

LASER COMMUNITY.

Über Menschen und Photonen

SUMMER OF LIGHT

Die Zukunft des Lasers wird magisch.

#30

MAI 2020

HERAUSGEBER TRUMPF GmbH+Co. KG,

Johann-Maus-Straße 2, 71254 Ditzingen, Deutschland; www.trumpf.com

V.I.S.D.P. UND CHEFREDAKTION Athanassios Kaliudis,

Telefon +49 7156 303-31559, athanassios.kaliudis@trumpf.com

VERTRIEB Telefon +49 7156 303-31559, athanassios.kaliudis@trumpf.com,

www.trumpf.com/de_DE/unternehmen/presse/magazine

REDAKTION Die Magaziniker GmbH, Stuttgart, Florian Burkhardt, Martin Reinhardt

AUTOREN Christian Bauer, Florian Burkhardt, Athanassios Kaliudis,

Paul Mehnert, Martin Reinhardt, Sebastian Stamm, Julia Stolte,

Monika Unkelbach, Felix Zimmermann

FOTOGRAFIE UND ILLUSTRATION Jan Hosan, Thierry Laporte, Lukas Pilz,

Marc Schmidt, Gernot Walter, Ricardo Wiesinger

GESTALTUNG UND PRODUKTION Die Magaziniker GmbH, Stuttgart,

Gernot Walter (AD), Martin Reinhardt

ÜBERSETZUNG Burton, van Iersel & Whitney GmbH, München

REPRODUKTION Reprotechnik Herzog GmbH, Stuttgart

HERSTELLUNG W. Kohlhammer Druckerei GmbH+Co. KG, Stuttgart



Von wegen kalter Kaffee!

Der Laser wird dieses Jahr 60 – und bei runden Geburtstagen neigen wir ja gern zur Retrospektive. Also: Es war 1985, als ich als junger Maschinenbautechniker beim Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt das erste Mal einen echten Laser vor mir hatte. Das soll jetzt nicht kitschig klingen, aber es hat schon etwas Faszinierendes, ja Emotionales, wenn man das erste Mal sieht, wie ein Laser „anschwingt“, der Strahl spontan da und gleichzeitig so völlig anders ist als gewöhnliches Licht. Diese kraftlose Energieübertragung von der Strahlquelle auf das Werkstück, und zwar mit Lichtgeschwindigkeit, hat mich von Anfang an gefesselt und begeistert mich noch heute.

Ein paar Jahre später kam ich auf einer Zugfahrt ins Gespräch mit einem Doktoranden der Chemie. Er war total verwundert, als ich ihm berichtete, dass ich mich mit der Entwicklung des CO₂-Lasers befasste. „CO₂-Laser?“, meinte er. „Das ist doch kalter Kaffee!“ Das hat mir noch mal vor Augen geführt, wie weit der Weg vom Wissenschafts- zum Industrielaser ist. Denn dass der Laser theoretisch und auch praktisch funktioniert, das war Ende der 1980er-Jahre ja tatsächlich nichts Neues. Dass es aber viele Jahre Entwicklungsarbeit kostet, bis ein Laser aus dem Labor im industriellen Umfeld zuverlässig und 24/7 funktioniert, das war offensichtlich nicht so klar.

In den Jahren danach hat sich die Lasertechnik schnell weiterentwickelt. Einen Rückblick auf die Meilensteine der Laserhistorie erspare ich Ihnen. Ich will viel lieber nach vorn blicken. Denn es steckt, wie Sie in dieser Ausgabe lesen werden, noch viel Musik im Werkzeug Licht. Vor allem in einer meiner Lieblingstechnologien, den Ultrakurzpulslasern. Mit diesen Lasern, die in so unfassbar kleinen Zeitskalen arbeiten, werden wir Anwendungsfelder in Biologie und Chemie erschließen, an die wir heute vielleicht noch gar nicht denken. Vor allem aber bin ich davon überzeugt, dass wir mit Ultrakurzpulslasern auch in der klassischen Materialbearbeitung neue Möglichkeiten finden werden. Eine wichtige Voraussetzung hierfür hat das Lasertechnik-Start-up GLOphotonics mit seiner Hohlkernfaser geschaffen. Das Interview ab Seite 8 mit dem CTO Fetah Benabib ist mein persönlicher Lesetipp für Sie!

Überhaupt befinden wir uns als Laser-Addicts in aufregenden Zeiten. Immer smartere Sensoren liefern immer mehr Daten, die mithilfe von künstlicher Intelligenz immer ausgefuchstere Laserbearbeitungsstrategien entwickeln. Ein heißes Thema sind zudem Laser für sekundäre Strahlquellen, wenn man also Licht auf Umwegen in andere Strahlung konvertiert. Bekanntestes Beispiel hierfür dürfte derzeit die EUV-Technologie sein. Ab Seite 12 blicken wir in die Zukunft der Lasertechnik. So viel kann ich vorwegnehmen, und auch das soll nicht kitschig klingen: Sie wird magisch.

DR.-ING. CHRISTIAN SCHMITZ

Chief Executive Officer Laser Technology

Mitglied der Gruppengeschäftsführung der TRUMPF GmbH + Co. KG

christian.schmitz@trumpf.com



Knipsen

Wir sehen zwei Männer, die eine unglaubliche Erfolgsgeschichte verbindet. Hätten Menschen wie Laser-Pionier Michael Bass (rechts) 1960 nicht angefangen, mit diesem neuen Licht zu spielen, hätte ihn unser Fotograf Marc Schmidt 2020 nicht einfach mit dem Smartphone durch Vero Beach begleiten können. Den wunderbaren Spaziergang sehen Sie ab **Seite 20**.



Röntgen

Der Hamburger Untergrund zieht Forscher aus aller Welt an. Hier gibt es einen Tunnel mit der härtesten Lasershow der Welt. Wir hatten zufällig Gelegenheit, hinabzusteigen und ein wunderschönes Foto mitzubringen. Es ist der Blick in ein Diagnosegerät, mit dem die Forscher am European X-Ray Free-Electron Laser XFEL ihre Röntgenpulse prüfen. **Heft wenden**.



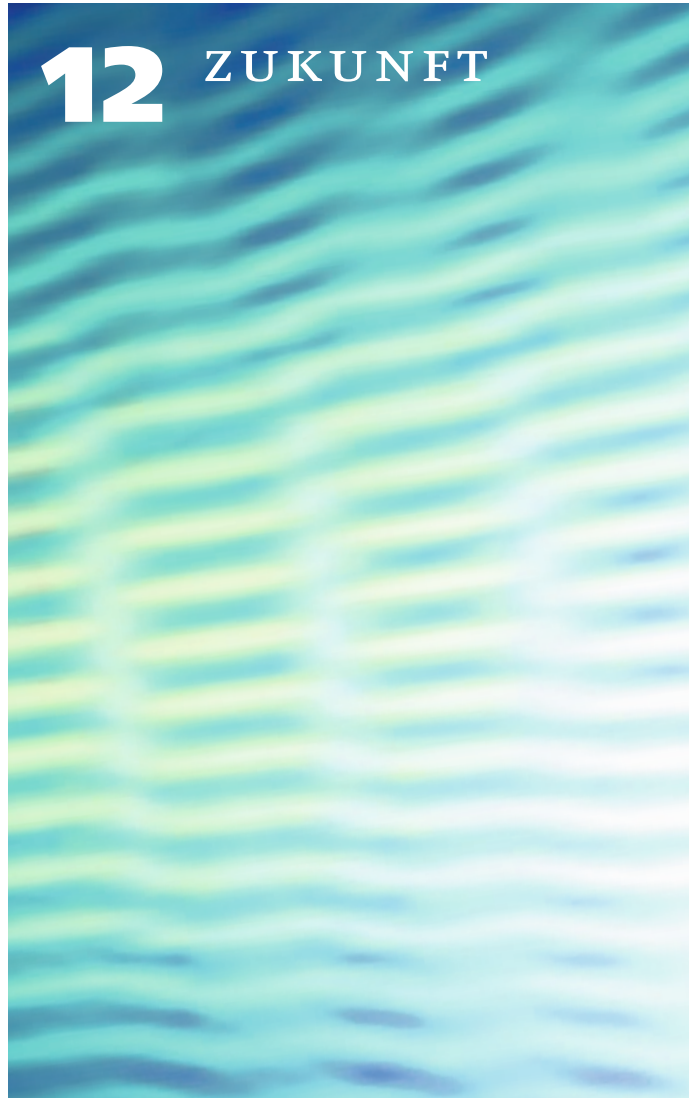
Röhren

Unser Motorrad auf **Seite 28** macht „wrrrooom“. Mehreren Ingenieuren beim Motorradhersteller KTM ließ das keine Ruhe, denn sie meinen, ihre Motocross-Bikes machten eher „brrrraap“. Wir beließen es zwecks Verständlichkeit trotzdem beim alten Röhler, gestehen aber zu: Sie haben Recht.

Marc Schmidt, Jan Hosan, KTM

LASER

12 ZUKUNFT



20 LEGENDE

Gernot Walter, Marc Schmidt

COMMUNITY.

THEMA

12 FUTURE REMASTERED

Nach 60 Jahren Laser sind wir aus dem Staunen herausgekommen und beginnen zu verstehen. Wohin das führt? Zu neuen Wundern. Sechsmal Zukunftsmusik für die Materialbearbeitung.



6 POWER

Quantencomputer hilft beim Laserschneiden. Echt wahr.

7 GLORY

Alles Gute zum Sechzigsten, lieber Laser!

8 AHEAD

Wie die Hohlkernfaser die Produktionsabläufe mit UKP-Laser vereinfacht.

10 Länger hält besser

Ciao, Kleber! Glasverbindungen per Laser sind endlich industriereif.

20 „Innovation ist das, was passiert, wenn man eigentlich etwas anderes machen will“

Laser-Legende Michael Bass über Projekte, die ihn wurmen, die Gegenwart der Laserei und seine neue Fernsehshow

24 i 4.0

5G gewinnt – Der neue Mobilfunkstandard 5G hebt die smarte Produktion aufs nächste Level.

25 FRISCHE FORSCHUNG

Diese vier Entdeckungen bringen neuen Schwung in die Lasermaterialbearbeitung.

26 Los, beweg dich!

Mit dieser Seite des Lichts hätten die Laserväter in ihren wildesten Träumen nicht gerechnet.

28 WRRROOM

KTM markiert die Schalldämpfer seiner Motorräder. Klingt ja erst mal einfach.

30 Plötzlich Freunde

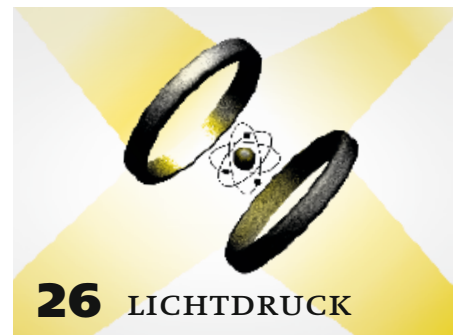
Ein Mann eröffnet den Weltmarkt für ultradünne Kupferrohre.

