

Strukturierte Wärmeverteilung

Ein neuer Weg zum optischen 3D Scannen

Dr. Ernst Wiedenmann

Thomas Scholz

Robert Schott

Jan Tusch

Andreas Wolf

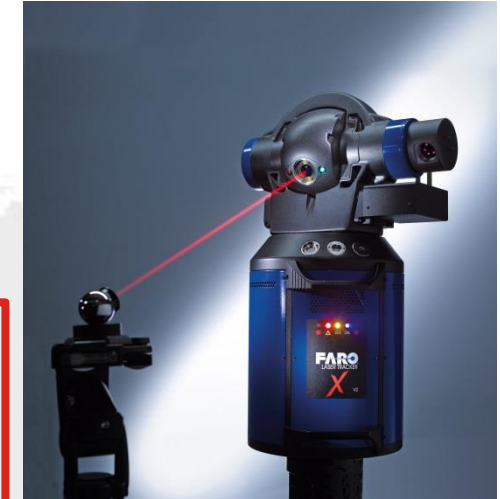




Wer wir sind

AIMESS

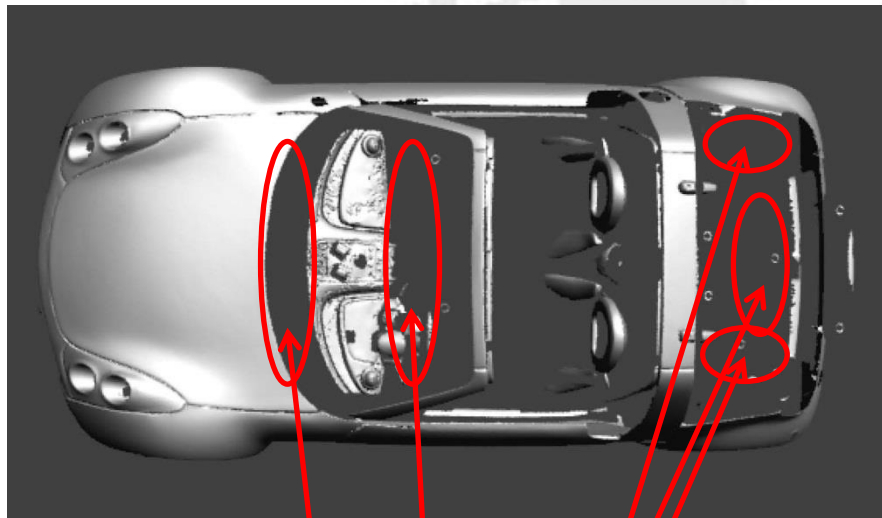
Advanced Industrial Measurements Engineering and Software Solutions



- **Gegründet 2007**
- **45 Mitarbeiter**
- **Messdienstleistungen**
- **Beratungsdienstleistung**
- **Herstellung Prüfkörper**
- **Vertrieb Messgeräte**



Scan mit Weißlicht



Reales Objekt



Nicht messbare Bereiche

- **Transparente Flächen (z.B. Scheiben) werden nicht erfasst**
- **Schwarze Flächen werden nicht erfasst**
- **Starke Reflektionen werden nicht erfasst**



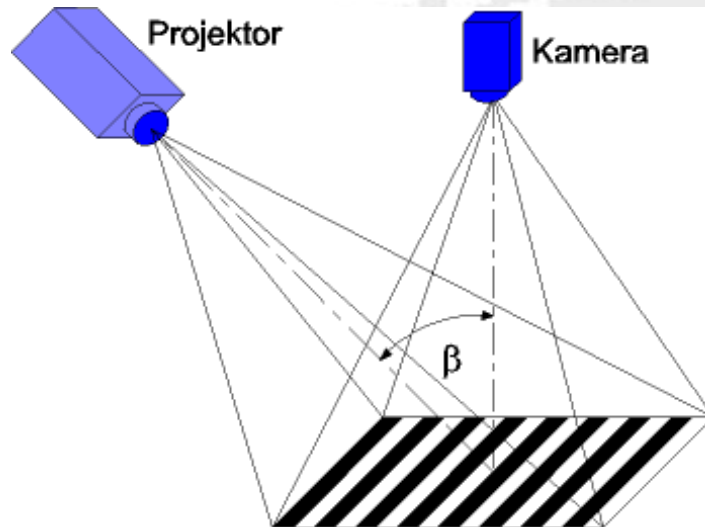
Derzeitige Lösung



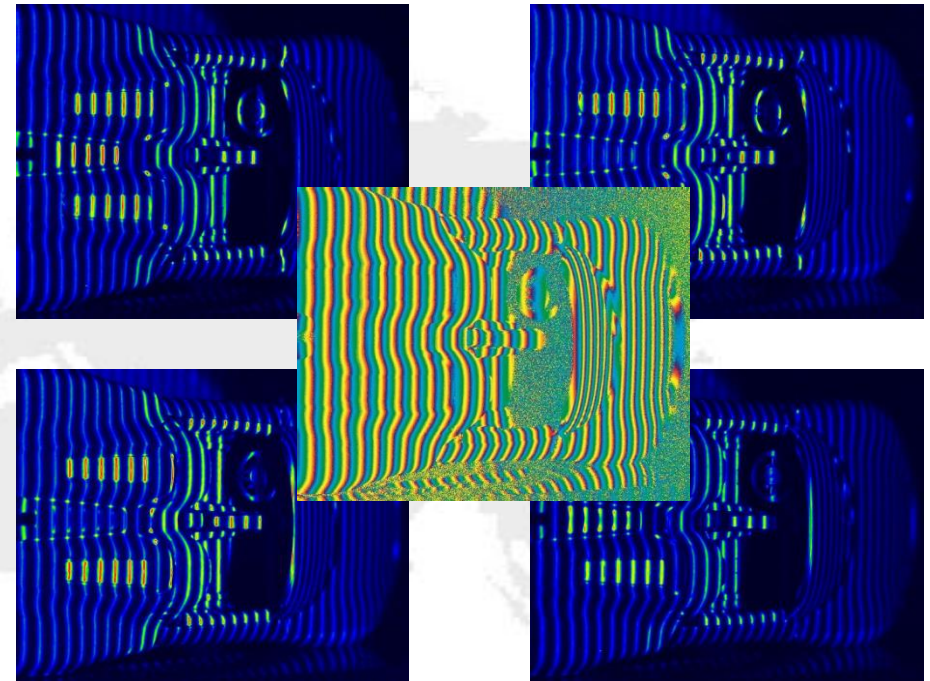
Einsprühen



Triangulation

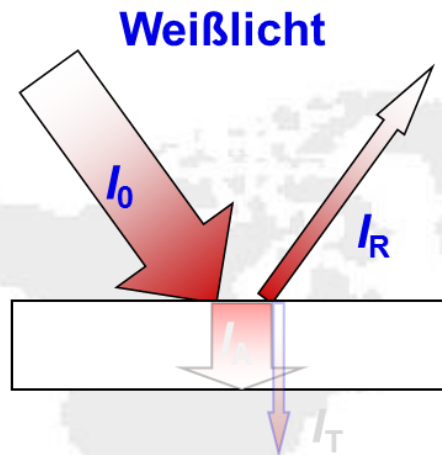


Phasen Shift Algorithmus



Kamera Modell und Kalibrierung:

