



Bildflug mit Druckkabine und Schutzglas







Kurzvorstellung AVT (1/2)

Vermessung AVT

"Alle Vermessungs-Techniken"

- Gründung: 1970
- Hauptsitz Imst/Tirol

AVT Airborne Sensing

- 100% Tochter seit 2018
- Digitale Bildflüge und Photogrammetrie







Kurzvorstellung AVT (2/2)

Digitale Bildflüge

- Einsatzbereich Europa
- Flugzeug-Standort: Münster-Osnabrück (FMO)
- Sensoren:
 - Nadir: UltraCam Eagle M2 (2x)
 - Oblique: UltraCam Osprey 4.1, M3p
 - Thermal: IGI Dual DigiTherm / Phase One 150
- GSD optisch: 2 cm bis 40 cm
- Spezialgebiet: hochauflösende Projekte in gebirgigen Regionen

















Bildflug mit Druckkabine (1/2)

- Großflächige Projekte (ganze Regionen, Länder)
- Höhere Leistungsfähigkeit der Sensoren
 - Gleiche GSD auf größerer Flughöhe
 - Kürzere Bildintervalle
 - Höhere und schnellere Flüge
- Leistungsfähige Flugzeuge (Turboprop)
 - Optimale Ausnutzung kurzer Wetterfenster
 - → Zu geringer Atmosphärendruck wird durch **Druckkabine** ausgeglichen
 - → Optisches Glas ("Schutzglas") zum Verschließen der Kameraöffnung











Bildflug mit Druckkabine (2/2)



Anforderungen

- Radiometrie: Coating (mehrschichtig) zur Unterdrückung von Reflexionen, sehr hohe und homogene Glasqualität
- Geometrie: stabile Form trotz stark variabler äußerer Bedingungen beim Flug (Druck, Temperatur), konstante Dicke (planparallele Oberflächen)





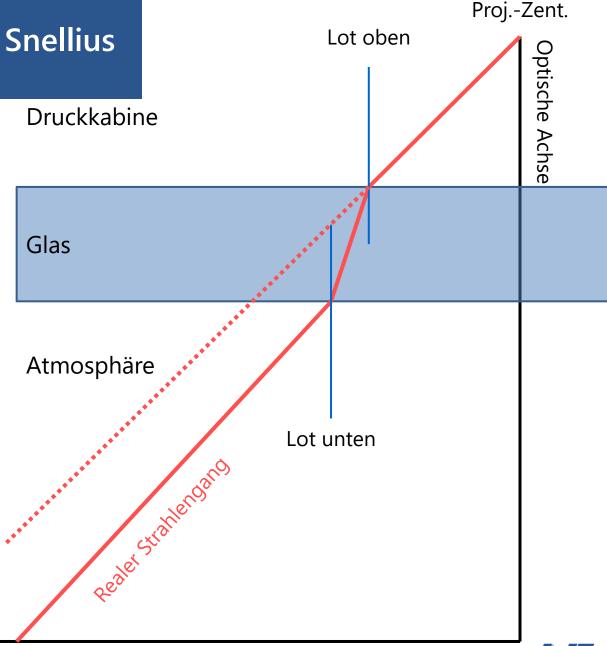
Brechungsgesetz von Snellius

(Seitenriss)

Drei Medienmit unterschiedlichen

Brechungsindizes:

- Druckkabine
- Glas
- Atmosphäre
- → Nicht-paralleler
 Versatz des realen
 Strahls auch bei
 perfekter
 Glasgeometrie





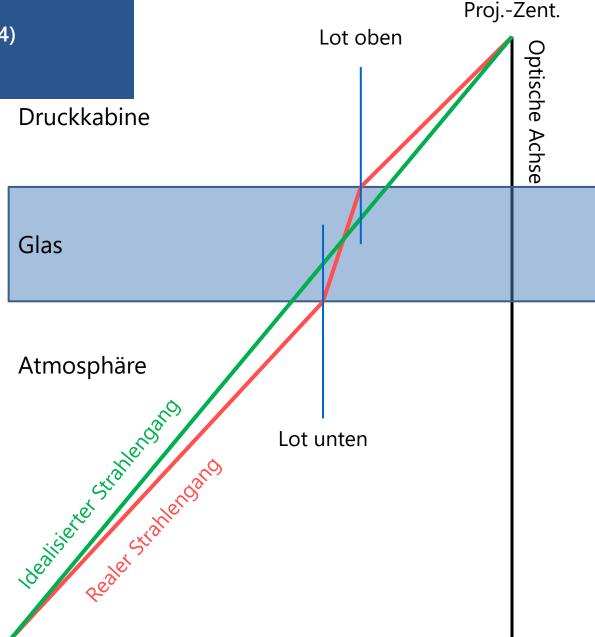




(Seitenriss)

