

Scanner erobern immer weitere Anwendungen und beherrschen größte Leistungen und höchste Präzision

High-Power-Scanning

von Günter Kögel Wie schon beim Beschriften und Lasersintern ist jetzt auch beim Schweißen und Schneiden der Laser zu schnell für die konventionelle Strahlführung geworden. Und wieder stehen die Scanner schon in den Startlöchern – bereit für den großen Durchbruch. Beim Marktführer Scanlab haben wir die neuesten Möglichkeiten hinterfragt und gesehen: An Herausforderungen fehlt es nicht, vor allem im Zusammenhang mit den Hochleistungs-Single-Mode-Lasern.

Ein Werkzeug auf der Suche nach einer Anwendung – so wurde der Laser in den Anfangsjahren oft bezeichnet. Inzwischen wissen wir alle, dass diese Suche überaus erfolgreich verlaufen ist. Allerdings ist die Suche noch lange nicht abgeschlossen. Auch heute sind wieder sehr vielversprechende Laser auf der Suche nach Anwendungen. Bestes Beispiel sind die Hochleistungs-Single-Mode-Laser, die Scheiben oder Fasern als aktives Medium nutzen, und die höchste Leistung, Strahlqualität und Effizienz vereinen.

Doch bis die Möglichkeiten heutiger Hochleistungs-Single-Mode-Laser auch industriell voll genutzt werden können, sind insbesondere bei der Übertragung der Laserenergie auf das zu bearbeitende Bauteil noch gewaltige Herausforderungen zu stemmen. Gefragt sind im übertragenen Sinn nicht mehr Huhn, Schaf, Rind oder Schwein, sondern die berühmte eierlegende Wollmilchsau. Was dies für die Entwicklung der Scanner heißt, erklärt Georg Hofner, Sprecher des Vorstands der Scanlab AG: „Bislang konnten wir die Anwendungen an die Scanner in drei Bereiche einteilen: Bei manchen ist die hohe Laserleistung sehr wichtig, zum Beispiel beim Schweißen oder bei der Wärmebehandlung. Andere erfordern primär eine hohe Scan-Geschwindigkeit, zum Beispiel das Beschriften. Im dritten Anwendungsbereich geht es um hohe Präzision. Beispiele sind die Mikromaterialbearbeitung und Mikrostrukturierung. Wir konnten deshalb unsere Systeme immer auf hohe Leistung, hohe Geschwindigkeit oder hohe Präzision optimieren. Bei den Scan-Systemen für die Hochleistungs-Single-Mode-Laser steht man aber vor der gewaltigen Herausforderung, dass die Scanner extreme

Leistungen mit höchster Geschwindigkeit und enormer Präzision übertragen müssen.“

Die Erklärung von Martin Valentin, Teamleiter Optik in der Entwicklung von Scanlab: „Die hohe Leistung von mehreren Kilowatt bei kleinem Fokus führt zu einer so hohen Leistungsdichte, dass man den Laserstrahl extrem schnell bewegen muss, um ihn sinnvoll einsetzen zu können. Durch die hohe Strahlqualität der Single-Mode-Laser wiederum ist höchste Präzision gefragt. Der Strahl ist nahezu TEM00 Mode und beugungsbegrenzt fokussierbar, was gravierende Anforderungen an das optische System stellt. Denn die gesamte Strahlführung muss höchste Qualitätsanforderungen erfüllen. Jede kleinste Unebenheit und jeder Fehler in der Oberfläche führt zu Wellenfrontfehlern im Strahl und zerstört die gute Fokussierbarkeit.“

Weiterer wesentlicher Effekt sind die thermischen Linsen. Die Fokusslage eines kalten Systems ist eine andere als bei einem mit Laserleistung beaufschlagten System. Die optischen Elemente absorbieren eine gewisse Leistung, dadurch entstehen Temperatur-Gradienten und die Fokusslage verschiebt sich. Das Problem der Hochleistungs-Single-Mode-Laser: Dieser Fokus-Shift wird umso gravierender, je besser die



