

LASER COMMUNITY.

Über Menschen und Photonen

Mach's
mit
Licht



ABENTEUER
NACHHALTIGKEIT



LASER COMMUNITY. #39

AUSGABE Winter 2024 **HERAUSGEBER** TRUMPF SE + Co. KG, Johann-Maus-Straße 2, 71254 Ditzingen, Deutschland; www.trumpf.com

V.I.S.D.P. UND CHEFREDAKTION Gabriel Pankow, Telefon +49 7156 303-31559, gabriel.pankow@trumpf.com

VERTRIEB Telefon +49 7156 303-31559, gabriel.pankow@trumpf.com, www.trumpf.com/de_DE/newsroom/kundenmagazine

REDAKTION Die Magaziniker GmbH, Stuttgart, Florian Burkhardt, Martin Reinhardt **AUTOREN** Florian Burkhardt, Martin Reinhardt, Julia Stolte, Sue Strickrodt, Monika Wagner **FOTOGRAFIE UND ILLUSTRATION** Peter Bartels, Carsten Behler, Christoph Kalscheuer, Nicole Franco, Tobias Gerber, Stefan Hobmaier, Gernot Walter

GESTALTUNG UND PRODUKTION Die Magaziniker GmbH, Stuttgart, Gernot Walter (AD), Martin Reinhardt

ÜBERSETZUNG Apostroph Group, Hamburg **REPRODUKTION** raff digital, Riederich

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



Liebe Leserinnen und Leser,

eine nachhaltigere Welt erhalten wir nicht durch Verzicht, sondern nur durch Innovation. Davon sind wir bei TRUMPF überzeugt. Unser Anspruch ist es daher, die Welt mithilfe der Lasertechnik auch in diesem Bereich ein Stück besser zu machen. Denn Laser sind bei Innovationen für mehr Nachhaltigkeit mehr als nur Werkzeuge zur Effizienzsteigerung – sie sind eine Schlüsselkomponente für eine umweltfreundlichere Industrie. In dieser Ausgabe haben wir daher für Sie eine ganze Reihe solcher innovativer, Kosten sparender und teils auch überraschender Laseranwendungen zusammengestellt.

Lasertechnologien spielen etwa bei der Energiewende eine entscheidende Rolle bei der Herstellung effizienter und kostengünstiger Photovoltaikanlagen. Durch den Laser verringert die Solarindustrie den Einsatz von Silber in Solarzellen und erleichtert das Recycling. Auch beim Ätzen von Leiterplatten für die Chipbranche oder bei der Reinigung von Bauteilen in der Automobilindustrie ermöglichen unsere Laserverfahren eine saubere und effiziente Produktion ohne bisher übliche, gefährliche Chemikalien. Selbst in der Agrarindustrie kommt der Laser immer häufiger zum Einsatz, von der laserbasierten Unkrautbekämpfung bis hin zur Geschlechtserkennung im Hühnerei (ab Seite 12).

Zu weniger Feinstaub in der Luft führt die Zusammenarbeit mit der Nagel Maschinen- und Werkzeugfabrik. Der Automobilhersteller rüstet seine Anlagen mit unseren Lasersystemen aus und ermöglicht dadurch die Fertigung nahezu abriebfreier Bremscheiben. Sie verringern den Feinstaubabrieb erheblich und erfüllen die strengen Anforderungen der Euro-7-Norm. Diese Technologie basiert auf dem Hochgeschwindigkeitslaserauftragschweißen und trägt nicht nur zur Verbesserung der Luftqualität bei, sondern erhöht auch die Sicherheit von Elektrofahrzeugen. Die Beschichtung verkürzt den Bremsweg und verlängert die Lebensdauer der Bremscheiben um ein Vielfaches. Ein echter Meilenstein für die Automotive-Industrie (ab Seite 6).

Bei TRUMPF sind wir fest entschlossen, Pionierarbeit zu leisten und nachhaltige Lösungen zu entwickeln, die sowohl ökologisch als auch ökonomisch sinnvoll sind. Gemeinsam können wir eine bessere und nachhaltigere Welt schaffen. Ich lade Sie ein, auf den folgenden Seiten mehr über unsere innovativen Ansätze und Projekte zu erfahren. Lassen Sie uns gemeinsam die Zukunft gestalten – nachhaltig und verantwortungsbewusst.

DR. RER. NAT. HAGEN ZIMER

Chief Executive Officer Laser Technology

Mitglied des Vorstands der TRUMPF SE+Co. KG

STREULICHT



Trick

Echte OEM-Bremsscheiben sind überraschend schwer und geheim. Nagel-Chef Claus-Ulrich Lott warf einen leichten Plastik-Dummy für uns in die Luft für das Foto auf **Seite 6**.