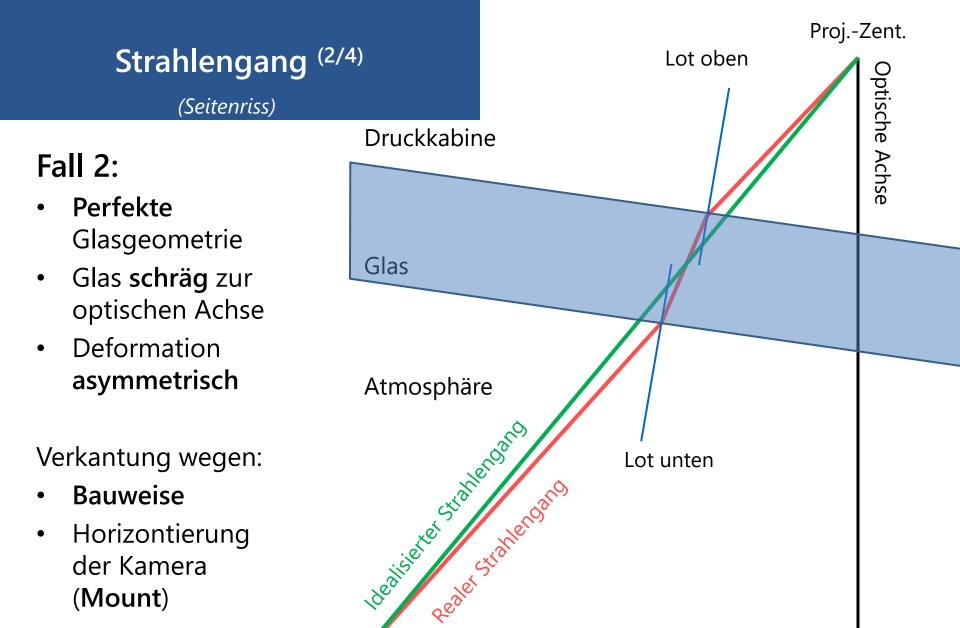
Fall 1:

- Perfekte
 Glasgeometrie
- Glas lotrecht auf optische Achse
- Deformation des Strahlenbündels ist radialsymmetrisch











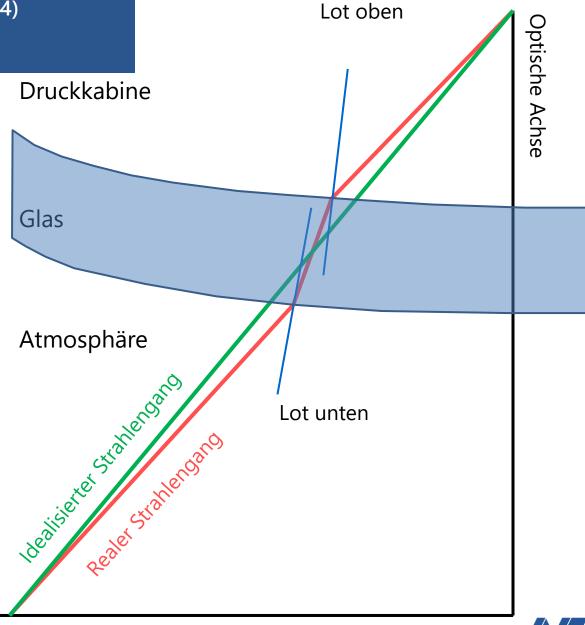




(Seitenriss)

Fall 3:

- Deformierte
 Glasgeometrie
 (Lotrichtungen
 nicht parallel)
- Glas lotrecht auf optische Achse
- Deformation zunehmend nicht-linear