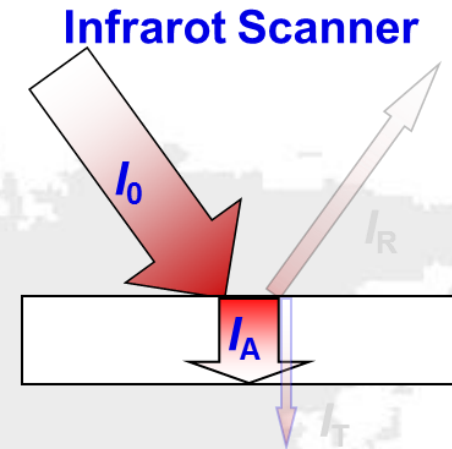




„Konventionell“

Reflexion I_R :

- Spiegelnde Reflexion
- Diffuse Reflexion
- Extrem oberflächenabhängig



AiMESS

Absorption I_A :

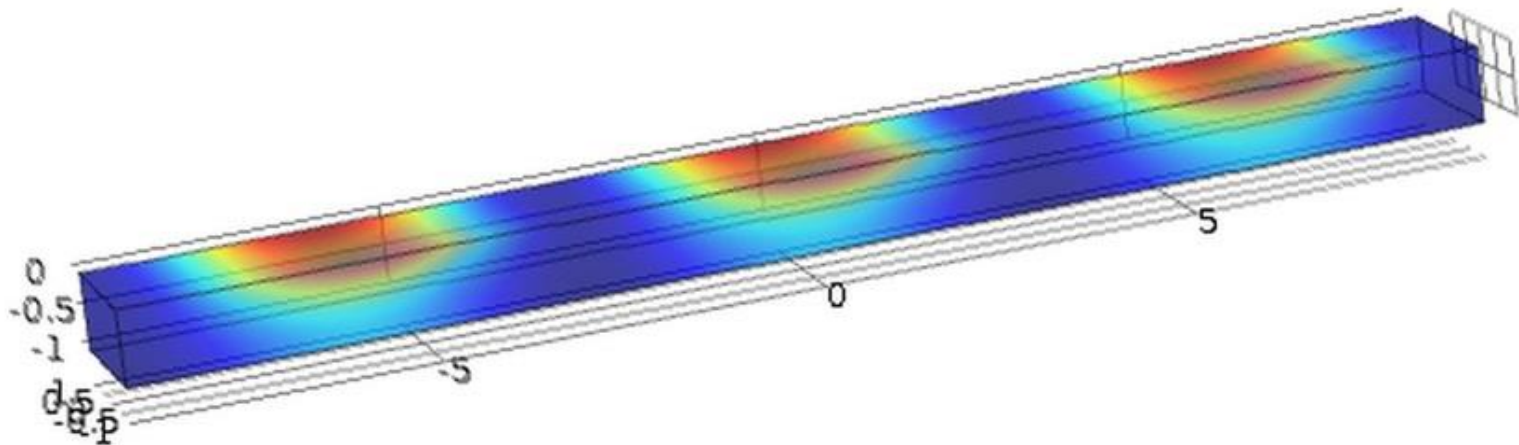
- Imaginärer Brechungsindex
- Materialkonstante



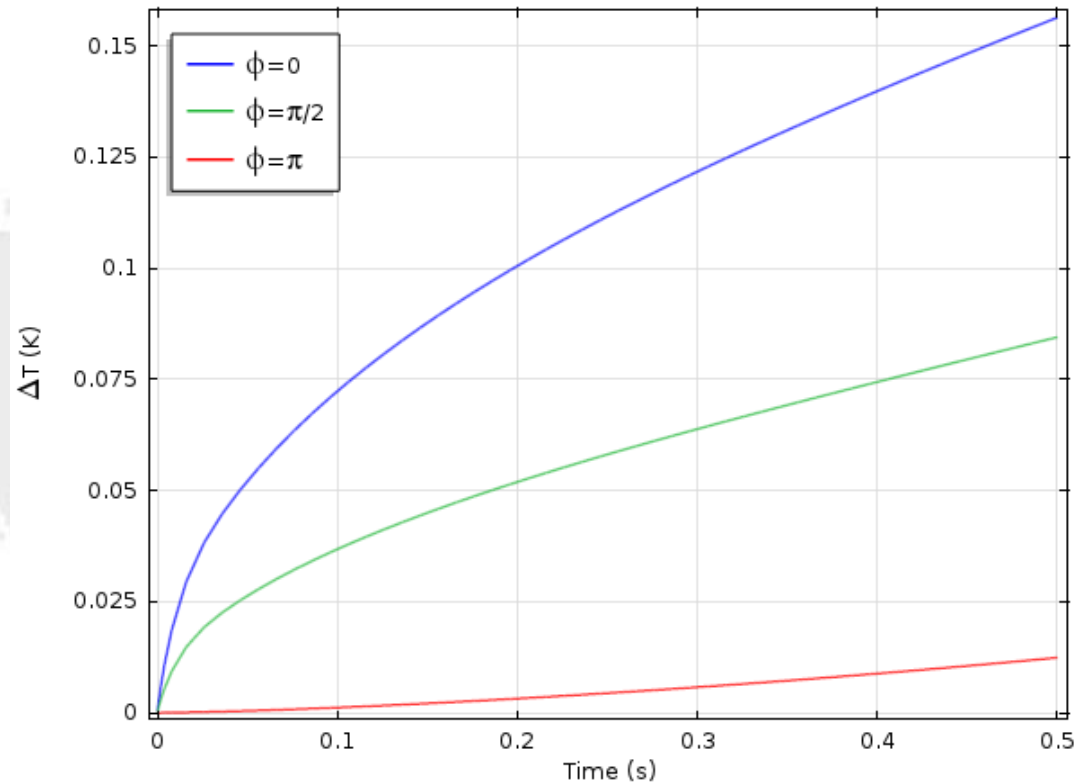
Wärmeleitungsgleichung:

$$\rho C_p \frac{\partial T(x, y, z, t)}{\partial t} - \nabla(\kappa \nabla T(x, y, z, t)) = Q(x, y, z, t)$$