34 POP

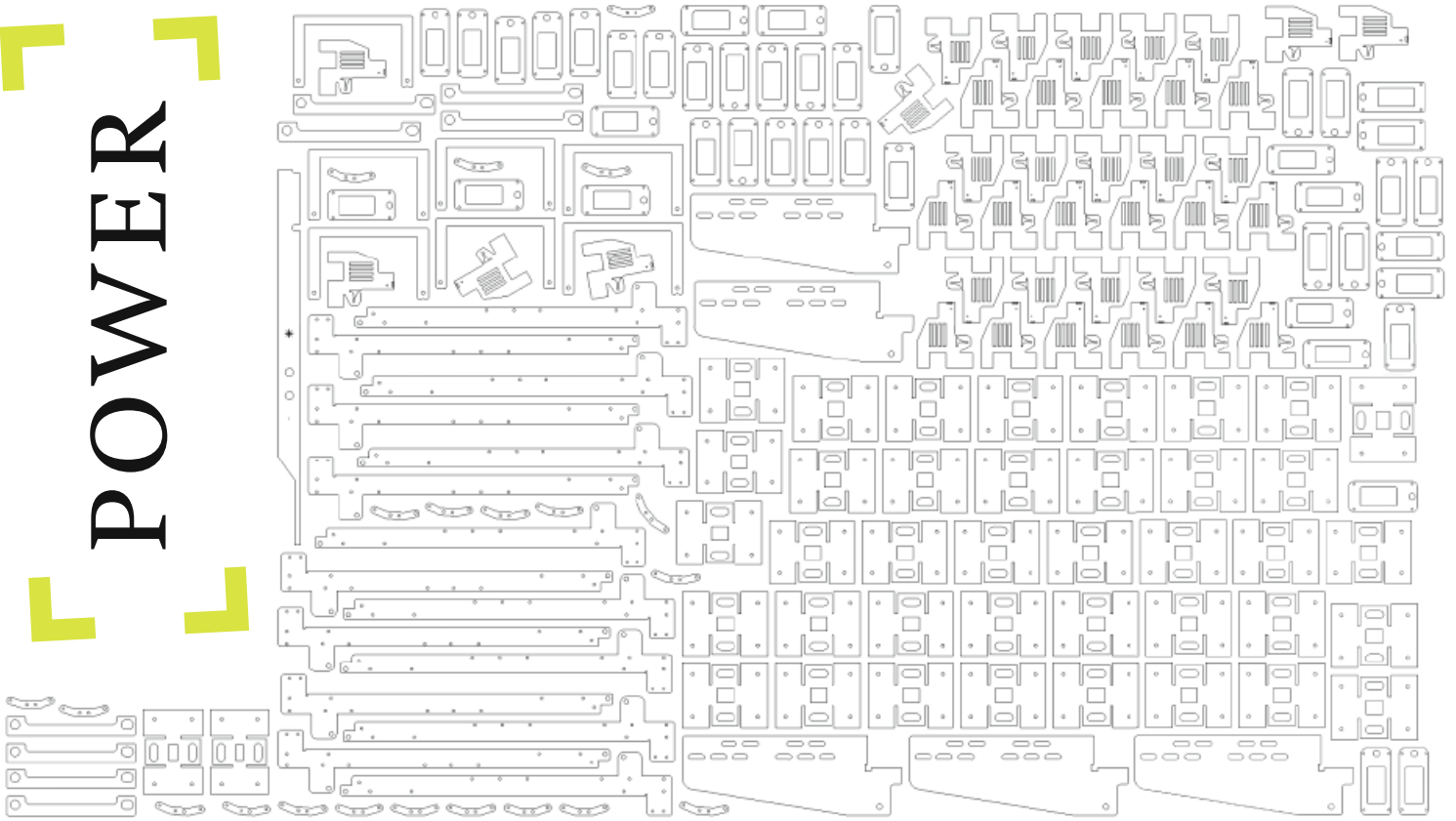
Ein Wurmloch mit Einstein

35 WO STECKT DER LASER?

In der Pünktlichkeit



POWER



PUZZELN MIT QUANTEN

Schachteln fürs Laserschneiden: In Zukunft macht das ein Quantencomputer. Und zwar schneller und besser.



So stellt sich Google einen Quantenprozessor in der Kühlkammer vor.

Was soll ein Quantencomputer eigentlich tun? Zum Beispiel Blechteile fürs Laserschneiden schachteln.

Hacker und Spione lechzen nach dem Quantencomputer. Denn er wird unübertreffbar gut darin sein, schier unendlich viele Optionen in kürzester Zeit durchzuspielen. Genau das Richtige, um Codes, Passwörter und Ähnliches zu knacken. Aber kann man Quantencomputern nicht auch sinnvollere Aufgaben geben? Wo finden sich denn zum Beispiel in der industriellen Fertigung solche Optionenrätsel, die bisher unlösbar sind?

TRUMPF arbeitet derzeit im Forschungsverbund „PlanQK“ daran, genau solche praktischen Aufgaben zu identifizieren. Eine davon ist das Schachteln, auch Nesting genannt. Hier geht es darum, beim Laserschneiden möglichst viele Teile aus einer Blechtafel herauszuholen und sie optimal anzuordnen. Bisher schachteln die Bediener entweder von Hand oder mit einer Software. Die Software bekommt zwar mit heutiger Rechenleistung eine gute Formver-

teilung hin, kann aber ganz viele andere entscheidende Punkte nicht berücksichtigen. Zum Beispiel schafft sie es nicht, die Teile so anzuordnen, dass sie beim Schneiden nicht umkippen. Wenn dann noch Fragen dazukommen wie: Wann ist der ideale Zeitpunkt für die Fertigung? Wie dringend ist der Auftrag? Welche Maschinen sind gerade frei?, hissen heute selbst sogenannte Supercomputer die weiße Fahne. Für solche Rechenaufgaben warten die Experten auf den Durchbruch des Quantencomputers. Bis es in der Praxis so weit ist, werden aber gut und gerne noch zehn Jahre vergehen. Trotzdem tragen die Ingenieure bei TRUMPF schon jetzt Daten, Faktoren und Strategien für das beste Schachteln aller Zeiten zusammen, damit es sofort losgehen kann, wenn die Quantentechnologie so weit ist. Ein paar Stockwerke tiefer arbeiten andere TRUMPF Kollegen an den neusten Raffinessen der Lasertechnologie, die die ganze Quantenrechnung unter Umständen überhaupt erst möglich machen werden. Denn auch der Quantencomputer selbst wird nur mit Hightech-Lasern funktionieren. ■

GLORY



lieber Laser,
kaum zu fassen, dass du schon so bist!
Weißt du noch, als wir damals - du
hattest eben erst laufen gelernt - die
Klingen und Wackelpudding
Und jetzt sieh dich an: so fit und
kraftvoll, wie wir zuvor.
Herzlichen Glückwunsch und ^{*}feier schön!
Deine Freunde

* 1. Anfangs behalf man sich damit, die Laserleistung zu messen, indem man die Rasierklingen zählte, die ein Laserstrahl durchschoss. Die improvisierte Einheit war 1 Gillette. 2. Laser-Co-Erfinder Arthur Schawlow zielte 1970 mit Stickstofflasern auf Wackelpudding verschiedener

Geschmacksrichtungen. Er wollte die Speise pumpen und laseraktiv anregen. Das gelang aber erst, als er spezielle Farbstoffe zusetzte. Das Experiment war der erste Schritt zu Distributed-Feedback-Lasern und damit letztlich zu Halbleiterlasern.

「AHEAD」

„Wir

Fetah Benabid,
der Gründer von
GLOphotonics,
bändigt jedes
Laserlicht.

biegen die Schranken der Physik“

Hohlkernfasern von GLOphotonics transportieren erstmals ultrakurze Laserpulse und Hochleistungslaserlicht. Sie können aber noch viel mehr als das.

Herr Benabid, Laser per Lichtkabel zu transportieren ist nicht neu—was macht denn Ihren speziellen Lichtleiter aus?

Wir haben die Hohlkernfasertechnologie entscheidend weiterentwickelt: Wir können jetzt ultrakurze Laserpulse darin leiten. Bisher glaubte man, dass das aus physikalischen Gründen nicht möglich ist. Wir biegen hier die Schranken der Physik! Außerdem halten unsere Kabel Laserlicht mit extrem hoher Leistung stand, ohne zerstört zu werden. Auch das war bisher nicht möglich—dachte man zumindest.

Okay, und was haben wir davon?

Das Offensichtliche: Sie können jetzt endlich ultrakurze Pulse und Hochleistungslaserlicht einfach und über weite Strecken transportieren—so wie das bei nicht oder nur kurz gepulstem Festkörper-Laserlicht schon lange der Fall ist. Für Maschinenbauer heißt das: einfachere, flexiblere Laseranlagenkonzepte. Die Strahlquelle muss sich nicht zwingend in der Nähe des Werkstücks befinden und das Licht nicht in einer aufwendigen Freistrahlführung um alle Ecken mithilfe von Spiegeln gelenkt werden. Für Anwender ergibt sich der Vorteil: Der Laser kann einfach dort stehen, wo Platz ist. Auch in einem separaten Sicherheitsraum zum Beispiel.

Wie funktionieren Ihre Hohlkernfasern?

Konventionelle optische Fasern propagieren Laserlicht entlang einer Faser durch den bekannten Mechanismus der totalen internen Reflexion. Hohlkernfasern arbeiten mit verschiedenen Mechanismen, die auf Prinzi-

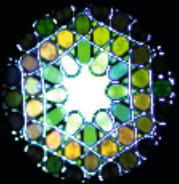
pien der Quantenmechanik beruhen. Bei einer Hohlkernfaser wird der Mantel mikrostrukturiert, um das zu bilden, was wir einen zweidimensionalen photonischen Kristall nennen. Das Motiv des Mantels ist so konstruiert, dass ein Licht im Faserkern nicht durch den Mantel „entkommen“ darf. Heute haben wir zwei Möglichkeiten, die Lichtausbreitung in Hohlkernfasern zu erreichen. Die erste beruht auf dem Konzept der photonischen Bandlücke, die zweite auf dem Konzept der inhibierten Kopplung. Bei letzterem ist GLOphotonics führend in der Technologie, indem es Hohlkernfasern anbietet, die das Beste aus mehreren Welten kombinieren. Insbesondere, und im Gegensatz zu anderen optischen Fasern, können GLO-Fasern Laserstrahlen hoher Leistung und ultrakurzer Pulse ohne Verzerrung ihrer räumlichen und zeitlichen Integrität führen.

Woran arbeiten Sie gerade?

Im Moment arbeiten wir an einer großen Familie von Strahllieferungssystemen, die Laserlicht über zwanzig Meter mit einem Leistungsverlust von nur zehn Prozent leiten. Da wollen wir mehr rausholen und sowohl den Transportweg verlängern als auch den Leistungsverlust weiter reduzieren. Hier machen wir aktuell gute Fortschritte. Außerdem arbeiten wir an Konzepten, die auch Lasernetzwerke mit ultrakurzen Pulsen möglich machen. Damit könnte ein einziger Laser mehrere Maschinen gleichzeitig versorgen. Die neue Mikrostruktur birgt aber noch ganz andere Potenziale!

Was ist denn sonst noch damit möglich?

Sie können das Laserlicht innerhalb des Leiters verändern, wenn Sie wollen. Zum Beispiel lassen sich ultrakurze Pulse im Kabel noch weiter komprimieren, wenn Sie ein passendes Gas einfüllen, oder Sie können Laserlicht im ultravioletten Bereich generieren. Auch ein Multicolor-Laserlicht ist möglich. ■



Querschnitt durch Hohlkernfasern: Sie leiten Licht per Interferenzmechanismus.

GLOPHOTONICS Das französische Photonik-Start-up GLOphotonics entwickelt und produziert spezielle Lichtleiter mit dem Ziel, Laserstrahlen einfacher, sicherer und ohne Leistungsverluste zum Werkstück zu führen. Seit 2019 ist TRUMPF an dem Unternehmen aus Limoges beteiligt.

LÄNGER HÄLT BESSER

Glas an Glas, Glas an Metall, Glas an Kunststoff: Transparente Materialien konnte man effizient bislang nur per Kleber verbinden. Jetzt gibt es dafür einen neuen, industriereifen Laserprozess.