Klick

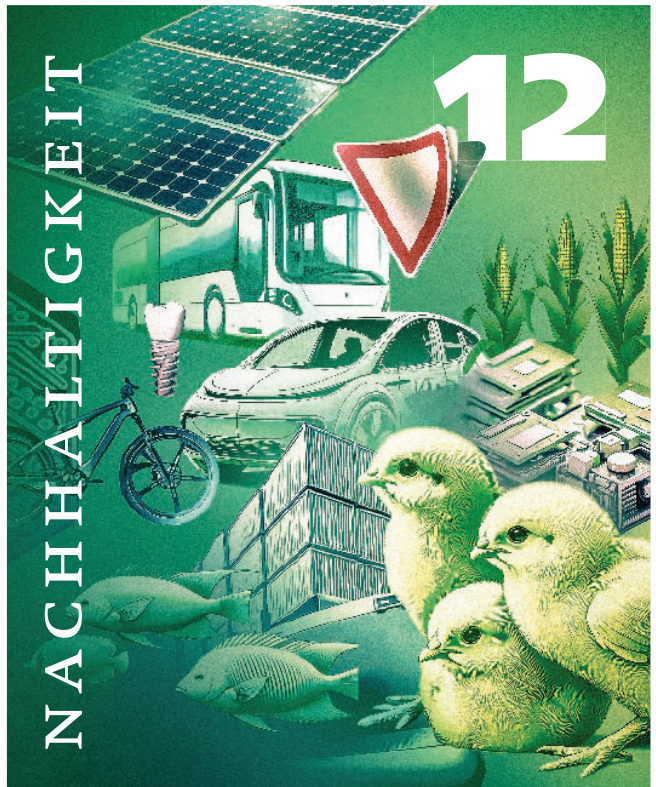
Die zigfach preisgekrönte Fotografin Nicole Franco arbeitet sonst für Netflix, die New York Times und National Geographic. Dieses Mal für uns. Großartiges ab **Seite 26**.



Chic

Clara Saraceno gab der Laser Community schon 2019 ein ausführliches Interview. Carsten Behler hat damals dieses herrliche Foto gemacht. Noch eines sehen Sie auf **Seite 11**.

LASER



Tobias Gerber, Nicole Franco, Carsten Behler

Tobias Gerber, Die Magaziniker & AI

COMMUNITY.

THEMA

12 NACHHALTIGKEIT PER LASER

Das schärfste Schwert im Kampf um eine nachhaltige Industrie ist aus Laserlicht.
18 Beispiele, die das zeigen.

6 Feinstaubbremse leicht gemacht

Das Highspeed-Laserbeschichten von Bremscheiben ist die lang gesuchte Antwort auf die Euro-7-Norm.

10 POWER

So schneidet man ein Atomkraftwerk klein.

11 GLORY

Forscherin Clara Saraceno baut eine neue Art Femtolaser für die Industrie.

20 Schweiß doch, was du willst!

Endlich lassen sich alle Kunststoffe per Laser fügen.
Dank Fliegenklatschen-Technik.

22 Sommer, Sonne, Smartphone

Ein neues Laserverfahren entgiftet die Displayproduktion.

26 „Hier stehen die Zeichen auf Boom“

Weil es Laser Metal Deposition in Mexiko bisher schwer hatte, kommt jetzt der große Durchbruch, sagt Fachmann Christian Félix Martínez.

30 LASERLAND

So lasern die Niederlande.

31 WO STECKT DER LASER?

Im Musikgenuss.



FEINSTAUB BREMSE

Europa macht der
Normalo-Bremse
den Garaus: zu viel
Feinstaubabrieb. Wer
auf dem Kontinent
Autos verkaufen will,
braucht jetzt eine
Lösung.

D

Der meiste Dreck kommt nicht aus dem Auspuff. Bis zu 70 Prozent des Feinstaubes entstehen beim Fahren, weil sich Partikel abreiben von Reifen, Straßenbelag – und Bremsen. Das gilt auch für E-Autos. Rund 250.000 Europäer sterben jährlich einen vorzeitigen Tod wegen zu hoher Feinstaubbelastung, schätzt die EU-Umweltagentur EEA. Bisher hat die Europäische Union in den sogenannten Euro-Normen nur die Abgase von Benzinern und Dieselaautos geregelt. Mit Euro-7 nimmt sie sich jetzt die Reifen und Bremsen aller Pkw vor. Autohersteller, die auch nach 2026 noch Neuwagen in der EU verkaufen wollen – also alle –, brauchen nun schnell eine Idee, wie sie den Abrieb ihrer Bremsen um 80 Prozent runterbekommen.

HARTE NUSS Dr. Claus-Ulrich Lott ist Geschäftsführer der Nagel Maschinen- und Werkzeugfabrik in Nürtingen. Während er durch den älteren, lichtdurchfluteten Teil des Hauptwerks läuft, zählt er auf: „Wie muss die Lösung aussehen? Erstens: Sie muss die Norm einhalten. Kaum Abrieb. Klar. Zweitens: Sie muss günstig sein. Bremsen sind ein Massenprodukt, da kommt es beim Stückpreis auf Cents an. Und drittens: Sie muss sich möglichst geräuschlos in den etablierten Produktionsablauf einfügen.“ Lott kommt vor der Erprobungsanlage für die Bremsscheibenfertigung zum Stehen. „Darum haben wir uns entschieden, eine Maschine zu bauen, die Bremsscheiben ultrahart beschichtet.“

leicht gemacht

Die Maschine der Firma Nagel laserbeschichtet quasi abriebfreie Bremscheiben. Zwei Tricks bei der Strahlformung machen dem Prozess Beine.

