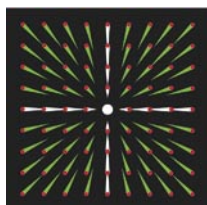




# Auf den Punkt gebracht

## Editorial

Die Messe **Laser** (13.-16.06.2005) findet – im zweijährigen Turnus – auch dieses Jahr wieder in **München** statt. Sie finden uns hier in **Halle B1, Stand 602**.



### BLECHEXPO



Ebenfalls im Juni (01.-04.06.2005) treffen sich in diesem Jahr speziell Laseranwender auf der **BlechExpo** in **Sinsheim**. Dort stellen wir in **Halle 2, Stand 2606** aus.

Dabei geht es uns nicht unbedingt darum, CO<sub>2</sub>- oder YAG-Laser-Optiken als Ausstellungstücke zu präsentieren, sondern Ihnen – unseren (zukünftigen?) Kunden – Gelegenheit zu geben, anstehende Fragen mit uns zu diskutieren. Ob es sich um Probleme der Laseranwendung, der Entwicklung von neuen Technologien, oder Fragen zur Laseroptik allgemein handelt: immer werden Sie den richtigen Ansprechpartner an unserem Stand erreichen können.

Allerdings ist es, wie immer, ratsam einen eventuellen Besprechungsterminwunsch so früh wie möglich mit uns abzuklären (Telefon:06151-8806-29). Selbstverständlich freuen wir uns auch über „unangemeldete“ Besuche. Sie können sicher sein, dass Sie auch in diesem Falle Gelegenheit zu einem ungestörten Gespräch finden werden (Standtelefon: 0179-1314096). Wir freuen uns auf Ihren Besuch und wünschen Ihnen einen angenehmen Aufenthalt auf der LASER 05 in München und/oder der BlechExpo in Sinsheim.

Eintrittskarten zu beiden Ausstellungen senden wir Ihnen gerne zu!

Herzlichst, Ihr

*M. Berger*



## Scanner – ein Wachstumsmarkt

Zur Bearbeitung kleiner Werkstücke ist es oft erforderlich anstelle der gesamten Optik oder des gesamten Werkstücks, den Laserstrahl auf die Stelle der Bearbeitung abzulenken und zu bündeln. Das minimiert den mechanischen Aufwand und erhöht die Arbeitsgeschwindigkeit. Individuelle Markierungen von Artikeln und Bauteilen sind hierfür nur ein Anwendungsbeispiel. Auch Laserschneiden, Rapid Prototyping oder Laserbohren gehören zur Domäne von Scannern. Die Entwicklung im Marktsegment der Scanneroptiken ist spannend und fast täglich kommen Anwendungsgebiete hinzu, die immer neue Anforderungen an die Objektive stellen.

So unterschiedlich wie die Ansprüche an die Bearbeitung des Werkstücks ist auch der optische Aufwand, den man betreiben muss, um den Strahl in der gewünschten Form auf das Werkstück abzubilden. Seit längerer Zeit sind hier einlinsige Abbildungsoptiken Standard. Es gibt sie von II-VI in vielen Ausführungen entweder „von der Stange“ oder für spezielle Anforderungen als individuelle Optik auf Wunsch berechnet und gefertigt.

Neuerdings finden vermehrt zweilinsige Systeme (Doubletten) Anwendung. Sie kommen vor allem dort zum Einsatz, wo ein besonders kleiner Fokus bei einem großem Bearbeitungsfeld gefragt ist oder wo das Bearbeitungsfeld bei kleiner Brennweite ungewöhnlich groß ist. Auch hier hat II-VI Maßstäbe gesetzt und berät Sie gern bei der Wahl der richtigen Optik für Ihre Applikation.

