

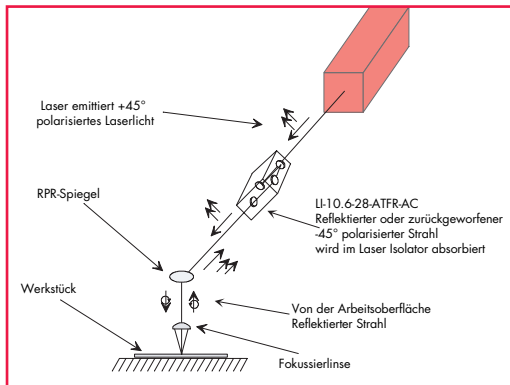


# Auf den Punkt gebracht

## Keine Angst vor Rückreflexen

Immer wieder kommt es vor, dass die Laserleistung stark schwankt oder dass die (teuren) Resonatorspiegel im Laser sogar beschädigt oder zerstört werden. Das ist ärgerlich und teuer, denn neben den Ersatzteilkosten kommen Stillstandszeiten und die Kosten für die Laserjustierung hinzu. Häufige Ursache hierfür sind Rückreflexe vom Material, das bearbeitet wird.

Kommt es zu einer Reflexion eines Teiles der Laserstrahlung vom Werkstück, so kann diese über die Strahlführungsoptiken in den Resonator zurück gelangen. Dort wird das Licht dann verstärkt und kann „den Laser außer Tritt bringen“ oder die Spiegel beschädigen.



Rückreflexunterdrückung durch ATFR-Modul bei +45° gekipptem linear polarisiertem Laserstrahl

Zum Glück gibt es mittlerweile gute Wege, dies zu vermeiden. Der Königsweg heißt ATFR. ATFR ist die Abkürzung für **A**bsorbing **T**hin **F**ilm **R**eflector. Ein solcher Spiegel reflektiert s-polarisierte Strahlung und **absorbiert p-polarisierte Strahlung** (mehr zum Thema Polarisation siehe Ausgaben 5 und 6).

Das Geheimnis liegt darin, dass die lineare Strahlung des Lasers s-polarisiert auf den ATFR trifft und die Rückreflexe p-polarisiert sind und damit verschluckt werden. Um dies zu erreichen, muss zwischen dem ATFR und dem Werkstück ein 90°-Phasenschieberspiegel (RPR-Spiegel) eingebaut sein. Dieser sorgt zunächst dafür, dass die lineare Strahlung des Lasers in eine zirkular polarisierte Strahlung umgewandelt wird. Die zirkular polarisierte Strahlung trifft dann auf das Werkstück, wird (weiterhin zirkular polarisiert) reflektiert und gelangt so als Rückreflex wieder auf den RPR-Spiegel.

Der RPR wandelt die zirkulare in lineare Strahlung um. Allerdings ist diese nun nicht mehr s-, sondern relativ zum ATFR p-polarisiert! Und weg ist der Rückreflex! Manchmal kann es notwendig sein, durch geschickte Kombination und Positionierung der Spiegel mehrere ATFR in Ihrer Wirkung zu verstärken. Das ergibt sich aus Ihren speziellen Anforderungen. II-VI berät Sie gern.

All dies funktioniert aber nur dann, wenn sowohl der ATFR-Spiegel als auch der RPR-Spiegel exakt ausgerichtet werden und beide von hervorragender Qualität sind.

## Editorial

Sowohl die „Schneiden und Schweißen“ in Essen als auch die „EMO“ in Hannover haben zahlreiche Besucher angezogen und nach allgemeiner Auffassung war das Interesse an Laserprodukten durchaus positiv.

Erstmals war auch ein türkischer Maschinenhersteller mit einer Flachbett-Schneidmaschine vertreten, die wohl bewusst für den heimischen Markt konzipiert ist. Dort gibt es zur Zeit ca. 150 Schneidlaser im Einsatz und der Bedarf wächst schnell. Das ist nicht verwunderlich, denn bei 10%igem Wachstum des Brutto-Sozialproduktes können die Job-Shops kaum den Bedarf befriedigen.

Auch bei uns in Deutschland zeigt sich ein „Silberstreif“ am Horizont, der sich hoffentlich im Laufe des nächsten Jahres als solider Wachstumsfaktor herausstellt. Durch weitere Investitionen in die Infrastruktur bei der Optikfertigung für CO<sub>2</sub>- und YAG-Laser ist II-VI bestens aufgestellt und bietet der Laserindustrie Kosteneffizienz, Qualität und Serviceleistung auf weltweit anerkanntem, höchstem Niveau.