Strahlqualität ist. Die Erklärung von Martin Valentin: „Ein sehr guter Multimode-Laser erreicht 4 mm*mrad, was einer Strahlqualität M2 von 12 entspricht. Manche Laser, die im Remote-Bereich eingesetzt werden, bringen es auf Strahlqualitäten von M2 = 18 oder M2 = 24. Je kleiner dieser Wert ist, desto empfindlicher reagiert der Laserfokus auf thermische Linseneffekte. Bei einem Single-Mode-Laser mit einer Strahlqualität von M2 = 1 darf man sich im optischen System, das den Laserstrahl führen und ablenken soll, deshalb nur 1/12, 1/18 oder 1/24 der Effekte erlauben, die man sich bei einem Multi-Mode-Laser leisten könnte. Die damit verbundenen Anforderungen sind extrem.“

Dazu kommt noch, dass es im Bereich der sehr hohen Laserleistungen nicht mehr viele Alternativen für das Material der Linsen gibt. Der Gold-Standard sind heute Quarz-Optiken, die aber den Entwicklern an der einen oder anderen Stelle erhebliche Kopfschmerzen bereiten. Valentin: „Es ist gar nicht so einfach, mit Quarz-Optiken geringe Abbildungsfehler zu erreichen, da der Brechungsindex relativ gering ist. Deshalb sind tendenziell viele Linsen nötig, um den Strahl gut führen und fokussieren zu können.“

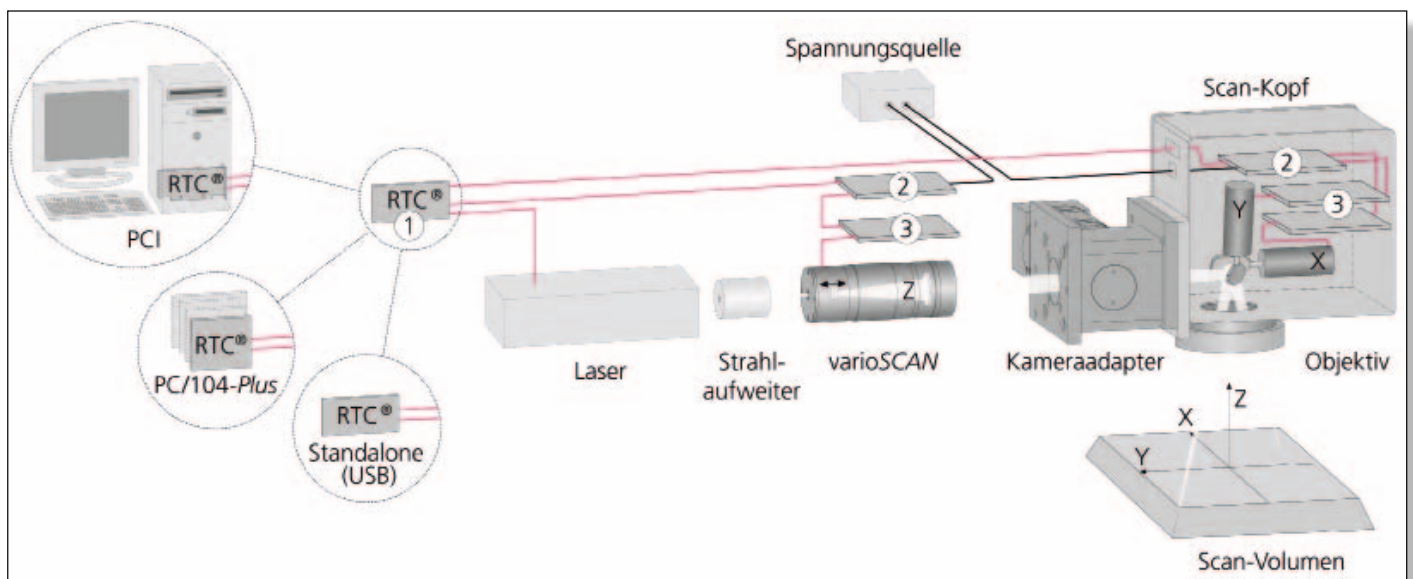
Genau dies verbietet aber der Effekt der thermischen Linsen und der damit verbundenen Fokus-Verschiebungen. Denn selbst beste Quarz-Optiken nach heutigem Standard führen zu einer thermischen Fokusverschiebung von einer Zehntel Rayleigh-Länge pro Kilowatt. Martin Valentin: „Das hört sich nicht nach viel an. Aber um einigermaßen stabile Prozessverhältnisse zu haben, möchte man insgesamt nicht mehr als eine halbe Rayleigh-Länge thermischen Shift haben. Dies führt zu einer Fokus-Variation von zehn Prozent, mit der man