Glas mit Laser schweißen – ohne Zusatzmaterialien oder zusätzliche Prozessschritte? Das war bisher nur im Labor denkbar. Der Laser fügt transparente Materialien schnell und sicher. Er schmilzt das Material in der Laserinteraktionszone kurz auf, bereits beim Wiedererstarren entsteht eine feste Verbindung. Möglich machen dies ultrakurze Laserpulse. Durch Fokussieren lassen sich extrem hohe Intensitäten generieren, sodass die Pulsenergie teils absorbiert wird. Das ist wichtig, denn sonst ist Glas transparent für die Wellenlänge. Dies erlaubt es, an einem beliebigen Ort im Glasvolumen einen kleinen Bereich aufzuschmelzen. Bisher gab es da allerdings ein Problem. Wer Glas mit dem Laser schweißen wollte, musste die Bauteile zuvor aufwendig vorbereiten. Etwa durch optisches Kontaktieren. Auch Oberflächen mit unterschiedlicher Beschaffenheit brachten den Laser schnell aus dem Gleichgewicht. Und bei Spalten mit vier Mikrometer Breite kam er bereits an seine Grenzen. Was unter Laborbedingungen also gut funktioniert, war – zumindest bisher – für die industrielle Fertigung keine Option. Da wurde stattdessen geklebt oder auf aufwendigere Verfahren zurückgegriffen. Das wollten wir ändern.

Im TRUMPF Laserapplikationszentrum in Ditzingen hat sich unser Team der Voraussentwicklung den Prozess genauer angeschaut. Schnell war klar: Wenn wir größere Spalte überbrücken wollen, müssen wir den Laserstrahl in eine neue Form bringen. Bisher verwendeten Wissenschaftler beim Schweißen transparenter Materialien die gaußsche Strahlform. Diese erzeugt einen loka-

len Spot im Glas. Das heißt, die Laserleistung kommt sehr konzentriert an einer Stelle im Material an. Der kleine Fokuspunkt ist kritisch, denn rund um den Spot entstehen hohe Temperaturen und Drücke. Vergrößert man die Modifikation, bilden sich schnell Risse und die Festigkeit der Nähte sinkt drastisch.

LASERLICHT NEU GEFORMT Damit wir die Formung des Strahls überhaupt anpacken konnten, mussten wir für das Verfahren erst einmal eine Optik entwickeln, die die Strahlform verändern kann. So ist die Top-Weld-Optik entstanden. Sie ermöglicht uns, den Laserstrahl in die Länge zu ziehen, wobei die Breite des Fokus bestehen bleibt. Es entsteht eine deutlich größere, gleichmäßigere Schmelzzone, auf die sich die Laserenergie homogen verteilt. Im Vergleich zur gaußschen Strahlform lassen sich dadurch größere Spalte überbrücken. Die erzeugten Nähte sind hochfest – über die gesamte Modifikationslänge. Je nach Belastungsart erreichen sie die Festigkeit des Volumenmaterials. Auf dem Weg zu einem stabilen Prozess ist das ein entscheidender Hebel.

Vorteile bringt die neue Strahlform auch für die Fokusagentoleranz. Das heißt, der Laser steckt Bauteiltoleranzen und Verschiebungen der Nahtlage durch den größeren Spot besser weg. Vor allem bei komplexen Schweißgeometrien ist das entscheidend. Der Laser fährt das Bauteil einfach ab und verschweißt es sicher. Bei Versuchen mit der gaußschen Strahlform bricht der Prozess dagegen schnell ab.



**FELIX
ZIMMERMANN**

forscht gemeinsam mit seinen Kollegen in der Voraussentwicklung des TRUMPF Laserapplikationszentrums an Laserprozessen von morgen.



Der Laserstrahl hat einen Durchmesser von fünf Millimetern vor der Optik. Er entspricht nie der klassischen Vorstellung vom dünnen Strahl. Erst zwischen Optik und Werkstück wird er kegelförmig gebündelt.

Die gläserne Schutzkappe dieses Lichtleitkabels ist lasergeschweißt.

MIT DEN PULSEN ÜBER DIE SPALTE Mit dem Ziel, größere Spalte sicher zu überwinden, suchen wir auch beim Laser selbst nach Stellschrauben. Ein Feature des TruMicro 2030 half uns dabei: Wir können die Laserenergie zeitlich modulieren. Statt konstant mit derselben Laserleistung zu schweißen, regelt der Laser die Laserpulsenergie sinusförmig hoch und runter. Die Frequenz der Modulation ist dabei auf den Prozess abgestimmt und beträgt typischerweise 500 Hertz. Entscheidend dabei ist, dass die mittlere Laserleistung gegenüber dem unmodulierten Fall konstant beziehungsweise nicht erhöht ist, während die Pulsenergie im Maximum aber deutlich größer ist. So lassen sich die Naht und somit die Fokusalgentoleranz und potenziell schweißbare Spaltgrößen weiter verbessern.

Der direkte Vergleich mit dem Standardprozess ohne Energiemodulation zeigt: Bei Verwendung derselben mittleren Laserleistung von nur 1,8 Watt können wir durch die Modulation der Pulsenergie Spalte von bis zu acht Mikrometern überbrücken. Ohne Modulation sind nur vier Mikrometer möglich. Die kurze, definierte Pause zwischen zwei Pulsen bewirkt zudem, dass Spannungen deutlich reduziert werden. Die thermische Ausdehnung der unterschiedlichen Fügepartner kann stark voneinander abweichen. Das ist ein enormer Vorteil gegenüber bestehenden Verfahren. Vielfältige Materialkombinationen lassen sich so fügen: Gläser derselben oder unterschiedlicher Sorten, Glas und Silizium, Glas und Metall oder Glas und Kunststoff. Die Verbindungen sind hochfest sowie gas- und flüssigkeitsdicht. Bisher ließen sich solche Verbindungen industriell entweder kleben oder mit sehr aufwendigen Laserverfahren fügen. Mit der neuen Strahlform und der Möglichkeit, größere Spalte zu überbrücken, ist der Laser erste Wahl. Denn er bringt weitere Vorteile: Um ein Aushärten des Klebers oder die Dichtigkeit der Teile müssen sich Anwender keine Gedanken mehr machen. Im Gegensatz zu geklebten Nähten sind außerdem kleinere Flansche ausreichend. Der Bruchteil eines Millimeters genügt, um feste Lasernähte zu erzeugen. Die Bauteile selbst können also kleiner werden – für mehr Freiheit beim Design.

AB IN DIE FERTIGUNG! Bei TRUMPF hat der Laser den Kleber bei der eigenen Fertigung in einigen Fällen bereits abgelöst. Die Schutzkappen etwa auf den Lichtleitkabeln für unsere Festkörperlaser schweißen wir, anstatt sie zu kleben. Besonders für unsere Kunden aus der Medizintechnik und der Unterhaltungs- und Mikroelektronik ist das Schweißen transparenter Materialien ein zukunftsträchtiges Verfahren. Und mit dem neuen Prozess bringen wir es auf den Weg in die industrielle Fertigung. ■

Ansprechpartner: Felix Zimmermann,
Telefon: +49 (0)7156 303-32391, Felix.Zimmermann@trumpf.com

KLANG DER FUTURE ZUKUNSTE REINIASTE

Auch nach 60 Jahren ist noch viel Musik im Werkzeug Licht. Auf den folgenden Seiten kommt die Playlist mit sechs Gründen, gut zuzuhören.

Kennen Sie den
Laser-Sound?
Hören Sie die
Playlist zum 60.
Lasergeburtstag unter:
[https://sptfy.com/
summerofflight](https://sptfy.com/summerofflight)



TRACKS

- 14—Optik und Strahlführung
- 15—Sensorik und Prozesskontrolle
- 16—Digitalisierung und künstliche Intelligenz
- 17—Laser für sekundäre Strahlquellen
- 18—Simulation und Prozessverständnis
- 19—Neue Strahlquellen

ER

RED

D

Der Laser ist das Smartphone unter den Industriewerkzeugen. Es ist noch gar nicht so lange her, da zeigten die Tech-Pioniere stolz herum, was sie hatten. Das Publikum belohnte sie mit „ah“ und „oh“. Heute sind Smartphones wie Laser zwar immer noch kleine Wunderwerke, aber kaum jemand staunt mehr darüber. Zu alltäglich, zu normal, zu massenhaft, um noch irgendwen zu beeindrucken. Doch anders als beim Smartphone kündigt sich in der Lasermaterialbearbeitung gerade ein grandioser Neubeginn an. Gleich auf mehreren Feldern reißen Forscher und Entwickler Grenzmauern nieder. Und die Aussicht auf das Land dahinter ist spektakulär: vertausendfachte Fokusse; Maschinen, die sich selbst kennen und spüren; beherrschbare, neuartige Strahlen; Einblicke in ungeahnte Tiefen. Was wir vor Kurzem noch für Fantasie hielten, wird bald die Werkshallen der Fertigungswelt füllen.

Laser-Anwender in der Industrie lernen, anders zu denken. Vor zehn, zwanzig Jahren, genügte es noch, überhaupt einen Laser zu *haben*, um der Konkurrenz voraus zu sein. Heute kann sich jeder für kleines Geld einen passablen Markierlaser in einem Webshop zusammenklicken. Neue Produktivitätssprünge werden künftig nur möglich sein, wenn wir anfangen, die Lasermaterialbearbeitung als *Teil eines Prozesses* zu begreifen. Experten auf der ganzen Welt zermartern sich den Kopf über folgende Fragen: Wie kommt der Strahl zum Werkstück? Was macht er da eigentlich genau? Wo stecken in der Bearbeitung rund ums Werkstück noch Optimierungspotenziale? Und wie ordne ich Laser und Lasermaschinen in den gesamten Produktionsprozess ein?

Die Antworten sind sensationeller als die Fragen. Wer die Lasertechnologie künftig besser verstehen und anwenden will, sollte in den kommenden Jahren auf die Zukunftsthemen achten, die wir auf den folgenden Seiten vorstellen. →

W Was war das für ein Erfolgsgefühl, als ultrakurze Laserpulse vor wenigen Jahren rasch hintereinander eng liegende, feinste Löcher bohrten. Und bald? Tausend Löcher gleichzeitig! Diesem gewaltigen Produktionssprung geht ein fundamentales Umdenken voraus. Sprach man bisher von einem *Laserstrahl*, der *im Fokus aufs* Material trifft, präzisieren die Experten nun: Eine *Laserwelle* wirkt *im* Material und der Fokus *verteilt* sich im Raum. Das neue Denken heißt Wellenoptik. Die bisher vorherrschende Strahlenoptik beschreibt Laserlicht als Strahl und Fokusse als Punkte. Die weitaus komplexere Wellenoptik begreift Laserlicht als Welle und den Fokus als Intensitätsverteilung. Das ist keine theoretische Spielerei, sondern wird getrieben durch Anforderungen, die bestimmte Materialien und konkrete Anwendungen an Laserlicht haben: Glas lässt sich per Laser intrinsisch modifizieren und damit teilen (mit Schneiden hat das nichts mehr zu tun). Beim Laser-Lift-off, dem Lösen zum Beispiel einer OLED-Schicht von einem Trägerglas, wirkt die Energie *unter* dem Material und löst es vom Substrat, bei Abtragprozessen wird aus dem Fokuspunkt einfach ein ganzer Lichtriegel – Schneeschaukel statt Pinzette. Ja, es ist sogar möglich, Laserstrah-

len in tausend Teile aufzuteilen. Jeder einzelne Teil hat dann dieselbe Intensitätsverteilung wie die 999 anderen. Ergebnis: tausendmal schnellere Prozesse. In Zukunft wird es also darum gehen, dieses kohärente Wellenbündel zu formen, zu biegen, zu quetschen, zu ziehen, in Stückchen zu hacken und genau dorthin zu bringen, wo es überall gleichzeitig wirken soll. Das stellt ganz andere Anforderungen an die Prozessentwicklung – und an die Optik. Salopp gesagt, und bitte nicht persönlich nehmen: Fokussieren ist was für Anfänger, in den nächsten zehn Jahren geht's um Diffraktionieren. Die Modellbildungen sind hochkomplex und eine mathematische Herkulesaufgabe. Wenn die Systeme dann aber stehen, werden sich Laserbearbeiter über fantastische Produktivitätsgewinne und ungeahnte Anwendungsfelder freuen. Angewandte Wellenoptik versetzt den Menschen in die Lage, geheimnisvolle Laserwellen zu formen und zu regieren, die man nie für möglich gehalten hat. Und wenn es dann demnächst ultraschnelle Quantencomputer gibt, steht der nächsten Revolution nichts im Wege: Dann wird Laserlicht auf der quantenelektrodynamischen Ebene berechnen- und damit manipulierbar. Es öffnen sich Tore in eine neue Welt. →

Foo Fighters
The Colour and the Shape

D

Die erste Fünffachsanlage war der Gipfel des Präzisionsmaschinenbaus: Sie hielt mikrometer- und winkelgenau ein Bauteil unter eine Optik, die dann blind und taub in den Raum feuerte. Und künftig? Bald legt man Bauteil X in die Anlage, Sensoren an der Optik erkennen Art des Bauteils, Material, Lage und Schweißpunkte und schweißen genau dort, wo es sein soll, und so tief wie nötig. Der ganze aberwitzige Aufwand hochexakten Spanns vereinfacht sich dramatisch, wenn die Maschine sich selbst orientieren kann. Das stellt Maschinenkonzepte vom Kopf auf die Füße.

