

Universität  
Stuttgart

# Aufbau zur Charakterisierung der temperaturabhängigen Fokusverschiebung von Mikroskopobjektiven

Emanuel Michalski, Christian Schober, Christof Pruß, Alois Herkommer



Institut für  
Technische Optik

## Motivation

Mikroskopobjektive sind eine notwendige Komponente sehr vieler Präzisionsmesssysteme, mit der in aller Regel der Antastpunkt des Messsystems definiert wird. Damit spielt die Stabilität des Objektivs gegenüber Umwelteinflüssen wie einer variablen Umgebungstemperatur eine entscheidende Rolle, insbesondere bei längeren Messzeiten. Wenn Messunsicherheiten im Bereich unter 100 nm gefordert sind, können je nach Konstruktion des Objektivs bereits geringe Temperaturänderungen einen relevanten Beitrag zur Messunsicherheit verursachen. Leider ist den Datenblättern der Mikroskopobjektive meist nicht zu entnehmen, welche Temperaturabhängigkeit die Lage des Fokuspunktes zeigt.

→ Bestimmung der Temperaturabhängigkeit der Fokuspunktlage relativ zur Anlagefläche besser als 200 nm/K.

## Versuchsaufbau

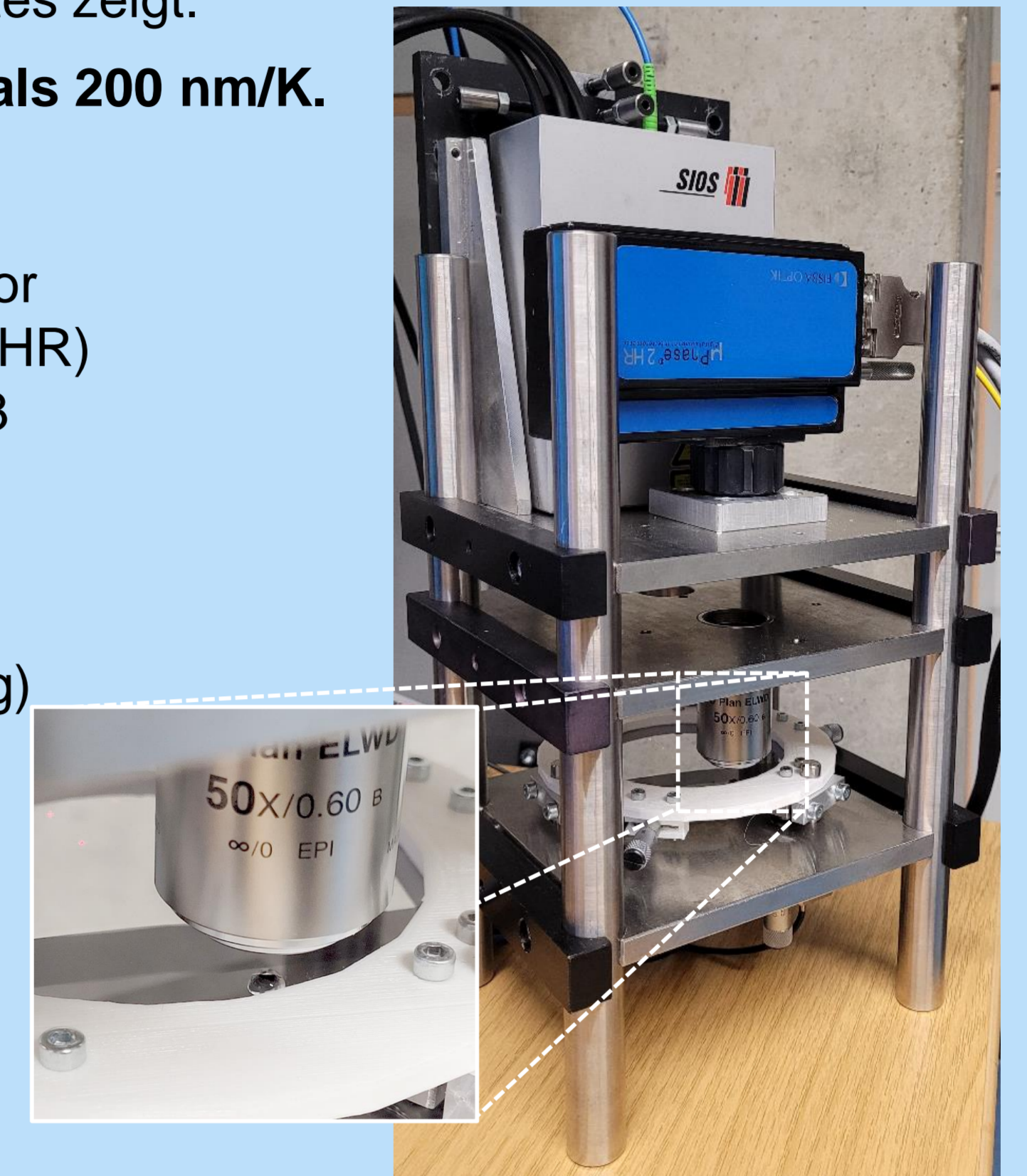
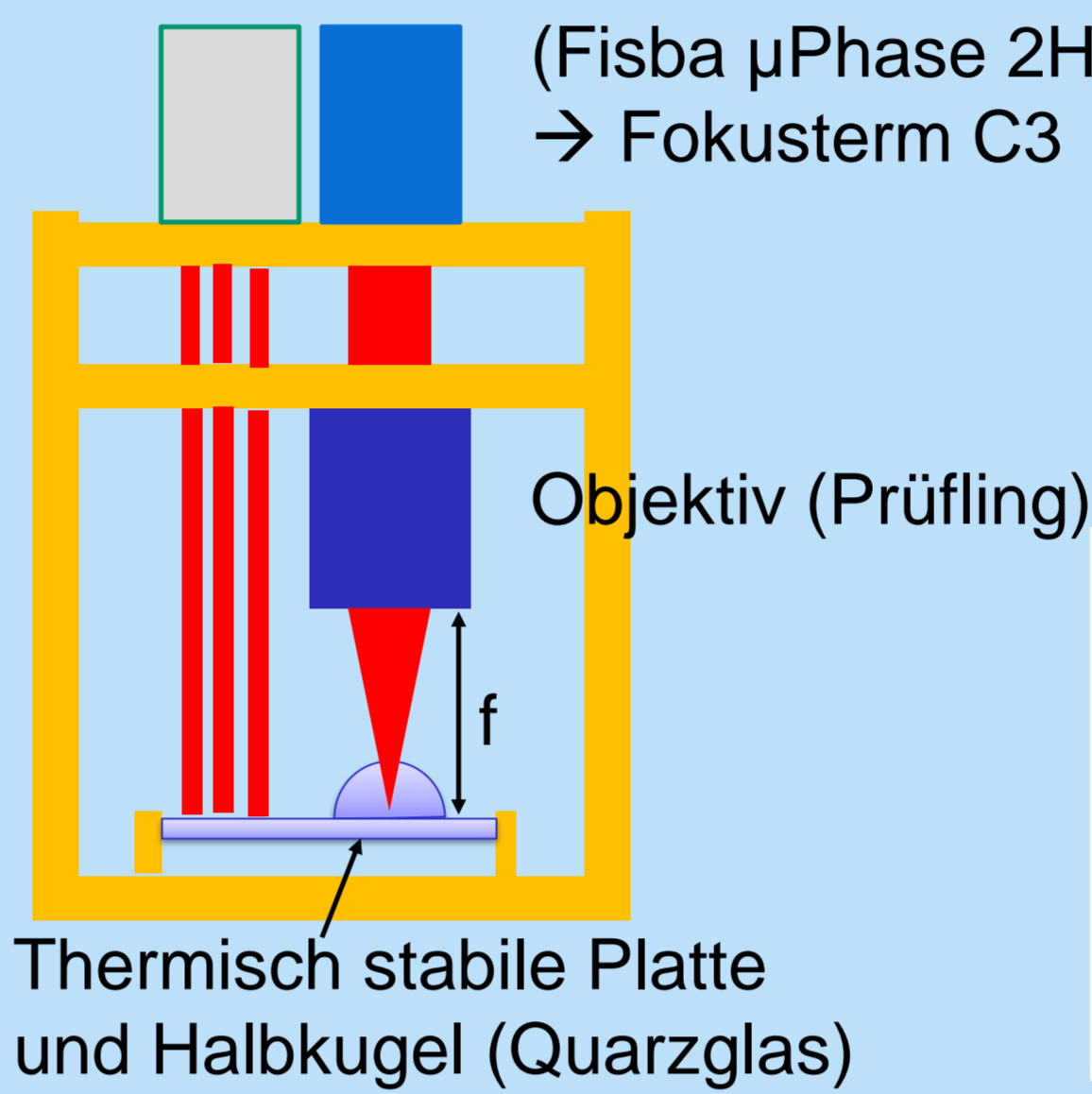
Ansatz:

