

Weitwinkelreflektorsysteme

cand. geod. Franziska Bernhart, Prof. Dr.-Ing. M. Hennes

14. Oktober 2010,

Optische Messtechnik für Anwendungen im Maschinenbau

GEODÄTISCHES INSTITUT (GIK)



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

www.kit.edu

Weitwinkelreflektorsysteme

- Motivation
- Optische Lösungen
 - Corner Cube-Reflektoren (CCR)
 - Tooling Ball-Reflektoren (TBR)
 - Cat Eye-Reflektoren (CER)
 - n₂-Reflektoren
- Mechanische Lösungen
 - Active hub

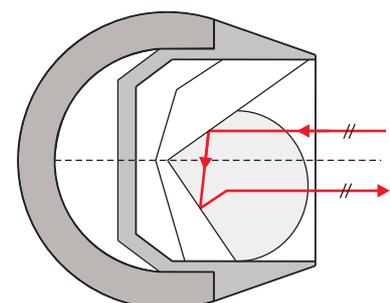
Motivation

- Herausforderung trackende Systeme
 - Anwendung antastend
 - Anwendung bewegtes Objekt (Roboter, Radioteleskop)

- Drawback:
 - Limitierter Einfallswinkel
 - Gewicht

Optische Systeme – Corner Cube-Reflektor (CCR)

- 3 Planspiegel (orthogonal montiert)
- „open-air“ Reflektor
- parallele Strahlführung
- Spezifizierte Zentriergenauigkeit $\leq \pm 10 \mu\text{m}$
(Radius: $2.5 \mu\text{m}$, Form $1.5 \mu\text{m}$, mech. Zentrierung $6 \mu\text{m}$)
- Sehr empfindlich gegen Stöße
 - ➔ Bruchresistente Variante
- Akzeptanzwinkel $\leq \pm 30^\circ$



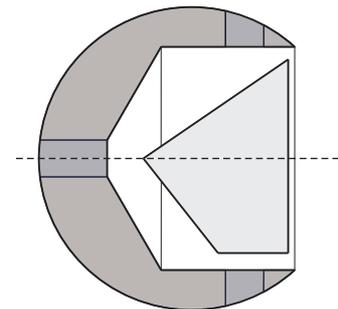
[nach Yang/Friedsam]

Optische Systeme – Tooling Ball-Reflektor (TBR)

- Glasprisma mit orthogonal zueinander stehenden hinteren verspiegelten Flächen
- Zentriergenauigkeit $\leq \pm 12 \mu\text{m}$
(Radius: $4 \mu\text{m}$, Form $3 \mu\text{m}$, mechanische Zentrierung $10 \mu\text{m}$)
- Akzeptanzwinkel $\leq \pm 50^\circ$
- geringere Herstellungskosten
- robust
- Refraktionsbedingte Abweichungen durch zusätzliche Materialübergänge Luft-Glas-Luft
➔ Additionskorrektur, Richtungskorrektur

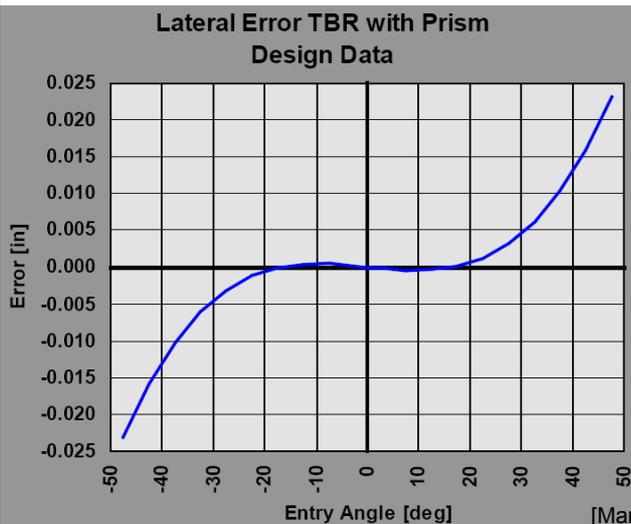


[Leica]