ganz gut leben kann. Wenn man nun aber einen Hochleistungs-Single-Mode-Laser mit 5 kW einsetzt, kann man sich für die halbe Rayleigh-Länge genau ein optisches Element im Strahlengang erlauben. Mit diesem einen optischen Element kann man aber keinen Strahl aus der Faser kolimieren, scannen, fokussieren und dann am besten auch noch ein- und austrittsseitig mit Schutzgläsern versehen.“

Schlimmer noch: Selbst die beste Optik erreicht den extrem geringen Shift von einer Zehntel Rayleigh-Länge pro Kilowatt nur, solange sie extrem sauber ist und sich die Absorption des Laserstrahls im niedrigen zweistelligen ppm-Bereich bewegt. Aber schon die kleinsten Schmutzspuren auf dem Schutzglas, die mit bloßem Auge gar nicht zu erkennen sind, können zu Absorptionen führen, die um Faktoren größer sind. Möglicher Effekt: Allein das Schutzglas sorgt für einen Fokus-Shift von einer ganzen Rayleigh-Länge pro Kilowatt und ist damit völlig unbrauchbar. Eine weitere, große technische Herausforderung, die noch lange nicht gelöst ist.

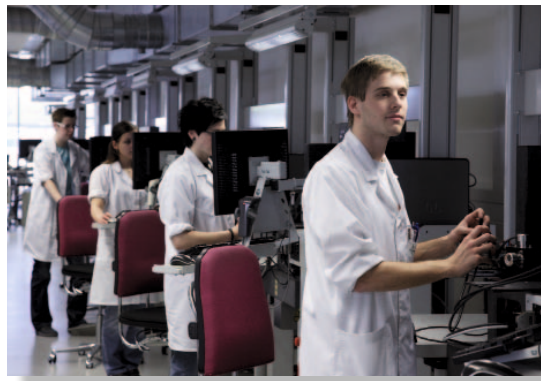
Deshalb ist für Scanlab-Vorstand Georg Hofner klar: „Da sich die Optiken nicht noch weiter verbessern lassen, muss man andere Wege finden, um das Ziel zu erreichen. Ansätze sind zum Beispiel eine aktive Kompensation des Fokus-Shift oder ein thermisches Gleichgewicht im System.“

Bei klassischen Schweißapplikationen stehen die High-Power-Laser mit Scanneroptik vor dem großen Durchbruch. Wer höchste Produktivität und Genauigkeit braucht, wird an diesen Systemen nicht vorbei kommen.





Durch Drehen der Spiegel wird der Laserstrahl positioniert.



Die Fertigung bei Scanlab in Puchheim mit vielen eigenentwickelten Lösungen.



Die IntelliSCAN Scan-Köpfe lassen sich einfach anpassen.

Welche Bedeutung die Optik heute für Scanlab hat, zeigt die Tatsache, dass inzwischen allein in der Optik-Entwicklung fünf Mitarbeiter tätig sind. Georg Hofner: „Dies ist sehr viel für einen Scanner-Hersteller, der sich typischerweise eher mit der Mechanik seiner Geräte beschäftigt. Wir haben dadurch aber die Möglichkeit, optische Vorgänge zu simulieren, zu verstehen und auf dieser Basis Vorschläge für die Optik-Hersteller zu erarbeiten. Gleichzeitig können wir dadurch unseren Kunden ein Package liefern, das deren Anforderungen optimal erfüllt. Das ist für unsere Kunden sehr wichtig, denn in der Regel arbeiten wir für Anlagen-Integratoren, also Maschinenbauer, die sich hervorragend in ihrem Metier auskennen, die sich aber in der Regel nicht um die Themen Scanner und Optik kümmern wollen. Diesen Part übernehmen wir und haben uns dazu – im Gegensatz zu vielen anderen Scanner-Herstellern – eine Menge an Optik-Know-how erarbeitet.“