- Definition der Fokuslage durch interferometrische Bestimmung der Lage einer Quarzkugel
- Lagebestimmung der Quarzkugel über thermisch stabilen metrologischen Rahmen

Dreistrahlinterferometer  
(SIOS SP2000)  
→ Kugelposition

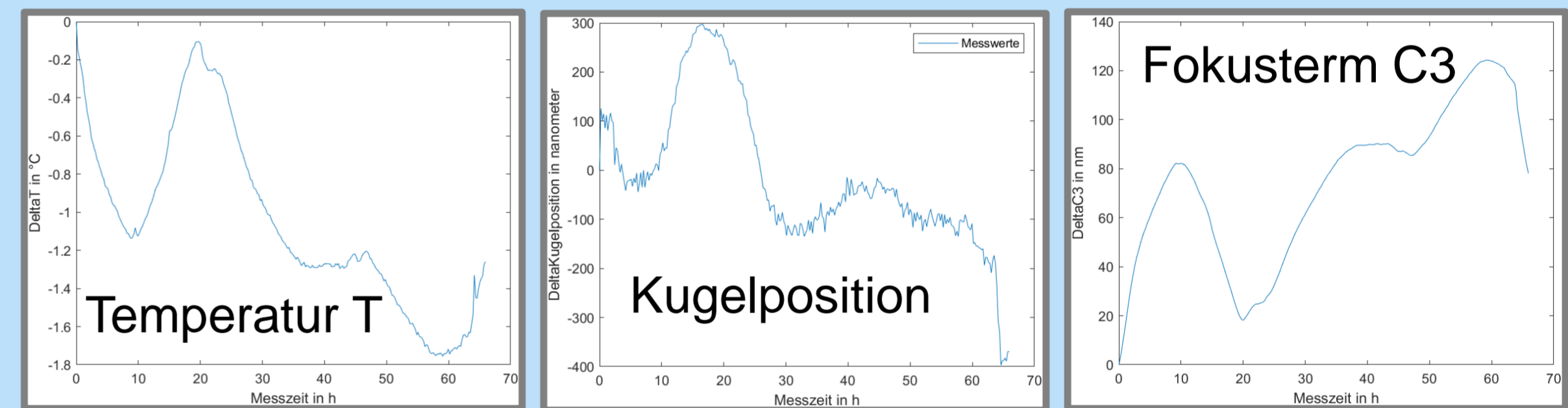
Wellenfrontsensor  
(Fisba µPhase 2HR)  
→ Fokusterm C3

Thermisch stabiler Rahmen  
(Invar)