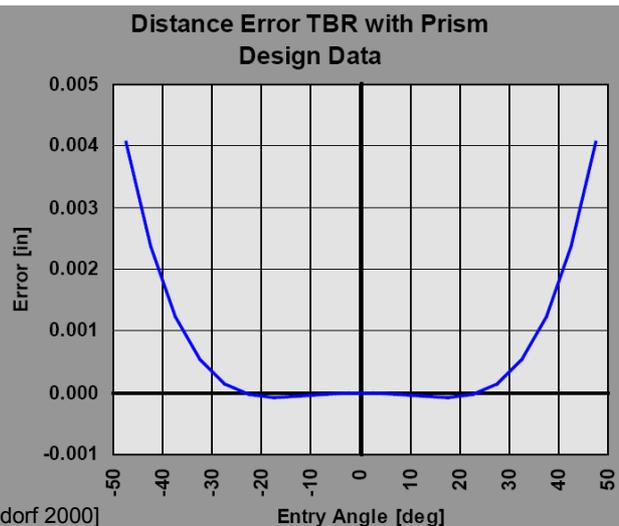


[nach Yang/Friedsam]

Optische Systeme – Tooling Ball-Reflektor



[Markendorf 2000]



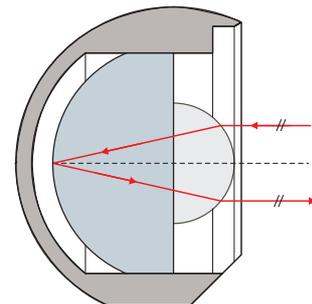
- Einschränkung des Arbeitsbereiches
- montierbarer Ring
- Akzeptanzwinkel $\leq \pm 22^\circ$



[Leica]

Optische Systeme – Cat Eye-Reflektor

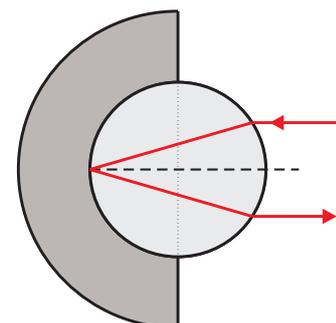
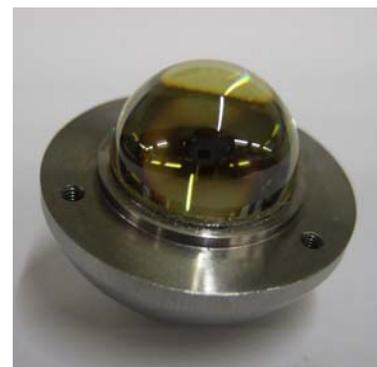
- Zwei Halbkugeln aus Glas des identischen Brechungsindex
- Zentriergenauigkeit $\leq \pm 10 \mu\text{m}$
- Akzeptanzwinkel $\leq \pm 60^\circ$
- Größe: 75 mm Durchmesser
- Gewicht: 730 g (mit Fassung)
- empfindlich gegen Schmutz und Stöße
- Additionskorrektur (+ Richtungskorrektur)



[nach Yang/Friedsam]

Optische Systeme – n2-Reflektor

- Vollkugel aus Glas
- Brechungsindex $n = 1,99613$ bei $\lambda = 633\text{nm}$
- Zentriergenauigkeit $\leq \pm 100 \mu\text{m}$
- Akzeptanzwinkel $\leq \pm 80^\circ$
- Größe: 38,1 mm Durchmesser
- Gewicht: 98 g (mit Fassung)
- empfindlich gegen Schmutz und Stöße
- Additionskorrektur (+ Richtungskorrektur)

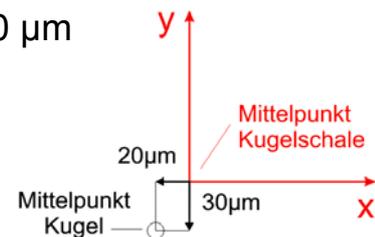
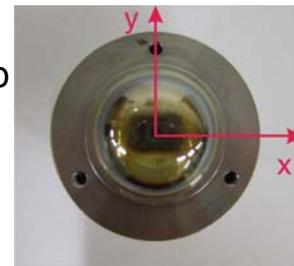


Optische Systeme – n2-Reflektor

- Exzentrumsproblematik
 - Ermittlung mittels Autokollimationsmikroskop
 - -20 μm in x-Richtung
 - -30 μm in y-Richtung
 - -3 μm in z-Richtung