Ein Know-how, das weit über die reine Strahlführung und -bewegung hinaus geht und auch Themen wie die Prozesskontrolle umfasst. Gerade für die Anlagen-Integratoren ist neben der schnellen und genauen Bewegung des Laserstrahls auch der Nachweis sehr wichtig, dass die gewünschte Bearbeitung tatsächlich erfolgt ist. Dazu lassen sich die Scan-Köpfe auch für die Sensoren nutzen, was enorme Vorteile mit sich bringt. Georg Hofner: „Wenn man mit einem Beobachtungssystem die Bearbeitung verfolgen will, funktioniert dies bei der Scanner-Bearbeitung nur, wenn das Beobachtungssystem auch über die Spiegel geführt wird. Wir haben deshalb in unserer aktuellen Intelliweld-Variante einen Kamera-Port integriert, der sogar beim automatischen Fokussieren der Optik mitgeführt wird. Das Beobachtungssystem ist deshalb immer genau auf den gleichen Bereich ausgerichtet und fokussiert, wie der aktive Laser-

strahl. Dies mit einer externen Kamera lösen zu wollen, wäre – wenn überhaupt – nur mit einem riesigen Aufwand möglich.“

Gleiches gilt für die Positionierung des Systems. Bei normalen Überlapp-Schweißungen – zum Beispiel bei Automobil-Karosserien – sind die Toleranzen relativ groß. Da ist es nicht so wichtig, wo genau der Laser schweißt. Anders bei Ecknähten, Kehlnähten oder bei einem I-Stoß, die in dieser Beziehung wesentlich sensibler sind. Dass das Scanner-Schweißen solcher Nähte heute schon in der Praxis – zum Beispiel beim Schweißen von Wärmetauschern – mit großem Erfolg praktiziert wird, ist ebenfalls der intelligenten Integration von Sensoren zu verdanken.

Wenn zum Beispiel für einen Wärmetauscher Rohre in eine Platte eingeschweißt werden, muss der Laser sehr schnell und exakt der Kontur folgen. Das Problem dabei ist nicht der Scanner, mit dem sich solche Aufgaben sehr gut beherrschen lassen, sondern dessen Positionierung. Denn übliche Industrieroboter sind mit den benötigten Genauigkeiten schlicht überfordert. Die Lösung: Durch ein in den Scanner integriertes Kamera-System kann der Roboter die gewünschte Position sehr genau anfahren. Für den Scanner ist es dann ein Leichtes, durch Bewegung der Spiegel die Schweißungen sehr genau und schnell abzuarbeiten.

Obwohl es den Entwicklern inzwischen gelungen ist, auch hohe Leistungen schnell und präzise aufs Material zu bringen, ist es bis zum Universal-Scanner, der alle Aufgaben gleich gut erfüllt, noch ein weiter Weg. Georg Hofner nutzt hier gern den Vergleich mit zwei Autos: „Für den einen Fahrer ist es wichtig, möglichst schnell auf der Autobahn von München nach Nürnberg zu fahren. Mit einem Fahrzeug, das zwar 20 Sekunden von Null auf 100 braucht, aber dafür mehr als 300 km/h erreicht, ist man bei einer freien Autobahn recht schnell in Nürnberg. Wer aber ein Bergrennen mit vielen engen Kurven gewinnen will, hat mit so einem Auto keine Chance. Dies ist bei der Scanner-Bearbeitung nicht anders. Es hängt immer sehr stark von der Applikation ab, wie das Scan-System ausgelegt werden muss.“

