

Sonderausgabe Februar 2012

L A S E R
TECHNOLOGIE
F O R U M

LASER

Entwicklung und industrielle Anwendung
zum 70. Geburtstag von Berndt Zingrebe

Titelbeitrag

- 2 »Wachstum in der
Optik-Industrie«

Interviews mit Berndt Zingrebe

- 6 »Mit Marktpräsenz
und Innovationen«
10 Beharrliche Präzision

Laseroptik

- 4 Optische Systeme für
Laserapplikationen
13 Den Fokus im Blick



»Wachstum in der Optik-Industrie«

Die Produktion optischer Linsensysteme läuft auf vollen Touren. Darüber berichtet Berndt Zingrebe, Geschäftsführender Gesellschafter des Unternehmens Sill Optics GmbH, Wendelstein, in einem Interview mit LASER-Chefredakteur Wolfgang Klinker.

Herr Zingrebe, vor einem Jahr sprachen wir über die VISION als Gradmesser für die Einschätzung der wirtschaftlichen Situation. Welche Eindrücke haben Sie von der VISION 2011 mitgenommen?

Zingrebe: Unser Unternehmen war bei der VISION 2011 wiederum Aussteller, und wir haben in diesem Jahr weitaus mehr Besucher an unserem Stand registriert, als im vergleichsweise guten Vorjahr. Die Gesamtsituation der Messe würde ich als hervorragend einschätzen. Auf unserem Stand im Eingangsbereich der Halle 4 war bereits kurz nach Messebeginn richtig viel zu tun. Wir hatten auch Gelegenheit, unsere Bestandskunden an deren Messeständen zu sprechen und haben dabei festgestellt, dass viele Aufträge, die sich vor der Messe schon abzeichneten, nunmehr konkret sind.

Mit der »Medical Discovery Tour« hat der Messeveranstalter einen neuen Schwerpunkt gesetzt. Helfen solche Themen einer Messe weiter, die doch sehr stark auf die Industrie und deren Anwendungen fokussiert war?

Zingrebe: Für Sill Optics gibt es bislang noch keine Berührungspunkte mit diesem Schwerpunkt, und auch unsere Kunden haben ebenfalls bislang noch keine Aktivitäten in Richtung Medizintechnik gezeigt.

Nun wurde gerade in diesem Jahr der Vision Award an das österreichische Institut AIT verliehen für eine Optikentwicklung, die in der Zahnmedizin zur präzisen 3D-Modellierung von Zahnersatz verwendet werden kann. Muss sich Ihr Unternehmen jetzt auch auf die Entwicklung und Fertigung von optischen Miniatursystemen einstellen?

Zingrebe: Selbstverständlich sind solche



Berndt Zingrebe, Geschäftsführender Gesellschafter des Unternehmens Sill Optics GmbH, Wendelstein.

Entwicklungen interessant und führen zu der Überlegung, ob man in diese Bereiche gehen soll. Andererseits sind wir komplett ausgelastet und müssen unsere Betriebsstätte in Wendelstein sowohl vom Raumangebot her als auch hinsichtlich des Maschinenparks erheblich erweitern. Die Entwicklung von Sill Optics erfolgte eigentlich mehr von Großlinsensystemen ausgehend. Wir sind allerdings schon mit der Herstellung von Kleinstlinsen befasst, haben dazu entsprechende Maschinen im Einsatz, und wir bestreiten damit einen interessanten Teil unseres Umsatzes. Wir können heutzutage schon bis – 2,2 im Radius und 3 mm im Durchmesser realisieren. Aber Endoskopie-Optiken sind nicht unser Bereich.

Herr Zingrebe, wir haben zuletzt häufiger einmal nach Asien »gesehen« mit Blickrichtung auf den technologischen und ökonomischen Wettbewerb. Wie schätzen Sie die derzeitige Situation ein?

Zingrebe: Mit dem Blick nach Asien verbinde ich in erster Linie den Bedarf an hochwertigen Schleifmitteln sprich »Seltene Erden«. Diesbezüglich hat es eine enorme Verknappung gegeben, was eine Preissteigerung von etwa 300 % bewirkte. Im Branchenverband Spectaris werden zurzeit Überlegungen angestellt, wie man dieser Situation begegnen kann.

Damit rückt die Umsatzentwicklung Ihres Unternehmens in den Blickpunkt. Wie verläuft denn das aktuelle Wirtschaftsjahr?

Zingrebe: Im Wirtschaftsjahr 2011 haben wir eine hervorragende Entwicklung erlebt, es wird mit einem Umsatz von über 18 Mio. EUR das beste Jahr von Sill Optics überhaupt. Wir haben andererseits aber auch sehr viel investiert in den Erweiterungsbau und in neue CNC-Bearbeitungsmaschinen. Hierbei hat das Umsatzwachstum in diesem Jahr dazu beigetragen, die Investitionen auf gesunde Füße zu stellen.

Welche Vorteile erwarten Sie?

Zingrebe: Der Erweiterungsbau umfasst eine zusätzliche Nutzfläche von 1.700 m². Im Detail werden wir in einer großen Halle unsere Drehmaschinen aufstellen. Ferner werden wir im Erweiterungsbau die neuen CNC-Maschinen zur Bearbeitung von Asphärenoptiken mit der amerikanischen QED-Technologie aufstellen. Des Weiteren werden wir dort ein neues Personalzentrum einrichten. Der Erweiterungsbau soll im kommenden Sommer bezogen werden.



den, dass aber die Kompetenz unseres Unternehmens hinsichtlich der Bearbeitung von Asphärenoptiken bleibt. Und dann ist die Anschaffung spezieller CNC-Maschinen absolut berechtigt. Wir haben uns immerhin auf unsere Fahnen geschrieben, dass wir Präzisionsasphären realisieren.

Über die Positionierung Ihres Unternehmens in der Metropolregion Nürnberg haben wir früher schon mal gesprochen.

Nun ist es ja erforderlich, bei

der Spezialisierung in der optischen Industrie genügend Fachkräfte für sämtliche Unternehmensbereiche zu finden. Ist das so einfach möglich?

Zingrebe: Unser Unternehmen hat sich traditionell in der beruflichen Erstausbildung engagiert, wir beschäftigen zurzeit 22 Auszubildende. Die Ingenieure, die wir benötigen, kommen von verschiedenen Hochschulen der Region, z. B. aus Deggendorf. Die Physiker studieren beispielsweise in Würzburg oder Regensburg. Wenn es um Projekt- oder Diplomarbeiten geht, arbeiten wir mit den FHs der Region zusammen.

Herr Zingrebe, vielen Dank für das Gespräch!

KONTAKT

Sill Optics GmbH & Co. KG
www.silloptics.de

Welche F&E-Aktivitäten sind derzeit bei Sill Optics relevant?

Zingrebe: Sill Optics ist dabei, sich an verschiedenen, europaweit ausgeschriebenen Forschungsprojekten zu beteiligen und in Verbänden mitzuarbeiten. Wir haben mit Frau Dr. Annette Walter eine Projektmanagerin, die unsere Interessen und Aktivitäten koordiniert und mit den jeweiligen Projektpartnern abstimmt.

Nun hat Sill Optics in der Vergangenheit bereits interessante Systementwicklungen für die Laserbranche gemacht, beispielsweise war man beteiligt an der Realisierung der wasserstrahlgeführten Bearbeitungsoptik. Gibt es derzeit ähnliche Projekte?

Zingrebe: Wir sind zurzeit damit be-

schäftigt, die wasserstrahlgeführte Bearbeitungsoptik kleiner zu machen. Ziel ist dabei die Reduzierung mechanischer Einflussgrößen. Das bedeutet für uns, dass wir für die Module kleinere Optiken entwickeln müssen, um eine bessere Effizienz des Laserstrahls zu ermöglichen.

Herr Zingrebe, Sie erwähnten die Anschaffung spezieller CNC-Maschinen für die Bearbeitung von Asphärenoptiken. Verlangen Ihre Kunden, dass Sill Optics in solche Maschinen investiert?

Zingrebe: Sill Optics ist ein sehr bekannter OEM-Hersteller. Wenn unsere Kunden uns mit bestimmten Targets beauftragen, dann müssen wir auch klarstellen, ob wir das realisieren können oder nicht. Wir beliefern ja auch nicht nur einen Kunden. Des Weiteren kommt hinzu, dass sich zwar die asphärischen Optiken allesamt unterschei-



Optische Systeme für Laserapplikationen

Um den Laserstrahl brillant und effizient nutzen zu können, sind entsprechende Optiken erforderlich. Zu den Neuheiten gehören beispielsweise Vollquarzlinsensysteme für die Solarzellenproduktion, Strahlaufweiter sowie telezentrische Objektive.