Herzlichst, Ihr

*M. Berger*



## Inhalt

Editorial	1
Keine Angst vor Rückreflexen	1
Vermeidbare Fehler oder Optimierungspotential	2
Wärmeverzug, auch bei Optiken?	3
Warum bloß so kompliziert?	3
Geht das – mit Keramiken Laserlicht erzeugen?	4



Auf den Punkt gebracht erscheint 4 mal im Jahr.  
Für den Inhalt verantwortlich:  
Manfred Berger.



II-VI Deutschland GmbH  
Im Tiefen See 58  
64293 Darmstadt  
www.ii-vi.de  
Tel.: 06151/880629  
Fax: 06151/896667

Haiko von Rebenstock: 06151-8806-750  
von.rebenstock@ii-vi.de

# Vermeidbare Fehler oder Optimierungspotential Fortsetzung von Teil 1, Ausgabe 5

### 3. Der Schneidgasdruck ist zu hoch oder zu niedrig

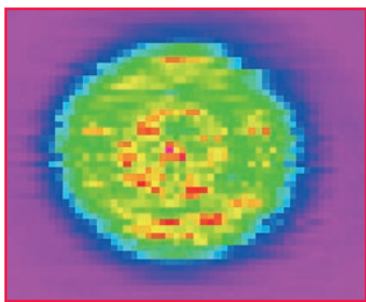
Dies bedeutet entweder Gratbildung oder hohe Gaskosten. Beides ist nicht gewollt. Der Düsen-Innendurchmesser sollte so klein wie möglich gewählt werden, der Düsen-Außendurchmesser dagegen so groß wie möglich. Die Düsengeometrie muss auf die Linsenkenwerte (Brennweite, Freie Öffnung, etc.) und die Geometrie des Laserstrahles abgestimmt sein. Der Schneidgasdruck bestimmt die Gratbildung der geschnittenen Bauteile. Auch die Ausbildung der Riefen und die Rauheit wird über den Gasdruck stark beeinflusst.

### 4. Das Schneidgas ist zu sauber oder zu verunreinigt

Sehr reines Gas ist sehr teuer. Ist das Schneidgas aber zu verunreinigt, so könnten Sie Ihr blaues Wunder erleben! Als Beispiel sei hier an Effekte beim Sublimierschneiden mit Inertgas erinnert: Einige CrNi-Legierungen zeigen Mikrorisse im Bereich der Schnittfugen bzw. an den Schnittflächen erst Tage oder Wochen nach dem Schneiden. Oberflächenkorrosion bei Verwendung von Stickstoff mit niedriger Reinheit ist die Ursache.

### 5. Unbekannte oder nicht vorhandene Spülluft in der Strahlführung

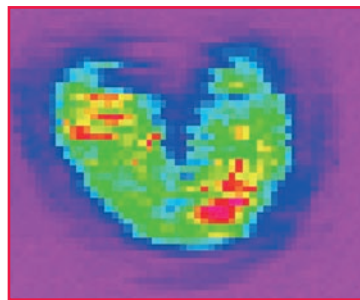
Viele dampfförmige Substanzen im Strahlengang beeinflussen die infrarote Strahlung des Lasers durch ihre Absorptionswirkung bei 10,6 µm. Fehlende Spülluft kann dann auch zu Verschmutzung der Optiken und somit zu Strahlbeeinflussung führen. Manche sauber erscheinende Linse, die offensichtlich nicht



Fokus mit gereinigtem Umlenkspiegel

mehr schneidet, weist bei näherer Inspektion eine „unsichtbare“ – aber leider die Laserstrahlung absorbierende – Lage von Verunreinigungen (z.B. durch Öldämpfe) auf. Direkt im Fokus gemessen, lässt sich die Verschmutzung einer Optik deutlich erkennen. Verständlich, dass sich bei dieser unregelmäßigen Intensitätsverteilung im Fokus richtungsabhängig unterschiedliche Schnittqualitäten ergeben und auch die Prozessgeschwindigkeit geringer wird. Noch gravierender können die Einflüsse von absorbierenden Fremdgasen im Strahlengang sein.