Numerische Simulation mit $(1+\cos \Phi)$ Verteilung:



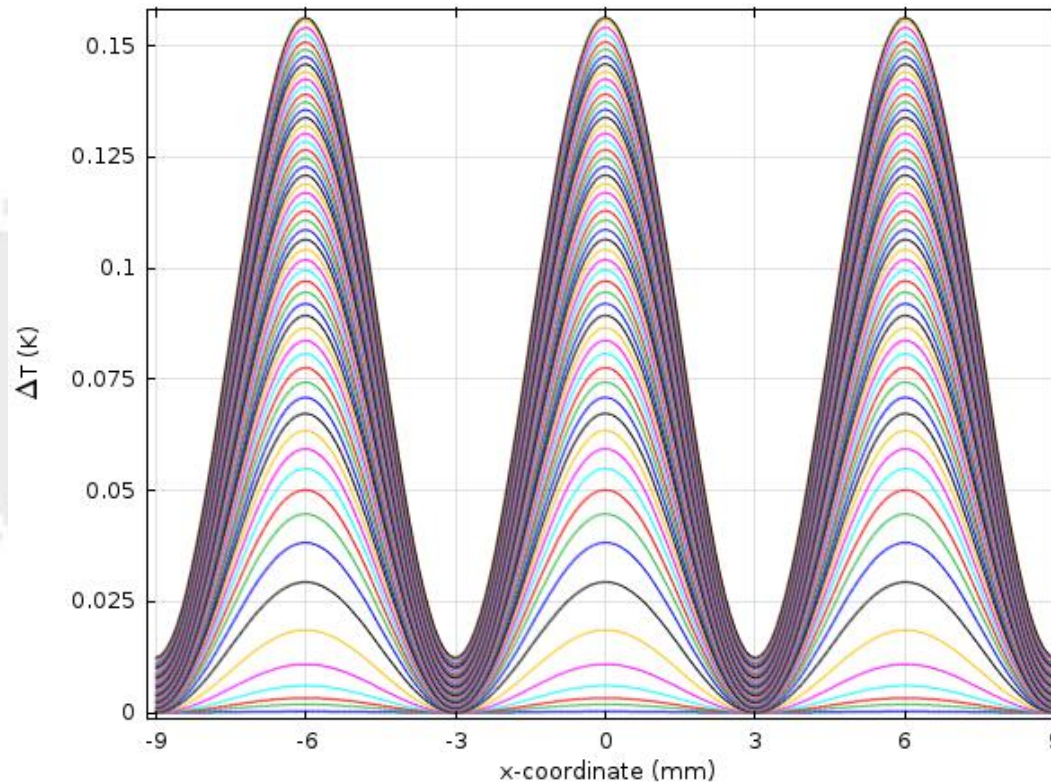
Schritt 2: Energieumwandlung



Zeitliche Temperaturentwicklung hängt entscheidend von Phase Φ ab



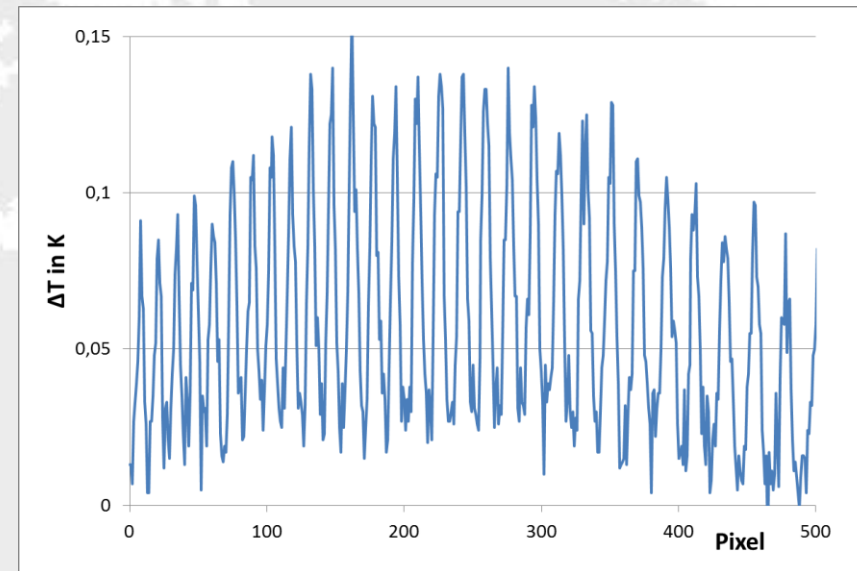
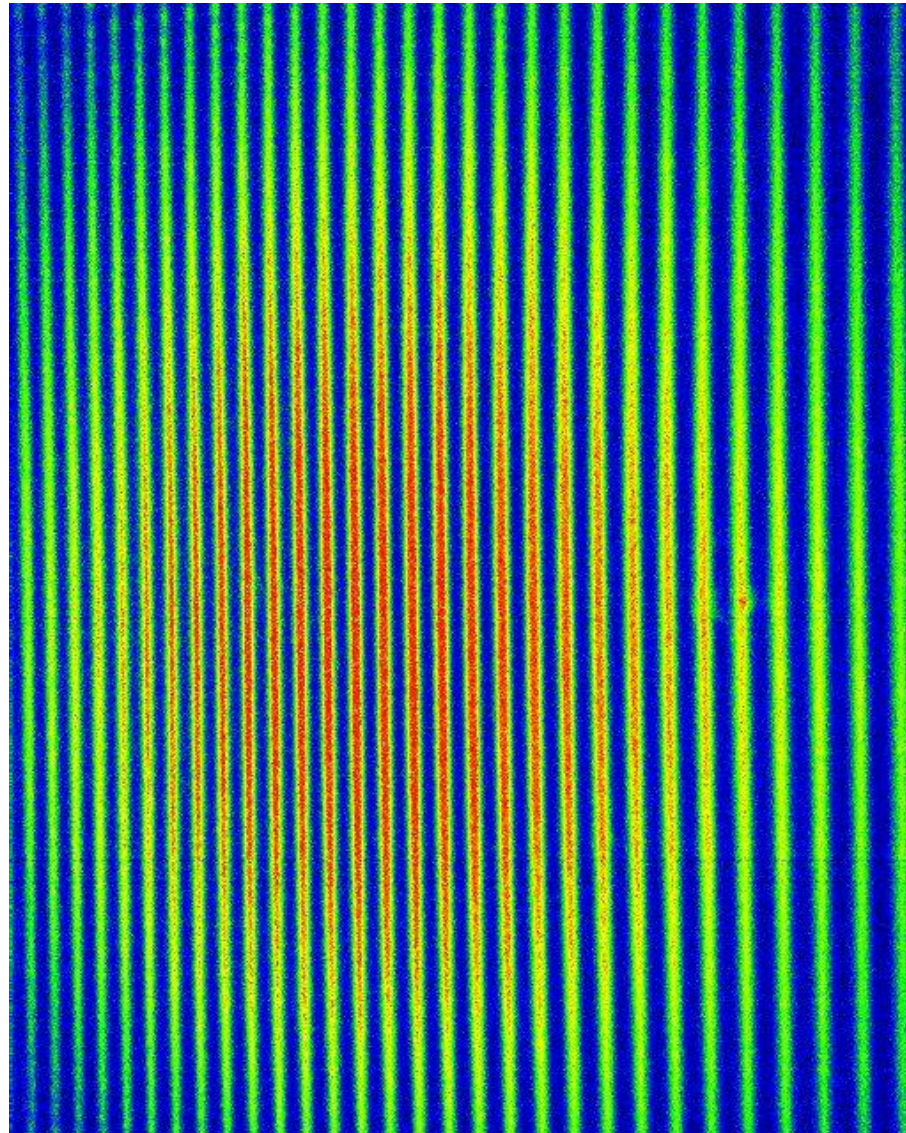
Schritt 2: Energieumwandlung