Claus-Ulrich Lott spielt mit aus Kunststoff gedruckten Bremscheiben-Dummys.

Auf dem Maschinenrundtisch rotiert eine gusseiserne Pkw-Bremscheibe unter einer Laseroptik und sieben Pulverzufuhrdüsen. Die Highspeed-Laserauftragschweißzelle, NaCoat genannt, trägt zwei Schichten auf. Zuerst eine 0,1 Millimeter dicke Haftschiicht aus Edelstahl. Und obendrauf eine 0,2 Millimeter dicke Funktionsschiicht, die mit ultraharten Partikeln aus Karbiden gespickt ist. „In dreißig Sekunden Bearbeitungszeit sieht die Oberflächenschiicht unter dem Mikroskop aus wie eine Schokotafel mit ganzen Nüssen: Die Hartpartikel ragen hervor“, erklärt Lott. „So würde das den Feinstaub noch nicht reduzieren.“





Links speist ein Scheibenlaser zwei Highspeed-Beschichtungsmaschinen. Rechts bekommen die Scheiben den letzten Schliff.

Also kommt die Bremsscheibe in die Schleifmaschine NaGrind, die mit 36 Diamantwerkzeugen die Scheibe glatt schleift. Fertig ist die ultraharte Autobremsscheibe. Die Verschleißschicht ist ungefähr zehnmal härter als Standardguss-scheiben und hält viel länger durch.

DER STRAHL MACHT'S Lott: „Die Idee, Bremsscheiben hart zu beschichten, liegt ja nahe. Doch wie?“ Drei Verfahren waren schnell abgehakt: elektrochemisches Beschichten – zu schmutzig. Thermisches Beschichten – zu langsam. Kaltgasspritzen – zu teuer und nicht für jede Scheibe geeignet. Lott entschied sich wegen des sauberen Prozesses und der kurzen Bearbeitungszeit für die Hochgeschwindigkeitsvariante des Laserauftragschweißens, das sogenannte Highspeed Laser Metal Deposition (HS-LMD). „Doch die Probleme beginnen ja immer dann, wenn man eine gute Idee in die Tat umsetzen möchte“, lacht Lott, „Gusseisen zum Beispiel ist ein undankbarer Träger für Schichten.“ Sie bleiben einfach schwer haften, deswegen braucht es viel Pulver. „Das Pulver macht aber im Produktionsprozess der Bremsscheibe am Ende 60 bis 70 Prozent der Herstellkosten aus. Unsere Maschine muss also einen hohen Pulverwirkungsgrad erreichen, sprich: so viel wie möglich vom zugeführten Pulver ausnutzen.“

Wie kriegt Nagel jetzt den Pulververbrauch runter? „Wir haben uns in der Entwicklung mit TRUMPF zusammengeschlossen. Und die wenden einen doppelten Trick bei der Strahlformung an.“ Die Strahlformungstechnik BrightLine Weld teilt die Laserleistung in eine unabhängig voneinander regelbare Kern- und Ringzone auf, ein bisschen wie ein Duschkopf mit Kern- und Ringstrahl. Energie- und Wärmeintrag lassen sich so optimal einstellen. Zum einen heißt das, dass sich die Bremsscheibe kaum verzieht. Zum anderen fällt die Beschichtung deutlich dünner aus, braucht also weniger Pulver. Der zweite Gamechanger für den Pulververbrauch ist die Bifokaltechnologie von TRUMPF: Ein Teil des Laserstrahls wärmt das Gussteil leicht an, kurz bevor der Pulverschauer niedergeht. Dadurch haftet das Pulver sofort problemlos an, statt erst einmal abzuprallen und zu teurem Müll zu werden. Die Maschine nutzt während des Beschichtungsprozesses bis zu 94 Prozent des Pulvers aus. Nagel hat jetzt eine wirtschaftliche Produktionsmethode für Euro-7-konforme, abriebarme Bremsscheiben.

E-AUTO-ROSTPROBLEM NEBENBEI GELÖST Ein besonderes Zuckerl obendrauf gibt's für alle E-Autofahrer: Nicht nur dürfen sie sich freuen, dass sie mit extraharter Bremsscheibe quasi feinstaubfrei durch die Stadt surren. Die beschichtete Scheibe macht das E-Auto auch noch sicherer. Denn sie ist korrosionsbeständig, rostet also nicht. Und das ist vor allem für E-Autofahrer eine gute Nachricht. Denn E-Autos bremsen im Alltagsgebrauch fast immer per Rekuperation, also Energierückgewinnung. Hierbei entsteht ein Widerstand im Antriebsstrang, der das Fahrzeug bremst. Die mechanische Bremsscheibe wird nur selten benutzt und setzt Rost an. „Wenn Sie dann mal auf der Autobahn bei hoher Geschwindigkeit eine Vollbremsung machen müssen, ist eine korrodierte Bremsscheibe extrem sicherheitskritisch: die sich dann lösenden Rostpartikel verlängern den Bremsweg deutlich“, erklärt Lott. Mit hartstoffbeschichteten Bremsscheiben muss sich aber niemand mehr deswegen Sorgen machen.