Der Einsatz von Lasersystemen in der Solarzellenindustrie ist wahrscheinlich die Lösung zu einer kostengünstigen Fertigung und zur Steigerung der Effizienz. Im besonderen Fokus stehen die Dünnschichtzellen. Die materialsparende Dünnschichttechnologie, die in den vergangenen Jahren immer weiter entwickelt wurde und inzwischen Schichten von weniger als 1 µm Dicke erlaubt, verspricht enorme Kostenvorteile. Weitere Vorzüge der Dünnschichtmodule sind ein ausge-

zeichnetes Schwachlichtverhalten, sowie ein hervorragender Temperaturkoeffizient, der den sinkenden Wirkungsgrad einer Solarzelle bei steigender Umgebungstemperatur beschreibt. Der Laser als berührungsloses Werkzeug minimiert zudem das Bruchrisiko bei der Bearbeitung der spröden Wafer. Als Trend ist zu sehen, dass die Wafergröße über die 156 mm hinaus zu 210 mm gehen wird. Sill Optics kündigte an, auch für diese Wafergröße passende F-Theta Objektive anzubieten. Die Brennweite liegt dann bei 330 mm. Es sind Versionen für 355 nm, 532 nm und 1.064 nm im Angebot. Um die Anpassung des Laserstrahl-



Der neue Strahlaufweiter der Serie Alpha ist für große Laserstrahldurchmesser vorgesehen.

Jeder handelsübliche Laser kann so an die verwendete F-Theta Optik angepasst werden. Alle Optiken verwenden selbstverständlich Quarzlinsen mit absorptionsarmer Hochleistungsvergütung, um die guten Strahlqualitäten des Lasers auf den gewünschten Punkt zu bekommen.

Aufweitung für den Laserstrahl

Der neue Strahlaufweiter der Serie Alpha (Absorption Low Plus High Aper-



F-Theta Objektiv für die Solarzellenproduktion. Alle Abb.: Sill Optics



Telezentrische F-Theta Objektiv mit einer Brennweite von 32 mm für typische Scan-Systeme.



Zwei neue telezentrische Objektiv erweitern die erfolgreiche Compact T Serie.

zeichnetes Schwachlichtverhalten, sowie ein hervorragender Temperaturkoeffizient, der den sinkenden Wirkungsgrad einer Solarzelle bei steigender Umge-

durchmessers für diese anspruchsvollen Anwendungen zu ermöglichen, bietet Sill Optics entsprechende Teleskope an. Es stehen für die Wellenlängen 355 nm, 532 nm und 1.064 nm verschiedene Aufweitungsfaktoren von 1,0x bis 20x zur Verfügung.

ture) ist für große Laserstrahldurchmesser mit Linsen aus Quarz vorgesehen. Der kollimierte $1/e^2$ Strahldurchmesser, den Hochleistungsfaserlaser normalerweise zur Verfügung stellen, liegt im Bereich von 6 mm bis 9 mm, d. h. der Gesamtstrahldurchmesser kann bis 18 mm betragen. Eine Begrenzung dieses

Zum Beitrag
Der Beitrag bezieht sich inhaltlich auf Veröffentlichungen der Sill Optics GmbH, Wendelstein.

Strahls auf einen kleineren Durchmesser würde einen messbaren Leistungsverlust zur Folge haben und den Strahlaufweiter aufheizen oder beschädigen. Die neuen Strahlaufweiter von Sill Optics sind mit Aufweitungsfaktoren von 0,8 bis 3,0 verfügbar, die freien Aperturen bewegen sich im Bereich von 16 mm für den 3,0-fach bis zu 24 mm für den 1,1-fach Aufweiter.

Die Strahlaufweiter arbeiten unter nominellen Bedingungen beugungsbegrenzt und kommen trotzdem mit nur 2 Linsen aus. Dies kommt der Transmission besonders bei der Verwendung von Hochleistungslasern zugute.

Speziell hierfür bietet Sill Optics auch eine absorptionsarme Antireflexvergütung an, die für den Bereich von 1.030 nm bis 1.090 nm optimiert ist.

Die Divergenzeinstellung mit hoher Lagestabilität erlaubt eine exakte Einstellung der Kollimation, oder eine gezielte

Fokussierung oder Defokussierung. Es existiert kein interner Fokus durch das verwendete Galileische Design, die Bauform ist entsprechend kompakt.

Objektive für Scanner-Anwendungen

Sill Optics wird eine Serie von telezentrischen F-Theta Objektiven mit einer Brennweite von 32 mm verfügbar machen. Mit typischen Scan-Systemen sind bei beiden Objektiven Feldgrößen von 5,5 mm x 5,5 mm möglich. Die Spotvariation im gesamten Feld ist kleiner als 10 %.

Nimmt man einen $1/e^2$ Strahldurchmesser von 10 mm an, ergibt sich für die 532-nm-Version ein mittlerer Spot von etwa 3,2 μm , bei der 1.064-nm-Version sind es circa 6,4 μm . Diese Berechnung ist für einen idealen Laser mit einem $M^2 = 1$ gültig.

Telezentrische Kompaktheit

Sill Optics erweitert seine erfolgreiche Compact T Serie um zwei weitere telezentrische Objektive. Bei einem Abbildungsmaßstab von 0,7x und 1,02x sind beide Modelle für 1“-Bildsensoren (16 mm Diagonale) geeignet. Die Austauschbarkeit mit anderen Objektiven der Compact T Serie ist durch den gleich bleibenden Arbeitsabstand von 92 mm gewährleistet.

Die Objektive werden mit C-Mount-Anschluss ausgeliefert, sind aber auf Wunsch auch mit M42x1 sowie mit integrierter koaxialer Beleuchtung erhältlich.

KONTAKT

Sill Optics GmbH
www.silloptics.de

Neue Scan-Objektive für 1.064 nm



mm großen Bildfeldes. Ein neues F-Theta Objektiv mit einem größeren Bildfeld ist das S4LFT4254/126. Es hat eine Brennweite von 254 mm und ist für einen 20 mm Strahl beugungsbegrenzt. Dieses Objektiv erweitert die Produktlinie der Objektive mit 254 mm Brennweite. Die Bildfeldgröße der neuen Optik beträgt 180 mm x 180 mm. Mit einem Außendurchmesser von 59 mm und einer Baulänge von 36 mm, eignet sich das S4LFT0063/126 für Hochgeschwindigkeits-Scan-Systeme mit kleinen Aperturen. Die Brennweite der Optik ist 63 mm, womit mit einem Strahldurchmesser von 8 mm ein 35 mm x 35 mm großes Bildfeld erreicht wird.

Eine breite Produktpalette von F-Theta Objektiven für die verschiedensten Anwendungen bietet Sill Optics an. Das F-Theta Objektiv S4LFT3163/126 überbrückt eine Brennweite von 163 mm, aber für unterschiedliche maximale Strahldurchmesser optimiert. Mit einem 15 mm Strahl erzeugt die neue Scan Optik einen beugungsbegrenzten Spot innerhalb eines 120 mm x 120

F-Theta Objektiv verfügt über ein großes Scanfeld



Das neu entwickelte telezentrische F-Theta Objektiv S4LFT0220/121 von Sill Optics verfügt über die maximale Scanfeldgröße von 139 x 139 [mm]. Es wird die Verwendung eines typischen XY-Galvoscaners mit 10 mm Apertur angenommen. Innerhalb eines Feldes der Größe 130 x 130 [mm] ist die Variation der Fokusgröße kleiner als ca. 8 %, unter der Annahme, dass der Laserstrahl bei

10 mm und $1/e^2$ abgeschnitten wird. Der maximale Telezentriefehler von nur etwa 1° bewirkt einen runden Fokus, was für anspruchsvolle Anwendungen z. B. im Bereich Solartechnik von Vorteil ist. Die verwendeten Glassorten haben eine hohe Transmission um nichtlinearen Effekten, wie thermische Linsenbildung oder Selbstfokussierung, vorzubeugen. Es gibt keine internen Rückreflexe im Linsensystem, besonders an den empfohlenen Spiegelpositionen. Das Objektiv ist optional mit einem Schutzglas erhältlich.

KONTAKT

Sill Optics
www.silloptics.de

»Mit Marktpräsenz und Innovationen«

Die weltweite Finanzkrise hatte zum Teil dramatische Auswirkungen auf viele Industriebranchen, auch auf die Optische Industrie. Umso bemerkenswerter ist es daher, dass von den Fachmessen Optatec und Vision aufgrund der Innovationspower und anderer Rahmenbedingungen viel Positives gemeldet wurde. LASER hat nachgefragt bei Berndt Zingrebe, Geschäftsführender Gesellschafter von Sill Optics und profundem Insider. Zingrebe antwortet im Interview mit Chefredakteur Wolfgang Klinker auf Fragen zur Branche, zur Innovationstätigkeit und der Auslastung der Produktionskapazitäten.