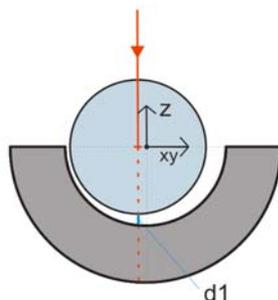
- spezifizierte Zentrierabweichung: max. 100 μm

- Problematisch für alle antastenden Messungen

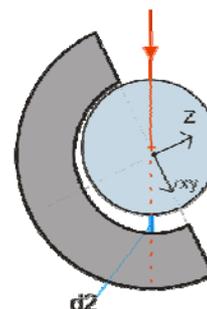


Optische Systeme – n2-Reflektor

- Betrachtung der Streckenverfälschung in Mittelpunktsebene
 - Kleiner Einfallswinkel
 - Großer Einfallswinkel



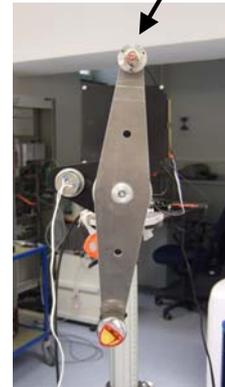
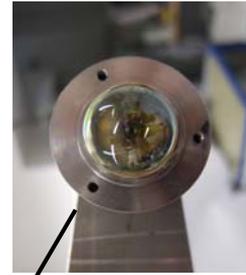
- Maximale Abweichung der Strecke:
z-Exzentrizität (3 μm)



- Maximale Abweichung der Strecke:
diagonale Lage-Exzentrizität (36 μm)

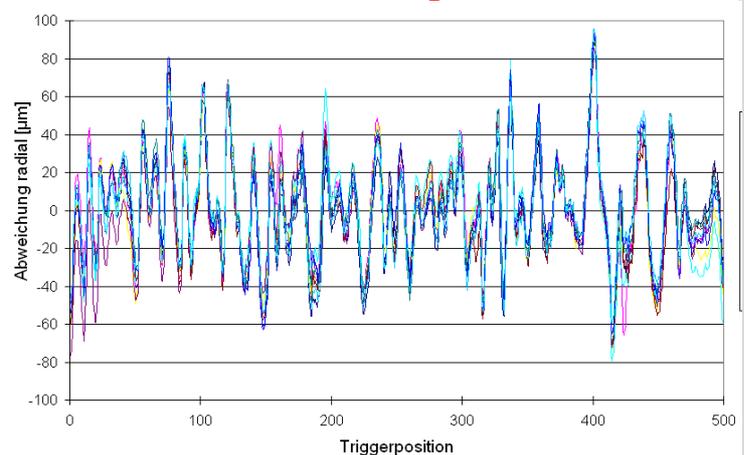
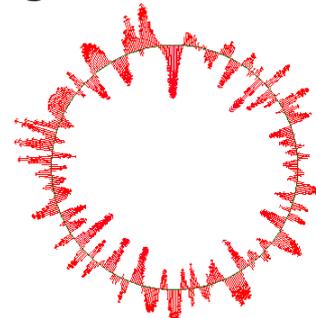
Optische Systeme – n2-Reflektor

- Verwendung des n2-Reflektors zur Erweiterung des A-TOM-Arbeitsbereiches (6DOF-Bestimmung)
- Exzentrische Lage der Glaskugel gegenüber Kugelhülle unrelevant
- Kenntnis der Additionskorrektur wichtig

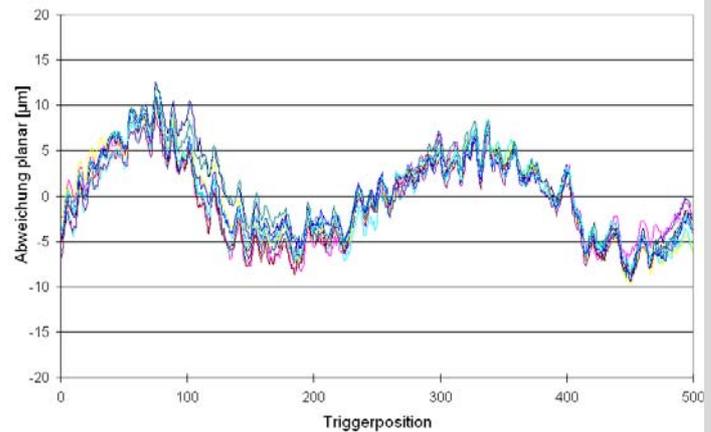
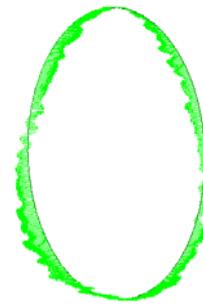


