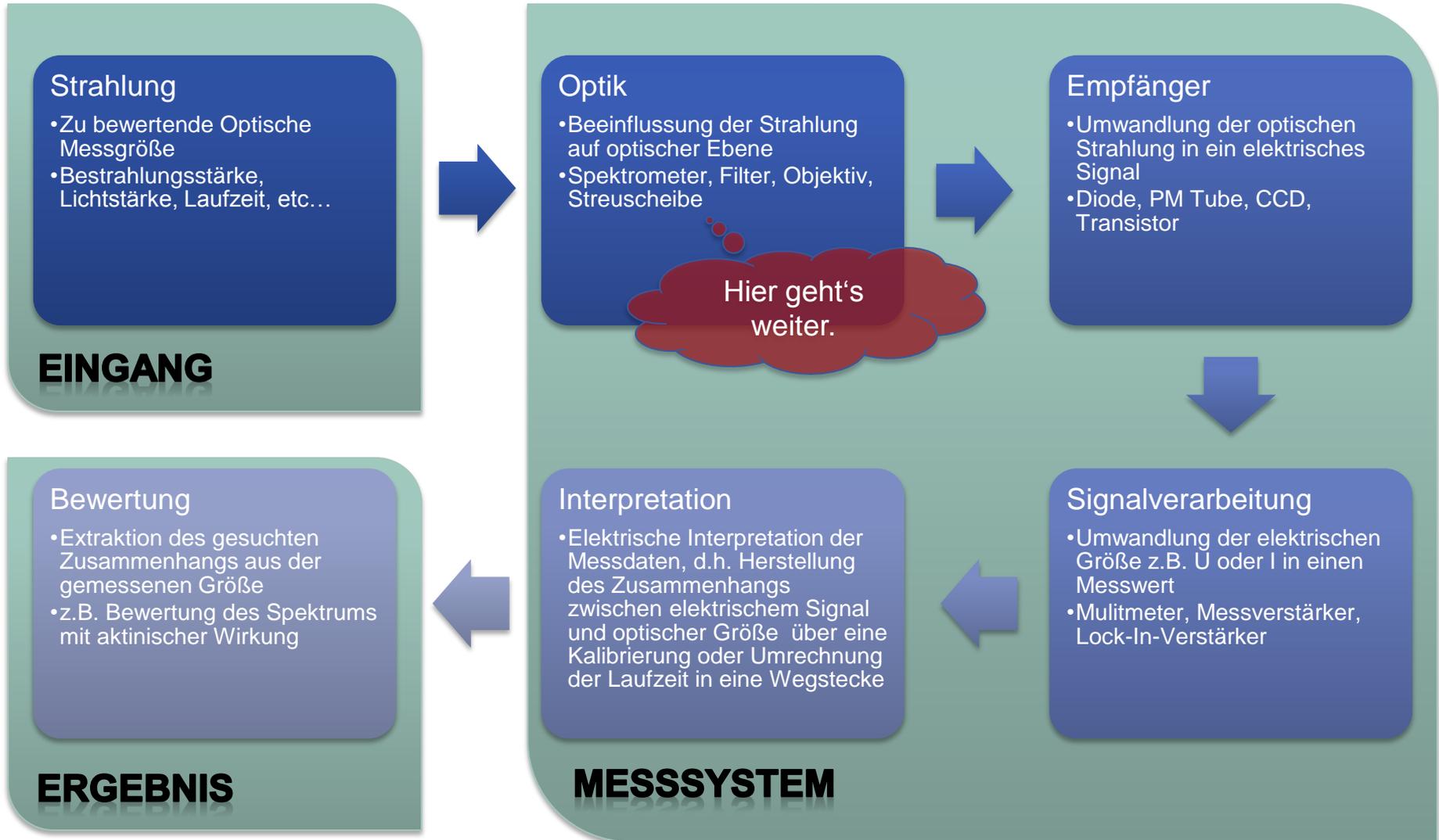
# Optoelektronische Messtechnik

Vorlesung | Nr. 5 |  
Spiegel | Diffuser | Tubus

LTI | Lichttechnisches Institut



# Prinzipieller Aufbau eines Messsystems



# Optische Strahlungsbeeinflussung

Spektral

Geometrisch

Dispersiv

Nicht  
dispersiv

Abbildend

Nicht  
abbildend

Hier geht's weiter

Gitter

