

Schweizer Optik beobachtet die Venus

Von Elsbeth Heinzelmann*

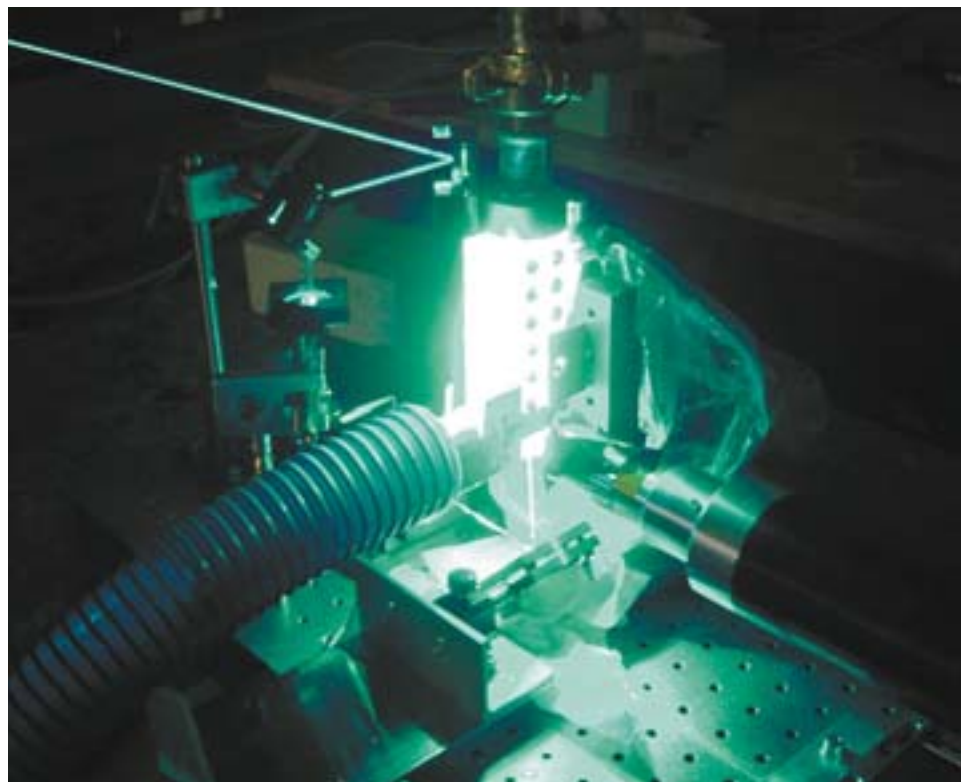
Unter Federführung des Instituts für Thermo- und Fluid-Engineering in Windisch entstand in einem KTI-Projekt ein neuartiger kinetischer Polierprozess zur Fertigung von Highend-Optiken. Das berührungslos arbeitende Fluid Jet Polishing ermöglicht Optiken, speziell auch Asphären, mit einer Formgenauigkeit von besser als 60 nm PV und einer Oberflächenrauigkeit von 1 nm rms.

Gespannt verfolgen die Forscher vom Kosmodrom Baikonur am 9. November 2005, wie sich die Sojus-Trägerrakete mit der Raumsonde Venus Express abhebt. Mit dem Experiment will die Europäische Weltraumagentur ESA die Venus-Atmosphäre und ihre 20 km dicke Wolkendecke untersuchen, um Rückschlüsse auf die Entwicklung des Klimas auf der Erde zu ziehen. Zwei Schweizer Firmen mischen an Bord mit: Die Contraves Space besorgte die Nutzlastverkleidung, die St. Galler Fisba Optik die anspruchsvollen optischen Komponenten für die neu entwickelte Venus Monitoring Camera, welche den Planeten im ultravioletten, sichtbaren und infraroten Bereich abbildet.

Optik vom Feinsten

Wo Optik höchsten Ansprüchen genügen soll, kommt meist die 400 Köpfe zählende Fisba Optik AG in St. Gallen zum Zug. Das im Jahr 1957 gegründete Unternehmen entwickelt optische Systeme von der Optik über funktionelle Mechanik bis zur Steuerungssoftware, liefert vom einfachen Objektiv über Laser-Scan-Objektive bis zur Ausstattung von Raumfahrt-Satelliten mit optischen Sensoren. Doch im Optikmarkt wird mit harten Bandagen gekämpft. Um an vorderster Front zu bleiben, heisst es, stets mit cleveren Ideen eine Nasenlänge voraus zu sein.