Herr Zingrebe, nach den zwei großen Branchenmessen Optatec und Vision 2010 wurde berichtet, dass es der Optischen Industrie eigentlich sehr gut gehe. Sill Optics hat sich an beiden Messen als Aussteller beteiligt. Wie beurteilen Sie denn die gegenwärtige Situation der Optischen Industrie, welches Fazit ziehen Sie zum Abschluss des Jahres 2010?

Zingrebe: Der Optischen Industrie geht es inzwischen wieder besser, jedenfalls mehr oder weniger. Die Optatec war angesichts der noch schwierigen Zeit eine durchaus positive Überraschung. Dazu trug selbstverständlich aus unserer Sicht auch bei, dass wir sehr viele Kontakte innerhalb der Ausstellergruppe haben. Man muss allerdings auch berücksichtigen, dass sich bei der Optatec ein programmatischer Wandel abzeichnet, der weniger von den optischen Komponenten als vielmehr vom Lösungsgeschäft bestimmt wird, z. B. von der Optischen Messtechnik bzw. den Anbietern von Maschinen.

Die Vision in Stuttgart war einfach phantastisch, es war die beste Vision, die wir bisher hatten. Die Besucherzahl und die zustande gekommenen Kontakte waren sehr gut. Für uns hat sich auch bestätigt, dass die öffentliche Wahrnehmung unseres Unternehmens durch Anzeigen in Fachzeitschriften und Messeauftritte erfolgreich ist.



Berndt Zingrebe ist Geschäftsführender Gesellschafter der Sill Optics GmbH, Wendelstein.

Neben der qualitativen Bewertung geht es ja auch um die Quantität: Konnte Sill Optics Aufträge buchen bzw. Kontakte gewinnen, die in Aufträge münden?

Zingrebe: Auf solchen technischen Messen schreiben wir als Komponenten Hersteller kaum direkte Aufträge. Aber wir schaffen es, sowohl durch bestehende Kontakte als auch durch neue Kunden-Kontakte zu Aufträgen zu kommen. Wesentlich dabei ist der Umstand, dass wir mit sehr vielen Lösungsanfragen konfrontiert werden, und durch entsprechende Lösungsangebote kommt es dann auch zu Aufträgen.



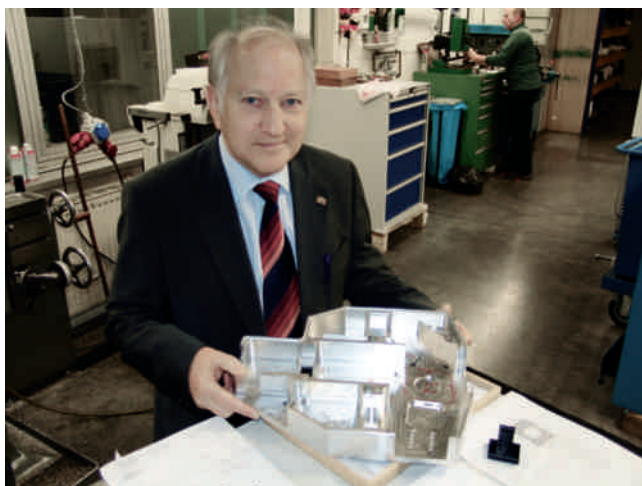
Telezentrische Objektive für die Bildverarbeitung.

Welche Auswirkungen hatte die Finanzkrise für Ihr Unternehmen?

Zingrebe: Die Finanzkrise hatte unterschiedliche Auswirkungen, auch bei Sill Optics. Wir haben Umsatzeinbrüche bei den Maschinenherstellern erlebt in vergleichbarer Relation wie es die Maschinenhersteller selber getroffen hat. Aber wir haben auch Kunden aus anderen Bereichen, die uns seit 40 Jahren die Treue halten und die in ihren Märkten keine Einbußen hatten. Da zeigte sich der Vorteil unserer Präsenz in vielen Bereichen, mit den diversen OEM-Kunden und meiner Strategie, diese Kunden langfristig zu binden und damit die Diversifikation im Hause hoch zu halten, was ja von vielen »Experten« abgelehnt wird.

Ihr Unternehmen ist relativ breit aufgestellt, d. h. es bedient verschiedene Abnehmermärkte. In welchem Bereich läuft es bereits wieder rund, welche Perspektiven zeichnen sich für die nahe Zukunft ab?

Zingrebe: Die gegenwärtige Situation ist bei Sill Optics gut, wir werden das Jahr 2010 mit einem Umsatz von rund 14,5 Mio. Euro abschließen. Im industriellen Unternehmensbereich der Sill Optics gibt es den Laser-Bereich mit den Produktfamilien Beam-Expander und F-Theta-Linsen sowie Linsen-Systeme für die Materialbearbeitung wie Bohren und Schweißen. Des Weiteren haben wir den Bereich »OEM-Komponenten und Messtechnik« und den Bereich der Industriellen Bildverarbeitung, für den wir Objektive liefern. Es läuft wieder in allen Bereichen gut, im Laser-Bereich



Berndt Zingrebe: »Sill Optics hat seine Fertigungskapazitäten für mehr als 15 Mio. Euro erweitert, zuletzt in vier neue CNC-Bearbeitungszentren.«

vielleicht etwas stärker aufgrund des wieder wachsenden Umsatzes der Laserbranche. Prototypen stellen wir für diverse Anwendungen her, wie für die IBV in der Prozesskontrolle, als auch in der Laserbranche, z. B. im Bereich der Photovoltaik. Die Signale unserer Kunden sind positiv für die Zukunft, und wir werden uns auch weiterhin auf deren Wünsche flexibel einstellen.

Welche Auslastung der Produktionskapazitäten ist gegeben? Welche Investitionsmaßnahmen wären alternativ notwendig?

Zingrebe: Die Auslastung unserer Produktion ist sehr gut, und wir fahren alle Maschinen im Zweischichtbetrieb. Sill Optics verfügt über 150 Maschineneinheiten, d. h. theoretisch haben wir für jeden Mitarbeiter einen Maschinenarbeitsplatz. Aber wir fertigen mittels so genannter Mehrspindelbedienung und sehr effektiven organisatorischen Abläufen. Unsere Fertigungskapazitäten wurden ja in der jüngeren Vergangenheit auf mehr als 15 Mio. Euro Umsatz ausgebaut und daher kann Sill Optics den Forderungen der Kunden entsprechen. Wir haben uns bei den Investiti-

onen zuletzt auf moderne Technologien konzentriert, z. B. für die gesamte Asphären-Produktion, die bei uns neu läuft. Des Weiteren haben wir die mechanische Fertigung mit vier neuen CNC-Bearbeitungszentren erweitert.

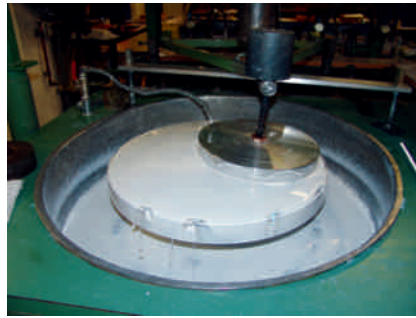
Die Fertigungstiefe von Sill Optics ist ein Standbein des Unternehmens, die Entwicklungstiefe ein weiteres. Wie ist es denn zurzeit mit der Wirtschaftlichkeit bestellt, insbesondere für Spezialitäten, welche die Laserbranche nachfragt?

Zingrebe: Unsere Entwicklungsarbeiten basieren zu etwa 80 % auf kunden-



**Starke Partner
auf dem erfolgreichen Weg !**





Berndt Zingrebe: »Wir produzieren ein weites Spektrum an Linsen, darunter auch die neu hinzugekommenen Asphärenlinsen.«
Rechts: Asphärenlinsen auf Haltern.
Mitte: Spezielle Messtechnik für Asphärenlinsen, die Sill Optics gemeinsam mit dem Maschinenhersteller entwickelt hat.



spezifischen Projekten und sind somit durch den Markt bestimmt. Somit handelt es sich um Entwicklungen für Kunden, um deren Produkthanforderungen zu realisieren. Unsere Kunden aus der Laserbranche verlangen z. B. Optiken für Hochleistungslaser, verlangen nach Quarzoptik, nach Beamshaper und anderem mehr. Wir entwickeln in Verbindung mit Schott die Bearbeitung des hochbrechenden Glases. Entwicklungstechnisch sind wir in vielen Bereichen engagiert.

