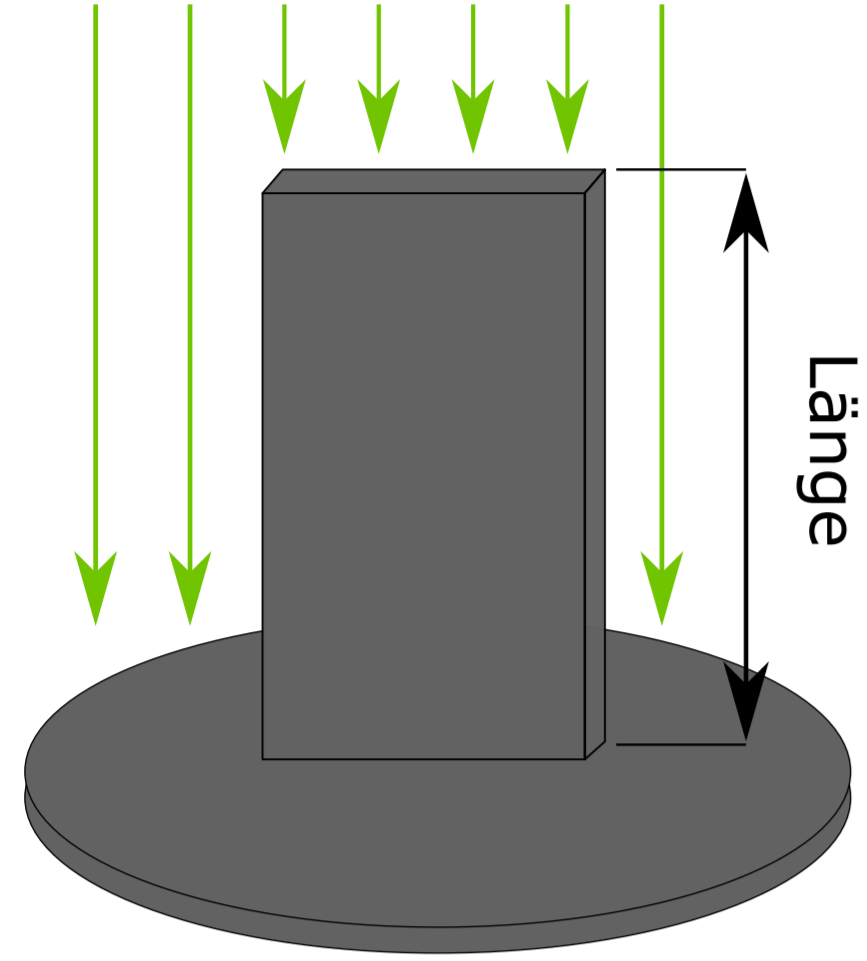


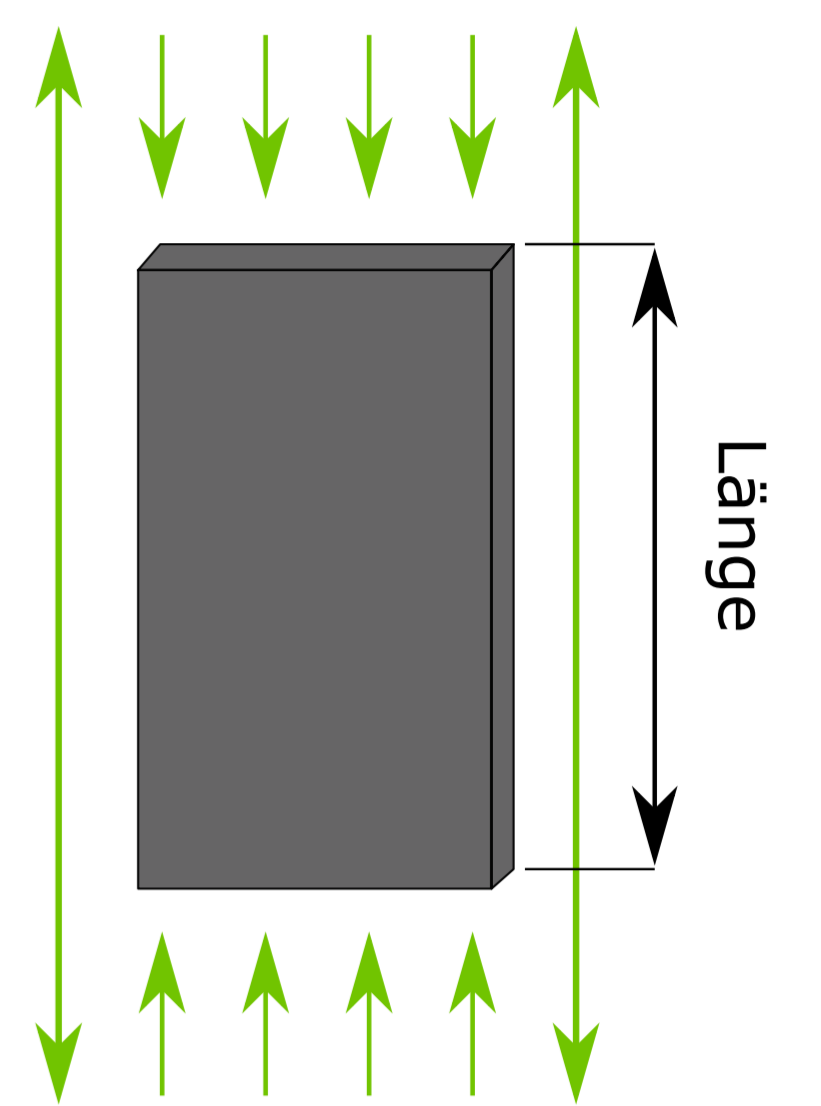
# Beidseitig optisch antastendes Interferometer zur Längenmessung von Endmaßen ohne Anschub

## Motivation



Die Länge prismatischer Körper wird mittels optischer Interferometrie – rückführbar auf die SI-Einheit Meter – gemessen. Üblicherweise werden dafür einseitig optisch antastende Twyman-Green- bzw. Kösters-Interferometer verwendet. Diese traditionellen Verfahren setzen einen Anschub der Endmaße an eine Referenzplatte voraus, um einen Bezug zur rückseitigen Endfläche herstellen zu können (siehe Abbildung links). Die dabei auftretenden Anschubkräfte und Wechselwirkungen des Endmaßes mit der Referenzplatte sind jedoch ein limitierender Faktor für die erreichbare Messunsicherheit.