Optische Systeme – n2-Reflektor – Ergebnisse

- Frontale Messung - Betrachtung radial
- Sinusförmige Abweichungen in radialer Richtung zum ausgeglichenen Kreis
- Abweichung zum Kreis bis zu 100 μm
- Wiederholgenauigkeit der Einzelabweichungen im Mittel $\pm 6 \mu\text{m}$



- Frontale Messung - Betrachtung planar
- Sinusförmige Grundschiwingung
- Abweichung zum Kreis bis zu 10 μm
- Überlagerte Sinusschwingungen
- Wiederholgenauigkeit der Einzelabweichungen im Mittel $\pm 1 \mu\text{m}$



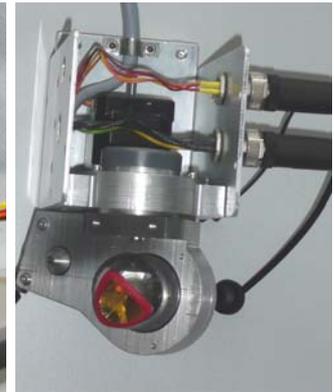
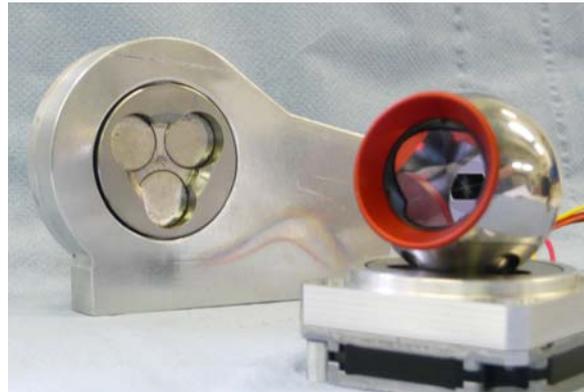
Weitwinkelreflektorsysteme

- Motivation
- Optische Lösungen
 - Corner Cube-Reflektoren (CCR)
 - Tooling Ball-Reflektoren (TBR)
 - Cat Eye-Reflektoren (CER)
 - n2-Reflektoren
- Mechanische Lösungen
 - Active hub

Mechanisches System: Active Hub

- Idee
 - Mechanische Reflektornachführung

- Antrieb & Ansteuerung
 - Konstantstrom-Motor
 - kommerzieller Treiber
 - individuelle Lösung: labview-basiert



15



Geodätisches Institut

Weitwinkelreflektorsysteme

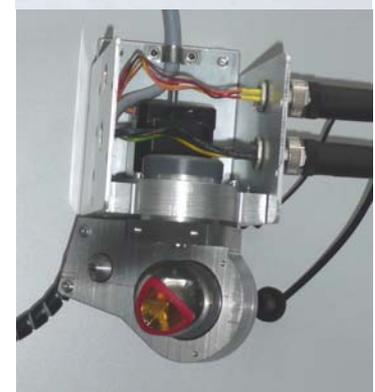
14. Oktober 2010, Optische Messtechnik für Anwendungen im Maschinenbau

F. Bernhart, M. Hennes

Active Hub - Spezifikationen

- Active Hub – einachsig
 - Rotation: nahezu endlos
(einzige Limitierung: Kabelführung und Montierung)
 - Kinematik: $20^\circ/s$ bzw. $10^\circ/s^2$
 - Positioniergenauigkeit: 0.2° (Auflösung)
 - Gewicht: 510 g (ohne CCR)

- Active Hub – zweiachsig
 - Einfallswinkel nahezu endlos bzw. 270°
 - Achsschnittpunkt 0.5 mm, justierbar auf 0.1 mm



16



Geodätisches Institut

Weitwinkelreflektorsysteme

14. Oktober 2010, Optische Messtechnik für Anwendungen im Maschinenbau

F. Bernhart, M. Hennes

Active Hub - Exzentrizitätsprüfung

- Active Hub – einachsig
 - Mechanische Exzentrizität $|a| < 2 \mu\text{m}$