Prisma

Filter

Interfero-  
meter

Spiegel

Objektive

Diffuser

Tubus



- 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

# Spiegel Herstellung



## ■ Herstellung von Spiegeln

- Bedampfen von Gläsern
- Fräsen aus Metall direkt

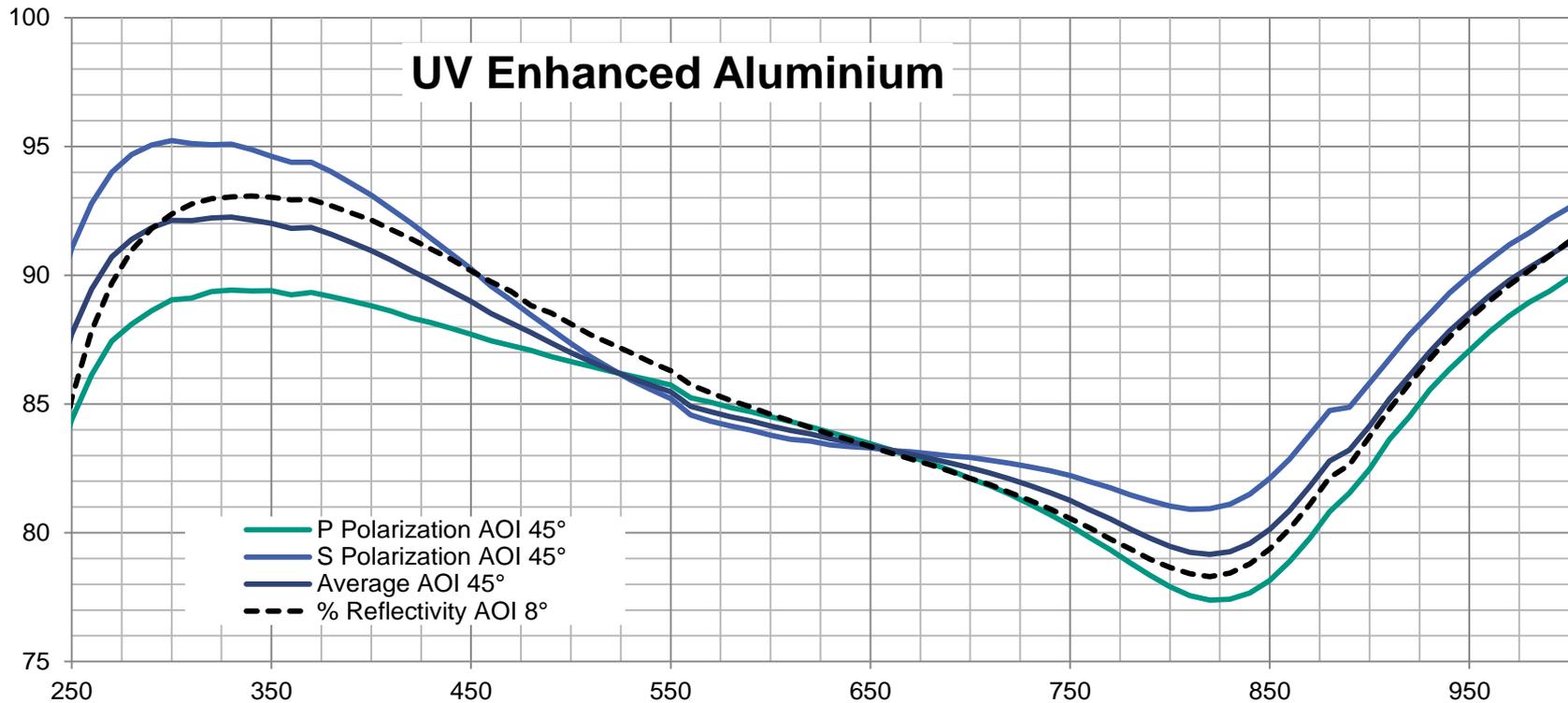
## ■ Fräsen

- z.B. Firma Kugler
- Schneiden aus Metall mit Diamant OHNE Nachbearbeitung