So zählen zum Beispiel bei der Bearbeitung von Flachbildschirmen die erreichbare Höchstgeschwindigkeit und deren Konstanz. Dazu legt Scanlab den Scanner so aus, dass er den Laserstrahl sehr konstant mit mehreren zehn Metern pro Sekunde über die Oberfläche führen kann. Bei der Beschriftung eines Computer-Chips mit vielen kleinen Buchstaben ist dagegen eine ganz andere Auslegung gefragt, um die geforderten 1.000 Zeichen pro Sekunde aufbringen zu können. Georg Hofner: „Unsere Aufgabe ist es deshalb, für jede Applikation die optimale Auslegung zu finden. Deshalb haben wir auch qualifizierte Mitarbeiter, die sich mit den Applikationen auskennen, und die



Das Firmengebäude von Scanlab in Puchheim bei München wird im Moment deutlich erweitert, um mit dem großen Wachstum des Unternehmens mithalten zu können.

Scanlab

Die Scanlab AG aus Puchheim bei München ist der weltweit führende Hersteller von Scan-Köpfen. Jedes Jahr verlassen deutlich über 10.000 Scan-Köpfe das Unternehmen – vom Einzelstück bis zur Großserie. Kunden sind Laseranlagen-Hersteller auf der ganzen Welt, die Schwerpunkte der Anwendungen finden sich derzeit beim Markieren, in der Medizintechnik und in der Halbleiterindustrie. Allerdings kommen fast täglich neue Anwendungen hinzu. Das Unternehmen ist in letzter Zeit stark gewachsen und erwirtschaftet derzeit mit rund 140 Mitarbeitern – davon 30 Entwicklungsingenieure mit unterschiedlichen Aufgaben wie Hard- und Software, Optik oder Applikation – einen Umsatz von rund 45 Mio Euro.

beim Kunden genau hinterfragen, was er mit dem Laser machen will. Hier profitieren wir enorm von den Möglichkeiten unserer digitalen Scan-Köpfe. So können wir unseren Intelliscan sehr einfach für eine bestimmte Aufgabe ‚tunen‘ und sogar die jeweils optimale Einstellung zum richtigen Zeitpunkt aktivieren. Wenn zum Beispiel mit dem Scan-Kopf zuerst eine große Zahl von Löchern gebohrt und anschließend eine Beschriftung aufgebracht werden soll, können wir sehr schnell zwischen den beiden Einstellungen hin und her schalten.“

Angesichts der vielen Erfolge ist Georg Hofner denn auch überaus optimistisch, was die Zukunft der Scanner betrifft: „Bei klassischen Schweißapplikationen stehen die High-Power-Laser mit Scanneroptik vor dem großen Durchbruch. Wer höchste Produktivität und Genauigkeit braucht, wird an diesen Systemen nicht vorbei kommen. Und bei den Diodenlasern wird dies nicht anders sein. Noch reicht deren Strahlqualität für verschiedene Applikationen nicht aus. Mit jeder Verbesserung der Strahlqualität tun sich dann automatisch weitere Anwendungsfelder auf. Auch die Ultrakurzpuls-Laser sind ein sehr spannendes Thema. Die Frequenzen steigen fast jeden Tag. Diese Laser lassen sich aber nur vernünftig nutzen, wenn man die einzelnen Pulse separieren kann. Bei den hohen Pulsraten bedingt dies aber derart hohe Geschwindigkeiten, dass selbst unsere Scanner an ihre Grenzen stoßen und wir mit unserem klassischen Ansatz diese Geschwindigkeiten nicht erreichen. Wir arbeiten aber an neuen Verfahren, mit denen wir auch diese Anforderungen erfüllen werden.“

www.scanlab.de

Scanner

Laser Mikro- bearbeitung

Feinschneiden
Schweißen
Bohren
Abtragen

productronica 15.-18.11.
Stand A2-267

Laser- Mikro- und
Präzisionsbearbeitung

- Kleinste Strukturen
- Hohe Genauigkeit
- Kurze Lieferzeit
- Ab Stückzahl 1

L LaserJob
J

LaserJob GmbH
Fürstenfeldbruck
T +49 (0)8141 52778-0

www.laserjob.de