Die Fertigungstiefe ist mein persönliches Anliegen und eine Spezialität der Sill Optics. Nach meinen Erfahrungen trägt eine große Fertigungstiefe dazu bei, dass gerade im Prototypenbau die Qualität hoch bleibt und die Lieferzeit sehr kurz wird. Zudem sind wir in der Lage, Änderungswünsche des Kunden unmittelbar umzusetzen und müssen diesbezüglich nicht auf die verlängerte Werkbank warten. Letztlich ist die Fertigungstiefe für Sill Optics ein Zeichen der Flexibilität.

Sind die hohen Entwicklungskosten für spezielle Objektive oder gar Bearbeitungsoptiken am Markt überhaupt durchsetzbar?

Zingrebe: Es kann durchaus zutreffen, dass manche Entwicklung für sich alleine nicht kosteneffizient wäre, würde es anschließend nicht zu entsprechender Produktion bzw. zu Aufträgen kommen. Wir sehen daher die Entwick-

lungsaufwendungen nicht alleine auf die Prototypen begrenzt, sondern auch auf die Umsetzung in Produktionsverfahren. Aber nochmals, wir entwickeln zu 80 % kundenspezifisch, und unsere Entwicklungsarbeit trägt dazu bei, dass wir neue, langfristige Kundenaufträge gewinnen.

Herr Zingrebe, in Ihrem Unternehmen wird sowohl die handwerkliche Tradition bewahrt als auch die Produktion mittels modernster CNC-gesteuerter Maschinen durchgeführt. In welche Richtung bewegen sich die Produktionsprozesse?

Zingrebe: Wir pflegen die handwerklichen Traditionen, nicht nur deshalb, weil es ein persönliches Anliegen von mir ist, sondern weil diese Fertigkeiten und Fähigkeiten manchmal für die Herstellung präziser Teile notwendig sind. Sill Optics bildet Fachkräfte aus, und das setzen wir auch fort. Aber Ausbildung und Investitionen gehen auch voll in die CNC-Technologie, die uns erhöhte Flexibilität bringt. Unsere Produktionsprozesse sind auf Hightech und Präzision und für kleine bis mittlere Stückzahlen ausgelegt. Dennoch, Sill Optics produziert keine Massenwaren. Mit unseren Maschinen können und wollen wir keinen Massenbedarf decken.

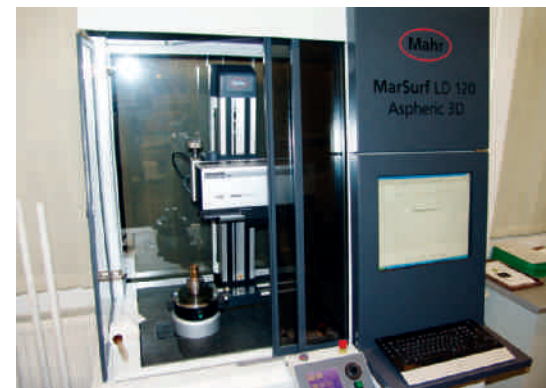
Werden bald auch in Ihrem Unternehmen gepresste Linsen produziert?

Zingrebe: Gepresste Linsen, die immer

wieder in die öffentliche Diskussion gelangen, wird es bei Sill Optics in naher Zukunft nicht geben, weil die zurzeit vorhandene Press-Technologie sehr speziell und nur für kleine Linsen anwendbar ist. Das Verfahren kann sich durchaus am Markt etablieren, und was Sill Optics in der Zukunft einmal machen wird, lässt sich derzeit nicht vorhersagen. Wir sind jedoch aktiv dabei, unsere Inhouse-Technologie zu verbessern und zu erweitern und haben uns dabei auf die Asphären-Herstellung konzentriert und in diese Präzisionstechnologie investiert.

Ein sehr wichtiger Bereich der Optischen Industrie ist die Qualitätskontrolle bzw. die Qualitätssicherung. Lässt sich der QS-Aufwand begrenzen, wenn mehr automatisierte Fertigung mittels Maschinen durchgeführt wird?

Zingrebe: Qualitätssicherung ist in allen Produktionsbereichen oberstes Gebot, nicht nur in der Optik. Sill Optics produziert daher Objektive für die Prozesskontrolle. Auch in der automatischen Massenfertigung hilft Optik »Made by Sill Optics« unseren Kunden,



die Produktions- bzw. QS-Kosten zu begrenzen. In unserer eigenen Fertigung haben wir keine Kontrollautomaten eingesetzt, obwohl wir auch unseren Kunden detaillierte Messprotokolle anbieten können. Aber selbstverständlich kontrollieren wir unsere Produktion entsprechend. Wir verwenden dazu hochwertige Messplätze und führen dort eine vollständige Qualitätskontrolle unserer Produkte durch. Die Vielfalt unserer Produkte erschwert jedoch eine automatische Qualitätssicherung.

Sie kennen sicherlich durch Ihr Wirken in der Metropolregion Nürnberg den Bedarf an Fachkräften in vielen Unternehmen. Wie sieht es bei Sill Optics aus?

Zingrebe: Das Gejammere über den Fachkräftemangel ist für mich ein rotes Tuch, denn aus meiner Sicht ist es eine Verantwortung des Unternehmers, dafür zu sorgen, dass er Fachkräfte selber für den hauseigenen Einsatz ausbildet. Wir haben bei Sill Optics in den letzten Jahren rund 40 Facharbeiter ausgebildet, und zurzeit befinden sich weitere 20 junge Menschen bei uns in der Ausbildung. Wir haben die Anzahl der Beschäftigten von 45 auf jetzt 145 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter erweitert, hauptsächlich durch eigene Ausbildungsanstrengungen. Selbstverständlich arbeiten wir auf der Ingenieursebene auch mit den nahen Fachhochschulen und Universitäten zusammen.

Welche Perspektiven für die persönliche berufliche Zukunft hätten nach Ihrer Einschätzung junge Menschen in der Optischen Industrie? Wäre es vielleicht sinnvoller, Produktion zu verlagern?

Zingrebe: Ich halte die Perspektiven sowohl für die Optische Industrie als auch für junge Leute für sehr gut, jedenfalls in unserem Umkreis, denn ich habe in meinem Unternehmen alle ausgebildeten Feinoptiker übernommen. Es ist nicht meine Intention, die Produktion ins Ausland zu verlagern. Unsere Philosophie ist es, nahe bei unseren Kunden zu sein, um mit neuen Entwicklungen und Prototypen die Marktnähe unserer Kunden zu unterstützen. Wir als Zulie-

ferer für OEM müssen daher schnell reagieren und auch für die neuesten Anforderungen eine Lösung anbieten können. Handlungsbedarf besteht meines Erachtens vielmehr auf anderer Ebene, z. B. bezüglich der Verknappung von Poliermitteln und Rohstoffen, die wir für die Produktionsprozesse benötigen.

Eine abschließende Frage: Beim Jahrtausendwechsel prognostizierten einige Persönlichkeiten, dass nun das Zeitalter der Photonik beginnen würde. Wie beurteilen Sie diese Erwartungshaltung?

Zingrebe: Aus meiner Sicht hat das Zeitalter der Photonik begonnen, und ich bin davon überzeugt, dass in Zukunft auch noch Revolutionäres geschehen wird. Ich gehe nicht davon aus, dass andere Technologien durch die Photonik substituiert oder außer Kraft gesetzt werden, aber es wird eine stärkere Durchdringung und Präsenz der Photonik in allen Bereichen geben. Für mich als Unternehmer geht es jedoch darum, mit Verantwortung für meine Mitarbeiter die Aufgaben zu sehen, die für uns entstehen und was für uns zu erarbeiten bleibt.

Die Ausarbeitung »Photonik des 21. Jahrhunderts« bezieht sich nur auf die Anwendung des Lichtes oder des Photons, sie sagt aber nichts über die Herstellung der dazu erforderlichen Produkte. Trotzdem, der dahin gehende Bedarf und die Zusammenarbeit mit unseren Kunden bestätigt die Nachfrage nach naher Präsenz der Hersteller mit eigener Entwicklung und Produktion. Wir werden weiterhin in den Produktionsstandort Sill Optics in Wendelstein investieren und planen einen Erweiterungsbau mit ca. 1.500 m², der es uns ermöglicht, den Forderungen unserer Kunden nach Entwicklung und Produktion von Hightech-Optik nachzukommen.