REICH UND GESUND Lott hat vor zweieinhalb Jahren die Geschäftsführung bei Nagel übernommen und voll auf Transformation und Bremsscheiben gesetzt. „Unser bisheriges Geschäft hing stark am Verbrennungsmotor und nimmt spürbar ab. Mit unserer Lösung für Euro-7-konforme Bremsscheiben wollen wir ein antriebsunabhängiges Produkt anbieten und gleichzeitig in der Branche bleiben, in der wir uns am besten auskennen.“ Die Bestellliste gibt ihm recht: In den ersten sechs Monaten hat Nagel eine zweistellige Zahl Bremsscheibenanlagen für die Serienfertigung ausgeliefert. Die Automobilhersteller und -zulieferer bereiten sich auf die große Euro-7-Umstellung vor. Das erste Auto mit hartstoffbeschichteten Bremsscheiben wird wohl Ende 2025 auf der Straße fahren: Umfangreiche Tests in Versuchsfahrzeugen laufen bereits. Lott ist stolz auf den geschäftlichen Erfolg, schwärmt aber nur kurz und wird dann ernst: „Es ist auch noch etwas anderes wichtig: Unsere Anlagen werden dazu beitragen, dass die Menschen weniger Feinstaub ausgesetzt sind und gesund bleiben. Für mich ist das ein rundum befriedigendes Gefühl.“ ■

Kontakt: Nagel Maschinen- und Werkzeugfabrik GmbH, Claus-Ulrich Lott, Telefon: +49 7022 605-0, brakedisc@nagel.com

„Die Wirtschaftlichkeit beim Beschichten hängt davon ab, mit so wenig Pulver wie möglich zum Ziel zu kommen.“

Claus-Ulrich Lott, Geschäftsführer der Nagel
Maschinen- und Werkzeugfabrik
GmbH

Tobias Gerber

1

**Rohe, unbehandelte
Gusseisen-Oberfläche:**
Die Greifer schnappen
sich die Bremsscheibe
und bringen sie in die
Beschichtungs-
kammer.

2

Die Highspeed-LMD-
Maschine trägt eine
ultraharte Karbidschicht
auf. Laservorwärmung
und Strahlformung
nutzen das Pulver
maximal aus.

3

Kreuzschliff: In der
Schleifmaschine bekommt
die Bremsscheibe ihre
endgültige Oberfläche
und Geometrie.
Fertig.

IN **3**

**SCHRITTEN
ZUR
EURO-7
BREMSSCHEIBE**

POWER



WIE SCHNEIDET MAN EIN ATOMKRAFTWERK KLEIN?

Am besten mit Licht, schnell und günstig.



Versuche zeigen:
Der Laser schneidet
auch unter Wasser
zuverlässig.

Nach mehreren Jahrzehnten ist jeder Atommeiler durch. Das Atomkraftwerk muss jetzt abgebaut werden und das ist (a) langwierig, (b) aufwendig und (c) teuer. Hoch spezialisierte Unternehmen zerlegen radioaktiv belastete Bauteile mit großen Dicken und komplexen Geometrien.

Bisher rückt man dem Meiler mit Bandsägen, Plasma- oder Wasserschneidern zu Leibe. Diese Werkzeuge sind jedoch nur begrenzt wirksam und machen regelmäßige Wartungen im Nuklearbereich erforderlich. Das ist (d) gefährlich. Gefragt sind also neue Technologien, die helfen, die Sicherheit der Arbeiter zu verbessern.

Das französische Unternehmen Onet verfolgt eine neue Idee. Es entwickelte im Rahmen des von der Europäischen Union geförderten LD-Safe-Projekts ein Lasersystem für den Rückbau von Kernkraftwerken – und testete das Schneiden von Stahlteilen im Onet Laser Technocenter. Das System ist in drei Zonen gegliedert: einen Seecontainer mit dem Versorgungsbereich, also der Strahlquelle, einem infraroten 16 Kilowatt starken

TruDisk Laser von TRUMPF. Einen Kontrollbereich für die Überwachung und Steuerung des Lasersystems in einem zweiten Container. Diese beiden Bereiche befinden sich außerhalb der radioaktiven Zone.

Direkt in der kontaminierten Demontagezone arbeitet lediglich die Laseroptik, geführt von einem Roboterarm. Ein bis zu 200 Meter langes Laserlichtkabel leitet den Laserstrahl zum Schneidkopf. Ein spezieller Strahlkoppler von TRUMPF verhindert, dass der Strahl sich über diese lange Strecke weitet. Dieser Aufbau sorgt dafür, dass der Großteil der Komponenten nicht radioaktiv verschmutzt wird.