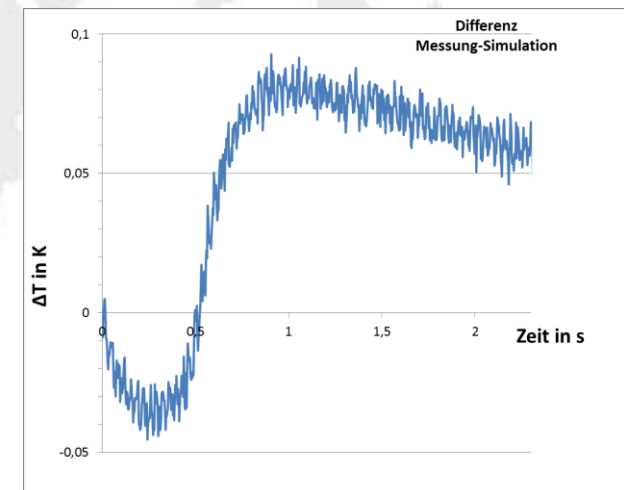
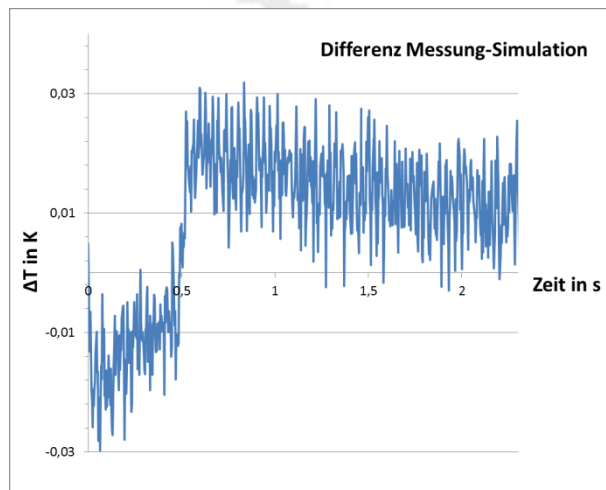
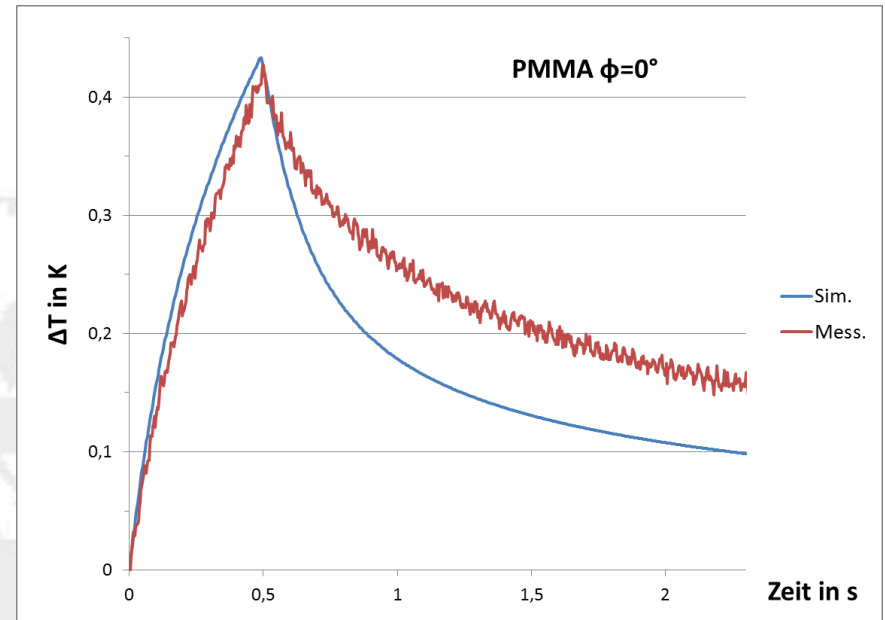
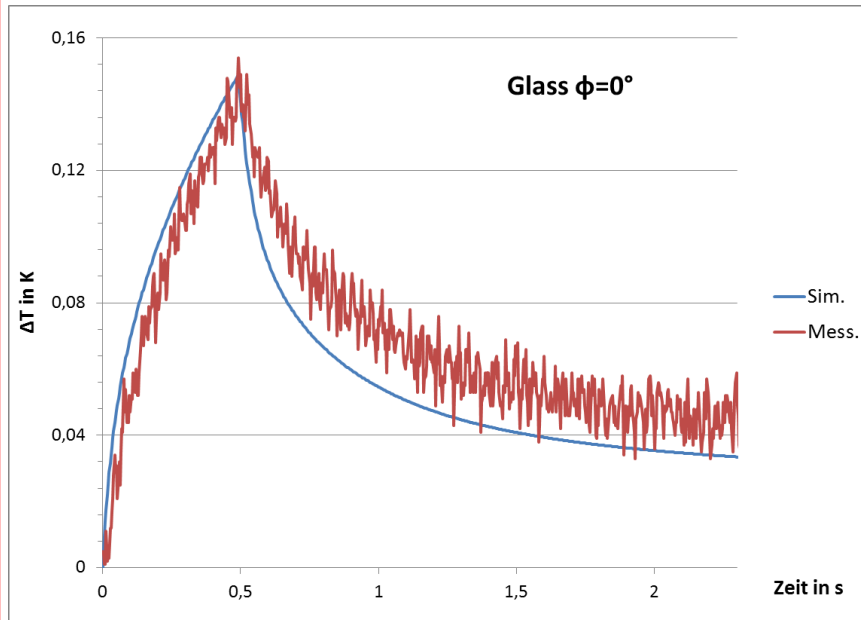
- **Temperatur Verteilung ($1 + \cos \Phi$)**
- **Amplitude abhängig von Materialkonstanten**
- **Zusätzliches Offset aufgrund thermischer Leitung**