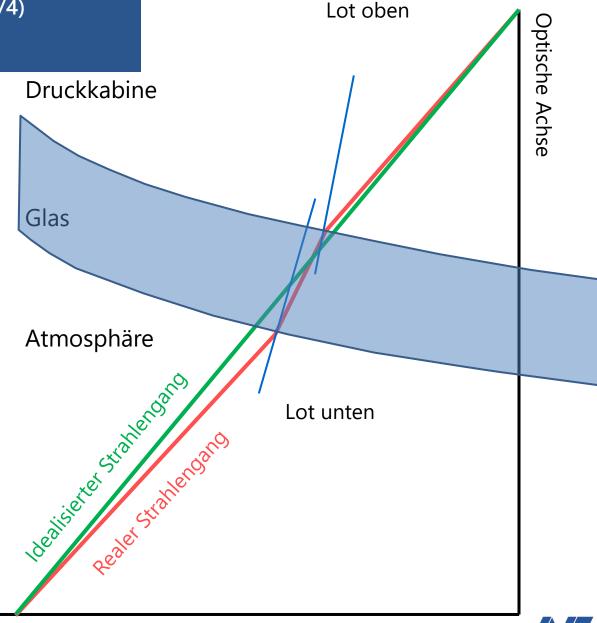
Proj.-Zent.



(Seitenriss)

Fall 4 (allgemein):

- Deformierte
 Glasgeometrie
 (Lotrichtungen
 nicht parallel)
- Glas schräg zur optischen Achse
- Deformation
 asymmetrisch
 und zunehmend
 nicht-linear







Proj.-Zent.

Auswirkung auf reale Projekte

- Lösung durch Kamerakalibrierung?
 Nein, weil:
 - Schutzglas ist kein Teil der Kamera sondern des Flugzeugs
 - Auswirkungen sind projektabhängig (z.B. Flughöhe, Turbulenzen)
- Lösung in Aerotriangulation? → Ja, aber:
 - Ausgleichung ist kein deterministisches Rechenverfahren sondern ein stochastisches Schätzverfahren
 - "Richtige" Ergebnisse können nur dann erzielt werden, wenn das mathematische Modell realistisch ist
 - Einfluss des Schutzglases ist teilweise schwer isolierbar (z.B.
 Brennweite, Verzeichnung, Sensor-Stabilität, GNSS-Höhenfehler)
 - Je höher die Längs- und Querüberdeckung, desto besser sind unterschiedliche Effekte mess- und trennbar
 - Selbst-Kalibrierung ist sehr hilfreich





Simulation

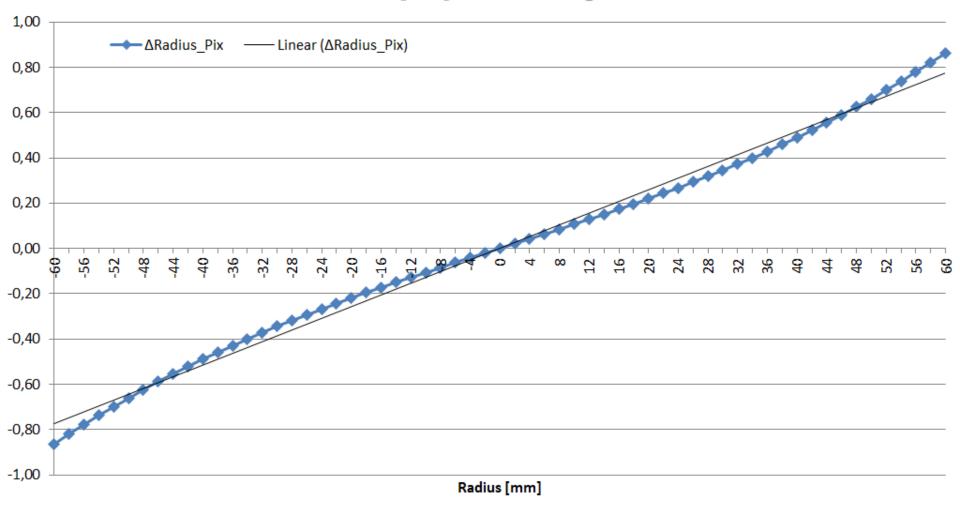
- Radiale Betrachtung durch Vergleich von:
 - Ist-Radius in der Bildebene (realer Strahlengang)
 - Soll-Radius in der Bildebene (idealisiert)
- Modellierung von:
 - Unterschiedlichen Brechungsindizes
 - Glasstärke und Abstand vom Projektionszentrum
 - Glas-Deformation (Durchhang, nicht-parallele Oberflächen)
 - Schrägstellung des Glases (Mount) Asymmetrie
 - Unterschiedliche Öffnungswinkel (Nadir- vs. Oblique)
 - Unterschiedliche Flughöhen
- Lineare Annäherung der Bilddeformationen: Analyse der nicht-linearen Restfehler (Pixel)