## ■ Glassubstrat

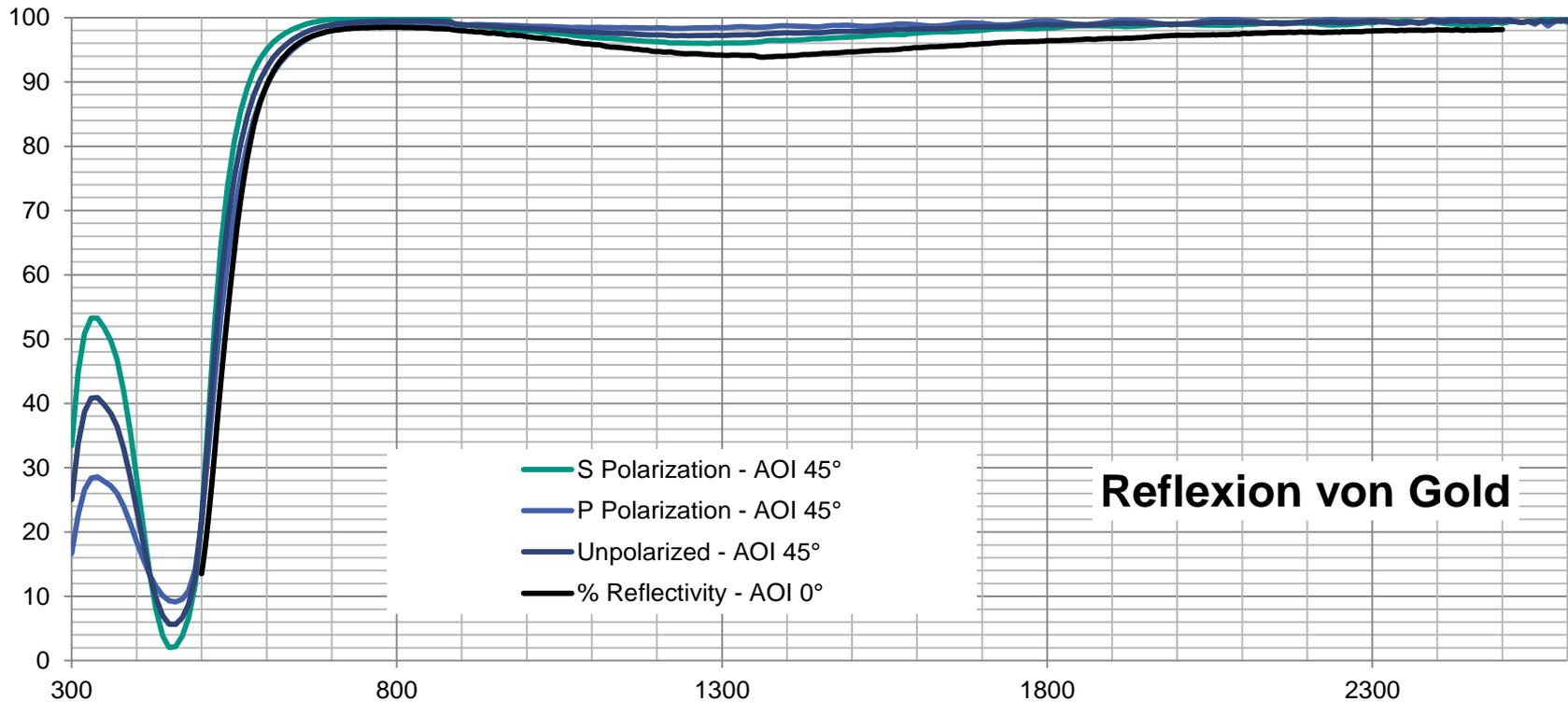
- Beschichtung mit Alu und MgF<sub>2</sub>
- Zerodur = Nullausdehnung

# Reflexion von Alu



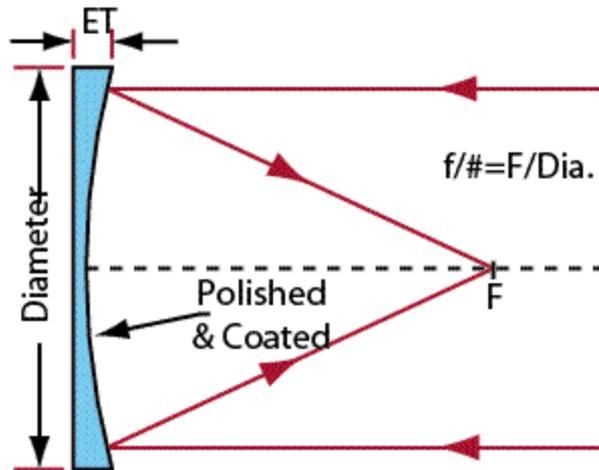
- Aluminium wird in der Regel im VIS Bereich verwendet
- Reflexion bedingt durch MgF2 Schutzschicht Winkelabhängig
- Schwächen im UV bis VUV