*Herr Zingrebe,
vielen Dank für das Gespräch.*

KONTAKT

Sill Optics GmbH
www.silloptics.de

**Optiken für
1.550 nm und 1.908 nm**

NEU!

- Scan Objektive
- Beamexpander
- Fokussieroptiken

Besuchen Sie uns!

SPIE 
Photonics West

24 - 26. 01. 2012
San Francisco / USA
South Hall / Stand 1639

www.silloptics.de
info@silloptics.de

Beharrliche Präzision

Dem Geschäftsführenden Gesellschafter Berndt Zingrebe gelang es, das Unternehmen Sill Optics mit sehr viel persönlichem Engagement und durch die Fokussierung auf Qualifikation, Motivation und Investitionen in modernste Entwicklungs- und Produktionskapazitäten zu einem führenden Akteur der Optikindustrie zu machen. Zingrebe, der vor wenigen Wochen sowohl seinen 65. Geburtstag als auch das 13-jährige Jubiläum als Unternehmer feierte, beantwortet im Interview mit LASER-Chefredakteur Wolfgang Klinker Fragen zur aktuellen Unternehmens- und Branchenentwicklung.

Herr Zingrebe, als bodenständiger Mittelständler aus Wendelstein bei Nürnberg sind Sie dennoch gut unterwegs, zuletzt noch auf der Photonics West in den USA. Lohnt sich der Aufwand?

Zingrebe: Die Präsenz auf den internationalen Marktplätzen ist für Sill Optics ungemein wichtig, und wir sind international auch sehr erfolgreich. Wir fertigen und liefern Linsen und Optische Systeme an über 550 Kunden in allen Kontinenten dieser Welt. Der heimische Markt ist zwar unser größter Umsatzträger, aber mehr als 40 % unseres Umsatzes wird durch den Export bestimmt. Sill Optics liefert über 1.000 Produkte, die wiederum aus über 11.000 Komponenten hergestellt werden. Mit einem solchen Portfolio muss man eng am Markt und den Kunden agieren.

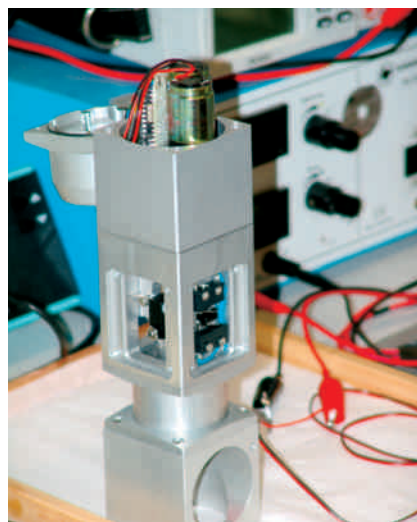
Welche Chancen hat denn ein Hersteller von präzisionsoptischen Produkten, der im Hochlohnland Deutschland entwickelt und fertigt?

Zingrebe: Nach meiner Einschätzung wird der Wettbewerbsdruck, insbesondere bei Massenwaren, zunehmen, wobei China eine führende Rolle einnehmen wird. Sill Optics ist jedoch nicht im Massenproduktbereich tätig: Wir haben es uns zum Ziel gemacht, unsere Kunden flexibel mit hochwertigen optischen Produkten zu beliefern. Wir haben ebenfalls festgestellt, dass viele unserer Kunden den direkten und kurzen Weg zu uns bevorzugen. Bestes Indiz hierfür ist das Wachstum im Binnenmarkt auf fast 60 Prozent, ohne dass vom Ergebnis her im internationalen Bereich Einbußen entstanden wären. Dort wachsen

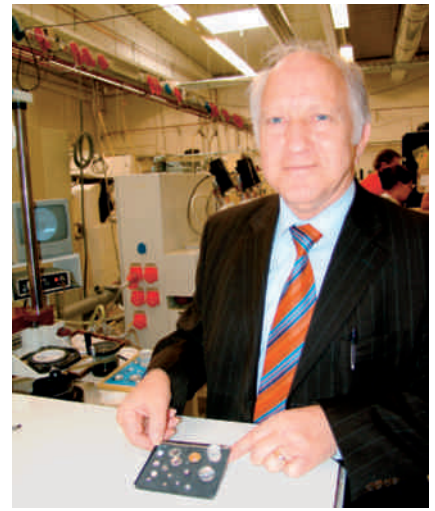
wir ebenfalls, jedoch mit geringerem Tempo, allerdings auf hohem Niveau.

Das Produktspektrum Ihres Unternehmens besteht ja nicht aus einfachen, sondern aus komplexen, beratungintensiven optischen Systemen. Welchen Beratungs- und Serviceaufwand müssen Sie dazu global anbieten?

Zingrebe: Sill Optics liefert keine optischen Endprodukte, sondern Objektive, die dann Bestandteil solcher komplexen Systeme werden. Das bedeutet, dass wir den Kunden zwar beraten, aber nicht der Servicepflicht unterliegen – diese erwächst dem OEM bzw. Systemhersteller. Dennoch spielen die Präzision und Qualität unserer Komponenten eine sehr wichtige Rolle. Das haben wir erkannt und uns deshalb in allen Stufen



Mechatronik Made by Sill Optics: Der Bearbeitungskopf für das Wasserstrahl-geführte Laserschneiden der Firma Synova AG.



Berndt Zingrebe: »Sill Optics fertigt durchschnittlich 1.100 Linsen pro Tag, 220.000 Linsen im Jahr. Wir fertigen mit modernsten CNC-Maschinen Präzisionslinsen von 4 mm bis 650 mm Durchmesser und Teil aus neuen Materialien bis 1.500 mm sowie Objektive für Laser und Bildverarbeitung bis 400 mm Durchmesser«.
Fotos: Klinker

der Realisierung hochwertiger optischer Komponenten entsprechend aufgestellt.

Wenn man berücksichtigt, dass Sill Optics im Jahr 2006 für den Laserbereich neue F-Theta Objektive und Quarz Linsensysteme sowie ein neues Teleobjektiv als Neuheiten am Markt präsentierte, dann handelt es sich wirklich nicht um einfache Linsen. Würden Sie diese Systeme als Endprodukte einstufen?

Zingrebe: Aus solcher Betrachtung schon, aber bezogen auf ein Lasersystem verschiebt sich die Perspektive. Nun muss auch berücksichtigt werden, dass wir langfristig mit Kunden zusammenarbeiten – mittlerweile beliefern wir die gesamte heimische Laserindustrie. Selbstverständlich pflegen unsere Experten einen fachlich intensiven Kontakt mit den Ingenieuren unserer Kunden, aber wir sind und bleiben immer der Hersteller der Objektive.

Welche Beispiele könnten Sie hierzu anführen?

Zingrebe: Nehmen wir das Wasserstrahl-geführte Laserschneiden, ein wahrhaftig komplexer Prozess: Sill Optics fertigt den Bearbeitungskopf einschließlich der optischen Komponenten,

aber letztendlich wird dieser Kopf von der Synova AG in die Schneidanlage eingebaut und nicht von uns. Wenn man nun die Entwicklungsleistung von Sill Optics richtig wieder geben will, dann muss man bilanzieren, dass hier in Wendelstein in jeder Woche mindestens ein neues Produkt entwickelt wird.

Nun gliedert Sill Optics ja das Portfolio in Produkte für den Laserbereich und Produkte für die industrielle Bildverarbeitung. Wo spielt eigentlich die Musik, welches Marktsegment führt?

Zingrebe: Mit den Produkten für den Laserbereich erwirtschaften wir derzeit etwa 50 % des Umsatzes. Der Anteil der Bildverarbeitung liegt bei 30 %, und jeweils etwa 10 % entfallen auf das OEM-Geschäft und die so genannte lose Optik. Bei der Bildverarbeitung besteht ein sehr spezieller Bedarf, daher ist mehr Entwicklungsaufwand erforderlich. Das ist sicherlich auch durch die Wettbewerbssituation mitbestimmt, obwohl wir in beiden Markt Bereichen sehr starken Wettbewerb haben. Allerdings muss man auch sehen, dass wir

mit unseren Telezentrischen Objektiven eine Nische der Bildverarbeitung bedienen, in der wir eindeutig vorne liegen.

Herr Zingrebe, nun muss man immer wieder hinterfragen, ob ein Unternehmen – bei dem geschilderten Aufwand – am Standort Deutschland erfolgreich sein kann?