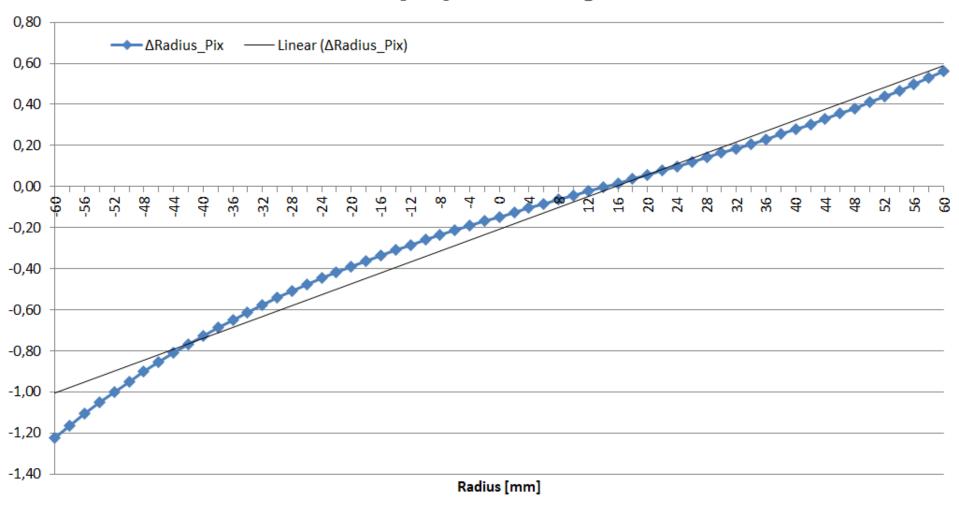
Simulation Fall 1: Perfekte Geometrie, senkrecht

Nadir / 20 cm



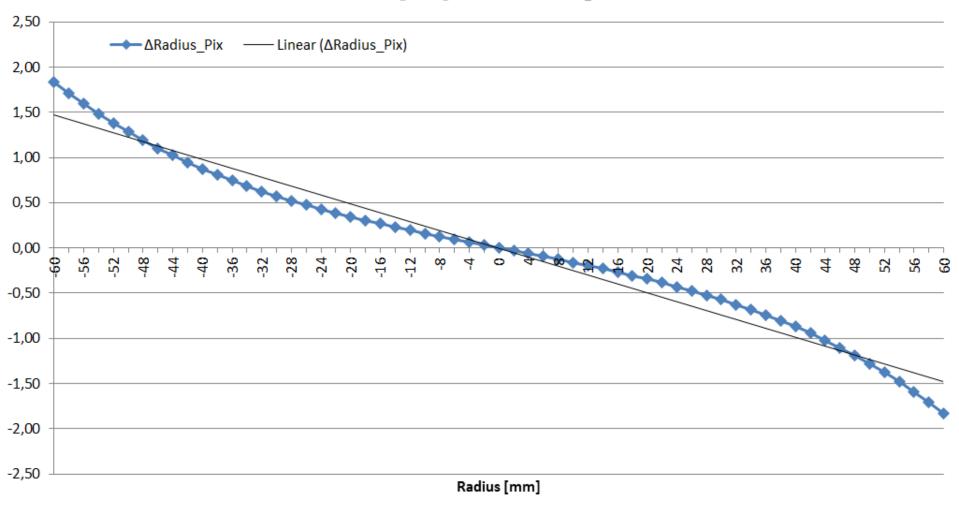
Simulation Fall 2: Perfekte Geometrie, schräg (8°)