# Reflexion von Gold



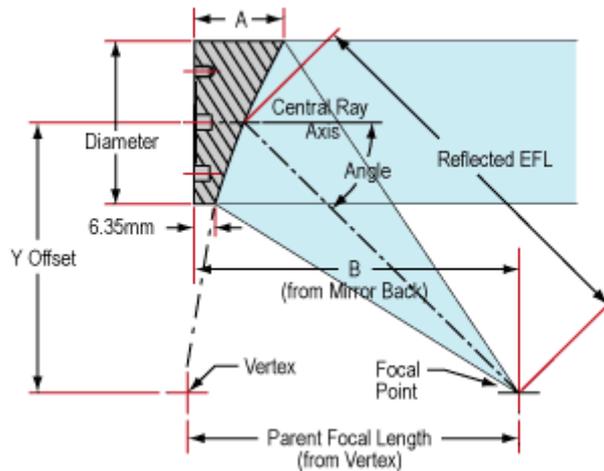
- Gold wird in der Regel im NIR bis FIR Bereich verwendet
- Reflexion bedingt durch MgF<sub>2</sub> Schutzschicht winkelabhängig
- Hohe Reflexion ab 600 nm
- Achtung: Einbruch unter 600 nm > Farbe von Gold

# Parabolspiegel



- konkav geformter Spiegel
- Sammelspiegel für parallele Strahlen
  
- Merkmale
  - Durchmesser
  - Fokusslänge
  - Beschichtungsmaterial
  - Präzision
  
- f/# -Zahl (Öffnungsverhältnis) beschreibt Verhältnis Fokusslänge / Durchmesser
- Dies entspricht welcher **geometrischen Größe?**
- **Die f-Zahl ist eine typische Größe von optischen Bauteilen.**

# Off-Axis - Spiegel



- Metallspiegel mit gekrümmter Fläche
- Fokuspunkt außerhalb des Strahls
- Ablenkwinkel  $30^\circ$ ,  $60^\circ$  oder  $90^\circ$
- Teil eines Parabolspiegels

# Anwendung von Parabolspiegeln



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

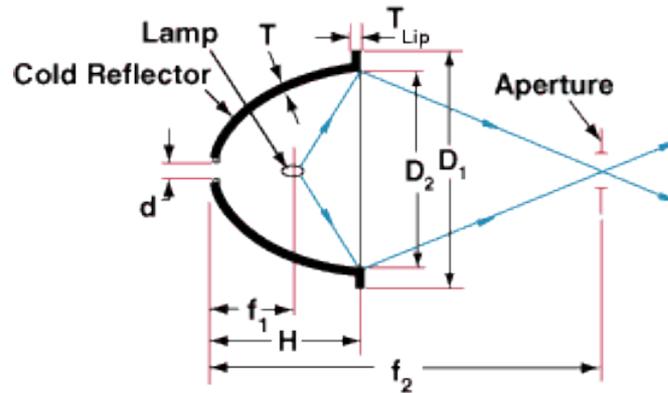
# VLT - Hauptspiegel



- 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)

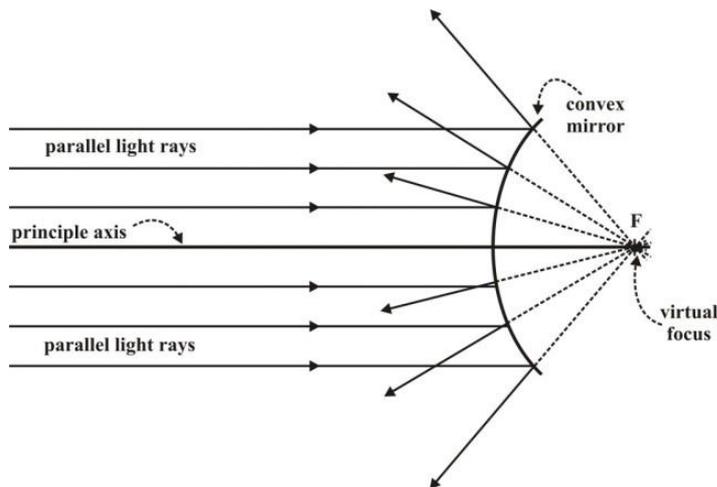
Spiegel	Haupt	Fangspiegel	Endspiegel
Material	Zerodur	Beryllium	Zerodur
Durchmesser	8200 mm	1116 mm	1242 x 866
Dicke	177 mm	130 mm	140 mm
Gewicht	23 t	44 kg	105 kg
Form	Konkav	Konvex	Plan
Krümmung	28.975 mm	-4550 mm	> 63.000 m