In den letzten Jahren explodierte die Anzahl verbauter Sensoren in sämtlichen Lasersystemen. Wenig verwunderlich, denn Sensoren sind die konsequente Antwort auf die Fragen, die sich die Industrie derzeit stellt: Wie gehe ich um mit höheren Anforderungen an Qualität und Genauigkeit? Wie überprüfe ich Ergebnisse? Wie gewinne ich Daten für Simulationen, künstliche Intelligenz oder Dokumentation? Wie erhöhe ich den Automatisierungsgrad und damit die Produktivität? Ergo: Verpasst den Maschinen Sinne! Sie müssen die Welt um sie herum wahrnehmen und interpretieren können. Sensoren zum Beispiel für Einschweißtiefe oder Markierungen erlauben eine lückenlose Dokumentation und schnelles Eingreifen, falls mal was schiefliegt. Einen Schritt weiter gehen Sensoren, die zum Regeln genutzt werden: Ist die Sollwärme in einer Anlage überschritten, regeln sie automatisch die Laserleistung herunter; ist der angestrebte Fügeweg erreicht, bleibt der Laserkopf stehen. Derzeit werden immer neue Sensortypen zur Industriereife gebracht und an Laseroptiken installiert, von wo aus sie bequem direkt in den Prozess „blicken“ können.

Das hat weitreichende Folgen: Die Sensoren liefern einen endlosen Datenstrom – genau das Richtige für datenhungrige künstliche Intelligenzen oder Simulationen. Und es werden ganz neue Anwendungen denk- und umsetzbar, die ohne maschinelle Wahrnehmung nicht möglich sind – etwa ein automatischer Oberflächenabtrag ohne Programmierung, weil die Kamera erkennt, wo noch was wegmuss und wo nicht. Überhaupt Programmierung: Die Datenbanken für Parameter werden kontinuierlich wachsen und viele Programmierarbeiten überflüssig machen. Wenn man künftig ein Bauteil in eine Lasermaschine befördert, wird sie automatisch erkennen, was sie zu tun hat, und direkt loslegen. Beim Lasermarkieren ist diese Fantasie vermutlich bald schon Wirklichkeit. Alle anderen Laseranwendungen werden in den kommenden Jahren nachziehen. →

Buzzcocks
Do It

Blind as a fool who won't see
Suddenly taking control again

WE

ARE

ANYTHING

YOU WANT

WE ARE

TUNED

JUST TO

DO IT, OH YEAH

W

Wir staunten, als erste programmierbare Roboter zwischen Maschine A und B eine Brücke schufen. Trotzdem blieb jede Anlage im Grunde genommen ein Einzelgänger. Heute steuert eine vernetzende Software die Maschinen in einem interagierenden Produktionsablauf. Besonders der körperlose, nur über Parameter geformte Laserstrahl zeigt sich hier als das perfekt vernetzbare Werkzeug. Doch der Ausbau der Werkshalle zur smarten Fabrik ist noch längst nicht an ein Ende gekommen. Das sieht man zum Beispiel

IT'S NOTHING

an einem Aspekt der Digitalisierung, der von den Trend-Hyperm oft als zu langweilig links liegen gelassen wird, in der realen Anwendung jedoch enorme Wirkung zeigten: Fernwartung und externe Zustandsüberwachung, also das Condition Monitoring. Es geht um Verfügbarkeit und Betriebszeit. Natürlich will jeder Anwender, dass sein Lasersystem immer zuverlässig liefert. Doch seit die Halbleiterindustrie und Consumer Electronics voll auf Laser setzen, tut sich hier einiges. Denn beide Branchen haben beinahe absurde Anforderungen an die Verfügbarkeit ihrer Systeme und pushen mit ihren Erwartungen derzeit die gesamte Lasertechnologie. Das ist gut für alle Branchen. Selbst die einstmals geduldigen und leidensfähigen Laseranwender aus der Wissenschaft fordern heute weitreichende Zusicherungen an Verfügbarkeit ein. Die Nahe-100-Prozent-Verfügbarkeit rückt in Reichweite.

BUT

Unterdessen zieht künstliche Intelligenz (KI) in die Werkshallen ein. Konnte KI ihre Stärken bislang eher bei immateriellen Prozessen ausspielen, wie der Produktionsplanung, rückt sie inzwischen näher an die Maschine heran. In den nächsten Jahren werden die Elektronenhirne – gefüttert mit Daten aus Sensoren und Simulationen – völlig neuartige Laserbearbeitungsstrategien entwerfen, die Prozessschritte lernend verfeinern und schließlich die Programmierung vernetzter Maschinen gleich selbst übernehmen. Die Produktivitätsgewinne werden gewaltig sein. →

MECHANICS

PLAY IT

AUTOMATICALLY

Polysics
Domo Arigato Mr Roboto


H

Harte Röntgenstrahlen entstehen in kilometerlangen Röhren von Teilchenbeschleunigern und erlauben Einblicke in die Natur, die vorher unmöglich schienen. Und bald? Solche Teilchenbeschleuniger gibt es demnächst in der Größe eines Kleinwagens für Labore und Kliniken – zum Beispiel dank stabiler Scheibenlaser. Wissenschaftler nutzen zuverlässige Hochleistungslaser, um ihr Licht auf Umwegen in eine andere Strahlung zu konvertieren. Ein Ansatz, der eine ganze Reihe verschiedener Strahlungen erzeug- und nutzbar macht: Plasmastrahlen, Terahertzwellen, Elektronen- und Neutronenstrahlung, extrem ultraviolettes Licht (EUV) und so weiter. Damit werden ganz neue Anwendungen möglich, längst nicht nur für die Wissenschaft. Zum Beispiel die nicht zerstörende Materialprüfung: Kompakte, lasergetriebene Röntgen- oder Neutronenstrahlquellen werden künftig routinemäßig sämtliche sicherheitsrelevanten Bauteile, wie etwa Turbinenblades, auf kleinste Fehlerchen hin durchleuchten. Das Konzept lässt sich auch auf ganze Gebäude übertragen: Bisher untersucht man den Erhaltungszustand von Brücken, indem man sie sperrt und an mehreren Stellen anbohrt, um einen Blick auf

die innen liegenden Stahlträger zu werfen. Künftig wird man dafür mobile, lasergetriebene Teilchenstrahler haben, die die gesamte Brücke durchleuchten. Sie zeigen, ob man sie instand setzen muss oder nicht – innerhalb weniger Stunden und ohne Sperrung. Die neuartigen Strahlquellen werden auch an anderer Stelle für mehr Sicherheit sorgen: Cargocontainer werden sich an Häfen hoch aufgelöst untersuchen lassen, ohne dass man sie dazu öffnen muss. Ärzte werden Operationstische und medizinisches Besteck mit hartem UV-Licht sicher und in Windeseile desinfizieren. Der Fantasie sind keine Grenzen gesetzt. Konzepte schießen aus dem Boden, die im ersten Moment ungeheuerlich klingen: Ein lasergenerierter Partikelstrom könnte zum Beispiel Reaktorabfälle bombardieren und deren Zerfallsprozess beschleunigen – von 10.000 Jahren auf wenige Wochen. Das Atomüllproblem wäre gelöst. Und dank der Hochleistungslaser darf die Menschheit weiter von der Kernfusion träumen: Laserinduzierte Röntgenhohlraumstrahlen könnten endlich Wasserstoff und Helium oder Deuterium und Tritium verpressen und damit eine saubere und unerschöpfliche Energiequelle liefern. →

*You electrify my life
Let's conspire to ignite*

Muse
Starlight



It's
NOT easy
with
complexity
this

Eagles of Death Metal
Complexity

Theorie ist nicht grau, sondern teuer. In der Industrie war es zu allen Zeiten günstiger auszuprobieren, was passiert, wenn man diesen Regler nach rechts dreht und jenen ein bisschen nach links. Gute Prozessstrategien zum Beispiel beim Laserschweißen waren daher eine seltsame Mischung aus Zufall und Fleißarbeit. Aber alles war einfacher, als *wirklich* zu verstehen, was im Material passiert. Das ändert sich jetzt. Aus drei Gründen: Rechenleistung ist heutzutage günstig, Sensoren und Vernetzung liefern mutmaßlich nützliche Daten en masse und die Anforderungen an Bearbeitungsgeschwindigkeit und -genauigkeit werden so hoch, dass es sich tatsächlich lohnt, etwas Hirnschmalz in Theorie, Modellerstellung und Simulation zu investieren. Ein Beispiel, bei dem das neulich gelang, ist die Simulation von Keyholes beim Überlapp- und Ecknahtschweißen von General Motors. Die physikalischen Kräfte, die im Keyhole wirken, sind extrem komplex und in hohem Maße variabel, je nach gewählten Parametern wie etwa Laserleistung, Schweißgeschwindigkeit oder Fahrtweg. Hat man ein gewisses Fertigungsniveau erreicht, bringt einen Rumprobieren nicht mehr weiter.

Mit einem ausgeklügelten Modell und ordentlich Rechenleistung hingegen erhält General Motors so genaue und reproduzierbare Vorhersagen, dass das Unternehmen eine ganz neue Prozessstrategie fürs Schweißen entwickeln konnte, die so schnell und sauber läuft wie nie zuvor. In den kommenden Jahren wird das zum neuen Standard der Industrie werden: immer aufwendigere Modelle und KI-gestützte Simulationen, die das Prozessverständnis erhöhen und ganz neue Bearbeitungsstrategien ermöglichen. →

D

Die Grundkonzepte für Strahlquellen sind seit den 1970ern alle bekannt: CO₂, Festkörper, Diode, Faser. Ausentwickelt sind sie aber noch lange nicht. Ingenieure finden stets neue Kniffe, um mehr aus den Lasersystemen rauszuholen: höhere Pulsenergie, höhere mittlere Leistung, kürzere Pulse, bessere Strahlqualität. Dies wird auch in den kommenden Jahren so weitergehen. Doch neben dem Wettrennen um den neuesten Industrielaserrekord – was sind die tiefer liegenden Entwicklungen, die die Anwender im Blick haben sollten?