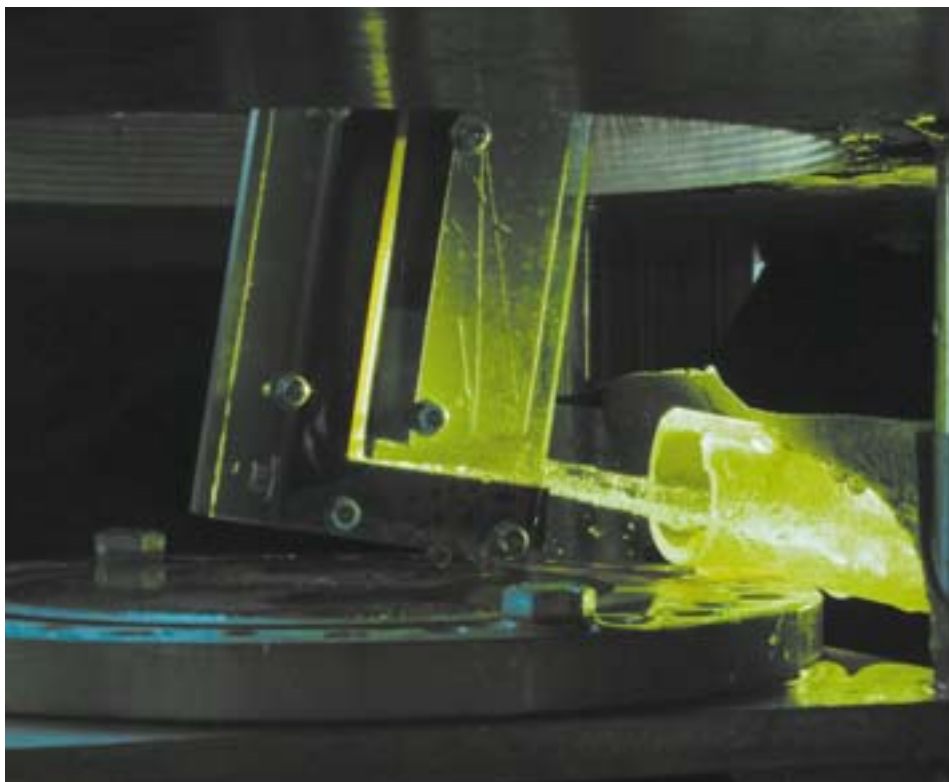
Eine solch clevere Idee hatte der Physiker Oliver Föhnle, als er an der Delft University of Technology seine Doktorarbeit schrieb. Ihm fiel auf, dass die optische Industrie zwei Bearbeitungsschritte benötigte. Zuerst das Formkorrigieren (Shaping) bereits polierter Opti-



Laseraufbau am Institut für Thermo- und Fluid-Engineering der FHNW Windisch, der der Visualisierung der Partikelbahnen diene.

ken, dann das Auspolieren (Polishing) fein geschliffener Optiken. Inspiriert durch die abrasive Wasserstrahltechnologie schwebte ihm ein neuartiger Prozess zum kinetischen Polieren sphärischer und asphärischer Glasoberflächen vor, das so genannte Fluid Jet Polishing (FJP). Dazu leitet man eine Suspension mit einem Druck zwischen 3 und 20 bar durch eine Düse auf die Oberfläche des Werkstücks. Da es dabei praktisch zu keinem Werkzeugverschleiss kommt, bestimmen einerseits geometrische Parameter wie Umriss der Düse oder Orientierung des Strahls den abrasiven Prozess, andererseits Suspensionsparameter wie Partikelgrösse, Masse und Geschwindigkeit. Damit sollte eine sehr grosse Abtragungsdynamik erreichbar sein, was erstmals Arbeitsgänge vom Schleifen bis zum Feinpolieren ohne Werkzeugwechsel in Reichweite rückt – ein Novum in der Optik-Produktion.

Als Oliver Föhnle zur Fisba Optik AG in St. Gallen stiess, war diese sehr interessiert an seinem Konzept. Erste Versuche fanden in den Fisba-Labors statt. Als erwiesen war, dass das Konzept funktionierte, suchte sich der Forscher einen kompetenten Partner, um seine Idee umzusetzen. In wissenschaftlichen Beiträgen stiess er auf Professor Kurt Heiniger, der an der Fachhochschule Nordwestschweiz in Windisch das Schweizerische Kompetenzzentrum für Wasserstrahltechnologie (SKWT) betreut und das Institut für Thermo- und Fluid-Engineering leitet. Dieser war sofort fasziniert vom FJP-Prinzip. Zusammen mit der Satisloh AG, einem führenden Optikmaschinenhersteller, und der MVT AG in Nidau, Produzent von Hochleistungsdüsen, initiierte er ein Projekt, das von der KTI, Förderagentur für Innovation, unterstützt wurde.



Partikelverfolgung während dem Fluid Jet Polishing (FJP). Für die Visualisierung der Partikelbahnen mit pulsierender Laser-Strömungstechnik färbte das Projektteam die Originalpartikel mit einem neu entwickelten Prozess fluoreszierend ein.