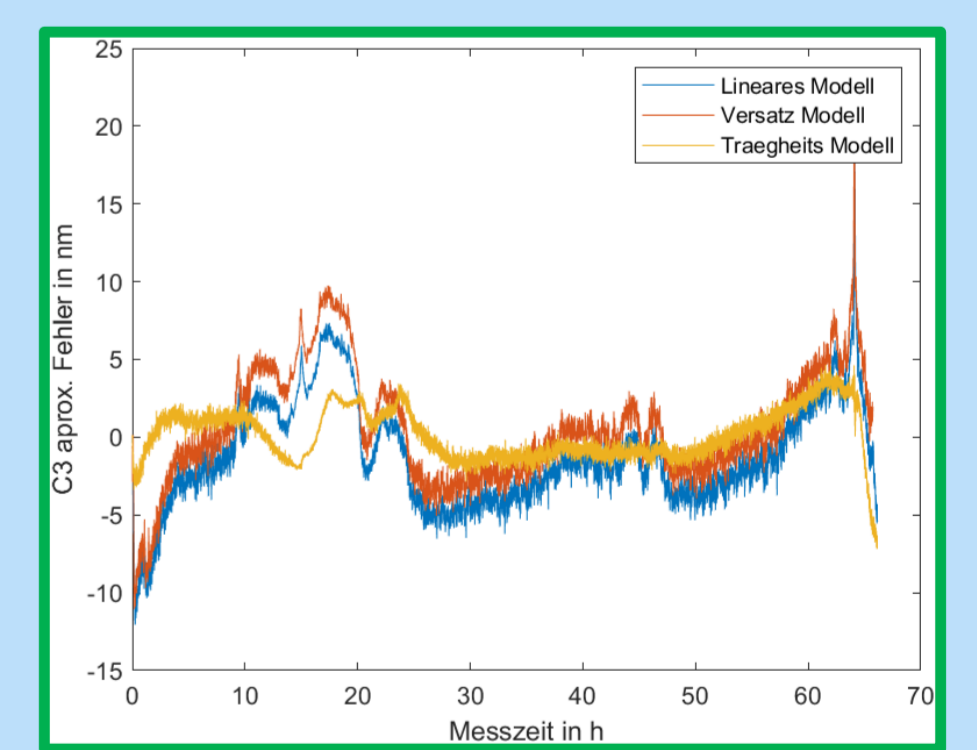
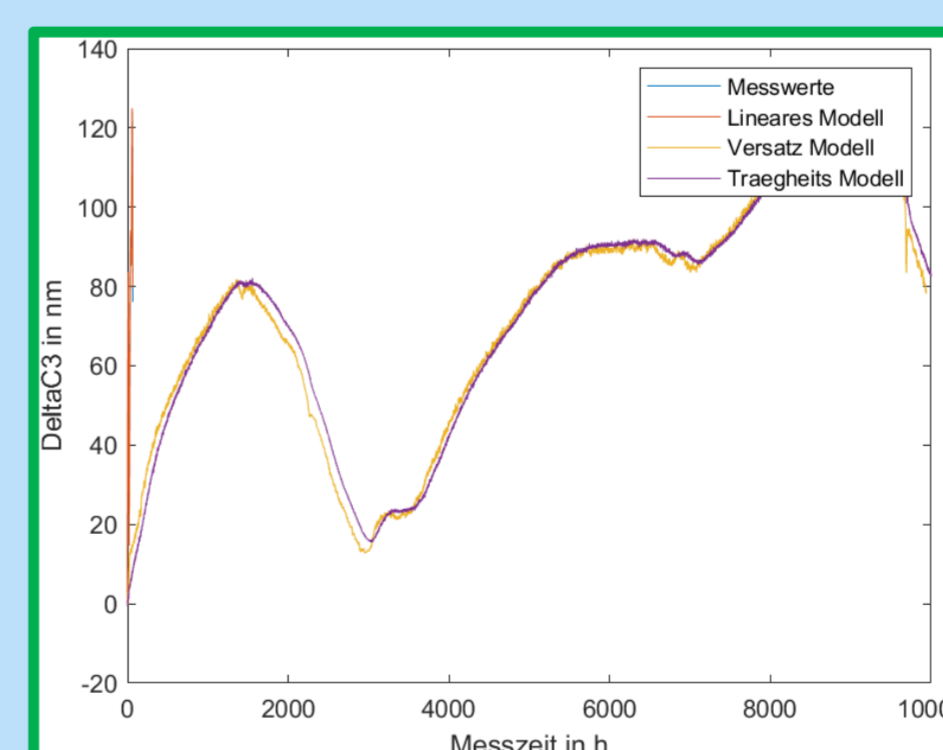