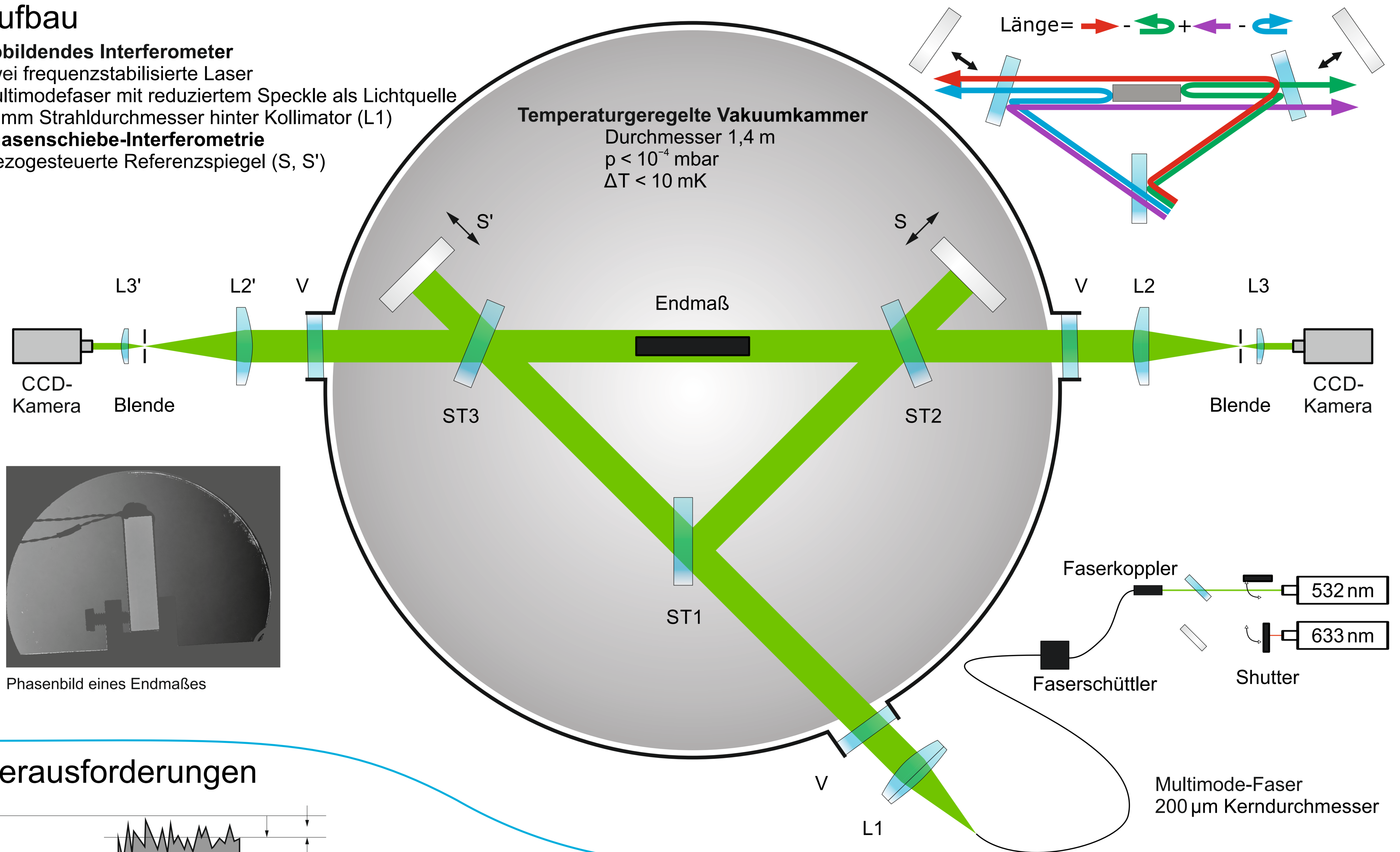
In der PTB wurde ein beidseitig antastendes Interferometer aufgebaut, welches mit zwei symmetrisch angeordneten Messarmen ein Endmaß bzw. einen prismatischen Körper von beiden Seiten gleichzeitig antastet [1]. So kann der optische Weg entlang des Endmaßes gemessen werden, ohne dass ein Anschub an eine Referenzplatte nötig ist (siehe rechte Abbildung). Der Verzicht auf eine Referenzplatte führt jedoch dazu, dass der Phasensprung bei der Reflexion und die Rauheit der Endmaße einen größeren Einfluss auf das Messergebnis haben. Die Messunsicherheit soll nun durch Korrekturen der Optikfehler, des Phasensprungs und der Wellenfrontkrümmung weiter verringert werden.



