

## Faseroptisches Deformationsmesssystem - FODES

### Einleitung

Im Rahmen eines von der AiF geförderten PRO INNO II - Forschungsvorhabens wurde ein faseroptisches Deformationsmesssystem entwickelt, mit dem man z. B. den räumlichen Verlauf eines beliebig orientierten Bohrlochs ermitteln kann. Dieses neuartige Messsystem bestimmt die Dehnungen von Glasfasern entlang eines stabförmigen Elementes (Bohrlochsonde) unter Verwendung von faseroptischen Sensoren, sog. Faser-Bragg-Gitter-Sensoren (Abb. 1). Daraus werden dann die räumlichen Krümmungen der Bohrlochsonde und damit ihr dreidimensionaler Verlauf errechnet. Das Projekt ist eine Zusammenarbeit mit der Materialforschungs- und Prüfanstalt an der Bauhaus-Universität Weimar (MFGPA) und der Firma GLÖTZL Gesellschaft für Baumeßtechnik mbH.

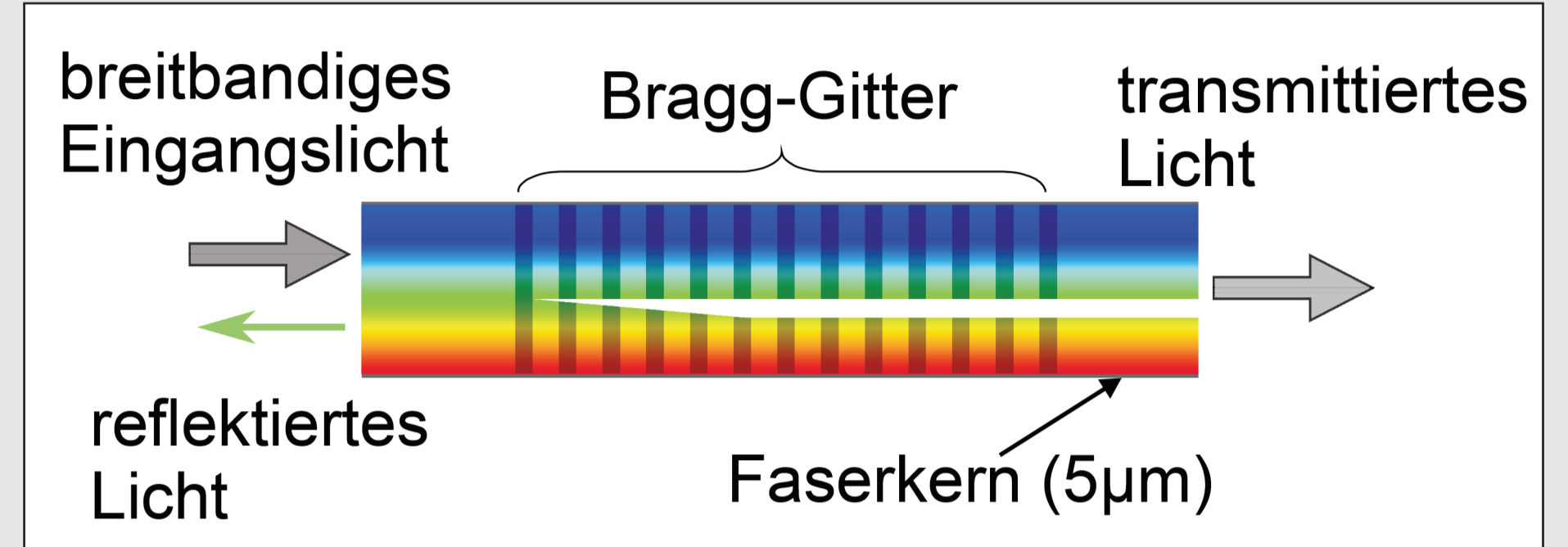


Abbildung 1: Faser-Bragg-Gitter

### Bestimmung der Dehnung

Zur Bestimmung von Faserdehnungen wird die reflektierte Wellenlänge jedes FBG gemessen. Die Kalibrierung der FBG erfolgte in einer speziellen Kalibriereinrichtung im Geodätischen Labor der Professur Geodäsie und Photogrammetrie (Abb. 2). Es wurde ein autarker Versuchsablauf realisiert, bei dem eine hochgenaue Erfassung von Dehnung, Temperatur und Wellenlänge bei verschiedenen Dehnungs- und Temperaturstufen erfolgte. Mit Hilfe einer für diese Anwendung speziellen Kalibrierfunktion sind die Dehnungsänderungen nur aus den Änderungen der Wellenlänge bzw. der Temperatur mit einer Standardabweichung  $< 5 \mu\text{m}/\text{m}$  berechenbar.