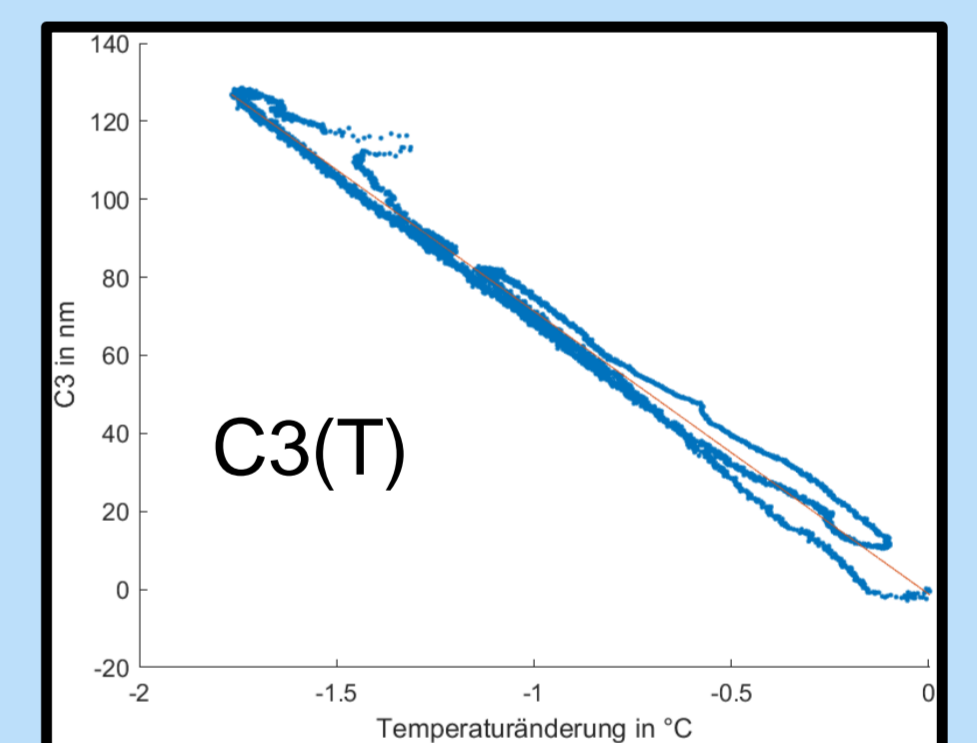