Erstens: Der Spektralbereich wird größer. Laserlicht in allen möglichen Wellenlängen steht prinzipiell schon jetzt zur Verfügung, es hapert meist nur an der nötigen Leistung. Dieses Hindernis fällt nach und nach in allen Wellenbereichen weg: Dank der Zuverlässigkeit des Scheibenlasers lässt sich Laserlicht in allen möglichen Farben leistungsstark und industriereif erzeugen. Ein gegenwärtiges Beispiel ist grünes Laserlicht, das von Buntmetallen hervorragend absorbiert wird und ein Segen für Anwendungen in der Elektromobilität ist. Für alle denkbaren Anwendungen wird es bald möglich sein, leistungsstarke Strahlquellen mit der genau passenden Wellenlänge zu erzeugen.

Zweitens: Laser werden kleiner. Halbleiterlaser, Diodendirektlaser und andere schrumpfen auf Miniformat zusammen. Das vereinfacht ihren Einsatz in allen möglichen Systemen – vom Handy bis zum Operationsaal – und ermöglicht ganz neue Anwendungen wie das lasergestützte Scannen der Umwelt beim autonomen Fahren oder in der Qualitätskontrolle.

Die ersten Entwickler arbeiten schon daran, das Lasermedium einfach in einen Lichtleiter zu packen: Laserlicht entsteht damit quasi unterwegs. Solche Strahlquellen sind nicht *grundsätzlich* neu, aber es zeigt sich, dass die alten Konzepte eine Flexibilität an den Tag legen, die ihnen zwischenzeitlich kaum noch einer zugetraut hätte. ■

The Smiths

There's a Light That Never Goes Out

Well,
the pleasure—the privilege is mine
Oh, there is a
light
and it NEVER
goes out

”

*Innovation
ist das,
was passiert,
wenn man
eigentlich
etwas anderes*



Michael Bass
ist einer der
Urväter des
Lasers. Er
hantierte
bereits 1961
mit ihm.

Marc Schmidt / Fotofloria

Prof. Michael Bass war vom ersten Tag an dabei: Zahlreiche Innovationen in der Lasertechnik seit 1961 gehen auf ihn zurück. Ein Gespräch über unvollständige Untersuchungen, das Potenzial von Diodenlasern und die Zukunft des Physikers als TV-Reporter.

machen will“

Prof. Bass, Ihre Erfolge in Forschung und Entwicklung sind so legendär wie zahlreich. Gibt es auch etwas, an dem Sie sich die Zähne ausgebissen haben?

An Diamanten. Es gibt natürlich noch einige andere Probleme, aber die Sache mit den Diamanten nervt mich bis heute.

Erzählen Sie bitte mehr darüber.

Vor acht Jahren ungefähr hatten ein Kollege und ich den Auftrag von einem Diamantproduzenten, die optischen Eigenschaften künstlicher Diamanten zu untersuchen, genauer gesagt von CVD-Diamanten. Wir hatten exzellente Ergebnisse für die Laserlichtabsorption vom nah-ultravioletten Bereich bis zu zehn Mikrometer Wellenlänge. Aber als wir kürzere Wellenlängen einsetzten, sahen wir zu unserer Überraschung eine violette Farbblumineszenz, die sich in Stärke und Farbe unterschied, je nachdem, wo an der Wachstumsachse des Diamanten wir ansetzten. Unseren Auftraggeber störte das nicht. Er war mit den bisherigen Resultaten zufrieden und wollte nicht, dass wir weiterforschen. Ich nehme an, dass diese variierende Lumineszenz etwas mit dem Wachstumsprozess des Diamanten zu tun hat. Es ärgert mich, dass wir diese Untersuchung unvollständig lassen mussten.

Nun ja, eine kleine Sache ...

Eben nicht! Unterschätzen Sie nicht die Bedeutung von Diamanten für die Lasertechnik! Sie werden eine entscheidende Rolle dabei spielen, wie wir künftig Hochleistungslaserlicht transportieren können, ohne dass es unterwegs Schaden verursacht. Denn Diamanten haben eine extrem hohe Wärmeleitfähigkeit. Heißt: Optische Elemente wie Spiegel, Beschichtungen oder Linsen aus Diamanten können die Wärme eines Hochleistungsstrahls abführen und dabei die Leistung aufrechterhalten. Gut, Hochleistungslaser gibt es heute auch schon ohne Diamanten. Aber nur mit aufgeteilter Leistung und großen Optiken wegen des Wärmeeintrags. Mit Diamanten könnten Sie kleinere und wahrscheinlich auch robustere Systeme bauen. Was spricht also gegen Diamanten?

Hm. Vielleicht, dass sie teuer sind?

Ja, aber nur künstlich teuer. Das liegt an der Schmuckindustrie und den Händlermonopolen, die leider den Preis so gestalten können, wie es ihnen gerade passt. Doch technisch wäre es kein Problem, künstliche Diamanten zu einem billigen Massenprodukt zu machen. Diamant hat als optisches Material in der Lasertechnik enormes Potenzial. Ich hoffe, dass bald jemand anderes meine Untersuchung vervollständigt.

„Wenn ich heute dreißig wäre, würde ich mit Ultrakurzpulslasern arbeiten wollen.“

Was würden Sie anpacken, wenn Sie heute dreißig wären?

Da muss ich nicht lange überlegen: ultrakurze Laserpulse! Und zwar aus drei Gründen: Die Physik dahinter ist schlicht faszinierend – die Interaktion von Material und Licht in so kleinen Zeitskalen. Die Anwendungsfelder sind riesig: Biologie, Chemie, Physik und was sonst noch alles. Und nicht zuletzt: Es gibt so viele Anwendungen in der Materialbearbeitung. Wenn ich heute dreißig wäre, würde ich daran arbeiten wollen, einfachere optische Systeme und robustere Konfigurationen für Ultrakurzpulslaser zu entwickeln und zuverlässig höhere Durchschnittsleistungen zu erreichen. Einfacher und besser – damit die Industrie diese faszinierende Technologie noch häufiger einsetzt.

Wo sehen Sie in der Lasertechnologie sonst noch wichtige Entwicklungen?

Wer hätte damals in den 1960er-Jahren gedacht, dass der meistverbreitete Laser ausgerechnet ein Halbleiter-Diodenlaser sein würde? Laserdrucker, Datenlesegeräte, Datenübertragung – er findet sich überall. Und doch ist diese Geschichte noch nicht zu Ende erzählt. In der Materialbearbeitung werden Diodenlaser hauptsächlich dafür eingesetzt, Festkörperlaser zu pumpen. Ich glaube, dass wir aus Diodenlasern noch einiges mehr rausholen – bessere Strahlqualität, eine höhere Bandbreite an Wellenlängen und sie zu noch besseren Pumplasern machen können. Aber denken Sie weiter: Warum eigentlich nur Pumplaser? Ich meine, wir können den Diodenlaser so optimieren, dass wir ihn künftig für sehr viel mehr Anwendungen in der Materialbearbeitung als direkte Strahlquelle einsetzen können. Vielleicht sogar für ultrakurze Pulse. Dies erfordert zwar noch eine Menge an Forschungszeit – aber warum nicht?

Sind Sie eigentlich noch in der Forschung aktiv?

Zum Glück gibt mir das Internet die Möglichkeit dazu. Ich arbeite derzeit mit einem ehemaligen Schüler, der heute ordentlicher Professor ist, an einem speziellen Fall, wo ultrakurze Pulse Schäden an optischen Materialien verursachen. Wir tauschen uns zu dem Problem aus, ohne dass wir uns im selben Raum aufhalten müssen. Auch sonst meldet sich immer mal wieder ein Student oder Postdoc bei mir und bittet mich, etwas gegenzulesen – was ich gern tue. Und ich versuche, mich mit der Lektüre von Fachartikeln auf dem Laufenden zu halten. Wie gesagt: Ich bin sehr froh, dass das heute durch das Internet so einfach möglich ist. Früher wühlte ich Zettelkästen in Bibliotheken durch und musste hoffen zu finden, was ich suchte. Mein neuestes Projekt ist allerdings etwas ganz anderes.

Was denn?

Ich helfe einem Freund, hier in Florida einen neuen, lokalen Fernsehkanal zu starten. Bis vor Kurzem wusste ich nichts über die Fernsehindustrie. Da musste ich mich erst mal reinfuchsen. Jetzt ist es bald so weit. Dieses Jahr geht es los. Und ich werde auch Teil des Programms sein.

Eine zweite Karriere im Fernsehen?

Was werden Sie tun?

Das, was Sie gerade tun: Ich werde Leute interviewen. In einer Sendung wird es um Medizin gehen. Ich möchte, dass die Leute die Diagnosen ihrer Ärzte und die Behandlung besser verstehen.

Nichts mit Lasern?

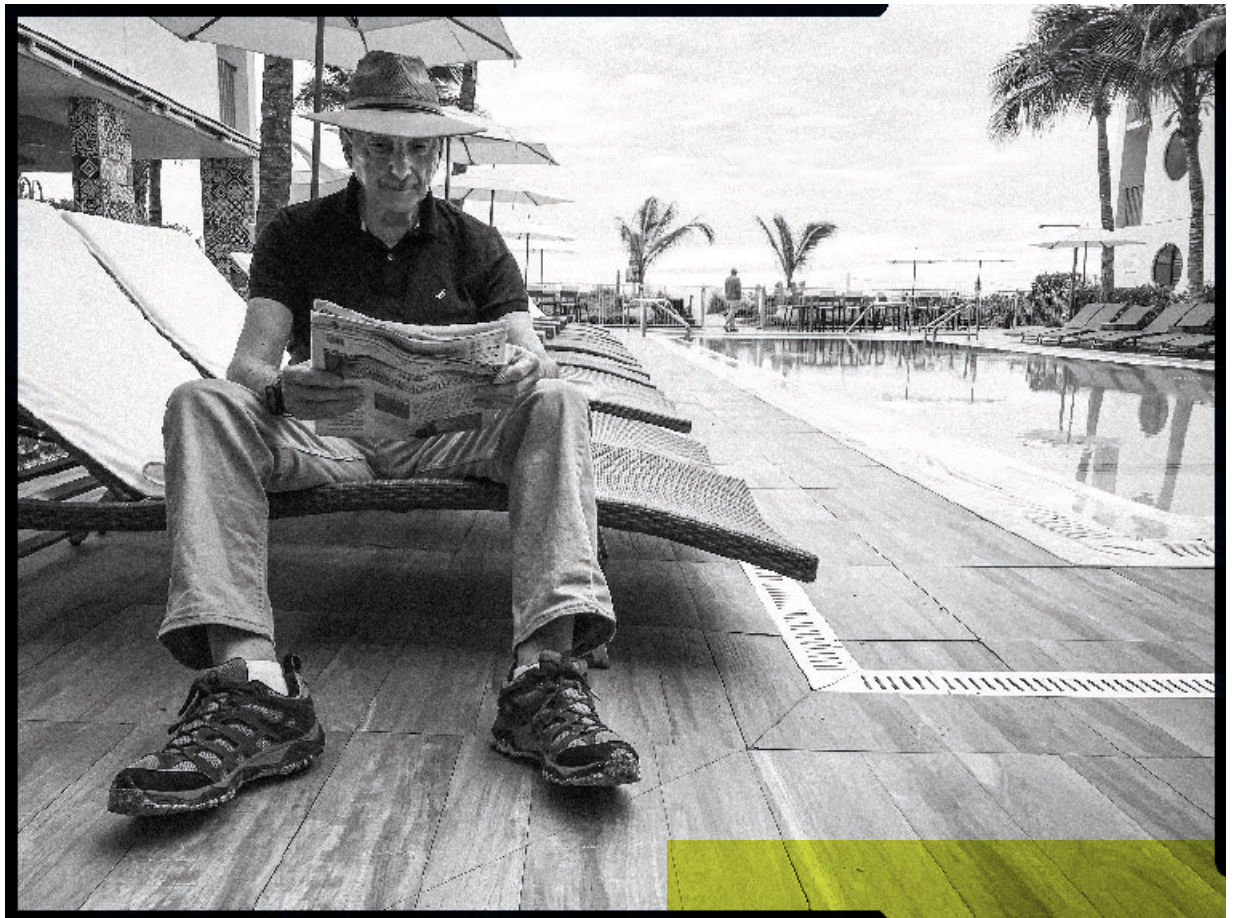
Diesmal nicht. Oder vielleicht doch? Gibt es überhaupt noch einen Teil des Lebens, wo der Laser keine Rolle spielt?