Der Laser schneidet wahlweise bis zu 200 Millimeter dicke Edelstahlteile an der Luft oder bis zu 100 Millimeter dicken Edelstahl unter Wasser. Mittlerweile hat Onet das Verfahren für den industriellen Einsatz qualifiziert. Gut, denn bis 2050 gehen weltweit rund 250 Meiler vom Netz und die müssen schnell und kostengünstig klein geschnitten werden. ■

VON DER WASSERFORSCHUNG ZUR LASER-REBELLIN

GLORY

Viele Jahre forschte Clara Saraceno scheinbar in einer Strahlquellen-Nische. Jetzt macht sie sich daran, für die Industrie die besten Femtosekundenlaser aller Zeiten zu entwerfen.

Schuld ist das Wasser. „Niemand versteht so richtig, wie Wasser funktioniert. Ein so alltägliches Ding und keiner begreift es? Faszinierend“, erklärt die Professorin für Photonik und ultraschnelle Lasertechnik Clara Saraceno. Das war 2019 in der *Laser Community*. Saraceno forscht an der Ruhr-Universität in Bochum. Damals will sie den Biochemikern ihrer Forschungsgruppe ein brandneues Messinstrument mit Licht im Terahertz-Bereich hinstellen und ihnen einen frischen Blick ins Wasser ermöglichen. Dazu muss ihr etwas gelingen, was eigentlich nicht möglich ist: Sie will das Terahertz-Licht fokussieren. Saraceno schafft das mithilfe eines infraroten Femtosekundenlasers (und zahlreicher elektrooptischer Kniffe, wie etwa nichtlinearer Konversion im Kristall).

Genau dieser Erfolg ist jetzt der Grundstein für Saracenos nächstes großes Projekt an der Ruhr-Universität, und dieses Mal ist es für die Industrie gedacht. Sie arbeitet an einem industrietauglichen Ultrakurzpuls-Laser-Konzept, wie es die Welt noch nie gesehen hat: Femtosekundenpulse, die mit Wellenlängen von 2,1 Mikrometern und einer Wiederholungsrate im Gigahertzbereich arbeiten. Das verspricht in der Materialbear-

beitung hohe Abtragraten bei vergleichsweise geringem Energieeinsatz. Besonders eignen werde sich die Giga2u getaufte Strahlquelle zur industriellen Bearbeitung von Polymeren und Glas.

Auf ihren steilen Werdegang angesprochen, verweist Saraceno gern auf eine Mischung aus Zufall und der Leichtigkeit, mit der sie Risiken eingehe. Derzeit überlegt sie, aus dem Giga2u-Projekt ein Start-up zu machen. Für ihre „bahnbrechenden Beiträge zur Entwicklung von ultraschnellen Hochleistungslasern und lasergesteuerten Terahertz-Quellen“ erhielt Saraceno im Januar 2024 den Harold E. Edgerton Award in High-Speed Optics der internationalen Gesellschaft für Optik und Photonik (SPIE). ■

Aus Prof. Clara Saracenos Labor kommt bald ein neuartiger Laser zur Bearbeitung von Polymeren und Glas.



SO MACHT DER LASER DIE WELT NACH- HALTIGER

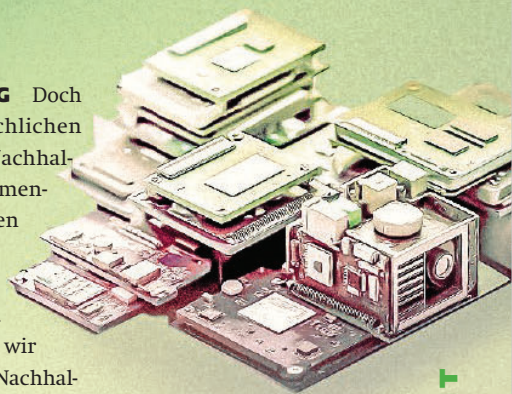
**Mach's
mit
Licht**

Alle reden von Nachhaltigkeit — Laseranwender tun etwas. 18 Beispiele, wie das Projekt „Bessere Welt“ gelingt.

Effizienz, Effizienz! Dass Industrielaser die Effizienz in der Produktion erhöhen, zeigt Ihnen die *Laser Community* in jeder einzelnen Ausgabe seit 2006.

Wer will nicht effizient sein? Mit weniger mehr erreichen. So geht das Spiel und es gewinnt, wer günstiger produziert als der Nachbar. Dass auf diese Weise manchmal auch die Ressourcen der Erde geschont werden, war lange ein netter Nebeneffekt.