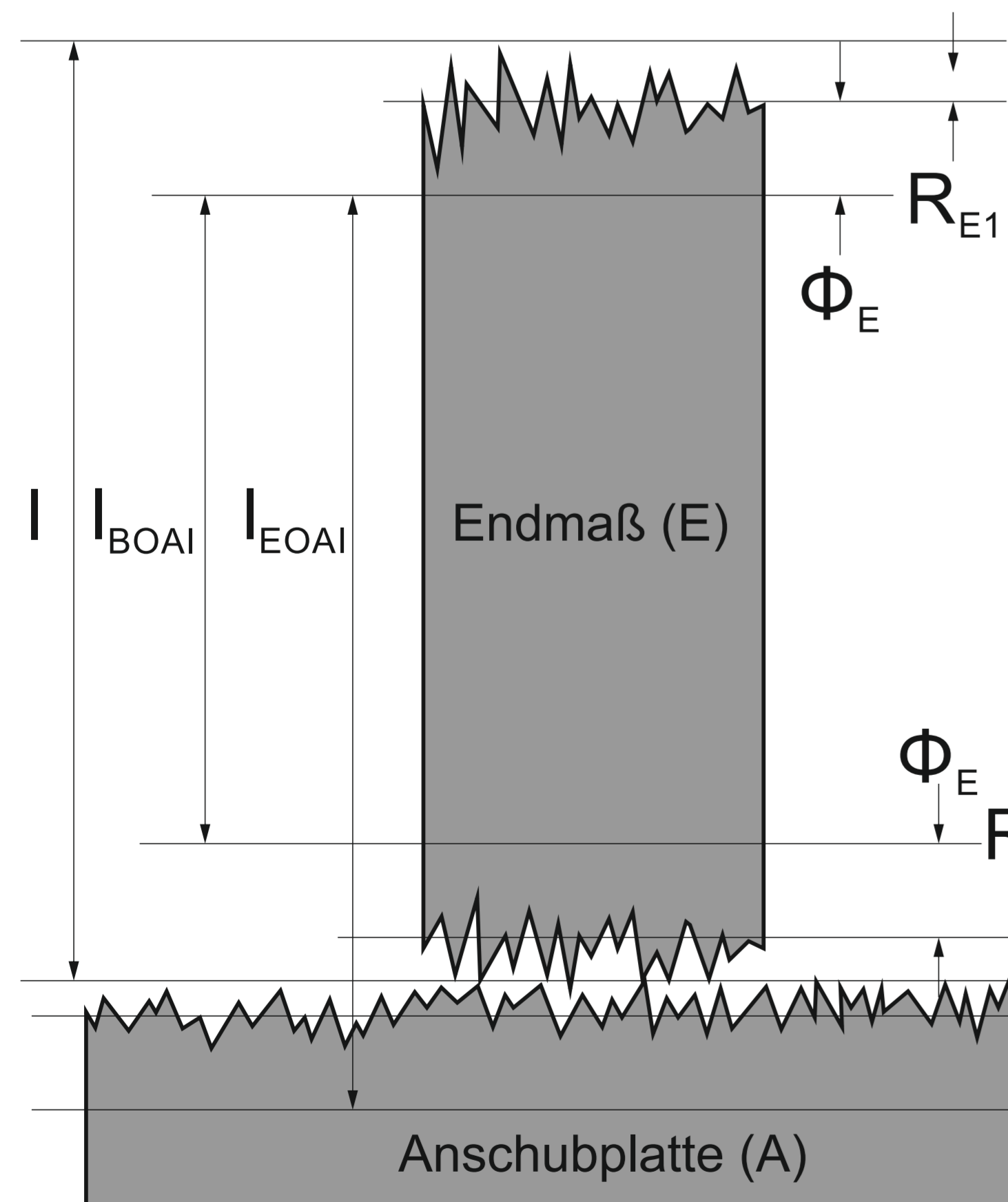
## Aufbau

### Abbildendes Interferometer

Zwei frequenzstabilisierte Laser  
Multimodefaser mit reduziertem Speckle als Lichtquelle  
80 mm Strahldurchmesser hinter Kollimator (L1)  
Phasenschiebe-Interferometrie  
Piezosteuerte Referenzspiegel (S, S')