Gute Frage! Was glauben Sie?

Politik vielleicht. Andererseits: Computer, Handy, Glasfaser. Kein Lebensbereich, auch die Politik nicht, kommt heute ohne technische Kommunikation aus und keine technische Form der Kommunikation ohne Laser. Aber an der Kommunikationstechnologie können Sie übrigens erkennen, wie rasant die Lasertechnologie in alltägliche Bereiche dringt. Ich sage immer, 1980 geschahen zwei Wunder. Erstens: Bei den Olympischen Winterspielen besiegten die USA die Sowjetunion im Eishockey. Zweitens: Millionen Menschen verfolgten dieses Spiel live im Fernsehen, übertragen mittels eines lasergesteuerten Glasfasersystems – und das nur zehn Jahre nach der Entwicklung der allerersten verlustarmen optischen Faser! Das zweite Wunder ist bedeutender.

Wie schafft man es, solche Wunder zu vollbringen? Als ein Mensch, der in seinem Leben viele Erfindungen gemacht hat, haben Sie vielleicht einen Tipp, wie man zu Innovation kommt.

Kreativität ist oft wie ein Unfall. Ich habe versucht, das auch meinen Schülern klarzumachen. An meinem eigenen Beispiel: 1973 war ich gerade an der Universität Südkalifornien angekommen und traf auf ein paar frustrierte Gastroenterologen, die mit ihrem Endoskop blutende Geschwüre bei ihren Patienten sehen konnten, aber nicht wussten, wie sie sie behandeln sollten. Ich schlug beiläufig vor, mit einer Faseroptik Laserlicht in den Magen zu leiten und die blutende Stelle zu kauterisieren. Ich dachte, das sei eine innovative Idee. Die war es ja auch, wir erhielten ein Patent für das Konzept, aber es stellte sich heraus, dass es noch keine Faser gab, die dafür robust genug war. Also machte ich mich



Prof. Michael Bass

Bass, einer der Urväter des Lasers, hantierte schon 1961, kurz nach dessen Erfindung, mit ihm. Auf den Physiker gehen zahlreiche Entwicklungen bei Festkörpern und Farbstofflasern, der Anwendung von Halbleiterlasern, optischen Glasfasern und Modellen von Faserlasern zurück. Er ist Träger vieler Preise und Auszeichnungen und wurde 2019 in die Florida Inventors Hall of Fame aufgenommen. Bass lebt in Vero Beach, Florida.

daran, eine solche zu entwickeln. Und aus dieser Weiterentwicklung, angetrieben von blutenden Geschwüren, entstanden neue optische Fasern für die Medizin. Das war die eigentliche Innovation! Sehen Sie, so ist es oft: Viele meiner Entwicklungen beruhen darauf, dass ich eine Idee hatte, und dann ging es nicht. Also schaute ich, was ich brauchte, um die Idee doch noch zu verwirklichen. Und das waren dann sozusagen nebenbei oft die bedeutenderen Innovationen. Man könnte sagen: Innovation ist das, was passiert, wenn man eigentlich etwas anderes machen will.

Also kein Tipp?

Leiter von Forschungslaboren und Entwicklungsabteilungen werden Ihnen sagen, dass man dafür sorgen muss, dass viele kreative Leute sich austauschen können. Sie sollen also in der Kaffeeküche beisammenstehen und dann kommen neue Ideen raus. Das stimmt schon. Es ist wichtig, ein offenes, kreatives Umfeld zu schaffen. Aber man kann Innovation und Durchbrüche nicht erzwingen und schon gar nicht unterrichten. Neue Gedanken kommen. Oder sie kommen eben nicht. Es ist ein Rätsel.

Blöd, oder?

Nein. Tröstlich. ■

“

„Unterschätzen Sie nicht die Bedeutung von Diamanten für die Lasertechnologie!“

i4.0

5G gewinnt

ES GEHT EIN RUCK DURCH DIE INDUSTRIE: 5G STEHT VOR DER TÜR UND HEBT DIE SMARTE PRODUKTION AUF DAS NÄCHSTE LEVEL.

Mit 5G bekommen wir bald ein neues Mobilfunknetz, das deutlich schneller sein wird als sein Vorgänger 4G. Für private Handy-Nutzer ändert sich dadurch wenig. Für die Industrie ergeben sich jedoch Chancen, von denen sie bisher nur träumen konnte: Datenübertragung in zuverlässiger Höchstgeschwindigkeit von bis zu zehn Gigabit pro Sekunde, drahtlose Befehle mit geringer Verzögerung (Stichwort: „Latenz“) oder die Möglichkeit, mehr Endgeräte als bisher in ein einziges Netz einzubinden. So werden in naher Zukunft industrielle Maschinen in Echtzeit miteinander kommunizieren und große Mengen an Daten simultan übertragen können. Das verbessert die smarte Steuerung der Produktion und die automatische Auswertung Abertausender Prozessdaten.

Doch es geht noch weiter: Für eine tiefer greifende Datenerhebung lässt sich 5G auch bei bestehenden Maschinen nutzen. Dabei ergänzt der neue Mobilfunkstandard bereits vorhandene Netzwerke, ohne durch den erhöhten Datenverkehr laufende Prozesse auszubremsten. So können Unternehmen ihre Netzwerke aufrechterhalten, aber trotzdem mehr Produktionsdaten erheben und auswerten. Im Vergleich zu anderen Netzwerken wie beispielsweise WLAN ist 5G zudem noch stabiler. Der Grund dafür: Jedes Unternehmen kann sich sein eigenes 5G-Netz auf den für die Industrie reservierten Frequenzen von 3,7 bis 3,8 Gigahertz aufbauen. Dadurch ist das Netz exklusiv und kann im Prinzip nicht von benachbarten Netzen überlagert oder gestört werden. Das macht 5G zu einer sehr verlässlichen Infrastruktur für digitale Kommunikation.

Bis der neue Mobilfunkstandard allerdings flächendeckend in der Industrie zum Einsatz kommt, erwarten wir noch eine Anlaufphase von mindestens drei Jahren. Dennoch sollten sich Unternehmen jetzt schon Gedanken machen, welche Chancen in der neuen Technologie stecken. Denn ein bisschen Abwägung und Vorbereitung sollte schon sein. So ist es zum Beispiel technisch nicht möglich, alle drei Stärken von 5G – Geschwindigkeit, geringe Latenz und hohe Teilnehmerzahl – gleichzeitig auf ihrem Maximum zu nutzen. Unternehmer müssen sich also entscheiden, was für sie am wichtigsten ist. Begegnen kann man dieser Einschränkung allerdings, indem man das eigene Netz in jeweils unterschiedlich optimierte Subnetze aufteilt („Slicing“).

Und auch sonst ist es wichtig, sich mit 5G auseinanderzusetzen: Nicht alle Möglichkeiten, die Fertigung smarter zu gestalten, sind offensichtlich. TRUMPF bietet interessierten Unternehmen daher Rat und Unterstützung an. Das nötige Wissen bringen wir mit, denn TRUMPF ist Mitbegründer sowie aktives Mitglied in der „5G Alliance for Connected Industries and Automation“ und gestaltet die technische und industriepolitische Einführung von 5G bereits seit einigen Jahren mit. ■



Christian Bauer ist bei TRUMPF für den Bereich R&D Basic Technologies Machine Tools verantwortlich. Zudem vertritt er TRUMPF im Vorstand der 5G Alliance for Connected Industries and Automation. Dort erarbeitet er zusammen mit anderen Industrievertretern Anforderungen an 5G, die in die Entwicklung des Mobilfunkstandards einfließen.

NICKEL-TITAN-FORMGEDÄCHTNIS- LEGIERUNGEN DURCH LMF

Nickel-Titan-Formgedächtnislegierungen werden häufig bei selbstexpandierenden Stents eingesetzt, denn sie sind sehr elastisch und lassen sich minimalinvasiv in den menschlichen Körper einbringen. Beim Röntgen allerdings sind sie schwer zu finden. Im Rahmen ihrer Doktorarbeit an der University of Birmingham in England entwickelt Hollie Leigh Baker (28) eine Methode,



mit der sich die Legierungen durch das additive Verfahren Laser Metal Fusion (LMF) mit Palladium verbinden lassen. Das macht die Legierungen korrosionsbeständiger sowie biokompatibler und verbessert den Röntgenkontrast. Die ganze Arbeit unter:

<https://etheses.bham.ac.uk/id/eprint/9155/>

3D-DRUCK UND NACHBEARBEITEN LEICHTER METALLISCHER OPTISCHER KOMPONENTEN

Wie kann man die Qualität additiv hergestellter Aluminiumteile, die in Metallspiegeln von Hochleistungslasersystemen oder Weitsichtteleskopen eingesetzt werden, erhöhen und die Kosten dafür reduzieren? Mit dieser Frage beschäftigt sich Ahmed Maamoun (37) in seiner Doktorarbeit an der McMaster University in Hamilton,



Kanada. Dazu fasst er die Ergebnisse verschiedener Studien zusammen. Seine Erkenntnisse sollen es ermöglichen, in Zukunft Aluminiumteile für vielfältigere Anwendungsfelder zu produzieren. Erfahren Sie mehr:

<http://hdl.handle.net/11375/24032>

Und wie geht es weiter mit dem Werkzeug Licht?
Vier junge Forscher und ihre Arbeiten vermitteln eine Ahnung davon, was noch möglich sein wird.

→ FRISCHE FORSCHUNG

LASER-OBERFLÄCENHÄRTUNG VON LAGERSTAHL

Niroj Maharjan (29) untersucht in seiner Doktorarbeit an der Nanyang Technological University in Singapur die mikrostrukturellen Veränderungen im Stahl beim Oberflächenhärten per Laser. Dabei stellt er unter anderem fest, dass das Laserhärten unter kontrollierter Gasatmosphäre die Härte von Stählen erheblich steigern kann, selbst bei Stählen mit niedrigem



Kohlenstoffgehalt. Seine Arbeit liefert wichtige Erkenntnisse zu Härteverfahren für Zahnräder, Lager, Wellen oder tragende Bauteile in der Industrie. Mehr lesen:

<https://dr.ntu.edu.sg/handle/10220/48060>

BESSERE SCHNITTQUALITÄT DANK KÜNSTLICHER INTELLIGENZ

In ihrer Doktorarbeit am Karlsruher Institut für Technologie (KIT) in Deutschland erforscht Leonie Tatzel (28), wie man die Schnittqualität beim Laserschneiden mit künstlicher Intelligenz verbessern kann und wie Prozessparameter und Maschinenzustand mit den Eigenschaften der Schnittkante zusammenhängen. Das Ziel ihrer Arbeit ist es, eine Laserschneidmaschine zu



entwickeln, die den Schneidprozess automatisiert optimiert und den Prozess an die gewünschte Schnittkante sowie eventuelle Material- und Maschinentoleranzen anpasst.

LOS, BEWEG DICH!