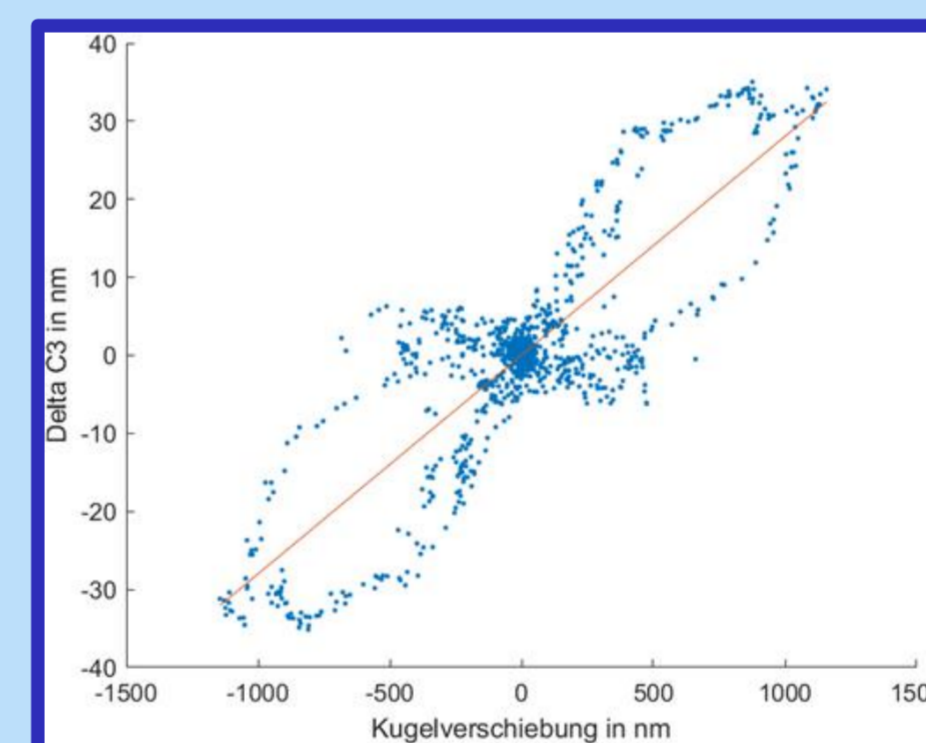
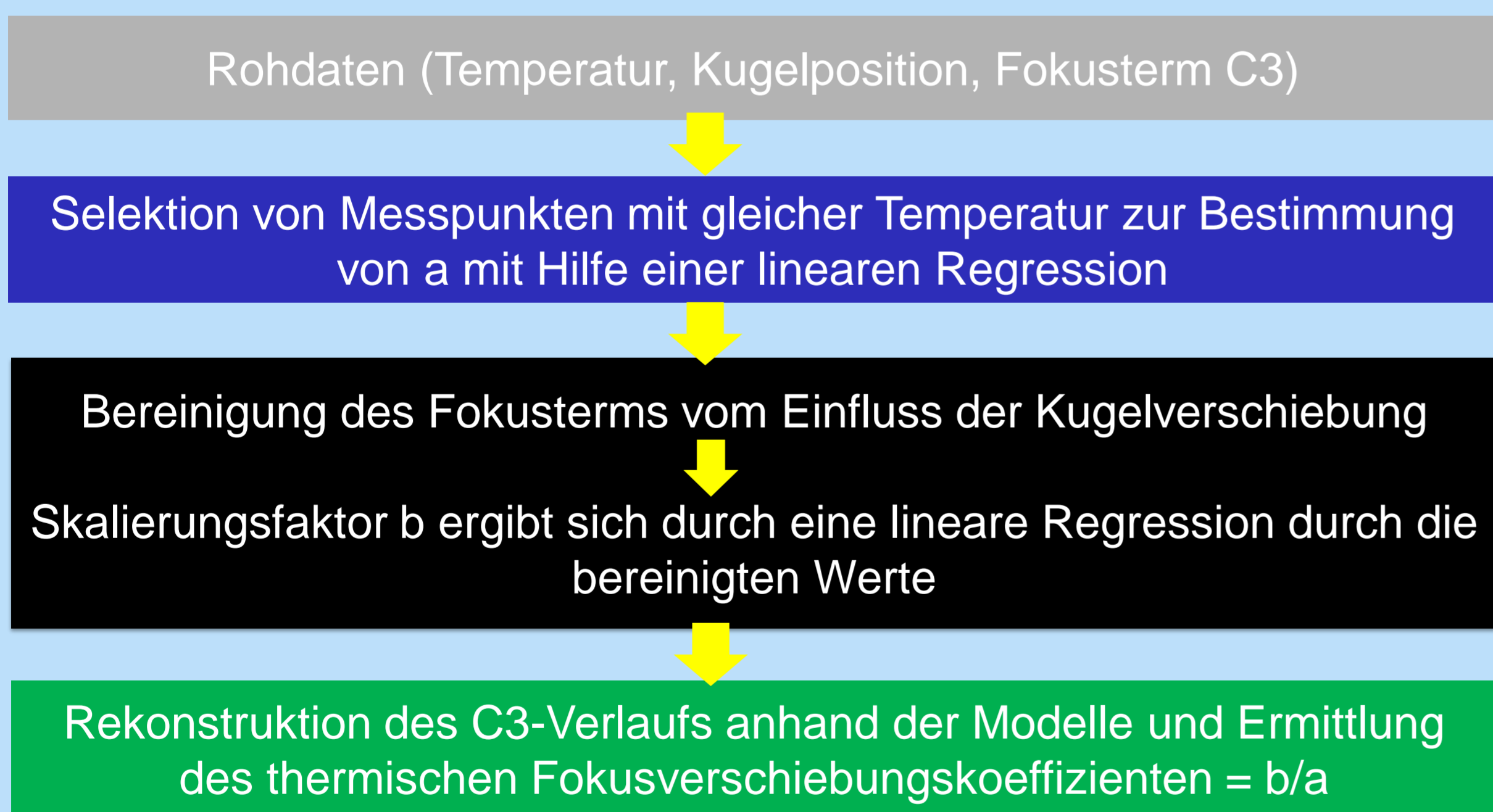