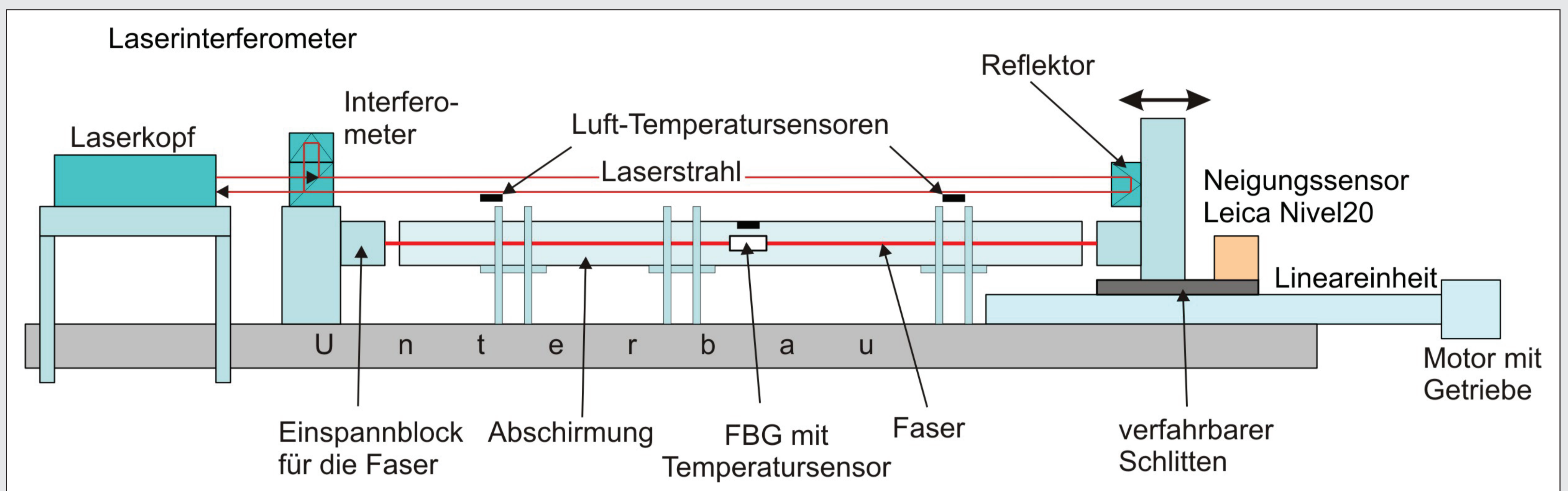


Abbildung 2: Schemazeichnung des Kalibrierstandes (Längsschnitt)

### Bestimmung von Richtungsänderungen

Das Labormuster besteht aus einer biegesteifen Stange, an deren Enden jeweils eine Vorrichtung zum Einspannen der Fasern befestigt ist. An einem Ende können die Fasern vorgespannt werden (Abb. 3). Am anderen Ende kann die Einspannvorrichtung mittels zweier Mikrometerschrauben in verschiedene Richtungen gekippt werden (Abb. 4). Diese Richtungsänderungen wurden mittels Autokollimation bestimmt und dienten als Sollwerte. Aus den gemessenen Änderungen der Wellenlänge und der Temperatur der FBG-Sensoren wurden zunächst die Dehnungsänderungen der Fasern und anschließend die Richtungsänderungen berechnet (Ist) und mit den Sollwerten verglichen. Dabei konnte eine Genauigkeit für die Richtungsänderungen von  $0,012^\circ$  nachgewiesen werden.