Systeme mit drei oder mehr Linsen bilden bis heute eine Ausnahme. Allerdings werden diese zunehmend als sogenannte telezentrische Objektive in der Materialbearbeitung beim Schneiden oder Bohren interessant. Im Gegensatz zu „normalen“ Scannerobjektiven fällt bei telezentrischen Objektiven der Laserstrahl auch am Rand des Bearbeitungsfeldes annähernd senkrecht auf das Werkstück. Hierdurch lassen sich z.B. senkrechte Bohrungen über das gesamte Arbeitsfeld realisieren. Allerdings erfordern solche Objektive eine genaue Abstimmung auf die übrige Anlage und sollten daher in Zusammenarbeit mit II-VI entwickelt werden. Durch die Erfahrung der Entwickler bei II-VI und die Vielzahl bereits entworfener Designs, ist dies ohne allzu viel Aufwand möglich.

### Inhalt

Editorial

Scanner – Ein Wachstumsmarkt

Laserstrahlschneiden – Vermeidbare Fehler und Optimierungspotential

Polarisation beißt nicht

Wie funktioniert eigentlich ein Auskoppelspiegel?

1

Auf den Punkt gebracht erscheint 4 mal im Jahr.

Für den Inhalt verantwortlich: Manfred Berger.



II-VI LOT GmbH  
Im Tiefen See 58  
64293 Darmstadt  
[www.ii-vi-lot.de](http://www.ii-vi-lot.de)  
Tel.: 06151/880629  
Fax:06151/896667

Susanne Koeble: 06151-8806-499  
[koeble@ii-vi-lot.de](mailto:koeble@ii-vi-lot.de)



# Fehler beim Laserstrahlschneiden

## Verwendung zu kleiner oder zu großer Fokusradien

Optimale Abstimmung des fokussierten Laserstrahls auf die Schneidanwendung verbessert Schneidergebnis.

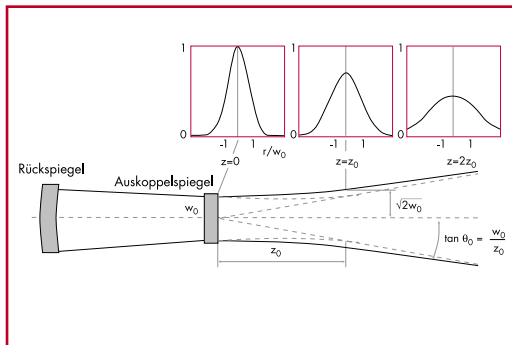


Abb. 1 Laserstrahlung – Was ist „richtig“?

- „richtiger“ Rohstrahl-Radius? - nicht immer möglich
- „richtige“ Linsengeometrie? - immer möglich
- „richtige“ Brennweite? - fast immer möglich

Faustregeln: Je dicker der zu schneidende Werkstoff, desto größer darf der Fokus sein. Bei konstanter Werkstoffdicke sollte der Fokus mit steigender Schneidgeschwindigkeit kleiner werden. Der kleinere Fokus erzeugt den kleineren Schnittspalt, erfordert aber einen höheren Schneidgasdruck.

Die Fokusgröße wird von 3 Faktoren bestimmt: die dimensionslose **Strahlkennzahl**  $k$  ( $M^2 = 1/k$ ), durch die **Rohstrahlabmessungen** am Ort der Fokussierung sowie durch die **Brennweite** der verwendeten Fokussieroptik.

Die Strahlkennzahl ist gegeben, und durch den Bediener nicht veränderbar. Den Rohstrahl kann man aufweiten oder zumindest darauf achten, dass er konstant bleibt. Dies erfordert aber auch Eingriffe in die Strahlführung des Lasersystems. Kontaktieren Sie Ihren Lieferanten oder nutzen Sie anderweitig vorhandene Erfahrungen. Neuere Lasersysteme erlauben die Einstellung der Rohstrahlabmessungen mittels adaptiver Spiegel.

Bleiben unterschiedliche Linsengeometrien und Brennweiten. Einige Bearbeitungsköpfe schränken die Wahl der Brennweite ein.