## Datenevaluation

- Temperaturvariation: Variation der Raumtemperatur  
→ vergleichbar typischer späterer Einsatz
- Modellierung des thermischen Verhaltens mit drei Modellen:
  1. Lineares Modell:  $\Delta C3(t) = a * \Delta Kugelposition(t) + b * (T(t) - T_0)$
  2. Zeitversatz-Modell:  $\Delta C3(t) = a * \Delta Kugelposition(t) + b * (T(t+h) - T_0)$
  3. Trägheits-Modell:  $\Delta C3(t) = a * \Delta Kugelposition(t) + b * (T_{objektiv}(t) - T_0)$   
mit  $dT_{objektiv}(t)/dt = k * (T_{umgebung}(t) - T_{objektiv}(t))$



Auswertalgorithmus:

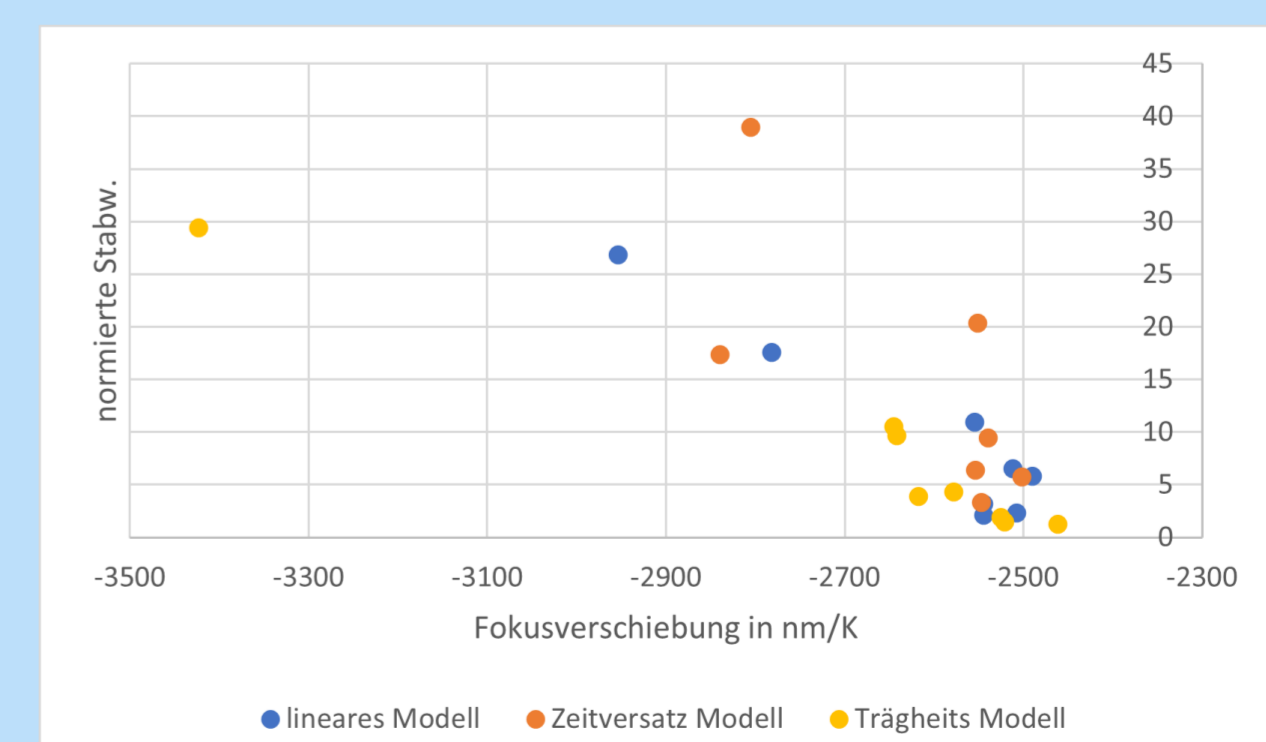


## Ergebnisse

- Bestimmung der Temperaturabhängigkeit der Fokuspunktlage eines LWD-Objektivs zu 2,55 µm/K.
- Verbesserte Auswertung durch Berücksichtigung der Trägheit des Systems bei Temperaturänderungen.

Perspektiven:

- Aktive Temperierung Objektiv
- Erweiterte Temperaturbestimmung
- Vorhersage Fokusverschiebung aus Modell.



Wir danken der DFG  
für die Förderung:  
DFG Os 111/44-1

Christof Pruss  
Interferometrie und diffraktive Optik  
pruss@ito.uni-stuttgart.de

Tel.: +49 (0)711 - 685 66066  
Fax: +49 (0)711 - 685 66586  
<http://www.uni-stuttgart.de/ito>

Institut für Technische Optik  
Pfaffenwaldring 9  
70569 Stuttgart