Optimale Düsengeometrie

Zuerst ermittelten die Projektpartner den Stand der Technik von Polierverfahren für Highend-Optiken, übernahmen das bereits in der Fisba Optik erarbeitete Know-how und entwickelten den Grundprozess für das duktile Polieren von Glas mit Wasserstrahltechnik. Danach galt es, die geeignete Suspension für die Abrasivteilchen zu finden, homogen und frei von Verunreinigungen. Das Kernteam testete verschiedene Behälter für die Poliersuspension (Slurry) für eine möglichst gleichmässige Verteilung der Abrasivpartikel und untersuchte Pumpen auf ihre Eignung für die Suspensionsförderung. Darauf ermittelte es den Einfluss der im System eingebauten Filter auf Partikelagglomerationen, um Oberflächenbeschädigungen zu verhindern. Eine der Hauptaufgaben galt der Analy-

se von Transportprozessen der 1 µm grossen Abrasivstoffe in der Suspension bis zum Auftreffen auf dem Glas. Dann erforschten sie optimale Suspensionsparameter für spezifische Oberflächen, abhängig von den physikalischen und chemischen Oberflächeneigenschaften des zu bearbeitenden Materials. Die Ingenieure analysierten verschiedene Gläser und bearbeiteten sie mit Suspensionen, die sich in Abrasivmittel und -konzentration, pH-Wert und Viskosität unterschieden. Ebenso beobachteten sie mit dem Rasterkraftmikroskop (AFM), wie sich die Partikel während der Bearbeitung veränderten.

Die Simulation unterschiedlicher Düsengeometrien mit Computational Fluid Dynamics (CFD) erlaubte, optimale Düsengeometrien festzulegen und über Erosionsmodellierungen die Abtragungsverteilungen

qualitativ vorherzusagen. Dies führte zu neuen Düsenformen, bei denen die Poliersuspension nicht mehr als Strahl auf das Werkstück spritzt, sondern mit kleinen Arbeitsabständen zwischen Düse und Glas zu einem radialen Austritt gezwungen wird. Diese Bearbeitungsweise, der so genannte Jules-Vernes-Prozess, hat den Vorteil, dass durch die radiale Ausströmung grosse Rauigkeiten schnell eliminiert werden, ohne die Form des Werkstücks zu verändern. Dies eröffnet dem FJP-Verfahren vollkommen neue Perspektiven.

Im Blickpunkt stand ebenso die mikroskopische Interaktion zwischen Partikeln und Werkstück während dem Polierprozess. Dazu visualisierte die Crew mit einem speziellen Teststand das Verhalten von Kavitationsblasen in der strömenden Flüssigkeit. Sie charakterisierte die erzeugten Oberflächen mit AFM und berechnete die einzelnen Partikelbahnen in den Strömungsfeldern. Ein Versuchsaufbau diente zur Visualisierung dieser Partikelbahnen mit pulsierender Laser-Strömungstechnik. Dafür färbten die Forschenden die Originalpartikel mit einem neu entwickelten Prozess fluoreszierend ein.

Kompetenz durch Teamwork

Während dem Projektablauf standen Kurt Heiniger und seine beiden Assistenten an der Fachhochschule Windisch in engem Kontakt mit den Partnern in St. Gallen, wobei die theoretischen Analysen aus den Fachhochschul-Labors sofort in den Maschinen der Fisba-Forschungslabors umgesetzt und getestet wurden. Abschliessend erstellte das SKWT-Team eine ausführliche Projektdokumentation als Unterstützung für den Know-how-Transfer von der Hochschule zum Industriepartner.

Inzwischen konnten die Projektpartner die Erkenntnisse der Prozessentwicklung in den Prototyp einer Poliermaschine implementieren und als Prototyp testen. Ein Gerät ist bei der Fisba Optik AG in Betrieb. Der im KTI-Projekt erzielte Technologiesprung ist beachtlich. «Klassische Poliermethoden ba-

sieren auf dem Festkörperkontakt zwischen Polierwerkzeug und Werkstück, was zu Wärmeproduktion und Werkzeugverschleiss führt», so Kurt Heiniger. «Die Herstellung von Optiken mit einer Formgenauigkeit besser als 60 nm PV und einer Oberflächenrauigkeit von 1 nm rms erfordert jedoch ein konstantes Werkzeug ohne Werkzeugverschleiss.» Die FJP-Methode schliesst eine Marktlücke. «Die Chancen stehen gut, denn