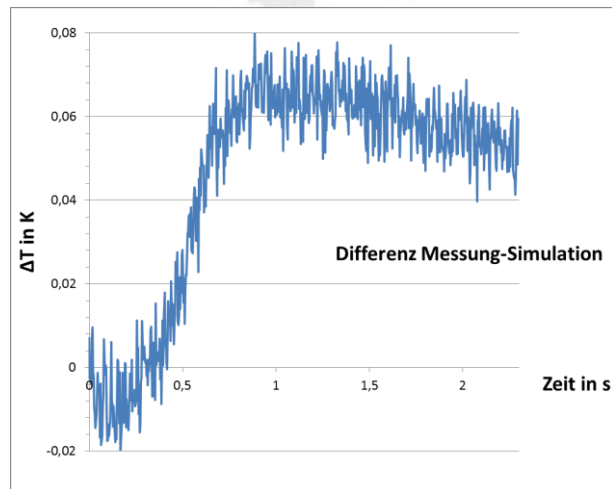
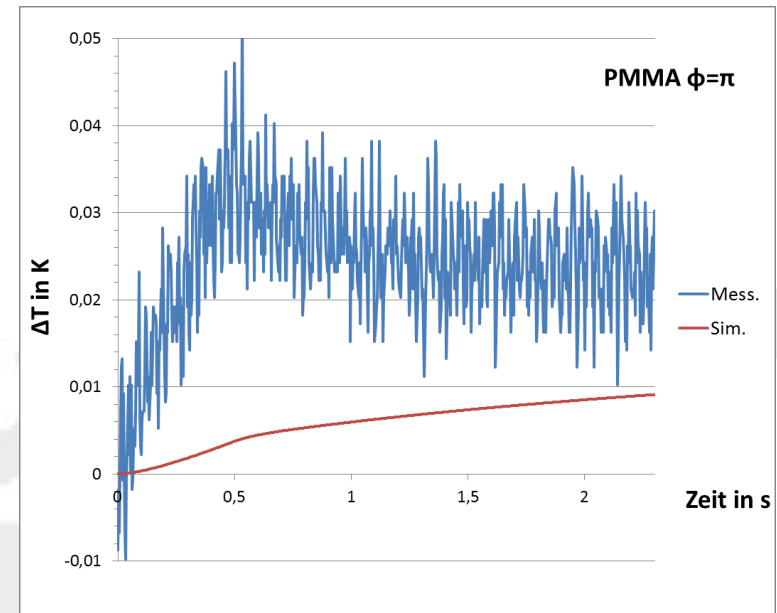
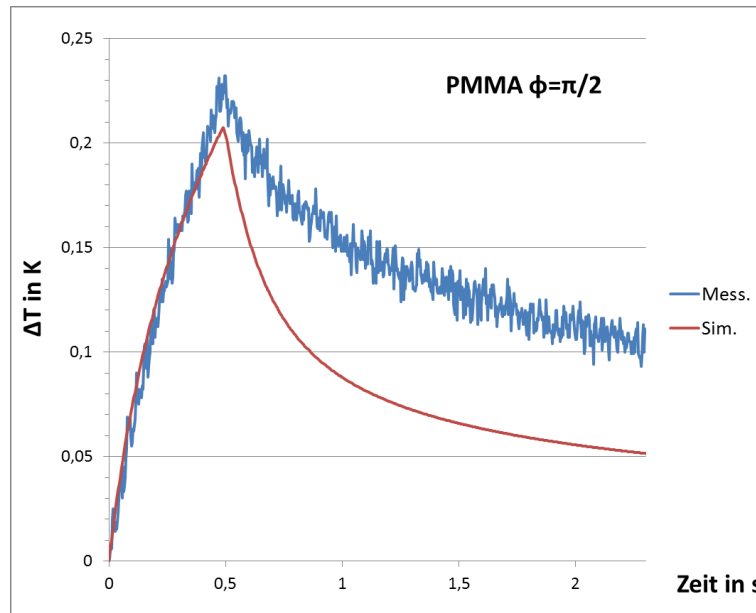
Glass 0,5 s Beleuchtung