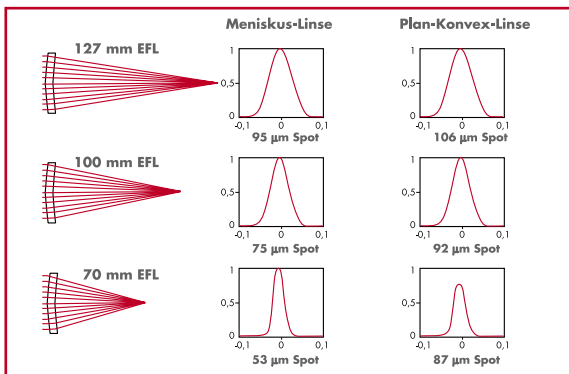


Abb. 2 Drei Brennweiten und zwei Linsengeometrien

Durch Variation von Geometrie und Brennweite der Fokussieroptik lassen sich die Abmessungen des Laserstrahles in der Fokusebene unter Umständen halbieren oder verdoppeln. Sie werden dadurch nicht gleich doppelt so schnell schneiden können, aber wie wär's mit 30%? II-VI LOT liefert Ihnen Fokussieroptiken in unterschiedlichen Varianten aber in gleichbleibender Top-Qualität. Nutzen Sie die Erfahrungen des Marktführers.

## Ist die Fokusslage zu hoch oder zu niedrig?

Zur Ermittlung der Fokusslage gibt es viele Möglichkeiten, jeder hat seinen Trick. – Schneiden von Nichtmetallen unter Schutzgas zum Prüfen der Schnittflächen – Probeschnitte in unterschiedlichen Abständen ohne kapazitive Höhenabtastung – Messen mit speziellen Fokusanalysegeräten. Der Schneidbetrieb liefert immer etwas andere Fokusslagen als dies beim Pulsen, z.B. in Tesa zur Düsenkontrolle, zu sein scheint.

Die ideale Fokusslage hängt von den Anforderungen an das fertige Bauteil ab. Einmal steht die Gratfreiheit im Vordergrund, ein anderes Mal ist es die parallele Schnittfuge. Eine große Hilfe zur einfachen Fokusslagen-Anpassung sind adaptive Optiken in neuen Schneidsystemen. Sie können durch Veränderung der Divergenz des Rohstrahles die Fokusebene verschieben. Durch Verstellung der Schneidgasdüse und/oder der Fokussieroptik ist die Fokusebene an fast allen Lasersystemen um mehrere Millimeter in + oder – veränderbar.



Abb. 3 Kontrolle der Schnittflächen

Oft werden Oberflächenstrukturen an den Schnittflächen fehlerhaft gedeutet. Es wird der „Fokus gesehen“. Die Riefen werden primär durch das ausströmende Schneidgas, die Maschinendynamik, die Schneidgeschwindigkeit und die Eigenschaften des zu schneidenden Werkstoffes bestimmt. Selten ist „der Fokus in den Riefen zu finden“, oft bilden sich jedoch die Strömungsknoten ab. Eine Düse guter Qualität zeigt ideales Ausströmverhalten jeweils nur für einen Gasdruck und eine Gasart.

Klaus G. Hänzel: 06151-8806-42  
haensel@ii-vi-lot.de

wird fortgesetzt

# Schutzfenster für Ihre Laseroptiken

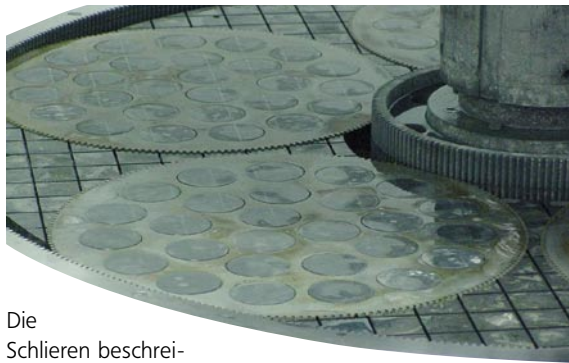
Haben Sie Nd:YAG-Laser oder Laser im medizinischen Bereich, wie z.B. einen Alexandrit-Laser? Dann kennen Sie das: Schutzfenster bzw. Schutzgläser schützen die Laseroptiken und sollten regelmäßig gereinigt oder ausgetauscht werden.