ABSICHTLICH NACHHALTIG Doch Klima, Umwelt und die menschlichen Gesellschaften sind in Gefahr. Nachhaltigeres Wirtschaften und Zusammenleben sind geboten, in den meisten Ländern zunehmend auch gesetzlich vorgeschrieben. Der nette Nebeneffekt wird zur Absicht. Auf den folgenden Seiten zeigen wir Ihnen Laserverfahren, bei denen Nachhaltigkeit vom Beifang zum Zweck wird. ■



NACHHALTIGKEIT



HIER
WEITERLESEN



VERKEHRSSCHILDER NEU BEKLEBEN

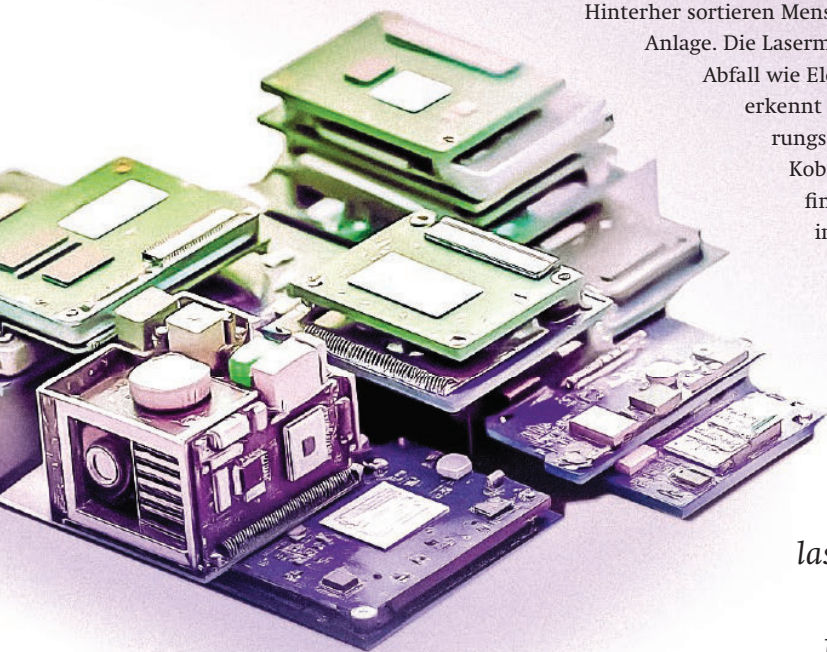
Wenn ein Verkehrsschild aus Aluminium nicht mehr aktuell oder die Beschriftung unansehnlich geworden ist, wandert es in den Schrott, dann in den Ofen, unter die Walze, wird erneut in Form geschnitten und wieder als Schild benutzt. Allein in Deutschland passiert das bei rund 1,6 Millionen Verkehrsschildern jährlich. Warum dieser Irrsinn? Warum nicht gleich wieder benutzen? Schuld sind die vorgeschriebenen Spezialfolien auf den Schildern, die das Licht reflektieren. Die Folien gehen nicht wieder ab: Spanen, Sandstrahlen, Schleifen, chemisches und thermisches Abtragen – nichts funktioniert hier richtig. Ein Team an der Hochschule Aalen kam nun auf die Idee, es mit Laser zu versuchen. Alle Arten von Folien ließen sich rückstands-frei lösen. Neue Folien haften problemlos an. Am schnellsten funktioniert es mit einem CO₂-Laser. Jetzt wandern nur noch die Folienreste in den Müll, nicht mehr das ganze Schild.



SCHÄTZE IM SCHROTT ENTDECKEN

Die Theorie: Fürs Recycling zerlegen wir die Dinge in ihre Bestandteile und führen die Materialien ohne Qualitätsverlust zurück in den Kreislauf. Die Realität: ein riesiger Schrotthaufen. Wie kriegt man das sortenrein auseinandertersortiert? Das Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT hat hierfür ein neues Verfahren entwickelt: Ein Sensor identifiziert per Laser-Emissions-spektroskopie die chemische Beschaffenheit des unter ihm auf einem Förderband vorbeirauschenden Schrotts.

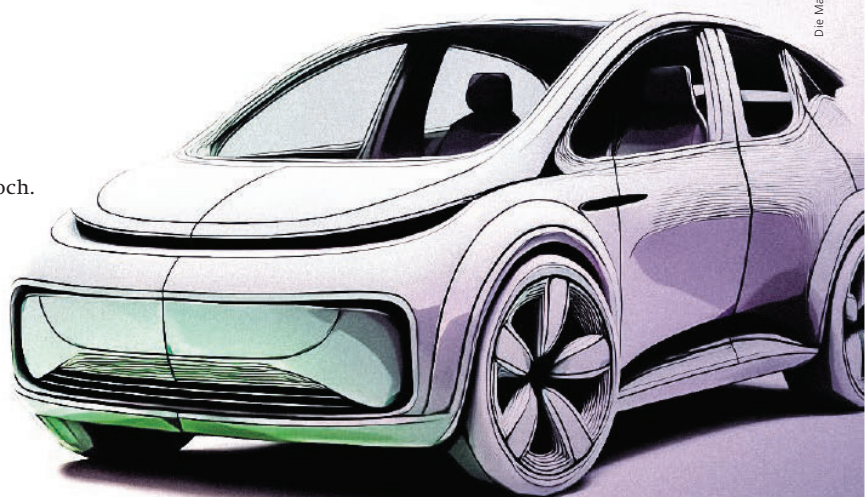
Hinterher sortieren Menschen oder eine KI-gestützte automatische Anlage. Die Lasermethode eignet sich auch für pfriemeligen Abfall wie Elektronikschrott und Fahrzeugteile. Sie erkennt kleinste Mengen oder auch nur Legierungsanteile kostbarer Rohstoffe wie Molybdän, Kobalt oder Wolfram. Mit dem Laserdetektiv finden künftig viel mehr Materialien zurück in den Kreislauf als bisher.