*Vor sechzig Jahren fieberte die Welt dem ersten Laserblitz entgegen.
Ingenieure, Forscher und Fantasten machten lange Listen, was mit dem gebündelten
Licht alles möglich würde: Kommunikation, Chirurgie, Materialbearbeitung ...
Doch selbst in den wildesten Träumen hatte niemand mit
Atomfallen und Raumschiffschleudern gerechnet.*



01

MAGNETO- OPTISCHE FALLE

Konzept: Im Kreuzlicht dreier gegenläufiger
Laserstrahlpaare kommen einzelne Atome zum
Stehen und lassen sich mit Magnetspulen fixieren.

Anwendung: Beobachten von Quanteneffekten,
Herstellung von Bose-Einstein-Kondensaten

Zum Beispiel: Quantencomputer
https://de.wikipedia.org/wiki/Magneto-optische_Falle

02



OPTISCHE PINZETTE

Konzept: Laserlicht überträgt in
Fokusnähe zwei Kräfte auf einen Partikel:
eine in Ausbreitungsrichtung und eine
zum Punkt höchster Intensität.
Gemeinsam halten sie Partikel im
Fokus fest oder verschieben
sie mit Änderung der Fokusslage.

Anwendung: Beobachtung lebender
Zellen, Manipulation
mikroskopischer Glaspartikel
innerhalb von Zellen als Werkzeug
für Experimente oder Analysen

Zum Beispiel: Verformen von
Zellen für Messung in oder
an der Zellmembran

[https://de.wikipedia.org/
wiki/Optische_Pinzette](https://de.wikipedia.org/wiki/Optische_Pinzette)

[VIER KONZEPTE, UM MATERIE ZU BEWEGEN]

03

MIKROTRANSPORT DURCH HOHLKERNFASER

Konzept: Der Lichtdruck eines Laserstrahls schiebt Partikel durch den hohlen Kern eines mikrostrukturierten Lichtwellenleiters oder hält sie gegen den Strom einer Flüssigkeit fest.

Anwendung: Transportieren und Manipulieren winziger Stoffmengen oder einzelner lebender Zellen

Zum Beispiel: Transport winziger Chemikalienmengen in eine Zelle und optische Aktivierung

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6187474/>

04

SCHUB FÜR INTERSTELLARE RAUMFLÜGE

Konzept: Photonen eines Laserstrahls übertragen ihre Bewegungsenergie auf ein Objekt und beschleunigen es potenziell bis auf ihre eigene Geschwindigkeit.

Anwendung: Beschleunigung eines interstellaren Generationenschiffs zur Besiedelung fremder Sonnensystem

Zum Beispiel: im Roman „Aurora“ von Kim Stanley Robinso

Spoiler: taugt auch als Bremsstrahl für Heimkehrer
<https://www.goodreads.com/book/show/23197269>



WRRROOO

Der Motorradhersteller KTM setzt Lasertechnik ein, um sein Firmenlogo auf die Endschalldämpfer der neuen Offroad-Enduros zu packen.



D

Der Motor röhrt, der Fahrer ist hoch konzentriert: In der engen Kurve vor dem steilen Anstieg wirbelt das Hinterrad Erde und Schlamm auf. Der Fahrer gibt Gas, springt über die Kante, das Vorderrad knallt auf den Untergrund. Die Enduro rast in einer Staubwolke weiter. Off-road-Rennen mit Geländemotorrädern sind nichts für schwache Nerven – und nichts für schwaches Material.

DOM

Klingt ja erst mal einfach.

COOL BIS INS DETAIL Der österreichische Weltmarktführer für Geländesport-Motorräder KTM weiß, was seine Kundschaft erwartet: robuste Bikes mit cooler Optik. Bei KTM wird deshalb nicht nur die Technik ständig weiterentwickelt, auch regelmäßige Facelifts sorgen für frischen Wind bei neuen Baureihen. Die neue Six-Days-Edition der Modellreihe 2020 bietet einen besonderen Blickfang: Auf den Endschalldämpfern prangt unübersehbar das lasermarkierte Six-Days-Logo und macht deutlich, aus welchem Stall die Maschine kommt. Klingt im ersten Moment vielleicht nicht sonderlich spektakulär, aus Produktionssicht ist die Markierung allerdings alles andere als trivial. Florian Stadler, Production Coordinator Industrial Engineering bei KTM, erklärt: „Der Endschalldämpfer besteht aus eloxiertem Aluminium. Da kommt zum Aufbringen eines Design-Elements eigentlich nur eine Gravur infrage.“

KONTRAST AM SCHALLDÄMPFER KTM hat verschiedene Varianten ausprobiert, überzeugt hat schließlich der Laser. „Schon bei der Prototypenmarkierung waren wir vom kontrastreichen Markierungsergebnis des Lasers begeistert“, erinnert sich Stadler.

KTM arbeitet schon seit Jahren mit Markiersystemen von TRUMPF. Wie in der Automobilbranche müssen auch bei Motorrädern alle Teile mit einer Bauteilkennzeichnung versehen sein, um die Rückverfolgbarkeit zu garantieren. Das funktioniert am besten mit einer Lasermarkierung. Für die Baureihe 2020 hatten die Österreicher aber besondere Wünsche. Stadler: „Wir wollten das 85 x 20 Millimeter große Six-Days-Logo an der Außenseite und die Bauteilkennzeichnung an der Innenseite des Endschalldämpfers anbringen, ohne das Bauteil manuell aus der Markierstation zu entnehmen und zu drehen.“ Daher fiel die Wahl auf die TruMark Station 7000, die größte Markieranlage von TRUMPF.

CLEVER UMGEBAUT Aber selbst der große Innenraum der Anlage reichte für die beidseitige Gravur des Endschalldämpfers zunächst nicht aus. Stadler: „Um alle Markierpositionen ohne manuellen Eingriff zu erreichen, haben wir einen Schiebetisch zum Herausziehen der Haltevorrichtung im Bearbeitungsraum montiert, eine Schwenkvorrichtung mit pneumatischem Drehantrieb entwickelt und die Anlagen für die Ansteuerung entsprechend nachgerüstet.“ Die für die Anpassungen notwendigen CAD-Daten und Schnittstellen lieferte TRUMPF.

Inzwischen werden rund 700 Endschalldämpfer pro Tag auf zwei modifizierten TruMark Station 7000 markiert. Der TruMark 5050 Festkörperlaser liefert gestochen scharfe Ergebnisse, die auch nach den härtesten Rennen höchstens kurzzeitig unter Schlamm verschwinden. ■

Kontakt:
KTM Components,
Florian Stadler,
Telefon: +43 7744 20240-206,
Florian.Stadler@ktm.com

Florian Stadler wollte den Schalldämpfer innen und außen markieren—ohne ihn bewegen zu müssen.



UND PLÖTZLICH FREUNDE

Zehn Jahre sucht die International Copper Association nach einer Technologie, mit der sich dünne Kupferröhrchen herstellen lassen. Nexans liefert sie in nur einer Woche.

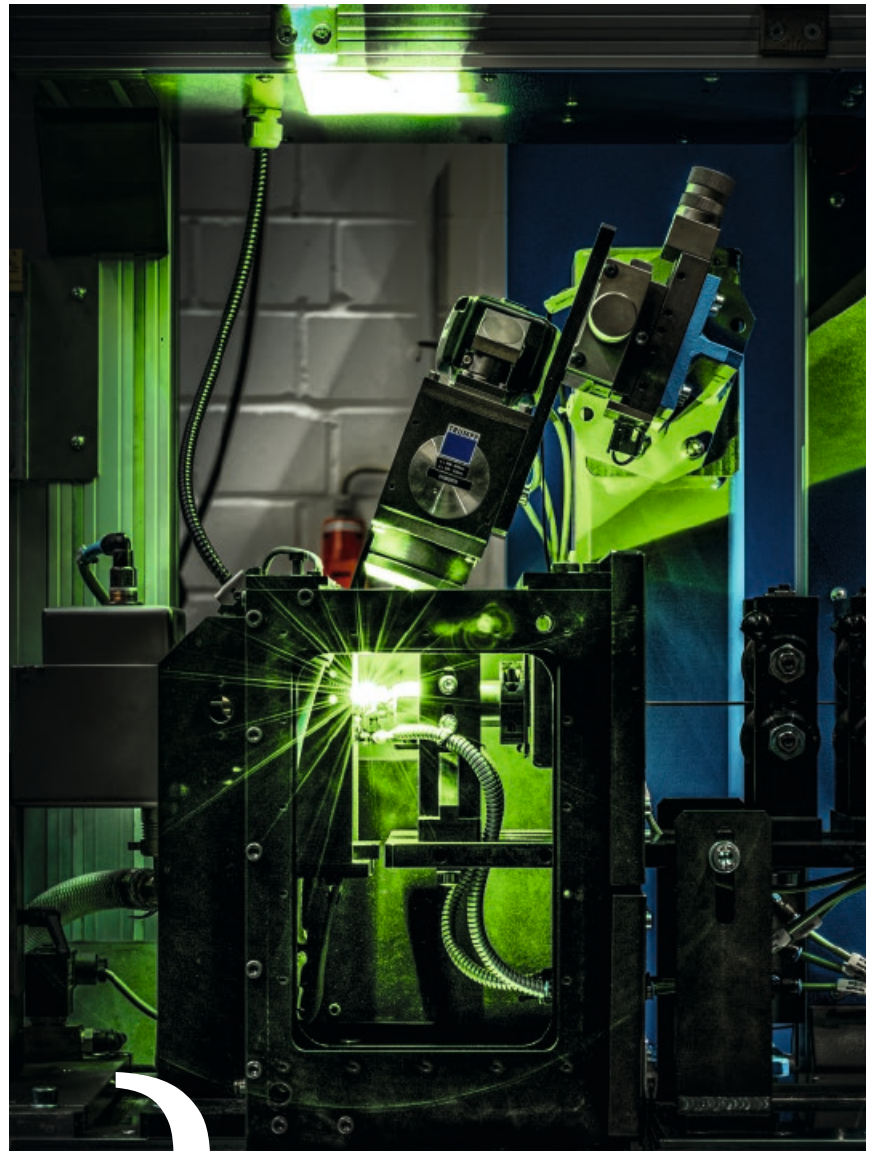
Unsere Geschichte beginnt an einem sonnigen Maitag vor einem Jahr auf der Terrasse im siebten Stock eines Hotels am Times Square in New York City. Zwei Herren sitzen beim Frühstück und unterhalten sich konzentriert, während unten im „Center of the Universe“, wie der Times Square auch genannt wird, das Leben tobt. Der eine schildert ein Problem, das ihn schon lange beschäftigt. Der andere lächelt innerlich, weil er ahnt, dass er dafür vielleicht schon eine Lösung hat. Der mit dem Problem ist ein Vertreter der International Copper Association (ICA). Die Organisation setzt sich weltweit für die Interessen der Kupferindustrie ein: für Förderung, Verarbeitung und Anwendungen des Metalls. Seit über zehn Jahren sucht sie nach einem Fertigungsprozess, mit dem sich dünne, gleichzeitig aber mehrere Kilometer lange Kupferröhrchen mit Durchmessern von weniger als fünf Millimetern fertigen lassen. Der Mann, der schon eine vage Idee für einen solchen Fertigungsprozess im Kopf hat, heißt Ralf Egerer. Er leitet beim weltweit führenden Hersteller von Kabeln und Kabelsystemen Nexans den Bereich „Machines and Automation“.

Als sein Gegenüber von den dünnen Kupferröhrchen berichtet, denkt Egerer gleich an eine Maschine, die Nexans am Standort in Hannover, Deutschland, produziert. „Wir haben eine spezielle Form- und Schweißmaschine für dünnwandige Rohre entwickelt, mit der wir beispielsweise Röhrchen als Vorprodukt für Injektionsnadeln fertigen. Die Maschine formt dafür aus

extrem dünnen Edelstahlbändern feinste Röhrchen, die ein Infrarotlaser so präzise verschweißt, dass am Ende mit bloßem Auge nicht einmal die Schweißnaht zu sehen ist“, erklärt Egerer. Dass Kupfer und Laser alles andere als ein symbiotisches Paar sind, ist Egerer durchaus bewusst: Kupfer lässt sich mit dem Laser nur schwer bearbeiten, da das Material stark reflektiert. Für Egerer ein Grund, aber noch lange kein Hindernis.