Benutzer von Nd:YAG-Hochleistungslasern in der Metallbearbeitung können sicher ein Lied davon singen: Regelmäßig verschmutzen die Fenster, die Strahlqualität wird schlechter und die Schweiß- oder Schneidergebnisse gleich mit. Falls alles schief läuft reißt auch noch das Schutzglas und damit ist dann unter Umständen Ihre Laseroptik beschädigt und muss aufwendig repariert werden. Dies kann mit sehr hohen Kosten und langen Stillstandszeiten verbunden sein.

Im medizinischen Bereich sind die Anforderungen noch höher: Hier müssen die Schutzfenster meist nach jeder Behandlung aus bakteriologischen Gründen desinfiziert oder gewechselt werden. Ablagerungen auf dem Schutzfenster durch den Behandlungsprozess sind hier nicht das Entscheidende, wichtig ist vielmehr eine absolut keimfreie Komponente, um Komplikationen bei der nächsten Behandlung oder OP absolut zu verhindern.

Wichtig ist für beide Anwendungen, dass der Strahl in seiner Form, Intensität und seinen sonstigen Eigenschaften möglichst nicht verändert wird. Der Laserstrahl sollte im Idealfall also nicht „bemerken“, dass er durch ein Fenster tritt. Dies hängt entscheidend von zwei Faktoren ab: Zum einen von der Qualität des benutzten Glases und zum anderen von der unvermeidlichen Beschichtung der beiden Glasflächen.

Die Qualität von Glas für diese Laseranwendungen wird u. a. durch die Schlierenqualität und die Anzahl der Einschlüsse beschrieben. Je weniger Einschlüsse im Glas vorhanden sind, desto weniger wird der Laserstrahl absorbiert. Damit wärmt sich das Glas weniger stark auf und hält länger.



Die Schlieren beschreiben die Brechungsindexhomogenität: Je besser die Schlierenqualität des Glases, desto weniger wird der Laserstrahl durch das Schutzfenster verändert und desto besser ist die Strahlqualität nach dem Durchgang des Laserstrahls durch das Schutzglas.

Die Antireflex-Beschichtung ist nötig, um die unvermeidlichen Verluste durch Reflexion an den beiden Glasflächen zu minimieren. Bei sichtbarem Licht z.B. werden an jeder Fläche ca. 4% reflektiert, damit hat man an Vor- und Rückseite schon Verluste von zusammen 8%. Dies ist enorm viel, wenn man die geringen Wirkungsgrade von Lasern betrachtet und die Anstrengungen, die unternommen werden, um noch ein Prozent Leistung mehr aus diesen herauszuholen. Damit verhindern die AR-Beschichtungen, die je Seite eine Restreflexion von weniger als 0,15% aufweisen, auch das Aufheizen und damit das vorzeitige Beschädigen der Fenster.

II-VI/VLOC verfügt über langjähriges Optik-Know-How und Verfahrenskennnisse. Das schließt spezielle Polierprozesse (siehe Bild) der Schutzfenster ebenso ein, wie das Beschichten von Fenstern je nach Einsatzzweck und verwendeter Laserstrahlquelle. Da zur Zeit fast jede Nd:YAG-Laser-Fokussieroptik durch individuelle Schutzgläser geschützt wird, konnte sich bisher noch kein Standard durchsetzen. Auf dem Markt existiert also eine Vielzahl unterschiedlich dicker und großer Schutzgläser. II-VI/VLOC fertigt Schutzgläser auch in kleinen Mengen nach Kundenspezifikationen. Bitte sprechen Sie uns an, wir helfen Ihnen gern weiter.

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

# Polarisation beißt nicht

Immer wieder fällt der Begriff „Polarisation“, wenn es um Laserstrahlen geht. Oftmals ist aber gar nicht genau klar, was dieser Ausdruck eigentlich bedeutet.