# 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

# Optische Strahlungsbeeinflussung

Spektral

Geometrisch

Dispersiv

Nicht  
dispersiv

Abbildend

Nicht  
abbildend

Hier geht's weiter

Gitter

Prisma

Filter

Interfero-  
meter

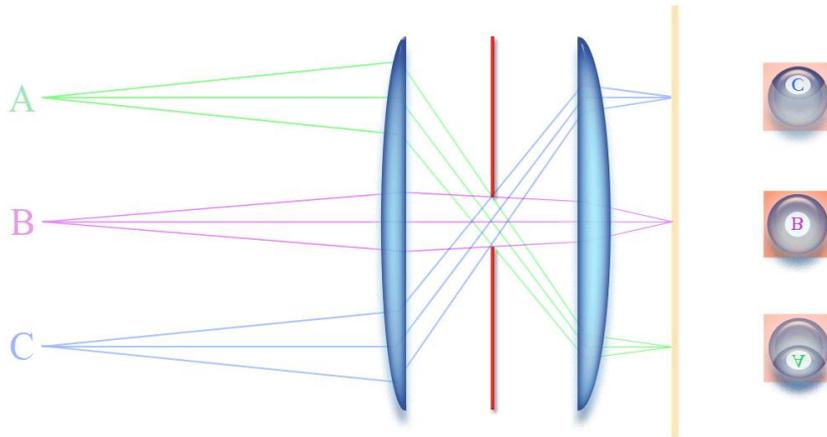
Spiegel

Objektive

Diffuser

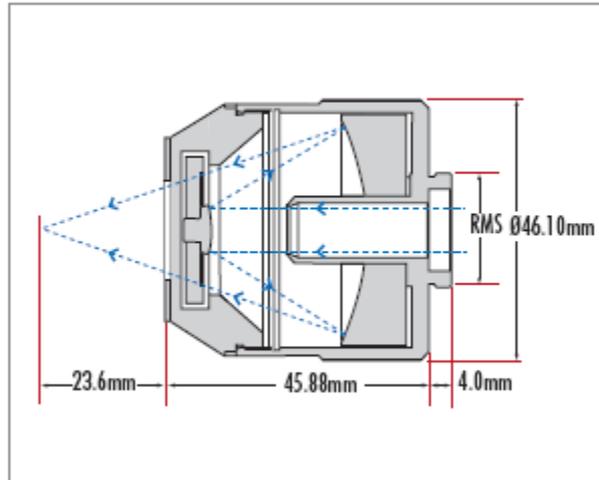
Tubus

# Telezentrisches Objektiv



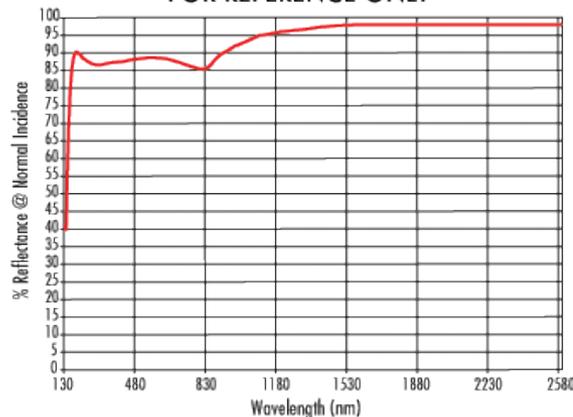
- Anwendung in
  - Messtechnik
  - fotolithografischen Herstellungsverfahren
- Eintritts- und Austrittspupille liegen im Unendlichen
  - große tolerierbare Objektlage nicht durch die Schärfentiefe begrenzt
  - Bildebene ohne Veränderung des Abbildungsmaßstabs nachfokussierbar
- Ein beidseitig telezentrisches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