Simulation - Messungen



Simulation - Messungen

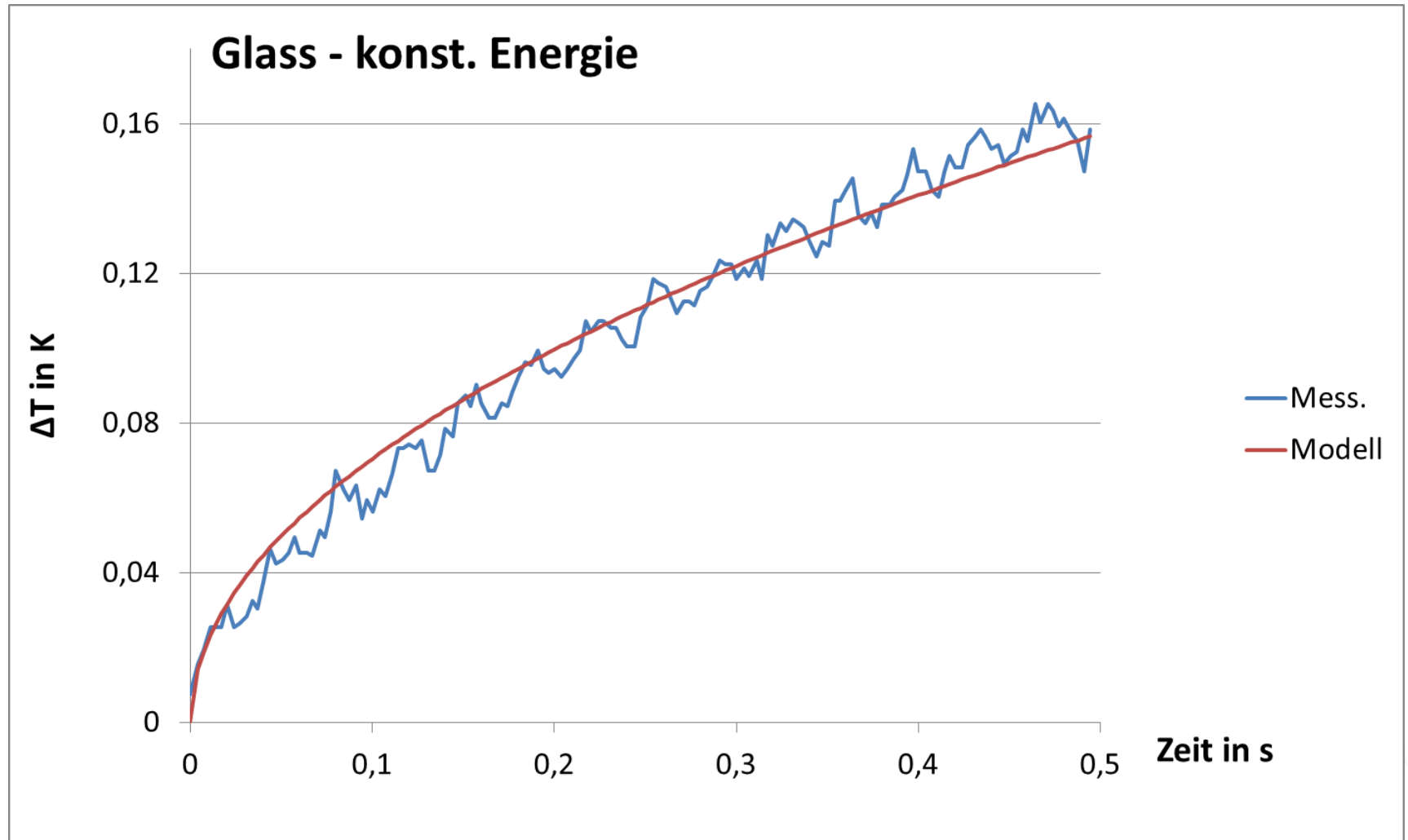


- **Radialsymmetrische Erwärmung**
- **Keine Strahlungs- und Konvektionsverluste**
- **Elhadj, Selim, et al.** *Applied Physics Letters*. 02 18, 2010, Vol. 96, pp. 071110-071110-3.

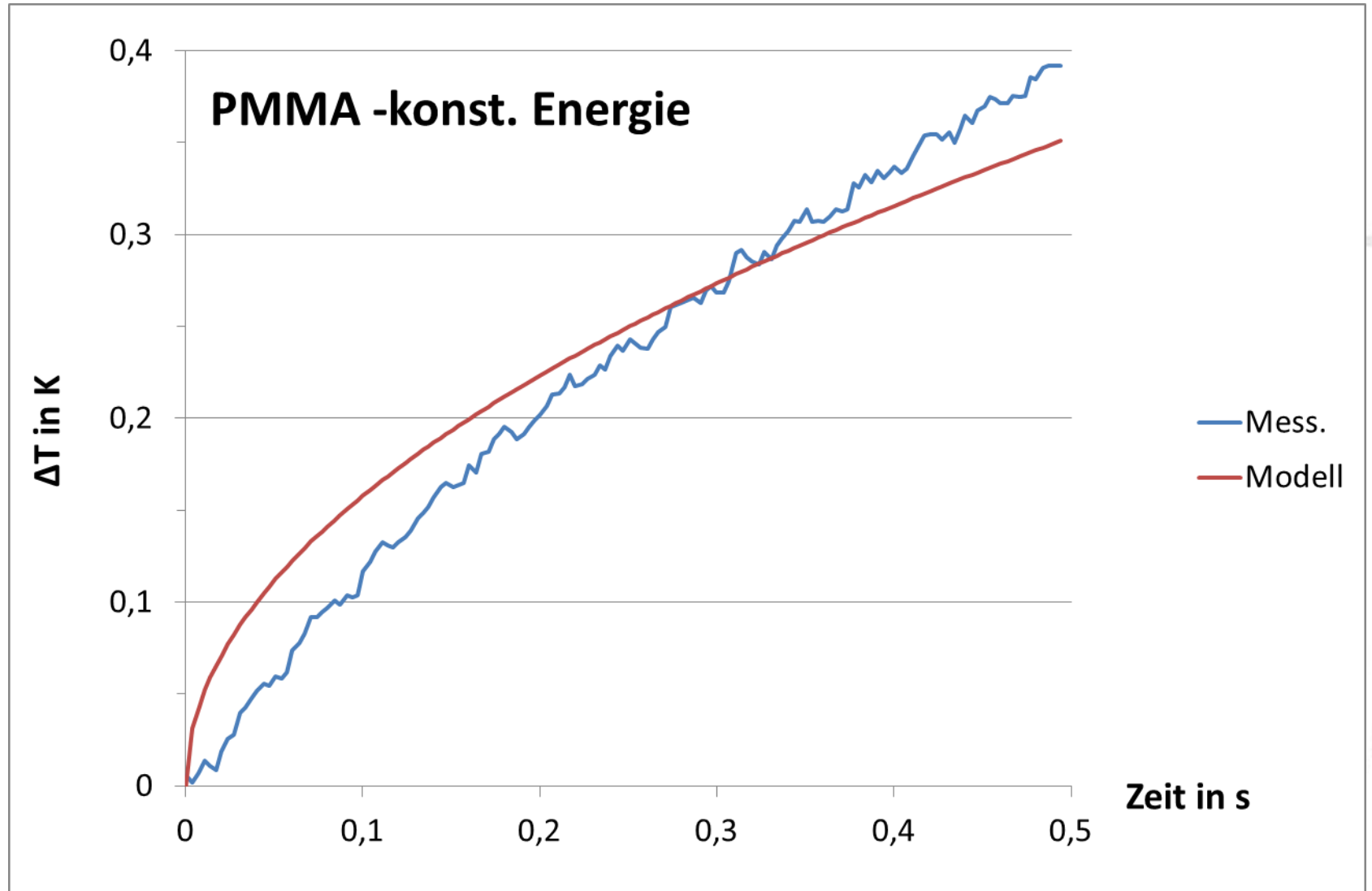
$$\Delta T(t) = \frac{aI}{\sqrt{\pi\kappa}} \tan^{-1} \left(\sqrt{\frac{4\kappa}{a^2 \rho C_P} t} \right) \sim \sqrt{t} \text{ für } D \ll 1$$