MRF (Magneto-rheological finishing). Im Polieren mit magneto-rheologischem Fluid geschieht der Abtrag durch eine Relativbewegung zwischen dem Werkstück und einer durch ein Magnetfeld geformten und viskosierten Polierflüssigkeit. Diese kommt in der Maschine auf ein rotierendes Rad und formt sich durch ein starkes Magnetfeld zu einem Wulst, in welchen das Werkstück eingetaucht wird. «MRF ist zwar sehr verbreitet, wird je-

Gastdozent an der Delft University of Technology und in der dortigen Optics Research Group aktiv ist. «Wir glauben jedoch, dass wir mit unserer Forschung einen substanziellen Vorsprung haben, der mit zwei Patenten abgesichert ist.» Die Konkurrenz scheint der Fisba Optik AG keine Angst einzuflöschen, denn sie setzt bewusst auf Innovation. Dabei zählt Oliver Fähnle voll auf verlässliche Partner wie die KTI. Er hofft, dass sie ihm bei der Finanzierung einer Machbarkeitsstudie für den Einsatz von FJP bei Saphir und speziellen Keramiken hilft, was wiederum neue Applikationen erschliessen dürfte. «Wir brauchen Unterstützung seitens der Fachhochschulen wie von Kurt Heiniger, der kompetent ist und den Druck kennt, unter dem die Industrie arbeiten muss. Ohne die unbürokratische und marktorientierte Unterstützung der KTI könnten wir uns als kleine Firma technologische Entwicklungen wie den FJP-Fertigungsprozess nicht leisten.» ■

* *Elsbeth Heinzelmann, Journalistin Technik und Wissenschaft*

Informationen:

Schweizerisches Kompetenzzentrum für Wasserstrahltechnologie

www.skwt.ch

Fisba Optik AG, St. Gallen

www.fisba.ch

Das Projekt wurde unterstützt durch die KTI, die Förderagentur für Innovation

www.kti-cti.ch

«Ohne die Unterstützung der KTI könnten wir uns als kleine Firma Entwicklungen wie den FJP-Fertigungsprozess nicht leisten.»

es besteht eine wachsende Nachfrage nach einem berührungslos arbeitenden Polierprozess, nicht nur für die Glasbearbeitung. Zudem hat unser Bearbeitungsprozess Potenzial für weitere attraktive Anwendungen.»

Neue Anwendungen in Reichweite

Positive Bilanz zieht ebenso Oliver Fähnle. «Das entwickelte FJP-Verfahren eignet sich besonders auch für die Bearbeitung von Asphären, also Linsen oder Spiegel, die von der Kugelform abweichen. Mit Asphären lassen sich zwar Abbildungsfehler reduzieren, aber sie sind schwieriger zu bearbeiten als Sphären, was bisher die Fertigungskosten massiv in die Höhe trieb.» Asphärische Linsen liegen im Trend, sei es für Optiken in der Medizintechnik, von Digitalkameras und -projektoren oder Camcordern. Sie bieten nicht nur eine bessere Abbildungsqualität und eine höhere Auflösung: Da eine einzelne Asphäre mehrere sphärische Linsen ersetzen kann, wird die Optik kleiner und leichter. FJP eignet sich ebenso für die Fertigung hoch energetischer Laser und Optiken für den Weltraum, also überall dort, wo der Platz beschränkt ist.

Den Vergleich mit anderen Technologien braucht FJP nicht zu fürchten. Im Einsatz stehen heute die Bearbeitung mit Ionen oder

doch hauptsächlich eingesetzt, um die Form bereits polierter Oberflächen zu korrigieren», erklärt Oliver Fähnle. «Mit FJP lassen sich dagegen zusätzlich fein geschliffene Glaskörper auf eine mittlere Rauigkeit von 1 bis 2 nm rms auspolieren.»

Wettbewerbsvorsprung dank Innovation

Mittlerweile ist die Fisba Optik AG nicht mehr die einzige, die auf FJP setzt. «Forscher an der autonomen Universität von Mexiko, dem Institute of Applied Physics (TNO) in Delft, der Osaka University in Japan sowie zwei Gruppen in China experimentieren derzeit mit FJP», bestätigt Oliver Fähnle, der als

STZ-Serie: Produktionsstandort Schweiz

Immer wieder geistern Hiobsbotschaften durch die Medien: Schweizer Grosskonzerne bauen massiv Stellen ab, verlagern Produktionseinheiten und zunehmend Forschungslabors in Niedriglohnländer. Dass die Schweiz 2,5-mal mehr im Ausland investiert als das Ausland in der Schweiz, ist ebenfalls bedenklich. Doch es gibt Vorzeigebispiele, wie man mit Produkten hoher Wertschöpfung auf Schweizer Boden durchaus erfolgreich fertigen kann. Mit der Reportage über die Fisba Optik schliesst die Serie von Swiss Engineering STZ über erfolgreiche Firmen am Produktionsstandort Schweiz.