Zingrebe: Sill Optics bekennt sich offen zum Standort Deutschland, und hierbei handelt es sich nicht nur um meine persönliche Einstellung, sondern es sind objektiv nachweisbare Gründe: Einerseits sind wir technologisch und marktgesteuert in Nischen aktiv, die eine hohe Spezialisierung voraussetzen. Andererseits erarbeiten wir uns die Kostenräume und damit die Margen, indem wir die Produktionskosten begrenzen und durch Hightech-Produktionsmittel die Quantität und Qualität im Griff haben. Sill Optics hat einen sehr hohen Facharbeiteranteil, der dazu beiträgt, diese Quantität und Qualität sowie die Flexibilität, die der Markt von uns verlangt, zu erreichen. Ich habe selbst in meinem Berufsleben Produktionsver-

Zum Unternehmen

Sill Optics GmbH & Co. KG hat im Geschäftsjahr 2006 einen Umsatz von 11,3 Mio. EUR erwirtschaftet mit 125 Mitarbeitern. In den letzten 5 Jahren wurden über 6 Mio. EUR in moderne CNC-Maschinen investiert. Zusätzlich wurden neue Vergütungs- und Reinraumkapazitäten aufgebaut. Derzeit entsteht am Standort Wendelstein ein Erweiterungsbau mit 2.000 m² Fläche für Verwaltung, Montage und Qualitätssicherung. Die Gesamtfläche beträgt dann 6.500 m².

antwortung in Südostasien erlebt und kann deshalb sagen, dass wir mit der Produktvielfalt dort nicht erfolgreich wären.

Nun könnte man unterstellen, dass Hightech-Produktionsmaschinen bereits eine tendenzielle Entkopplung von menschlicher Arbeitskraft und Produkten bewirken. Wäre das ein Grund, Fertigung zu verlagern in Länder mit günstigeren Standortfaktoren?

Zingrebe: Dann müssten Sie mir erst einmal eine Maschine zeigen, die Präzisionsoptik automatisch herstellt. Davon

Neue Strahlaufweiter für Hochleistungslaser



messer kann bis 18 mm betragen. Eine Begrenzung dieses Strahls auf einen kleineren Durchmesser würde einem deutlich messbaren Leistungsverlust zur Folge haben und den Strahlaufweiter aufheizen oder beschädigen.

Die neuen Strahlaufweiter sind mit Aufweitungsfaktoren von 0,8 bis 3,0 lieferbar, die freien Aperturen bewegen sich im Bereich von 16 mm für den 3,0-fach bis zu 24 mm für den 1,1-fach Aufweiter.

ALPHA (Absorption Low Plus High Aperture) ist die neue Strahlaufweiter-Serie für große Laserstrahldurchmesser mit Linsen aus Quarz von Sill Optics.

Der kollimierte 1/e² Strahldurchmesser, den Hochleistungsfaserlaser normalerweise zur Verfügung stellen, liegt zwischen 6 und 9 mm, d.h. der Gesamtstrahldurch-

KONTAKT

Sill Optics
www.silloptics.de

Vollquarzlinsensysteme in der Solarzellenproduktion



dass die Wafergröße über die 156 mm hinaus zu 210 mm gehen wird. Sill Optics wird auch hier F-Theta Objektive anbieten. Die Brennweite liegt bei 330 mm. Es sind Versionen für 355 nm, 532 nm und 1.064 nm im Angebot. Sill Optics bietet zur Laserstrahldurchmesseranpassung für diese anspruchsvollen Anwendungen entsprechende Teleskope an. Es stehen für 355 nm, 532 nm und 1.064 nm verschiedene Aufweitungsfaktoren von 1,0x bis 20x zur Verfügung.

Der Einsatz von Lasersystemen in der Solarzellenindustrie ist die Lösung zu einer kostengünstigen Fertigung und zur Steigerung der Effizienz. Im besonderen Fokus stehen die Dünnsolarmodule. Der Laser minimiert das Bruchrisiko bei der Bearbeitung der spröden Wafer. Als Trend ist zu sehen,

KONTAKT

Sill Optics
www.silloptics.de

ist man noch meilenweit entfernt. Auf der anderen Seite haben wir Genauigkeitsanforderungen zu berücksichtigen, für die wir unsere Facharbeiter benötigen. In unserer Branche sind die jeweils angefragten Stückzahlen einfach zu klein, um eine präzise und hochautomatisierte Fertigung aufzubauen.

Seit einiger Zeit wird von universitätsnahen Forschungsinstituten dargelegt, dass hochwertige Linsen automatisiert herstellbar sind. Wie schätzen Sie solche Möglichkeiten ein?

Zingrebe: Ich habe bereits früher einmal erwähnt, dass die Glashersteller eigentlich nur das Glas besser produzieren müssten, dann wäre vieles einfacher. Nur ist hierbei zu berücksichtigen, dass von der Anlagentechnik bis hin zu den Prozessregeleinrichtungen ein Aufwand zu betreiben wäre, der nur durch sehr hohe Stückzahlen gerechtfertigt ist. Die damit verbundenen Kosten und die reale Marktsituation machen diese Vorgehensweise aber nicht möglich. Und man muss letztendlich auch auf die Anwendung sehen, wenn solche Aspekte diskutiert werden.

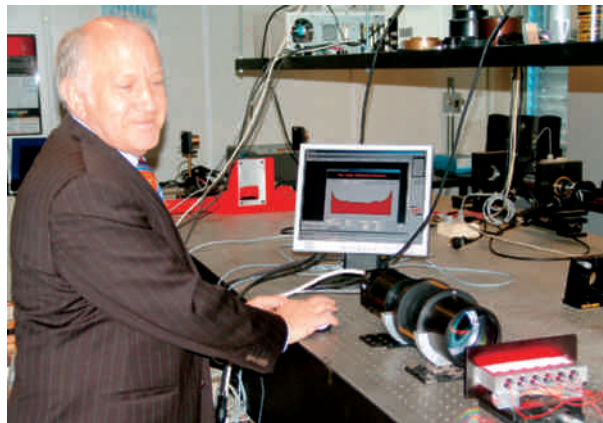
Herr Zingrebe, nun ist gerade die Lasertechnik eine interdisziplinäre Technik mit sehr vielen Facetten, insbesondere bezüglich der Anwendungen. Wie bleibt man als Mittelständler immer »vorne mit dabei«?

Zingrebe: Das erfordert viel Engagement: Sill Optics ist auf vielen Fachmessen vertreten, wir engagieren uns bei anderen Fachveranstaltungen, und wir beobachten die in den Fachmedien vorgestellten Entwicklungstrends sehr sorgfältig. Hinzu kommt, dass wir die Webtechnologien nutzen, auch für unsere eigene Internetpräsenz. Auf diese Weise sind wir eigentlich sehr gut über die wichtigsten Entwicklungen informiert.

Nun haben sich gerade in den letzten Jahren in der Lasermaterialbearbeitung einige Veränderungen ergeben, z. B. sind die Laserbearbeitungsköpfe nicht

mehr so komplex, und sie enthalten weniger optische Komponenten. Geht der Bedarf an Optikbaugruppen zurück oder müsste an alternativen Optikkonzepten gearbeitet werden?

Zingrebe: Wir stellen keine kompletten Laserköpfe her, sondern nur Strahlführungssysteme außerhalb des Lasers. Einer unserer Schwerpunkte für den Laserbereich sind Beamexpander einschließlich der F-Theta Objektive. Diesbezüglich stellen wir fest, dass eher steigende Stückzahlen angefragt werden, was uns selbstverständlich die Möglichkeit eröffnet, auch preislich attraktiver zu sein. Ferner sehen wir sehr genau auf die angefragten Spezifikationen, auf die wir flexibel reagieren. Was Sill Optics nun wirklich unterlässt, ist



Frühzeitig die Weichen für die Zukunft stellen: Sill Optics macht bereits 5 % des Umsatzes mit optoelektronischen Produkten. Und weil in dieser Disziplin auch die Software mitwirkt, ist Sill Optics bereits in der anspruchsvollen Mechatronik erfolgreich engagiert.

eine Beteiligung an der Grundlagenforschung. Wir haben keine entsprechenden Ressourcen eingeplant und werden auch keine dahinzielende Stabsabteilung gründen.

Aber zum Portfolio gehören z. B. auch Optikkomponenten für CO₂-Laserstrahlführungen. Nun wird aktuell über Substitutionsmöglichkeiten spekuliert, z. B. durch den Einsatz von Faserlasern. Damit könnte es sein, dass in den Strahlführungssystemen weniger Optik benötigt wird.