Gasförmige CO<sub>2</sub>-Verbindungen, Halogene, Dämpfe von Plexiglas-Einbränden, Reinigungsmittel oder sonstige Kohlenstoffverbindungen führen zu verviel-



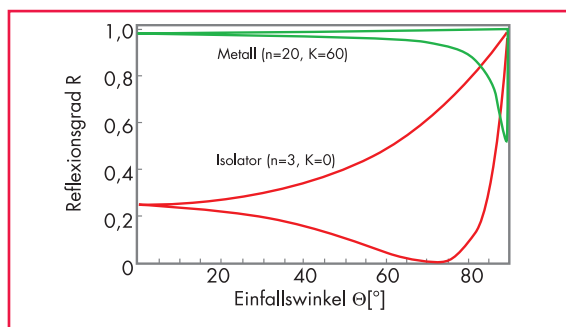
Fokus mit verschmutztem Umlenkspiegel

fachen Strahldurchmessern. In jedem Fall wären Ihre Optiken zu klein, um einen derart aufgeweiteten Laserstrahl korrekt zu fokussieren. Sicher, manches Mal erledigen sich Probleme z.B. durch Fensteröffnen von selbst; aber vertrauen Sie nicht darauf!

### 6. Die Polarisation ist linear oder zirkular

„Von Polarisation hat mir niemand etwas erzählt“. Muss der Lieferant der Laseranlage ja auch nicht, sofern er die Laseroptik und den Strahlweg für Ihre Anwendung optimiert hat, Sie mit dem Kundendienst zufrieden sind und hochwertige II-VI-Optiken in Ihrem System installiert wurden.

Führen Sie aber Reinigung oder Optikaustausch selbst durch, so kommen Sie nicht am Thema Polarisation vorbei. 2-D- und 3-D-Schneidanwendungen im Metallbereich sollten Sie generell mit zirkular polarisierter Laserstrahlung durchführen. Achtung, das müssen Sie sogar bei einigen Nichtmetallen beachten.



Reflexion linear polarisierter Strahlung S und P

Aus gutem Grund werden Sie an Ihrem Laserbearbeitungssystem also keine „Einstellmöglichkeit für die Polarisation“ finden. Ein fehlerhafter Austausch von Optiken, falsche Reinigung oder die Verwendung minderwertiger Optiken kann Ihnen die Freude an Ihrer Laserstrahl-Schneidanlage jedoch verderben und als Ursache liegt dann unter Umständen genau in diesen Polarisationseigenschaften, die leider für das menschliche Auge unsichtbar sind. Besprechen Sie mit II-VI den Bedarf an polarisationserhaltenden oder polarisationsverändernden Optiken.

Erfolgreiche Laserstrahl-Materialbearbeitung wünscht Ihnen:

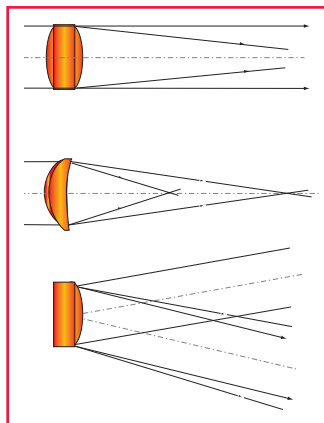
Klaus Hänsel : 06151-8806-42  
haensel@ii-vi.de

## Wärmeverzug, auch bei Optiken?

Viele Kilowatt Laserleistung sind „nicht ohne“ für die Optiken. Denn – egal ob diese Strahlleistung durch eine Optik hindurchgeht (z.B. bei Linsen, Auskoppelspiegeln oder Strahlteilern) oder reflektiert wird (z.B. bei Umlenkspiegeln, Polarisationsspiegeln und Faltspiegeln im Laser-Resonator) eine gewisse „Verlustleistung“ wird immer auch in Wärme umgesetzt. Und Wärmeeinfluss bedeutet auch meistens: Wärmeausdehnung!

Eine zusätzliche thermische Ausdehnung von optischen Bauteilen bedeutet Deformation von Oberflächen, d.h.: plane Flächen wölben sich, sphärische Flächen werden stärker gekrümmt und können somit aus dem erlaubten Toleranzband herausfallen. Ergebnis: Mehr oder weniger starke Beeinträchtigung der Bearbeitungsqualität.