Licht – also auch das Licht aus dem Laser – ist eine „transversale elektromagnetische Welle“. Dieses Wortmonster will eigentlich etwas sehr Einfaches sagen. Bei Licht handelt es sich um eine Welle, die wiederum aus einer magnetischen Welle und einer elektrischen Welle aufgebaut ist. So etwas kennen wir aus dem Alltag aus ganz anderen Bereichen: Mikro- oder Radiowellen sind letztlich nichts anderes als sehr langwellige elektromagnetische Strahlung. Fehlt noch die Bedeutung von „transversal“, um die Natur des Lichts zu verstehen. Transversal ist eine Welle dann, wenn sie senkrecht zu ihrer Ausbreitungsrichtung schwingt. Dies gilt in unserem Fall sowohl für die elektrische als auch für die magnetische Welle. Zur weiteren Betrachtung beschränken wir uns ab jetzt auf die elektrische Welle, da für die magnetische äquivalentes gilt.

Um zu veranschaulichen, wie die elektrische Welle schwingt, huldigen wir im Einsteinjahr dem Erfinder des Gedankenexperiments und führen ein solches durch. Wir spannen dazu ein Seil und zupfen an ihm. Die Auslenkung des Seils, die durch das Zupfen hervorgerufen wird, ist wie bei der elektrischen Welle senkrecht zur Richtung, in der das Seil gespannt ist. Die Spannrichtung des Seils entspricht dabei der Ausbreitungsrichtung der elektrischen Welle.

Jetzt kommt aber unser Problem ins Spiel: die Polarisation. Nehmen wir an wir spannen das Seil horizontal über dem Boden. Jetzt zupfen wir an dem Seil indem wir es nach oben ziehen und dann loslassen. Es entsteht eine transversale Welle, die von oben nach unten schwingt. Danach zupfen wir noch einmal an dem Seil, wobei wir es diesmal nicht nach oben ziehen sondern zur Seite (also horizontal). Auch dies gibt wieder eine transversale Schwingung, allerdings schwingt diese parallel zum Boden und damit senkrecht zur oben erzeugten Welle.

Fortsetzung auf Seite 4

# Wie funktioniert eigentlich ein Auskoppelspiegel?



Die wesentlichen Bestandteile eines Lasers sind die **elektrische Stromversorgung** und der **optische Resonator**.

Im Resonator, der durch Spiegel begrenzt wird, findet die Lichtverstärkung (LASER = Lichtverstärkung durch stimulierte Emission von Strahlung) statt. Das im Lasermedium (z.B. in Flüssigkeiten, Gasen oder Festkörpermateriale) erzeugte Licht wird zwischen den Resonatorspiegeln hin- und herreflektiert und dabei verstärkt. Nach dem so genannten (elektrisch- und optischer Resonator) ein Gleichgewichtszustand der sich dort aufbauenden Laserleistung erreicht; diese (sogenannte Intra-Cavity- oder Resonatorleistung) ist u.a. abhängig von der Resonatorgüte.

Die Güte eines Laserresonators wird wiederum durch den Auskoppelgrad des teildurchlässigen Auskoppelspiegels beeinflusst.

Diese eher unscheinbare optische Komponente muss bei Hochleistungslasern (z.B. einem CO<sub>2</sub>-Laser mit 5 - 6 kW kontinuierlicher Ausgangsleistung) extremen Anforderungen genügen. Dabei hängt die Resonatorleistung (Intra-Cavity-Leistung) entscheidend vom Reflexionsgrad des Auskoppelspiegels ab. Je höher dieser ist, je mehr Laserleistung wird (bis zu einer Sättigungsgrenze) im Resonator „gespeichert“.

Diese Resonatorleistung kann sehr hohe Werte erreichen (z.B. bei falscher Dimensionierung der Reflexionseigenschaften des Auskoppelspiegels) und u.U. zur Zerstörung des Laserresonators führen.