Zingrebe: Die Systeme benötigen auch nicht weniger Optik, weil der Strahl aus der Faser sehr aufgeweitet ist und zusätzlich kollimiert werden muss. Ich denke, dass gerade in diesem Punkt die Flexibilität eines mittelständischen Unternehmens Vorteile aufzeigt: Ich benötige keinen Aufsichtsratsbeschluss oder einen 5-Jahresplan, um auf eine veränderte Nachfrage zu reagieren. Wir haben einen optischen Systembaukasten, aus dem wir uns bei Bedarf bedienen und der dazu beiträgt, sehr schnell die geforderten neuen optischen Lösungen anbieten zu können. Bei der Vielzahl der Produkte, die wir entwickeln, fertigen und anbieten, kann uns dieses Szenarium nicht erschüttern. Hinzu kommt, dass unser Umsatz auf sehr viele Kunden verteilt ist. Wir sind somit weder technisch noch umsatzmäßig einseitig abhängig.

Was passiert aber, wenn andererseits der Trend zu kurzwelligen Lasern fortgesetzt wird und die klassische Optik einfach nicht mehr jene Funktionalität zur Verfügung stellen kann, die für Strahlquellen benötigt wird?

Zingrebe: Eine solche Situation ereignet sich nicht über Nacht, und sollte ähnlich wie im Vergleich zum Elektronenstrahlmikroskop, das ja keine Optik benötigt, die klassische Optik entfallen, müssen wir uns eben auch komplett umstellen. Ich bin davon überzeugt, dass uns dieses gelingen würde: Ich habe bereits die Weichen gestellt, dass wir uns dem Gebiet der Optoelektronik zuwenden. Sill Optics macht bereits 5 % des Umsatzes mit optoelektronischen Produkten. Und weil in dieser Disziplin auch die Software mitwirkt, sind wir bereits mitten im anspruchsvollen Fachthema Mechatronik erfolgreich engagiert.

Herr Zingrebe,
vielen Dank für das Gespräch.

KENNZIFFER 024

Sill Optics GmbH & Co. KG
www.silloptics.de

Den Fokus im Blick

Vertrauen ist gut – Kontrolle ist bekanntlich besser, und dieses Motto ist bei immer mehr Laseranwendungen gültig. Eine Kombination aus farbkorrigierten f-Theta Objektiven und Teleobjektiven ermöglicht eine Online-Beobachtung des Laserprozesses.

F-Theta Objektive werden in den unterschiedlichsten Laser-Anwendungen eingesetzt. Hierbei kann es auf maximale Leistung (Schweißen), Geschwindigkeit (Beschriften) oder Genauigkeit (Mikro-Materialbearbeitung) ankommen. In besonders anspruchsvollen Aufgaben ist oft eine Kombination zu finden.

Im Zuge der gesteigerten Qualitätsansprüche erhalten die Begutachtung oder das Vermessen der hergestellten oder bearbeiteten Teile immer höhere Stellenwerte. Immerhin ist der Stillstand einer Produktionslinie aufgrund eines ausfallenden oder nicht konformen Bauteiles in der heutigen Zeit mit immer kürzer werdenden Zyklen aufgrund starker Nachfrage kaum zu vertreten. Selbst kurze Lieferverzögerungen können schwerwiegende Auswirkungen wie Konventionalstrafen oder eine Herabstufung im Zuliefererranking zur Folge haben.

Ablenkwinkel und Abbildungen

Normalerweise werden Fokussieroptiken für Laseranwendungen monochromatisch, d.h. für die Verwendung von nur einer Wellenlänge, optimiert. Über eine angepasste Antireflexvergütung für eine zweite Wellenlänge kann ein Objektiv theoretisch auch bei einer verschobenen Wellenlänge eingesetzt werden, es ergeben sich jedoch einige Nachteile. Da der Brechungsindex der verwendeten Linsenmaterialien von der Wellenlänge abhängt, ergibt sich in der Regel für eine kürzere Wellenlänge als

für die Designwellenlänge eine Fokusverschiebung zum Objektiv hin. Das bedeutet: sowohl die Brenn-

weite als auch der Arbeitsabstand verkürzen sich. Zudem ergeben sich bei gleichem Ablenkwinkel der Scanspiegel unterschiedliche Bildhöhen, da die Bildhöhe direkt proportional zur Brennweite (f) und dem Ablenkwinkel (Θ) ist, daher auch der Name der „f-Theta“ Objektive.

Verwendet man ein f-Theta Objektiv,



Die Originalbilddatei von Jonas ist links zu sehen. Unten werden zur Veranschaulichung die Abbildungsleistungen eines Objektivs in Kombination mit einem Standard-CCD-Objektiv gezeigt. Für die Analyse wurde ein ideales CCD-Objektiv mit einer Brennweite von 254 mm verwendet, um eine 1:1-Abbildung zu erreichen.

welches nicht chromatisch korrigiert ist, ergibt sich folgendes Verhalten: Mit einem CCD-Objektiv kann eine gute Abbildung bei einer Mitteleinstellung des Scanners erfolgen, d. h. die Mitte des Scanfildes lässt sich prinzipiell abbilden, wenn man die Beleuchtungswellenlänge für das Beobachtungssystem spektral sehr schmalbandig hält.



Das erzeugte Bild erscheint leicht gerastert, die zugehörige MTF erreicht aber bei einem Abfall auf 50 % 30 Linienpaare/mm, was auch das Beugungslimit für diese Anordnung darstellt. Bei einer monochromatischen Beleuchtungswellenlänge von 532 nm ist die Abbildung in der Scanfildmitte sehr gut.



Typische LED Beleuchtungen haben aber eine gewisse spektrale Bandbreite, 20 nm Halbwertsbreite sind hierbei schon gute Werte, typische Werte sind 30 nm bis 35 nm. Das übertragene Bild beginnt deutlich zu verwischen. Bei einer Bandbreite von nur 20 nm sinkt die MTF bei 50 % auf ca. 17 Linienpaare/mm.



Das S4LFT1254/126 ermöglicht in Kombination mit typischen Scansystemen mit einer Apertur von 10 mm bis 15 mm ein Scanfild der Größe 160 mm x 160 mm. In der Ecke dieses Scanfildes ist der Kontrast weiter gesunken, die MTF bei 50 % erreicht nur noch etwa 8 Linienpaare/mm.

Der Autor

Dipl.-Phys. Günter Toesko ist Mitarbeiter der Firma Sill Optics GmbH Co. KG, Wendelstein bei Nürnberg. gunter.toesko@silloptics.de

Das Abbildungsverhältnis ergibt sich aus dem Verhältnis der Brennweiten des f-Theta Objektivs und des Kameraobjektivs. Bei gleichen Brennweiten ist es möglich, ein Objekt der Größe des verwendeten CCD-Chips zu erfassen. Vergrößert man die Brennweite des Kameraobjektivs, verkleinert man das zu erfassende Objektfeld in gleichem Maße. Scannt man nun mit einem monochromatisch korrigierten f-Theta Objektiv das Bildfeld ab und betrachtet die Fokusebene des Lasers mit einer Standard-CCD-Optik, wird die Abbildungsleistung des CCD-Systems schnell schlechter. Das Auflösungsvermögen lässt durch den Farbfehler schnell nach, zudem sind die Lage des Laserfokus und die des Bildfeldes des Kamerasystems unterschiedlich. Das hat zur Folge, dass der Laserfokus mit zunehmendem Ablenkwinkel aus dem Bildfeld heraus wandert.

Das Problem

Das f-Theta Objektiv S4LFT1254/126 von Sill Optics wurde als monochromatisches System für 1.064 nm optimiert. In einer reinen Laseranwendung arbeitet das Objektiv beugungsbegrenzt, hat daher für die Laserwellenlänge hervor-

ragende Abbildungseigenschaften.

Zur Veranschaulichung der Abbildungsleistung dieses Objektivs in Kombination mit einem Standard-CCD-Objektiv wird ein Foto durch das System abgebildet. Für die Analyse wurde ein ideales CCD-Objektiv mit einer Brennweite von 254 mm verwendet, um eine 1:1-Abbildung zu erreichen. Die Originalbilddatei von Jonas ist in Abb.1 zu sehen.

Das erzeugte Bild erscheint leicht gerastert, die zugehörige MTF erreicht aber bei einem Abfall auf 50 % 30 Linienpaare/mm, was auch das Beugungslimit für diese Anordnung darstellt. Bei einer monochromatischen Beleuchtungswellenlänge von 532 nm ist die Abbildung in der Scanfeldmitte sehr gut.

Typische LED Beleuchtungen haben aber eine gewisse spektrale Bandbreite, 20 nm Halbwertsbreite sind hierbei schon gute Werte, typische Werte sind 30 nm bis 35 nm. Das übertragene Bild beginnt schon deutlich zu verwaschen, der Kontrast nimmt ab. Bei einer Bandbreite von nur 20 nm sinkt die MTF bei 50 % bereits auf ca. 17 Linienpaare/mm.