Das größte Problem beim Recycling heißt Trennung. Je feiner und ordentlicher sich ausgediente Geräte und Dinge zerlegen lassen, umso mehr Rohstoffe lassen sich zurückgewinnen. Doch vieles, was die Fertigung fügt, lässt sich so leicht nicht wieder trennen.

E-AUTOBATTERIEN-MÜLL WIEDERVERWERTEN

Die Qualitätsansprüche für E-Autobatterien sind immens hoch. Deswegen passiert es oft, dass schon in der Herstellung einiges an Ausschuss anfällt. Zum Beispiel bei den Elektroden: Dafür beschichten Unternehmen Folien mit wertvollem Lithium, Kobalt und Nickel. Doch oft überstehen sie den Qualitätscheck nicht und die Folien wandern kilometerweise in den Müll. Schade um die Rohstoffe! Ein Laserstrahl kann hier helfen: Er trägt die hauchdünne Schicht wieder ab, der kostbare Staub wird aufgefangen und kehrt in den Kreislauf zurück.



WENIGER TREIBSTOFF IN DER SCHIFFFAHRT

An unter Wasser liegenden Schiffsrümpfen siedeln sich in kürzester Zeit Mikroorganismen, Algen, Pflanzen, Muscheln und Seepocken an. Sie bilden zuerst einen Film, dann eine Schicht aus Bewuchs, Biofouling genannt. Schon dünne Schichten unter einem Millimeter steigern den Treibstoffverbrauch eines Containerschiffs um bis zu 60 Prozent. Sehr lange gab es keine gute Lösung für dieses Problem. Doch jetzt setzen Forscher und Schifffahrt auf gleich zwei Laseransätze: Ein deutsches Forscherteam hat nachgewiesen, dass Strahlen aus einem Diodenlaser unter Wasser den Bewuchs sicher und vollständig lösen. Derzeit entwickeln sie einen Roboter, der die Schiffsbäuche im Hafen abfährt und währenddessen lasert. Die zweite Idee: erst gar keinen Bewuchs zulassen. Dazu bringen die Schiffbauer per Laser eine aktiv abweisende Oberflächenstruktur in den Schiffsrumpf ein, die den Bewuchs verzögert oder ganz verhindert.



SAUBERE PHOTOVOLTAIKMODULE

Große Solarfarmen sind für viele Länder die effizienteste Art, Strom zu erzeugen. Besonders Wüstenregionen eignen sich hervorragend. Wüste heißt allerdings auch Staub. Innerhalb von nur einem Monat verliert ein PV-Modul bis zu 30 Prozent Leistung durch die wachsende Staubschicht und sollte gereinigt werden: mit Bürste und Wasser, teilweise von Hand, teilweise automatisiert. Die Bürsten verursachen oft leistungsmindernde Mikrokratzer. Und Wasser ist in der Wüste eigentlich zu kostbar. Die Lösung: Sich überlappende Laserstrahlen bringen eine aktiv staubabweisende Oberflächenstruktur ein. Stichwort: Lotus-Effekt. Tests zeigen, dass sich so 85 Prozent weniger Staub auf den PV-Modulen sammelt. Die Solarfarmen kommen mit weniger Reinigungszyklen aus und verbrauchen deutlich weniger Wasser. Gleichzeitig steigen Stromausbeute und Lebenszeit der PV-Module.

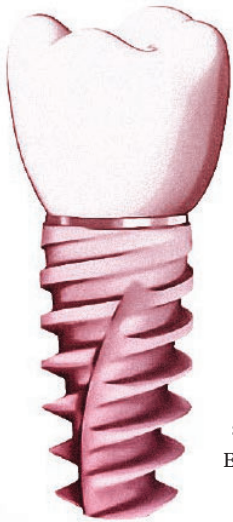
BATTERIEFOLIEN ENERGIEARM TROCKNEN

Der energiehungrigste Arbeitsschritt in der Herstellung von Lithium-Ionen-Batterien ist das Trocknen der nassbeschichteten Elektrodenfolien. Sie durchwandern einen bis zu hundert Meter langen Konvektionsofen, der Heißluft auf sie bläst. Der Energieeinsatz ist gewaltig, die Trocknungseffizienz aber erbärmlich. Darum haben sich Wissenschaftler der RWTH Aachen überlegt, dass man mit Heiz-VCSEL zum selben Ergebnis kommt. Die Mini-Infrarot-Laserquellen trocknen die Elektroden auf einer Strecke von nur zehn Metern. Der Prozess geht nicht nur weit schneller als der Ofenmarathon, sondern braucht auch rund 40 Prozent weniger Energie.