Der typische Auskoppelspiegel ist eine für die Laserstrahlung mehr oder weniger transparente optische Komponente, die allerdings bei genauer Betrachtung eine kompliziert aufgebaute Präzisionsoptik darstellt. Es wird erwartet, dass in dieser Optik, obwohl z.B. 5000 W Laserleistung durch sie hindurch gehen (und ca. 10.000 W innerhalb des Resonators auf ihn einwirken), maximal 5 W (nur 0,1 % der Ausgangsleistung) absorbiert werden, weswegen sich die Erwärmung einer solchen Optik – selbst bei höchsten Leistungen – in Grenzen hält.

Entscheidend dafür ist – neben der hohen Qualität des Spiegel-Substratmaterials, welches bei II-VI mit äußerst aufwändiger Technologie selbst hergestellt wird – der Aufbau der optischen Dünnschichtsysteme. Diese weisen sowohl Antireflex-(AR) als auch Teil- (oder Partial-) Reflexeigenschaften auf, sind aus unterschiedlichen Materialien aufgebaut und jeweils nur wenige Mikrometer dick.

Bedingung für ein einwandfreies Funktionieren eines Auskoppelspiegels für Hochleistungslaser ist – neben niedrigsten Absorptionswerten – eine sehr hohe Oberflächengüte (z.B. von lediglich 1/100 bis 1/20 der Laserwellenlänge) und extrem geringe Rauigkeiten zur Vermeidung von Streulicht-Verlusten. Die Oberflächenqualität und -Formtreue bestimmt außerdem den „Mode“, und damit die Qualität und Fokussierbarkeit der Laserstrahlung.

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

Fortsetzung  
von Seite 3

Im Prinzip können wir diese Zupferei in jede beliebige Richtung (senkrecht zur Spannrichtung des Seils) durchführen und erhalten jedes mal eine senkrecht zur Spannrichtung schwingende Welle. Dies gilt analog für unser Licht. Es gibt unendlich viele Möglichkeiten eine elektrische Welle zu erzeugen, die senkrecht zur Ausbreitungsrichtung schwingt.

Nun ist es aber für manche Vorgänge in der Optik wichtig zu wissen, mit welcher dieser vielen Wellen man es zu tun hat. Daher hat man den Begriff der Polarisation eingeführt. Die Polarisation legt fest in welcher Richtung man am Seil zupft bzw. in welcher Richtung die elektrische Welle schwingt.

Bleibt noch zu klären, was es mit s- und p-Polarisation auf sich hat. Dazu stellen wir uns einen Lichtstrahl vor, der an einem Spiegel reflektiert wird. Oder anders gesagt zwei gespannte Seile, die einen Haltepunkt gemeinsam haben. Diese zwei Seile beschreiben eine Ebene, die durch sie gebildet werden. Zupft man nun wieder an einem Seil, so kann man zwei grundsätz-

lich unterschiedliche Arten voneinander unterscheiden. Entweder man zupft „in der Ebene“, die durch die beiden Seile festgelegt wird. Oder man zupft senkrecht zu derselben. Zupft man in der Ebene, so spricht man von „parallelem“ Zupfen bzw. p-Polarisation. Zupft man senkrecht zur Ebene, so spricht man von „senkrechtem“ Zupfen bzw. s-Polarisation.

Die Unterscheidung der Polarisation wird in der Optik immer dann wichtig, wenn Licht nicht senkrecht auf eine Oberfläche trifft. Also beispielsweise bei den oben genannten Spiegeln. Hier wird der Laserstrahl oft um 90° abgelenkt und man erhält unterschiedliche Reflexionen für die unterschiedlichen Polarisationen. Polarisation kann man gezielt nutzen. So lassen sich beispielsweise Rückreflexe vom Werkstück unterdrücken oder von der Schnittrichtung unabhängige Schneideigenschaften erzeugen. Fragen Sie uns, wie Ihnen die Polarisation bei der Lösung Ihrer Probleme helfen kann.

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



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