Das S4LFT1254/126 ermöglicht in Kombination mit typischen Scansystemen mit einer Apertur von 10 mm bis

15 mm ein Scanfeld der Größe 160 mm x 160 mm. In der Ecke dieses Scanfeldes ist der Kontrast weiter deutlich gesunken, die MTF bei 50 % erreicht nur noch etwa 8 Linienpaare/mm, bereits bei 15 Linienpaare/mm ist der Kontrast quasi »Null«.

Lässt man wieder eine spektrale Bandbreite der Beleuchtung von 20 nm zu, nimmt der Kontrast noch weiter ab, und bereits bei etwa 3 Linienpaaren/mm ist der Kontrast »Null«. Hierbei ist noch zu beachten, dass der Farbfehler, d.h. der Lagefehler vom Laserfokus zur Mitte des Abbilds, fast 3 mm beträgt, eine Online-Beobachtung oder gar Messung über das Beobachtungssystem somit sicher nicht mehr möglich ist.

Das S4LFT8254/081 ist ein farbkorrigiertes f-Theta Objektiv und kann bei Wellenlänge von 1.064 nm und 532 nm gleichermaßen verwendet werden. Die Brennweiten und die zugehörigen Bildfelder bei gleichen Auslenkwinkeln des Scanners sind identisch. Hierbei wird ein einziges, für diese Wellenlängen optimiertes, Linsensystem verwendet.

Führt man nun die Analysen analog zum S4LFT1254/126 durch, ergibt sich ein völlig anderes Bild: Bei Verwendung einer streng monochromatischen Beleuch-



Lässt man wieder eine spektrale Bandbreite der Beleuchtung von 20 nm zu, nimmt der Kontrast noch weiter ab, und bereits bei etwa 3 Linienpaaren/mm ist der Kontrast »Null«. Hierbei ist noch zu beachten, dass der Farbfehler, d.h. der Lagefehler vom Laserfokus zur Mitte des Abbilds, fast 3 mm beträgt.



Das S4LFT8254/081 ist ein farbkorrigiertes f-Theta Objektiv und kann bei Wellenlänge von 1.064 nm und 532 nm gleichermaßen verwendet werden. Bei Verwendung einer monochromatischen Beleuchtung ist die Abbildungsleistung in der Mitte des Scanfeldes mit der des f-Theta Objektivs S4LFT1254/126 identisch.



Schon bei der Verwendung einer Beleuchtung mit einer spektralen Bandbreite von 20 nm zeigt sich die Stärke des farbkorrigierten Objektivs, die Abbildungsleistung ändert sich nicht. Die MTF bleibt auf dem Maximalwert, d. h. beim 50%-Abfall werden 30 Linienpaare/mm erreicht.



Im Extremfall, an der Ecke des 160 mm x 160 mm Feldes, ermöglicht das f-Theta Objektiv ein Abbild mit gutem Kontrast, eine Online-Beobachtung ist möglich. Der Farbfehler beträgt nur 20 µm und ist damit im Bereich der Airy-Disk, d. h. des Beugungsscheibchens, welches die Auflösungsgrenze angibt.



Sill Optics bietet bisher zwei farbkorrigierte f-Theta Objektive an, das oben vorgestellte S4LFT8254/081 mit einer Brennweite von 254 mm und das S4LFT1163/081 mit einer Brennweite von 163 mm. Das 163-mm-Objektiv erreicht ähnliche Spezifikation wie die 254-mm-Version.



Geeignete CCD-Kameraobjektive sind ebenfalls erhältlich. Die momentan angebotenen Brennweiten sind 150 mm (S5LPJ0305) und 300 mm (S5LPJ0303). Diese Objektive haben jeweils einen C-Mount-Anschluss, d. h. eine Verwendung an handelsüblichen CCD-Kameras ist problemlos möglich.

tung ist die Abbildungsleistung in der Mitte des Scanfeldes mit der des f-Theta Objektivs S4LFT1254/126 identisch.

Schon bei der Verwendung einer Beleuchtung mit einer Bandbreite von 20 nm zeigt sich die Stärke des farbkorrigierten Objektivs, die Abbildungsleistung ändert sich nicht, der Farbfehler ist bei dieser Bandbreite quasi »Null«. Die MTF bleibt auf dem Maximalwert, d. h. beim 50 %-Abfall werden 30 Linienpaare/mm erreicht.

Im Extremfall, nämlich der der Ecke das 160 mm x 160 mm Feldes, ermöglicht das f-Theta Objektiv ein Abbild mit gutem Kontrast, eine Online-Beobachtung ist hiermit weiterhin problemlos möglich.

Der Farbfehler bei diesem Objektiv ist nur etwa 20 µm und damit im Bereich der Airy-Disk, d. h. im Bereich des Beugungsscheibchens, welches die Auflösungsgrenze angibt.

System-Betrachtung

Bei den obigen Betrachtungen wurden jeweils angenommen, dass ein Scansystem mit einer Apertur von 10 mm verwendet wird. Diese Apertur ist normalerweise eine harte Begrenzung des maximalen Strahldurchmessers für den La-

ser, stellt aber selbstverständlich auch für das Beobachtungssystem eine Grenze dar. Die MTF beim S4LFT8254/081 ist bei ca. 73 Linienpaaren/mm »Null«, d. h. CCD-Chips mit einer Pixelgröße von 10 µm können mit diesem Objektiv problemlos verwendet werden.

Ein Scansystem mit einer maximalen Apertur von ca. 15 mm bringt für die Auflösung noch Vorteile, das Scanobjektiv kann mit der größeren Lichtmenge auch in den Ecken des Bildfeldes noch umgehen. Bei größeren Aperturen verhindern die Abbildungsfehler des f-Theta Objektivs eine Erhöhung der Abbildungsleistung.

Sill Optics bietet bisher zwei farbkorrigierte f-Theta Objektive an, das oben vorgestellte S4LFT8254/081 mit einer Brennweite von 254 mm und das S4LFT1163/081 mit einer Brennweite von 163 mm. Dieses Objektiv erreicht ähnliche Spezifikationen wie die 254 mm-Version.

Geeignete CCD-Kameraobjektive sind ebenfalls erhältlich. Die momentan angebotenen Brennweiten sind 150 mm (S5LPJ0305) und 300 mm (S5LPJ0303). Diese Objektive haben jeweils einen C-Mount-Anschluss, womit eine Verwendung an handelsüblichen CCD-Kameras problemlos möglich ist.

Die Objektive besitzen eine Mimik zur Scharfstellung, die Baulängen der Objektivs ändern sich hierbei nicht.

Vorteile beim Einsatz

Wie bei den telezentrischen Messobjektiven kann in bewährter Weise eine LED-Beleuchtung koaxial eingespiegelt werden. Die Auslegung des optischen Systems ist so gewählt, dass durch das Teleobjektiv ein paralleler (telezentrischer) Beleuchtungsstrahl erzeugt wird. Das f-Theta Objektiv übernimmt die Fokussierung der LED auf dem Bildfeld, auf diese Weise muss nicht das gesamte Bildfeld aufwändig und kostenintensiv ausgeleuchtet werden.

Farbkorrigierte f-Theta Objektive in Kombination mit Teleobjektiven ermöglichen eine sehr präzise Beobachtung und Messung in Echtzeit. Zeitraubende Kalibrierzyklen entfallen, die Prozesssicherheit ist deutlich erhöht, womit sich die etwas kostenintensivere Anschaffung der Komponenten schnell amortisiert hat.

KONTAKT

Sill Optics GmbH Co. KG
www.silloptics.de



Heft Nr. 2, 25. Jahrgang, Mai/Juni 2011

LASER

Entwicklung und industrielle Anwendung

Titelbeitrag

- 8 Hochbrillante Diodenlasermodule für das optische Pumpen von Faserlasern

Strahlquellen

- 16 Laservielfalt für eine wirtschaftliche Anwendung
- 20 Mikrobearbeitung im Fokus

Lasermaterialbearbeitung

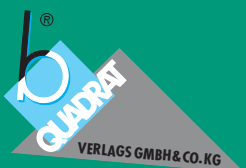
- 24 Prozesssicherheit durch Prozessoptimierung

Kongressberichte

- 40 UKP-Laser - die Werkzeuge der Zukunft
- 44 Lasermikrobearbeitung in Theorie und Praxis

Sonderteil Photonics

- 54 Klaviatur der Farben
- 58 Optische Nanoskopie auf dem Weg zum Routineverfahren
- 60 Superauflösung mit Mikroskopsystemen
- 72 Neue Produkte und Komponenten



25 Jahre
Fachzeitschrift LASER