Eine gewisse thermische Deformation findet natürlich aufgrund der – zwargeringfügigen – Substratabsorption auch bei neuen Optiken statt (typischerweise <0,1% bzw. wenige Watt!!) und sorgt für eine gewisse „Grunddeformation“ unter Last. Doch bei Verschmutzung z.B. können sich optische Oberflächen stärker verformen und so den idealen Strahlengang oder die Fokuseigenschaften der Linsen beeinflussen. Auch deswegen macht es sich bezahlt auf die Qualität der verwendeten Optiken zu achten und für einen „sauberen“ Strahlengang zu sorgen.



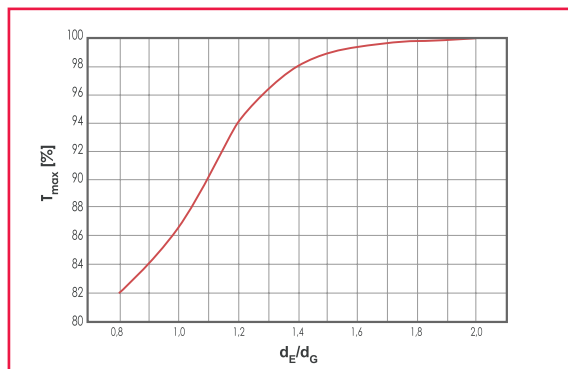
Manfred Berger : 06151-8806-29  
berger@ii-vi.de

## Warum bloß so kompliziert?

Oft werden wir von Kunden gefragt: „haben Sie denn keine Standard-F-Theta-Optik die wir für unsere Anwendung einsetzen können?“ Natürlich haben wir Standard-Optiken, die Frage ist nur: passt diese Linse zu Ihrem Laser bzw. Scankopf?

Um eine optimal funktionierende F-Theta-Optik zu berechnen, benötigen unsere Optik-Designer einige spezielle Angaben über den Laser, die Galvospiegel und die gewünschten Parameter der F-Theta-Linse.

Die Eigenschaft von F-Theta-Linsen betreffen in erster Linie die Optimierung der Abbildungseigenschaften in Bezug auf eine definierte ebene Bearbeitungsfläche. Innerhalb dieser Fläche soll die Abbildungsqualität an jedem Punkt möglichst identisch sein. Um dies zu erreichen, muss die F-Theta Linse genau auf die Parameter des jeweiligen Systems ausgelegt sein. Von besonderer Bedeutung ist hierbei der Strahldurchmesser von  $1/e^2$  (ohne den keine Optiken berechnet werden können). Er sollte entweder beim Laserhersteller angefragt, oder durch eine Strahlanalyse ermittelt werden. Wird der  $1/e^2$ -Strahldurchmesser fälschlicherweise als 100%-Strahldurchmesser angenommen oder im Vergleich zu dem 100%-Strahldurchmesser zu klein angegeben, so kommt es später in der Praxis zu Abschattungseffekten, die zu Beugungen und Transmissionsverlusten führen (siehe Diagramm).



Transmission durch ein optisches System unter Berücksichtigung von Abschattungseffekten mit  $d_E$ =Eingangsoffnungsdurchmesser und  $d_G=1/e^2$ -Durchmesser

Ebenfalls von großer Wichtigkeit ist der Abstand von X- zu Y-Spiegel und der Abstand von Y-Spiegel bis zum Rand des Linsenhalters.

Um alle Informationen die für das Design einer F-Theta-Linse notwendig sind zu vervollständigen, hat II-VI Inc. eine Liste zusammengestellt die wir Ihnen gerne auf Anfrage zuschicken. Natürlich stehen wir Ihnen beim ausfüllen der Liste mit allen Mitteln zur Verfügung.

Helfen Sie uns die richtigen Parameter Ihres Systems zu ermitteln und wir helfen Ihnen, die optimalsten Bearbeitungsergebnisse durch unsere Optiken zu erhalten.



Susanne Koeble : 06151-8806-499  
koeble@ii-vi.de

# Geht das - mit Keramiken Laserlicht erzeugen?

Zugegeben, diese Frage ist etwas provokativ, aber es trifft im Grunde doch den Punkt! Herkömmliche Neodym-Yttrium-Aluminium-Granat (Nd:YAG)-Laserkristalle, die eine Laserwellenlänge von 1064 nm erzeugen, werden nach dem relativ aufwendigen Czochralski-Verfahren gezüchtet und sind Kristalle mit einer einkristallinen geordneten Gitterstruktur. Das Züchten eines Nd:YAG-Boules aus dem die Laserstäbe gebohrt werden dauert deswegen 30 bis 40 Tage. Die Firma Konoshima (Japan) hat ein Verfahren entwickelt, bei dem unter hohem Druck und hohen Temperaturen sogenannter polykristalliner Nd:YAG hergestellt wird. Hier ist die Gitterstruktur des Kristalls nicht mehr geordnet, sondern ähn-