# Reflexionsobjektive | DUV oder IR



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

DUV ENHANCED ALUMINUM PERFORMANCE CURVE FOR REFERENCE ONLY



# Optische Strahlungsbeeinflussung

Spektral

Geometrisch

Dispersiv

Nicht  
dispersiv

Abbildend

Nicht  
abbildend

Nächstes Thema

Gitter

Prisma

Filter

Interfero-  
meter

Spiegel

Objektive

Diffuser

Tubus

# Diffuser



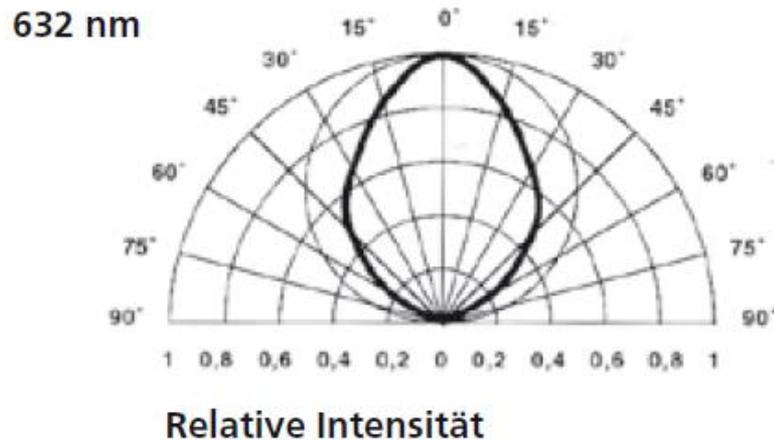
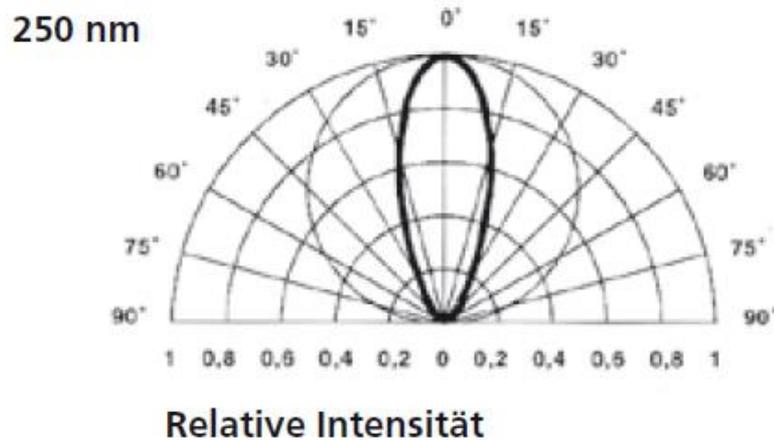
## ■ Aufgabe