Modell- Erwärmung



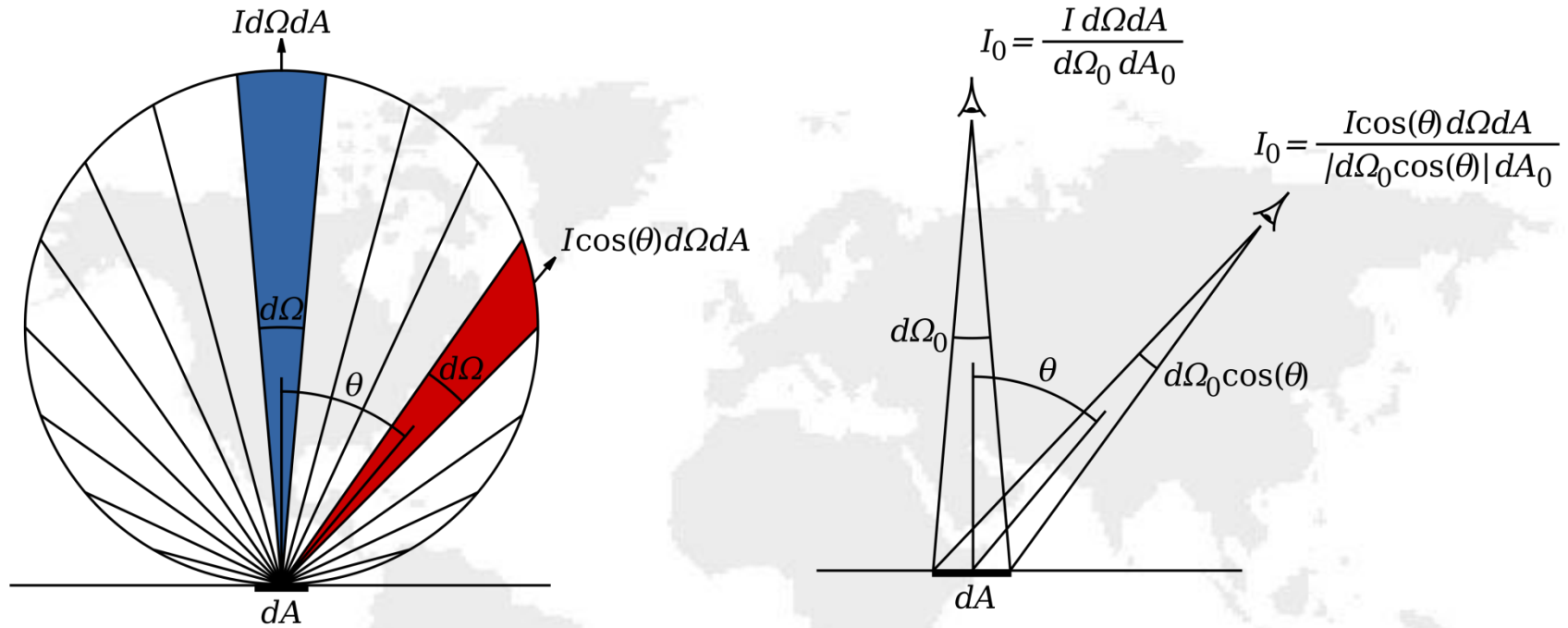
Modell- Erwärmung



- **Simulation mit Comsol**
 - **Temperaturanstieg wird Phasenabhängig vernünftig wiedergegeben**
 - **Temperaturabfall im Experiment deutlich stärker**
- **Modell für Temperaturanstieg**
 - **Für Glas gute Ergebnisse**
 - **Bei PMMA nicht ausreichend**
- **Simulation als auch Modell vernachlässigen Strahlungsverluste an Oberfläche**
- **Absorptionseigenschaften nicht berücksichtigt**

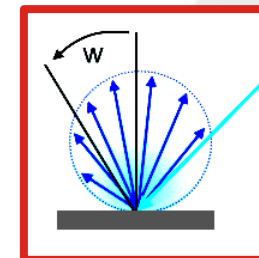
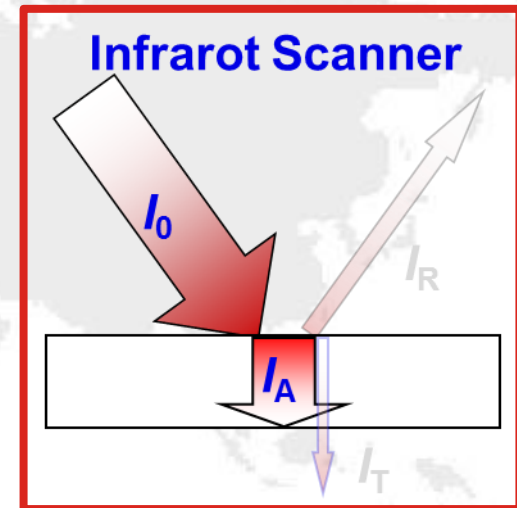
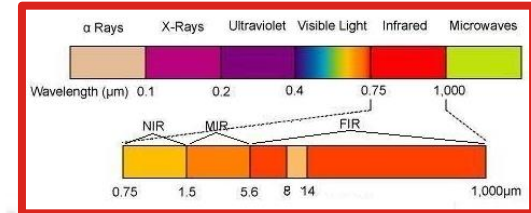