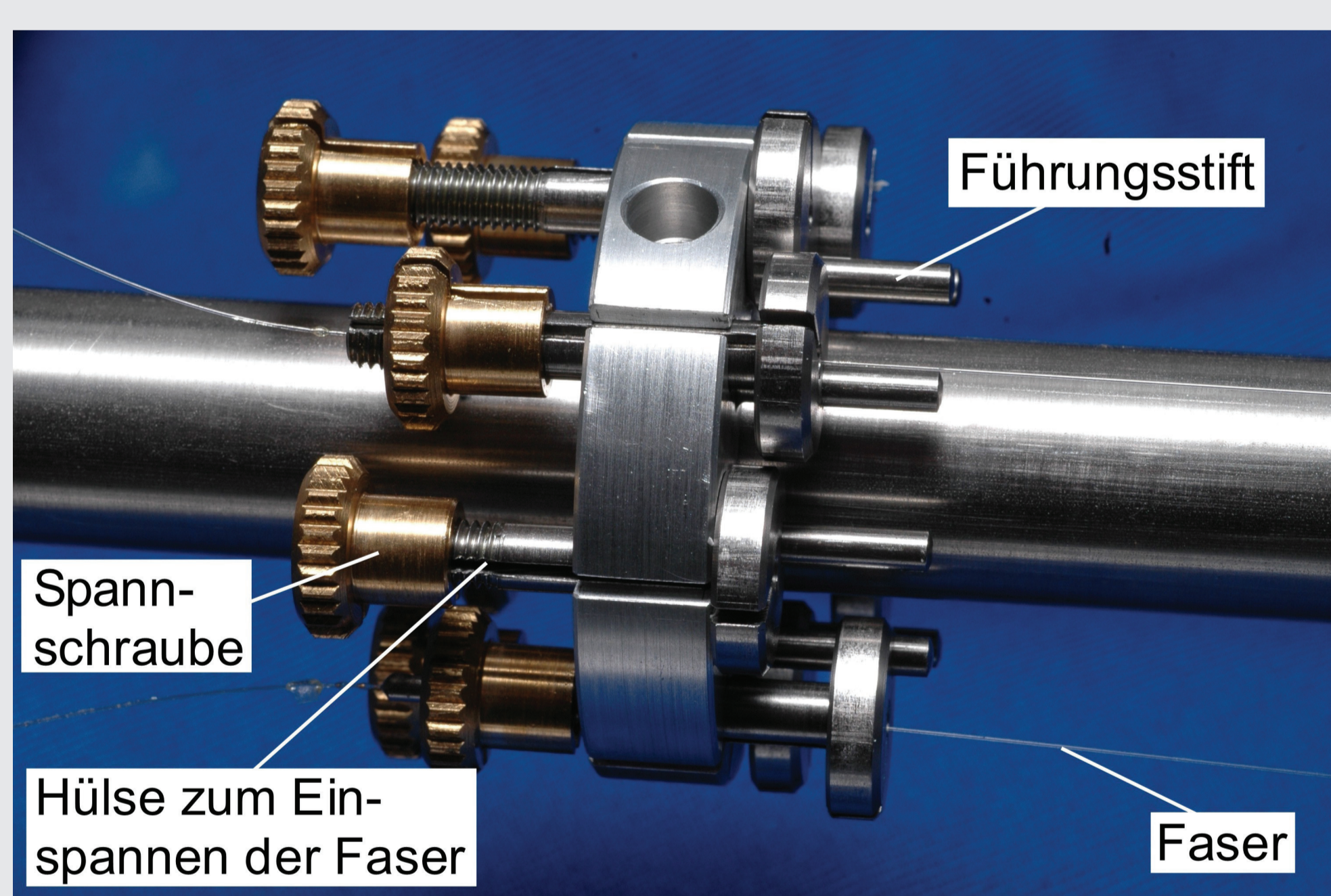


Abbildung 3: Faserspannvorrichtung mit Führungsstiften zur Vermeidung von Torsion