- Streuung
- Mischung der einfallenden Strahlung
- cos- getreue Anpassung

## ■ Einteilung

- Oberflächenstreuer
- Volumenstreuer
- U-Kugel

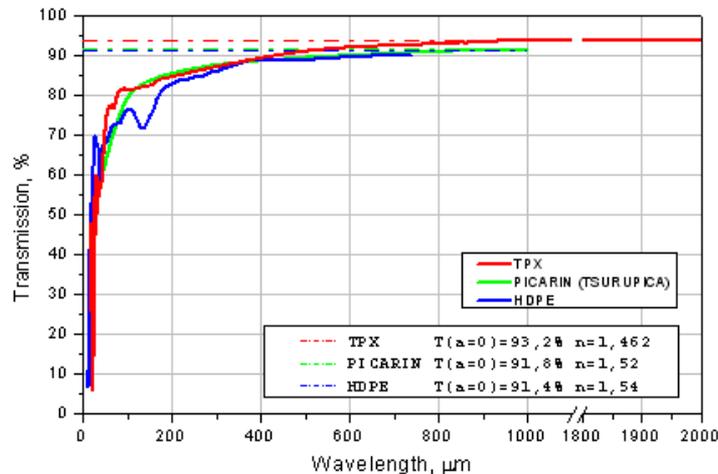
# Kosinus Anpassung



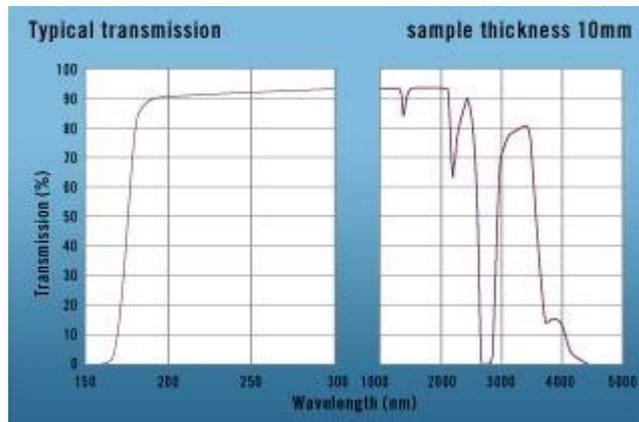
- Für eine richtige Bewertung von  $E$  muss die Charakteristik des Empfängers getreu der projizierten Fläche sein.
- $E = E_0 \times \cos(\alpha)$ 
  - $E_0 = E$  in Richtung der Flächennormale
  - $\alpha =$  Winkel zwischen Flächennormale und optischer Achse
- **Generell gilt**  
**Je besser die Kosinus-Anpassung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

# Materialien

## Teflon - PFTE

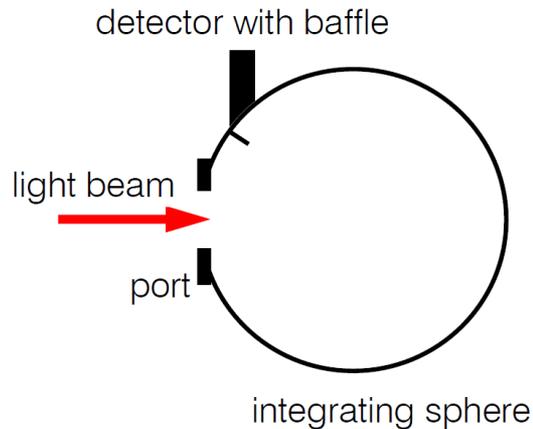


## Quarz-SiO<sub>2</sub>



- PFTE (Teflon)
  - Dünne Platten
  - Volumenstreuer
    - mittlere cos-Anpassung
  - Hohe Transmission bis ins UV
  - Achtung: Unter hohen Bestrahlungsstärken nicht stabil
- Quarz SiO<sub>2</sub>
  - Dünnen Platten
  - Volumen-Streuer
    - gesinterte Fritte
    - Gute Steueigenschaften
  - Oberflächen-Streuer
    - ein- oder beidseitig sandgestrahlt
    - mäßige cos-Anpassung
  - Hohe Transmission
  - sehr stabil und hoch belastbar

# 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

# Optische Strahlungsbeeinflussung

Spektral

Geometrisch

Dispersiv

Nicht  
dispersiv

Abbildend

Nicht  
abbildend

Nun zum Schluss

Gitter

Prisma

Filter

Interfero-  
meter

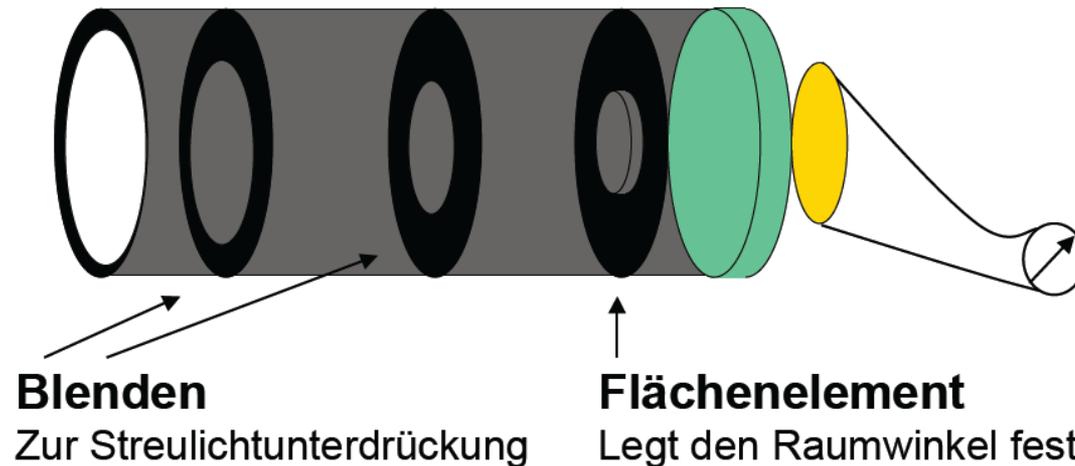
Spiegel

Objektive

Diffuser

Tubus

# 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)