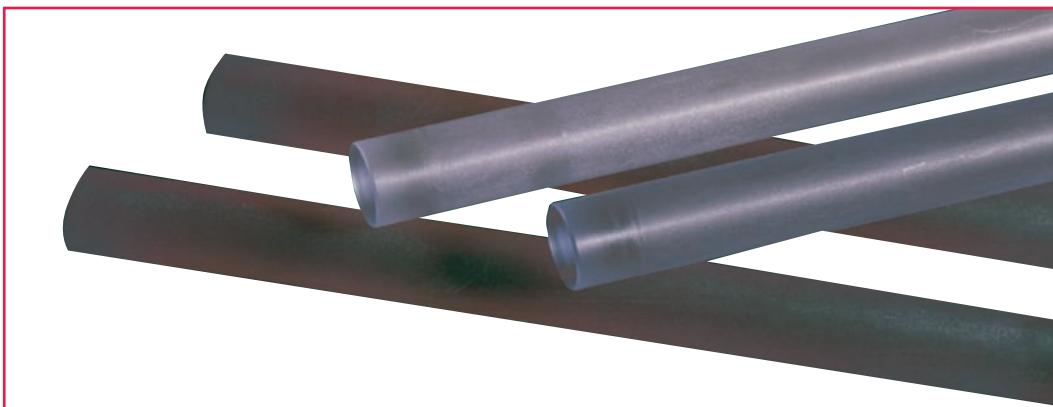
- In einem Kristall können unterschiedliche Dotierungskonzentrationen verwirklicht werden. Damit entfällt aufwendiges und teures Bonden bzw. Ansprennen der Kristalle.
- Keramischer YAG kann wesentlich höher dotiert werden als einkristalliner YAG.
- Keramischer YAG ist wesentlich bruchfester: "Knoop hardness" und "Fracture toughness" sind höher als bei einkristallinem YAG.
- Eine Zuchttrichtung und -achse wie in einem einkristallinen Boule ist nicht vorhanden: Der Kristall kann in seinem ganzem Volumen genutzt werden, Spannungen treten wesentlich seltener auf. Es lassen sich größere Kristalle herstellen als mit polykristallinem YAG.

Auf eines sollte jedoch noch hingewiesen werden: Wir empfehlen den keramischen YAG zur

	Nd:YAG-Einkristall	Nd:YAG-Polykristall, keramisch
Nd-Konzentration	0,2% - 1,4%	0,2% - 9%
Bruchzähigkeit	1,61 MPa m <sup>1/2</sup>	2,18 MPa m <sup>1/2</sup>
Knoop-Härte	1376 kp/mm <sup>2</sup>	1504 kp/mm <sup>2</sup>
Max. Slabgröße*	150 x 20 x 10 mm <sup>3</sup>	400 x 100 x 15 mm <sup>3</sup>
Max. Stabgröße*	250 mm x 12,5 mm	400 mm x 12,5 mm
* andere Maße auf Anfrage		

lich wie in keramischen Werkstoffen, ungeordnet. Deswegen spricht man hier auch vom keramischen YAG.

Zeit nur für diodengepumpte Anwendungen. In lampengepumpten Systemen kann es u. U. zu Solarisationseffekten kommen.



Untersuchungen der Lasereigenschaften des keramischen YAGs haben ergeben, dass es signifikante Vorteile beim keramischen im Vergleich mit dem herkömmlichen einkristallinen YAG gibt. Folgende Merkmale zeichnen keramischen YAG besonders aus:

- Der Laserkristall kann direkt durch Pressen in die gewünschte Form hergestellt werden. Stäbe müssen nicht mehr ausgebohrt und zugesägt werden.

Diese verringern den Wirkungsgrad des Systems und damit die Ausgangsleistung.

Für detaillierte Auskünfte zum polykristallinen YAG, zur vorhandenen Lagerware oder für Angebote stehen wir Ihnen gerne zur Verfügung.



Dr. Jens-Uwe Richter: 06151-8806-694  
richter@ii-vi.de



II-VI Deutschland GmbH  
Im Tiefen See 58  
64293 Darmstadt  
www.ii-vi.de  
Tel.: 06151/880629  
Fax: 06151/896667