EIN MILLIARDENMARKT WARTET Für die ICA wäre es ein Riesencoup, sollte sich Egerers Idee realisieren lassen. Kupfer ist in der Wärmetauscher-Industrie ein Riesenthema. Es geht um Millionen Heizungen, Kühlschränke und Klimaanlage, durch die Rohrleitungen aus Kupfer verlaufen, für deren Herstellung circa 1,6 Millionen Tonnen des Metalls benötigt werden. Und der Markt will immer kompaktere Wärmetauscher, darum sollen auch die Rohrleitungen schrumpfen. Doch für Kupferrohre gibt es industrietechnisch bisher eine harte Grenze: unter fünf Millimeter Durchmesser geht nicht, da Schweißprozesse in Buntmetall instabil laufen. Da es sich bei den Röhrchen um Massenware handelt, hat die Branche genaue Vorstellungen, was ein Produktionsverfahren leisten muss: effiziente, schnelle Herstellung mit möglichst geringem Materialeinsatz – und klimafreundlich bitte schön auch noch. Gäbe es ein solches Verfahren für Kupfer, wäre das ein enormer Schub für die Hersteller – und für die Mitglieder des ICA.

KUPFER UND LASER LERNEN SICH LIEBEN. DAMIT KNACKEN SIE EINEN MILLIARDENMARKT.



Endlich verbindet sich,
was zusammengehört:
Grünes Laserlicht
schweißt Kupferröhrchen
mit Durchmessern von
unter fünf Millimetern
zusammen. Einen
Kilometer pro Stunde.
24 Stunden am Tag.

„ICH KRIEG DAS HIN“, SAGT EGERER UND POKERT DAMIT HOCH.

Eine Ahnung vom Ausmaß dieses Marktes bekommt Egerer bereits an diesem Maimorgen, als er seinen Blick über die Hochhausfassaden schweifen lässt, die ihn am Times Square umgeben. Wahrscheinlich sind allein hier Hunderte, wenn nicht gar Tausende Klimaanlage verbaut, die für gute Luft in den Büros, Wohnungen oder Restaurants sorgen sollen. Die Zahlen der Internationalen Energie Agentur (IEA) bestätigen diese Ahnung und zeigen, wie gigantisch der Bedarf ist: Sie schätzt, dass die Zahl der installierten Klimaanlage in Gebäuden weltweit von aktuell 1,6 Milliarden auf 5,6 Milliarden im Jahr 2050 steigen wird. Egerer verspricht seinem Gegenüber: „Ich krieg das hin.“

GRÜNE WELLE FÜRS SCHWEISSEN Zurück in Hannover macht sich Egerer gleich an die Arbeit. Er ist zwar überzeugt, dass er das Problem lösen kann, aber ein bisschen gepokert hat er schon, denn für die schwierige Beziehung zwischen Kupfer und Laserlicht hat er noch keine Lösung. „Wir setzen den Infrarotlaser zwar schon seit vielen Jahren in der Kupferbearbeitung ein, aber für eine kontinuierliche Schweißnaht in Kupfer ist die Strahlquelle einfach nicht prozesssicher genug. Es gibt Variationen in der Schweißtiefe und es können Spritzer entstehen“, sagt Egerer. Das große Problem ist ein Sprung im Absorptionsverhalten während des Schweißvorgangs. Im kalten Zustand reflektiert das Kupfer zunächst sehr stark und der Energieeintrag ist gering. Nur fünf Prozent des Laserstrahls nimmt Kupfer auf, den Rest reflektiert es. Schmilzt das Metall aber nach einer Weile, absorbiert es deutlich besser – ein stabiler und reproduzierbarer Schweißprozess ist so schwierig bis unmöglich. Aber Egerer ist ein Fuchs und hat schon gehört, dass grünes Laserlicht im Bereich von 515 Nanometern eine Lösung sein könnte. Denn bei dieser Wellenlänge koppelt das Licht besser in Kupfer ein, die Absorption beträgt satte 40 Prozent – mit

dem enormen Vorteil, dass die Schweißergebnisse konstant bleiben. Zudem ist grünem Laserlicht die Oberflächenbeschaffenheit des Kupfers weitestgehend egal. Ob es bereits angelaufen oder geschliffen ist, interessiert das grüne Licht nicht.

Anruf bei TRUMPF, Egerers langjährigem Partner in Sachen Laser: „Grüner Laser, habt ihr da was?“ Das Timing ist gut, denn nach jahrelanger Tüftelei haben die TRUMPF Ingenieure einen Scheibenlaser so modifiziert, dass er auch grüne Wellenlängen aussenden kann – und das bei einer Laserleistung von einem Kilowatt. Die Fokusbranche des grünen Lasers ist eigentlich die Elektromobilität (siehe Seite sechs). Doch für Egerer ist sofort klar: „Das ist genau das, was ich brauche!“



Grüne Laser wurden eigentlich für den Bau von E-Autos entwickelt. Ralf Egerer denkt sich: Warum nicht auch für meine Branche?



Die 0,08 Millimeter dünnen Kupferbänder laufen vom Coil in die Maschine, werden rundgebogen und anschließend per Endlosnaht zu Röhren verschweißt.



PRODUKTIONSBEREIT NACH EINER WOCHEN

Nachdem der grüne Laser in Hannover eingetroffen ist, geht es sehr schnell. Nur eine Woche später kann Egerer seine umgerüstete Schweißmaschine bei einer Kundenveranstaltung präsentieren. „Der grüne Scheibenlaser und der Infrarotlaser sind ja nahezu baugleich. Dadurch war die Integration in die Maschine sehr einfach. Wir mussten nur ein paar Parameter optimieren und dann lief das Ding.“

Das Fachpublikum wie auch der Vertreter der ICA und sein Kollege für Heat Transfer Technologies sind begeistert, als sie zum ersten Mal sehen, wie die Maschine aus nur 0,08 Millimeter dünnen Kupferbändern in hoher Geschwindigkeit Röhren mit einem

Durchmesser von zwei Millimetern fertigt. Fünf Kilometer in fünf Stunden, ohne Unterbrechung. Die Schweißnaht ist tadellos, absolut dicht und unsichtbar. „Damit lassen sich Wärmetauscher-Designs und Herstellungsprozesse realisieren, die zuvor nicht möglich waren“, erklärt Egerer.

Derzeit gibt es in Deutschland und Japan die ersten Ansätze, den Prozess real einzuführen. Inzwischen auch in den USA, wo die ganze Geschichte ihren Anfang nahm. ■

Kontakt:

Nexans Deutschland, Ralf Egerer,
Telefon: +49 511 676-2017, ralf.egerer@nexans.com



Ein Wurmloch mit Einstein

WARUM WIR LIEBER NICHT IN DIE VERGANGENHEIT REISEN SOLLTEN.

60 Jahre Laser – mein Gott, ist das schon so lange her? Nicht, dass ich mich an das Jahr 1960 erinnern könnte, denn da waren noch nicht einmal meine Eltern geboren. Aber ich beschäftige mich tagtäglich mit Lasern, deswegen weiß ich so ziemlich alles über diese Zeit. Okay, „alles“ ist übertrieben, aber doch einiges. Leider nur aus Büchern, Aufsätzen und Erzählungen. Wie gern wäre ich selbst als Assistent mit dabei gewesen, als der US-Physiker Theodore Maiman 1960 in seinem Labor den ersten Laser zündete und sah, dass der Lichtstrahl sich genau so verhielt, wie es mehr als 40 Jahre zuvor Albert Einstein in seiner Theorie zur stimulierten Emission beschrieben hatte.

Als Zeitreisender würde ich Maiman verraten, was wir in der Zukunft alles mit seinem Laser anstellen. Dass er sich keine Sorgen machen muss, dass wir zahlreiche Anwendungen gefunden haben, für die wir seine „Lösung, die ein Problem sucht“, einsetzen.

Doch wie werde ich zum Zeitreisenden? Unzählige Bücher und Filme befassen sich mit diesem Menschheits Traum und sie haben unterschiedlichste Wege für die Reise durch die Zeit gefunden. Der Haken in allen Szenarien: Sie sind Science-Fiction. Sorry, Kaliudis – du hast keine Chance, Maiman von der Zukunft des Lasers zu erzählen. Sicher? Was sagt denn Einstein dazu?

Immerhin geht unsere gegenwärtige Vorstellung des Universums auf seine allgemeine und spezielle Relativitätstheorie zurück. Und dass seine Theorien funktionieren, hat doch der Laser eindrucksvoll bewiesen!

KURZUM: Einstein sagt, dass ich durch ein Wurmloch, das lange genug stabil ist und zwei Bereiche unterschiedlicher Zeit in der Raumzeit miteinander verbindet, in die Vergangenheit reisen kann. Läuft also. Als passendes Vehikel für meine Zeitreise suche ich mir ein Raumschiff aus dem SpaceX-Projekt von Elon Musk heraus.

Und wenn ich dann die Geburt des Lasers live miterlebt haben werde, steige ich wieder in mein Raumschiff und nutze den Effekt der Zeitdilatation: Ich beschleunige nahezu auf Lichtgeschwindigkeit und toure eine Weile durchs All. Wenn ich dann wieder auf der Erde lande, ist die Zeit für mich langsamer vergangen als für alle anderen und ich bin zurück im Jahr 2020 und feiere mit Tuten und Trompeten den 60. Geburtstag des Lasers.

Vorausgesetzt natürlich, ich löse bei meiner Zeitreise keinen Schmetterlingseffekt aus, der zu einer Art Großvaterparadoxon führt, das wiederum meine oder des Lasers Existenz auslöscht. ■



An dieser Stelle schreibt Athanassios Kaliudis, Chefredakteur der Laser Community, regelmäßig über den Laser als Gegenstand der Popkultur.

➔ *Wohin in die Zeit würden Sie gerne reisen?*
Schreiben Sie mir eine E-Mail: athanassios.kaliudis@trumpf.com



WO STECKT DER LASER?

In der Pünktlichkeit. Wo bleibt mein Zug?

In der Werkstatt. Und was macht er da? Er wartet.

Worauf denn? Auf ein daumengroßes Ersatzteil für seinen Antrieb! Damit das künftig nicht mehr passiert, setzt die Deutsche Bahn AG auf schnelle

Hilfe aus dem 3D-Drucker. In der Initiative „Mobility

goes Additive“ tun sich seit 2015 Lohnfertiger zusammen,

die Zugsatzteile aus Metall ruckzuck auf TRUMPF

Maschinen drucken und der Bahn liefern. Und

so kommen defekte Züge schnell wieder

ins Rollen. In den ersten vier Jahren

entstanden bereits über 70.000

Ersatzteile. Da kommt er ja,

der Zug! ■

LC-ABO

Unter Hamburg entstehen die härtesten, kürzesten und brilliantesten Laserblitze der Welt. In einem 3,5 Kilometer langen Tunnel erzeugt der European X-Ray Free-Electron Laser kohärentes Röntgenlicht mit einer Wellenlänge von bis zu 0,05 Nanometern. Damit und mit der ultrakurzen Pulsdauer im Femtobereich lassen sich Strukturen und Prozesse auf atomarer Ebene dreidimensional filmen und abbilden.

TRUMPF



LASERCOMMUNITY.31 erscheint im November 2020.

Jetzt abonnieren und keine Ausgabe mehr verpassen: trumpf.com/s/lc-abo