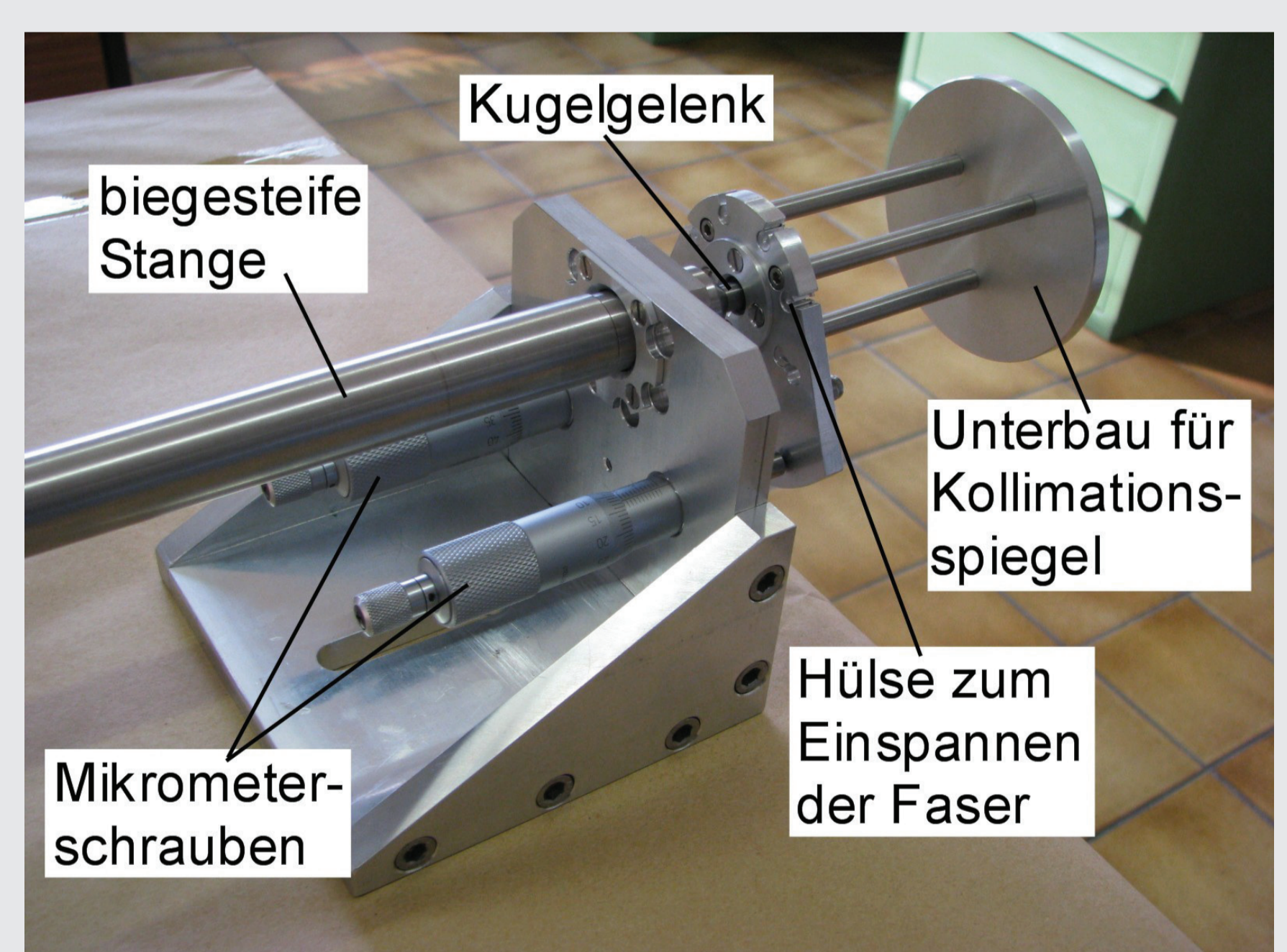


Abbildung 4: Kippbare Einspannvorrichtung mit Mikrometerschrauben

### Torsion der Bohrlochsonde

Es wurde festgestellt, dass es nicht ohne weiteres möglich ist, Deflektometer mit Längen von bis zu 50 m zu bauen, die sich im praktischen Einsatz nicht um ihre Längsachse verwinden. Die Torsion zwischen benachbarten Elementen der Bohrlochsonde muss messtechnisch bestimmt werden, da ihr Einfluss auf die zu bestimmenden Koordinaten des Endpunktes enorm groß ist. Der Grundgedanke zur Bestimmung der Torsion liegt darin, zwei Fasern nicht parallel zur Achse der Elemente auszurichten, sondern unter einem Winkel. Überkreuzt man z. B. zwei benachbarte Fasern, tritt bei einer Torsion in der einen Faser eine negative und in der anderen eine positive Dehnungsänderung auf. Aus diesen Dehnungsänderungen kann die Torsion ermittelt werden. Mit einer Dehnungsmessgenauigkeit von  $< 5 \mu\text{m}/\text{m}$  kann bei einer Faserlänge von 1 m der Torsionswinkel auf  $< 0,5^\circ$  genau bestimmt werden, sodass die Torsionseffekte stark reduziert werden. Verkürzt man die Faserlänge, so kann die Torsion noch genauer ermittelt werden.

### Zusammenfassung und Ausblick

In den durchgeführten Versuchen und in Simulationsrechnungen konnte nachgewiesen werden, dass mit FBG-Sensoren eine Dehnungsbestimmung von  $< 5 \mu\text{m}/\text{m}$  möglich ist. Die Richtungsänderungen zwischen benachbarten Flächen waren mit einer Genauigkeit von  $0,012^\circ$  bestimmbar, sodass der dreidimensionale Verlauf des zu vermessenden Bohrlochs mit ausreichender Genauigkeit ( $< 1\%$  der Bohrlänge) ermittelt werden kann. Das faseroptische Deformationsmesssystem kann somit zur Beobachtung von geotechnischen Bauwerken, zur Qualitätssicherung bei der Herstellung von Bohrlochern für Verankerungen, Pfahlgründungen und Injektionen und in explosionsgefährdeten Umgebungen eingesetzt werden.