Nadir / 20 cm



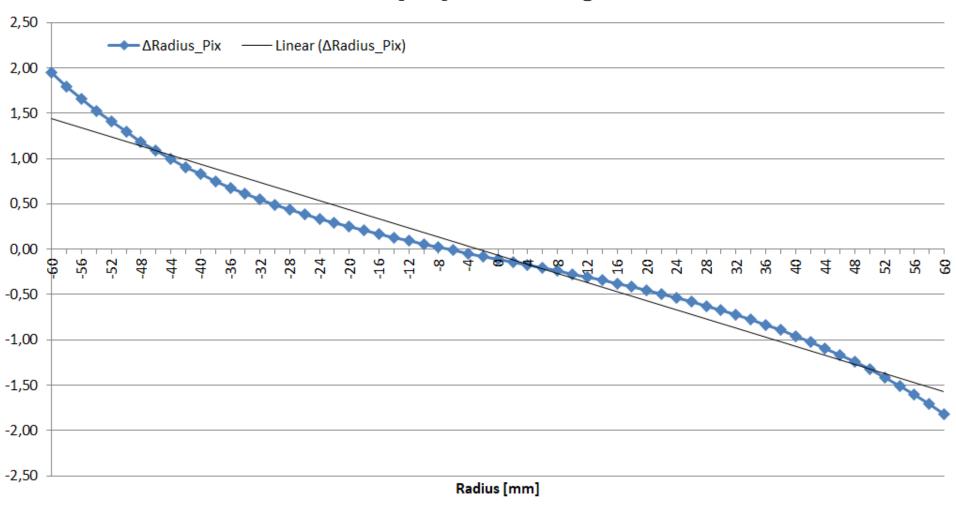
Simulation Fall 3: Deformiert (2 mm + 5%), senkrecht

Nadir / 20 cm



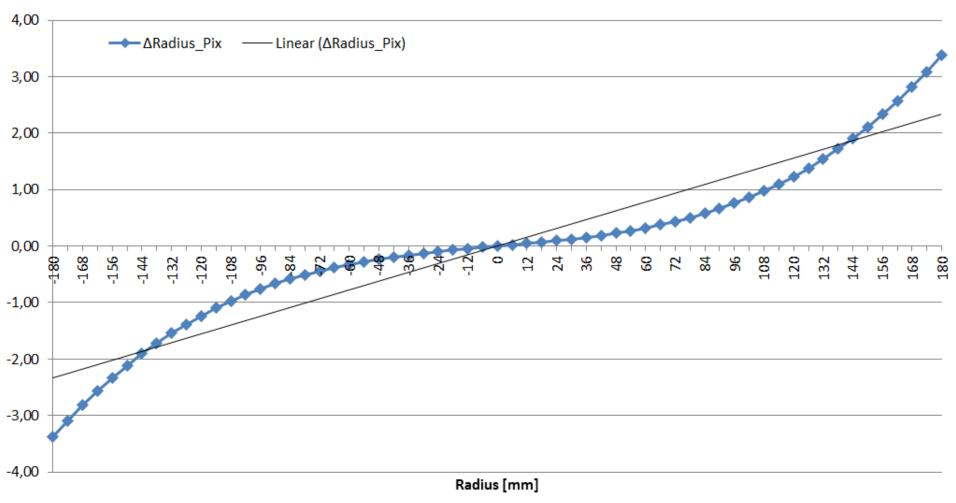
Simulation Fall 4: Deformiert (2 mm + 5%), schräg (8°)

Nadir / 20 cm



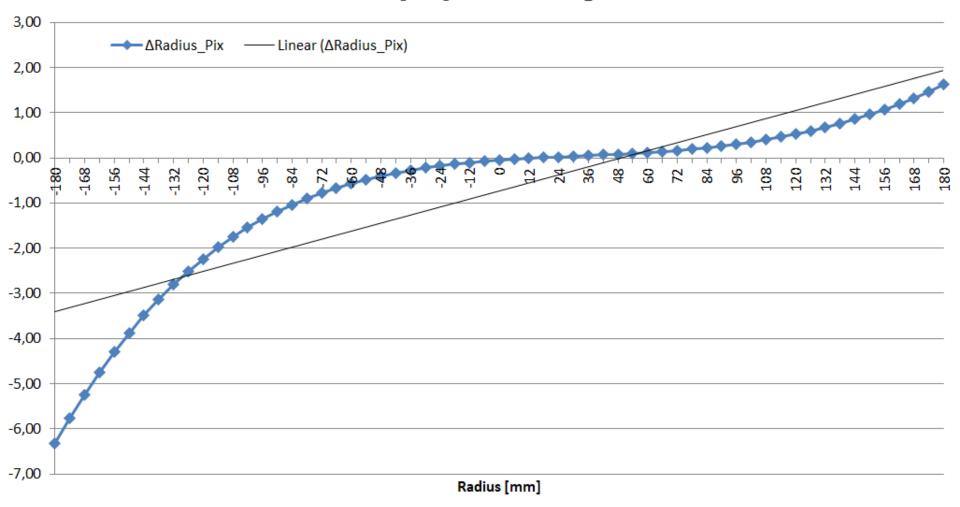
Simulation Fall 1: Perfekte Geometrie, senkrecht

