

# Justierdrehen – eine Schlüsseltechnologie für die Montage von Präzisionsobjektiven



Andreas Gebhardt



Volker Guyenot



Gerhardt Weidner



Mathias Rohde



Dieter Frerking<sup>1</sup>



Bernhard Wellinger<sup>2</sup>

Die Qualität von Präzisionsobjektiven wird entscheidend von der Zentrierung und Positionierung der Objektivlinsen bestimmt. Während in den vergangenen Jahren die Herstellungstechnologie der Einzellinsen durch deterministische Schleif- und Polierverfahren höchstes Niveau erreicht hat, ist die Objektivmontage ein aufwendiger, iterativer Prozess. Hier setzt das Verfahren »Justierdrehen« an: Durch die Bearbeitung der Linsenfassungen in Bezug zur optischen Achse der Linse kann die Präzision der Einzellinsen im Objektiv optimal umgesetzt werden. Die Montage erfolgt systematisch, aufwendige Nachjustierungen können vermieden werden (Abb. 1).

Diese Überlegungen waren für die Linos Photonics GmbH & Co KG der Ausgangspunkt, das Fraunhofer IOF mit der Entwicklung einer Justierdrehmaschine zu beauftragen. Adressiert ist die Entwicklung an Objektive für den ultravioletten Spektralbereich (Abb. 2), bei denen Montagetoleranzen von wenigen Mikrometern erforderlich sind. Zunächst wurden in einer Studie alternative Ansätze zur Realisierung einer Justierdrehmaschine verglichen und bewertet /1, 2/. Im Ergebnis entstand ein Maschinenkonzept, welches auf einer hochgenauen Vertikaldrehmaschine, der Justierung eines elektromagnetischen Spannfutters durch Einleitung mechanischer Impulse sowie einer speziellen Zentrierfehlererkennung basiert.

Dieses Konzept wurde in enger Kooperation mit der Firma Lehmann Präzision GmbH umgesetzt. Basis ist eine Vertikaldrehmaschine mit einem kompakten und schwingungsarmen Natursteinaufbau, hochpräzisen vorgespannten Linearführungen und einer hydrostatischen Spindel /3/. Das im Fraunhofer IOF entwickelte Justierfutter wird unter Rotation durch Justier-

hämmer so verschoben, dass optische Achse und Spindelachse in Koinzidenz gebracht werden. Dazu wird die Dezentrierung der Linse von einem Reflexbildgerät erfasst und dessen Messsignal zur Phase der Drehbewegung in Beziehung gesetzt. Justierschläge werden bei jeder Umdrehung so lange ausgelöst, bis das Signal der Dezentrierung ein Minimum erreicht. Ist die Linse oder Kittgruppe zentriert, erfolgt die CNC-Bearbeitung der oberen und unteren Planfläche sowie des Außendurchmessers der Fassung (Abb. 3).

Die entwickelte Justierdrehmaschine erreicht folgende Parameter:

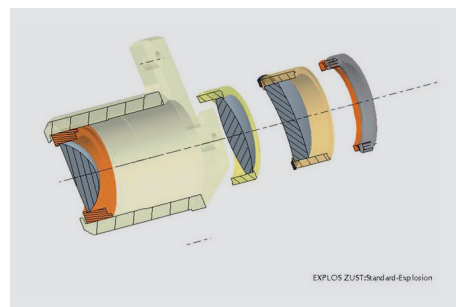
- Zentriergenauigkeit:  
Flächenkipfung 0,1 Bogenminute,  
Dezentrierungen  $< 2 \mu\text{m}$ ,
- Fertigungstoleranzen für Scheitelhöhe und Außendurchmesser:  
 $< 2 \mu\text{m}$ ,
- Ebenheit der Planflächen,  
Zylindrizität des Außendurchmessers:  $< 1 \mu\text{m}$ .

#### Literatur:

- /1/ Ergebnisbericht BMBF-Verbundprojekt »FERMI«, 2007.
- /2/ Patent DE 103 22 587.
- /3/ <http://www.hyprostatik.de>.

Abb. 1:  
Füllfassungsmontage.

Fig. 1:  
Lens assembly.



# Lens centering – key technology for the assembly of high precision optics



The quality of high precision optics strongly depends on centering and positioning of the lenses. On the one hand there are highly developed deterministic grinding and polishing technologies for single lenses, on the other hand assembly is a complex and iterative process. "Lens centering" starts off there. By machining the lens housing in respect to the optical axis the precision of the single lens can be ideally implemented into the objective. The assembly follows systematically – extensive adjustments are not required.

Considering this the Linos Photonics GmbH & Co KG commissioned the Fraunhofer IOF with the design and development of a lens centering machine. The development is mainly directed towards optics for the ultraviolet wavelength (Fig. 2). This application requires assembly tolerances in the range of a few microns. At first, alternative proposals for lens centering machines were compared and reviewed /1, 2/. The result was

a concept based on a highly precise vertical lathe, the adjustment of an electromagnetic support by an impulse drive and sophisticated centering error recognition.

This concept was put into practice in close collaboration with Lehmann Präzision GmbH. The basis was a vertical lathe with a compact and stiff natural granite base, high precise linear slideways and a hydrostatic spindle /3/. The adjustment support – developed at Fraunhofer IOF – will be adjusted by impulse drives during rotation until the coincidence between the optical axis and the spindle axis is reached. Therefore decentration of the lens is measured by an autocollimator.

The measurement signal is set in relation to the phase of rotation and stroke impulses are applied as long as the signal of decentration achieves a minimum. If the lens is centered the lens housing will be machined CNC-controlled (Fig. 3).

The developed centering machine achieves:

- centering accuracy:  
tilt 0.1 arcmin, decenter < 2  $\mu\text{m}$ ,
- machining tolerances regarding vertex height and outer diameter:  
< 2  $\mu\text{m}$
- flatness of plane surfaces,  
cylindricity of outer diameter:  
< 1  $\mu\text{m}$ .



Abb. 2: UV-Objektiv. © Linos.

Fig. 2: UV objective. © Linos.

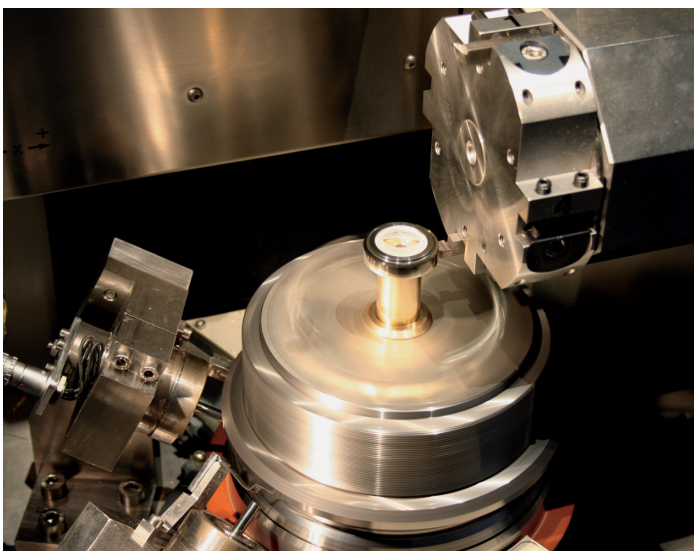


Abb. 3: Justierdrehen einer gefassten Linse.

Fig. 3: Machining of a housed lens.