Schritt 3: Energie Emission

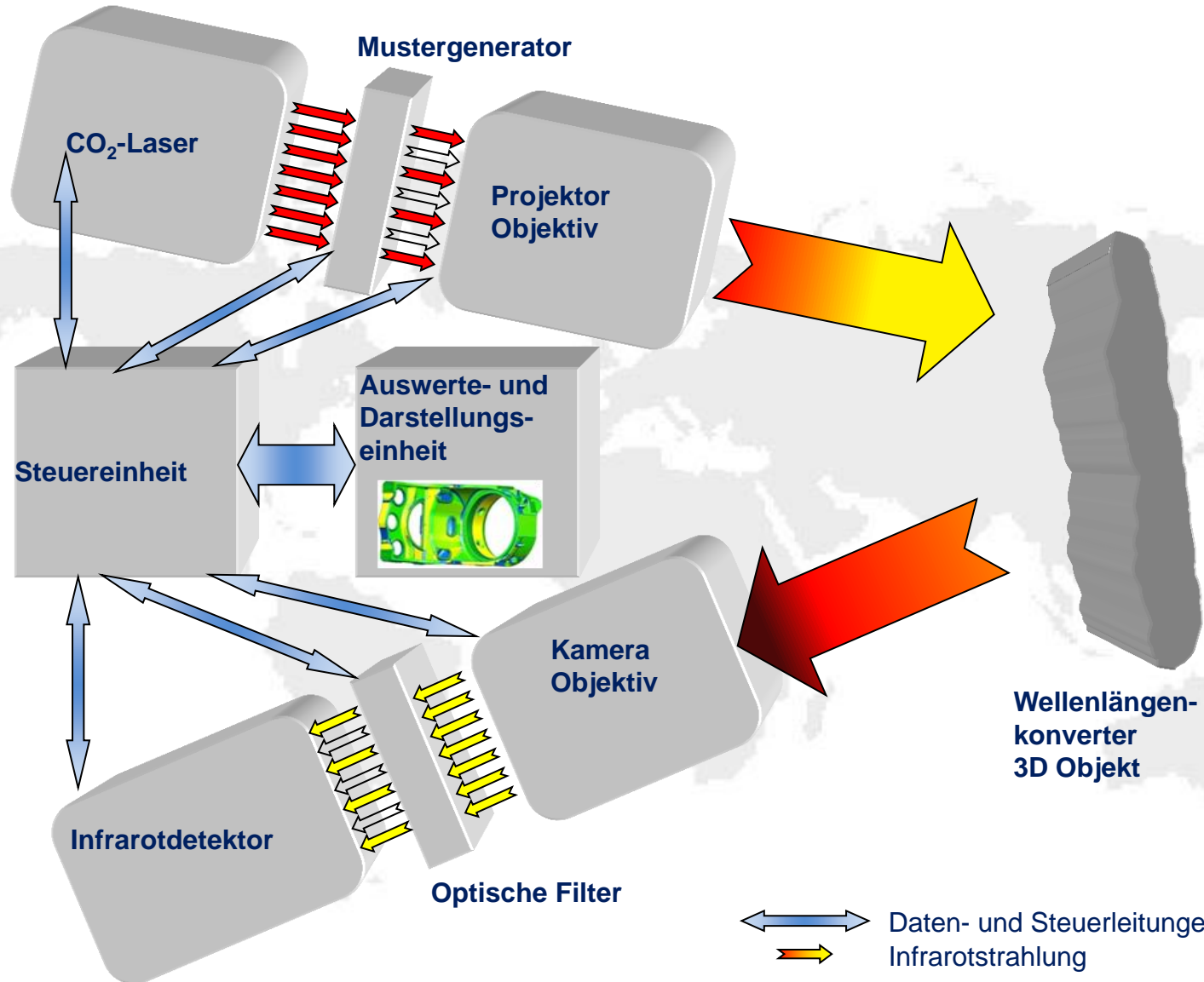


- Lambert Verteilung
- Empfangene Intensität unabhängig vom Winkel
- Optimaler Emitter für Beobachter

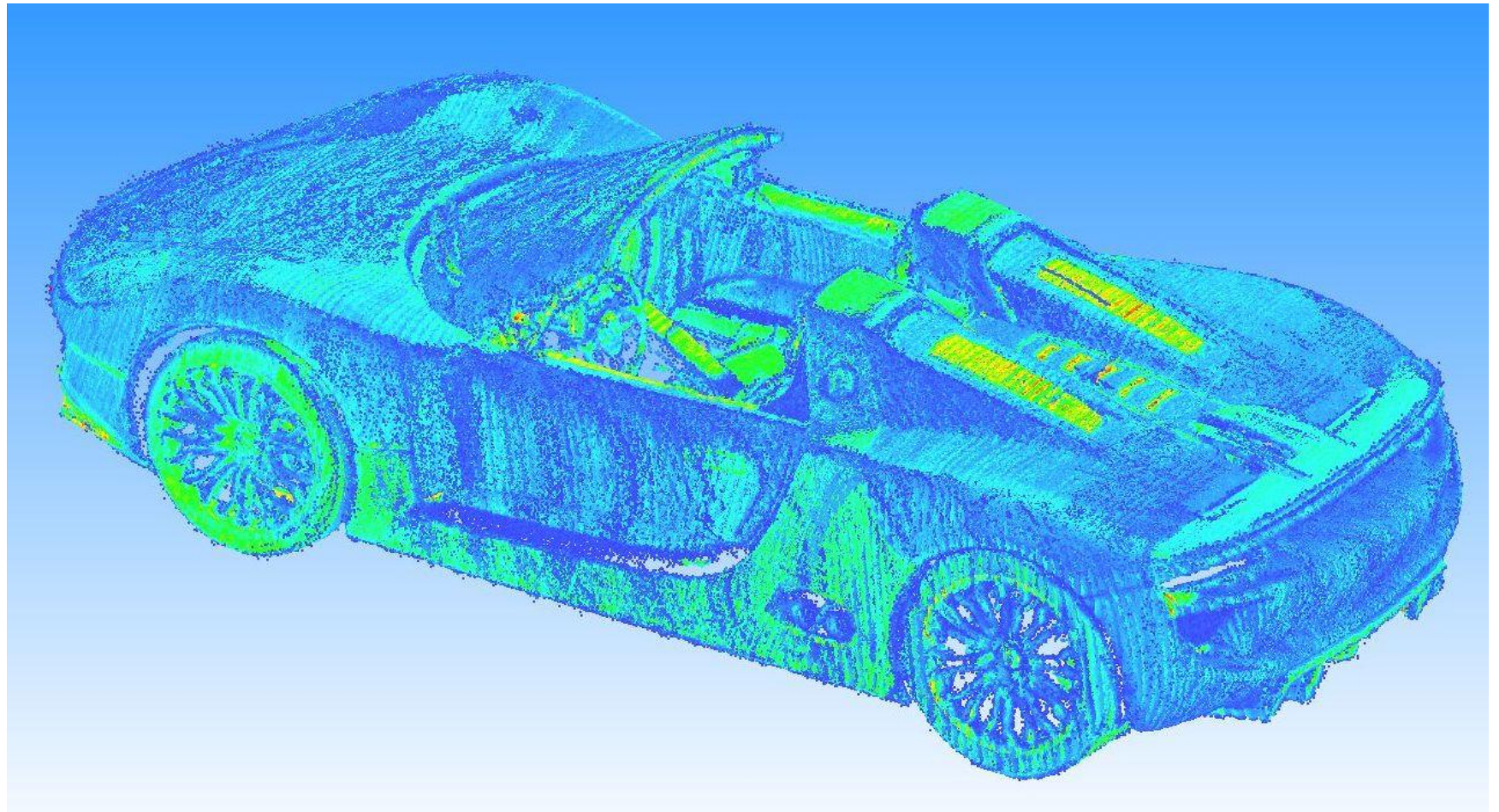




Systemaufbau



3D Datengeneration



Prototyp



- **Messvolumen 250*250*150 mm³; Anpassbar**
- **Automatische Registrierung von Einzelaufnahmen**
- **Messunsicherheit vergleichbar
Weißlichtprojektionssysteme**
- **Messzeit 15 Sekunden**
- **Kein Einsprühen notwendig**
- **Kein Markenkleben notwendig**
- **Sensorkopf ca. 800*400*350 mm³; ca. 30 kg**
- **Mobil und Inlinefähig; modulares Konzept**



Gefördert durch:



**„Nichts in der Welt
ist stärker als eine Idee,
für die die Zeit gekommen ist.“**

Victor Hugo