Nadir + Oblique / 10 cm



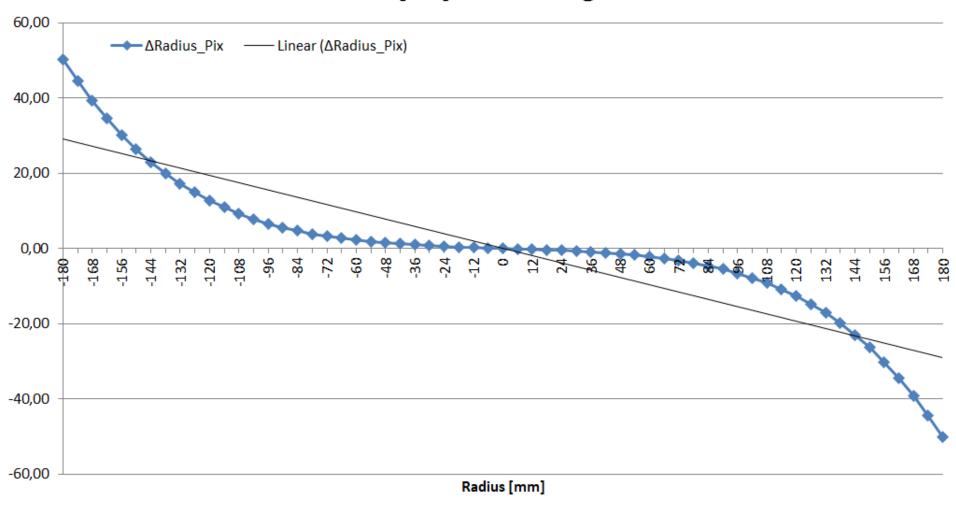
Simulation Fall 2: Perfekte Geometrie, schräg (8°)

Nadir + Oblique / 10 cm



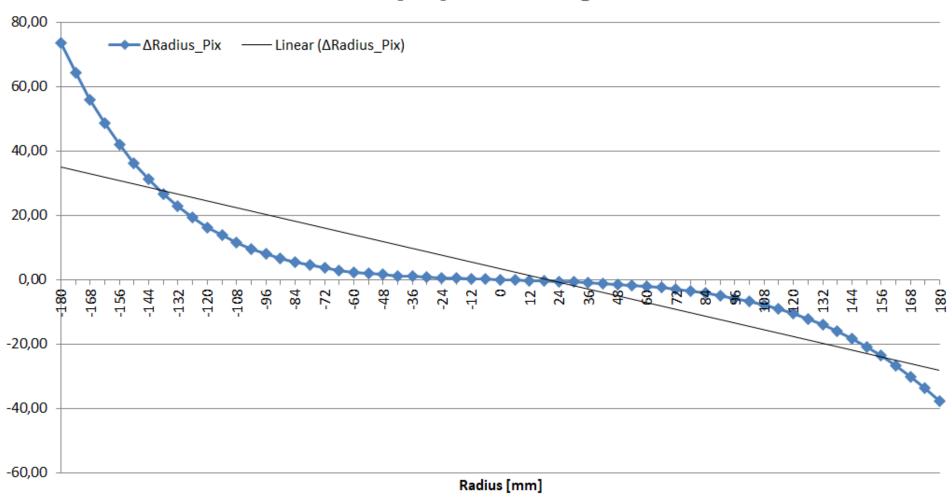
Simulation Fall 3: Deformiert (2 mm + 5%), senkrecht

Nadir + Oblique / 10 cm



Simulation Fall 4: Deformiert (2 mm + 5%), schräg (8°)

Nadir + Oblique / 10 cm



Rückschlüsse

- Hohe Glasqualität ist erforderlich, vor allem planparallele Oberflächen (möglichst geringer Durchhang)
- Einflüsse sind innerhalb eines Projektes nicht konstant, lassen sich aber gut ausmitteln
- Schrägstellung des Glases zur optischen Achse führt zu asymmetrischen Bilddeformationen (turbulente Flüge)
- Bilddeformationen sind systematisch und können modelliert werden (Selbst-Kalibrierung) – neue Parameter-Ansätze sollten überlegt werden
- Einflüsse auf Oblique-Bilder sind deutlich größer als auf Nadir-Bilder (nicht empfehlenswert)









Herzlichen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!