## Herausforderungen

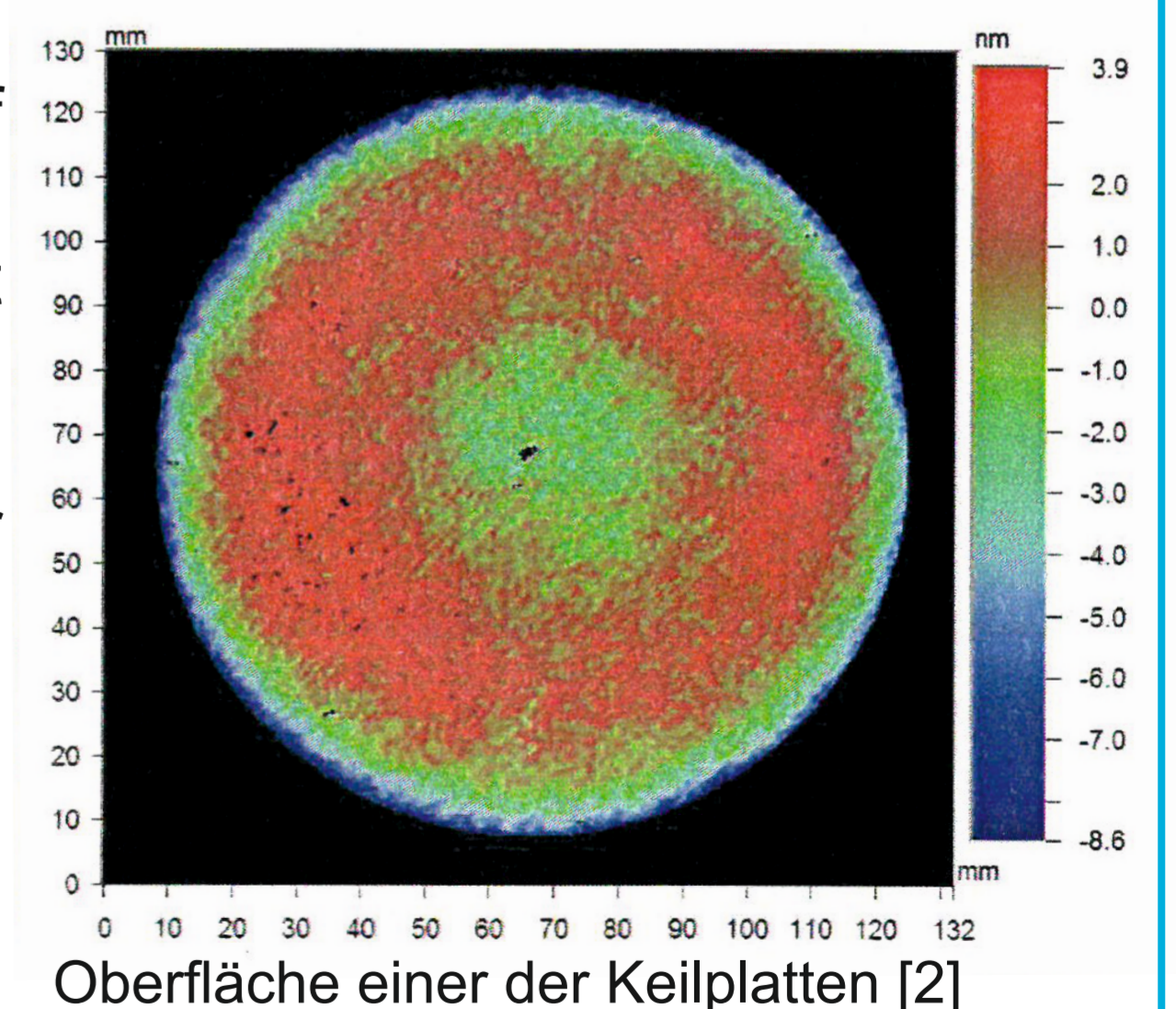


### Phasensprung

Im Gegensatz zum einseitig optisch antastenden Interferometer (EOAI), bei dem Einflüsse von Phasensprung ( $\Phi$ ) und Rauheit ( $R$ ) der Oberfläche durch geeignete Wahl der Anschubplatte aus gleichem Material mit gleicher Rauigkeit kompensiert werden können, ist dies im beidseitig antastenden Fall (BOAI) nicht möglich. Da die Reflexionen am Endmaß im BOAI auf zwei gegenüberliegenden Flächen stattfinden, addieren sich die Fehler in der Längenmessung sogar auf. Dies führt dazu, dass die gemessene Länge des Endmaßes im BOAI kürzer erscheint als im EOAI. Um diesen Effekt korrigieren zu können, muss der Einfluss auf das Ergebnis der Längenmessung für Proben unterschiedlicher Rauheit und unterschiedlicher Brechungsindizes untersucht werden.

### Wellenfrontkrümmung

Einen wesentlichen Einfluss auf das zu messende Phasenbild stellt die Form der Wellenfront dar. Auf Grund einer nichtidealen Punktlichtquelle und Optikfehlern, wie Unebenheiten der Oberflächen im Nanometerbereich, entstehen gekrümmte Wellenfronten. Diese Abweichung von einer ebenen Wellenfront muss korrigiert werden, um die Messunsicherheit zu minimieren. Dabei ist es erforderlich, für die verschiedenen optischen Wege im Interferometer die Form der Wellenfront einzeln zu bestimmen. Durch Messungen der Phasentopographie des leeren Interferometers und der Reflexion an einem Ebenheitsnormal an verschiedenen Positionen im Interferometer müssen geeignete Methoden zur Korrektur dieser Einflüsse entwickelt werden.



REFERENZEN:  
[1] Rau, K., Mai, T. and Schödel, R. (2015) 'Absolute length measurement of prismatic bodies with PTB's new double-ended interferometer under the influence of wavefront aberrations', Proc. MacroScale, pp. 1–9. doi: 10.7795/810.20150616K.  
[2] Messprotokoll des Herstellers CSIRO