RESSOURCEN SCHONEN

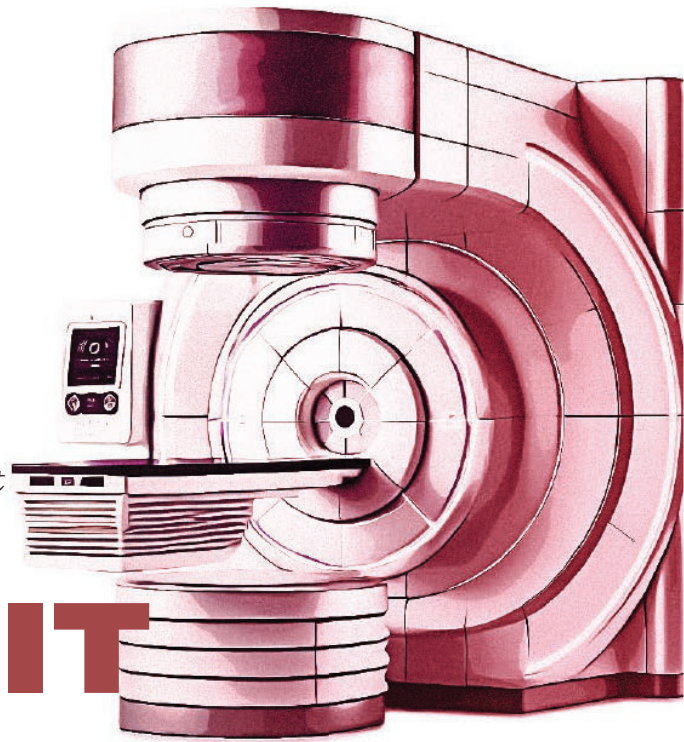
Der Königsweg bei der Nutzung von Ressourcen ist seit je: mit weniger Einsatz mindestens dasselbe erreichen. Es ist keine steile These, dass die Lasermaterialbearbeitung dieses Effizienz-Motto schon seit Jahrzehnten lebt.



ERSCHWINGLICHES LÄCHELN

Am Gebiss erkennt man den Wohlstand seines Trägers. Leider gilt diese Weisheit noch immer in vielen Teilen der Welt; viele Menschen können sich etwa hochwertigen Zahnersatz nicht leisten. Doch die immensen Fortschritte der Laser Metal Deposition, des Metall-3D-Drucks, führen zu günstigerem Zahnersatz für alle. Die Implantate sind leicht individualisierbar und lassen sich im 3D-Drucker dann in großen Stückzahlen hochproduktiv abarbeiten. Auch in der Therapie erweist sich Lasertechnologie als Wohltäter: Die zu TRUMPF gehörende Firma Access Laser hat einen CO₂-Laser entwickelt, mit dem Zahnärzte ohne Betäubungsspritze schmerzfrei Karies behandeln. Ein Segen für Angstpatienten.

Industrielaser führen nicht nur zu besseren Medizintechnikprodukten. Sie bewirken auch, dass mehr Menschen weltweit Zugang zu einer guten Gesundheitsversorgung erhalten.



GESUNDHEIT UND SOZIALES

MOBILE UND GÜNSTIGE DIAGNOSEN

Mit Bluttests ist es möglich, viele Krankheiten zu diagnostizieren: Sowohl akute Infektionen wie Malaria als auch chronische Leiden wie Diabetes oder Erbkrankheiten wie Sichelzellanämie. Doch nicht überall auf der Welt ist ein Labor in der Nähe, das die Blutprobe auswertet. Darum hat Bahram Javidi, Professor an der Universität Connecticut, ein Blutschnelltestgerät speziell für Regionen mit schlechter medizinischer Infrastruktur entwickelt: Obwohl es mit sogenannter laserunterstützter digitaler holografischer Mikroskopie absolute Hightechmethoden nutzt, konnte Javidi das Diagnosegerät aus möglichst billigen und robusten Materialien bauen. Als Stromquelle reicht ein Handy- oder Laptopakku.

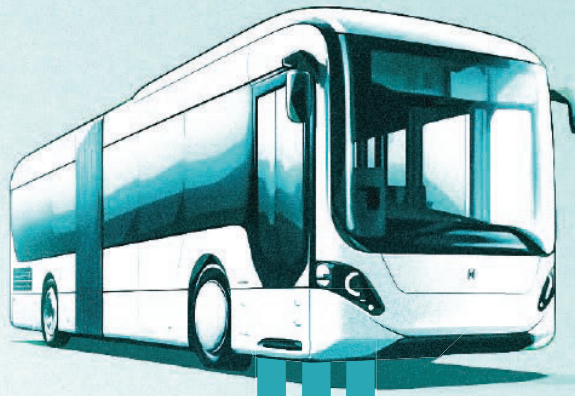


BESSERE KREBS-THERAPIE FÜR ALLE

Harte Röntgenstrahlen sind eine wirksame Therapie gegen Krebszellen. Aber die Behandlung ist auch sehr belastend für die Patienten. Eine Therapie mit Elektronenstrahlen wäre sowohl sanfter als auch Erfolg versprechender, denn Elektronenstrahlen lassen sich genauer fokussieren und treffen daher die Krebszellen gezielter, ohne das Gewebe in der Umgebung in Mitleidenschaft zu ziehen. Apparate für Elektronenstrahlen sind jedoch riesig und extrem teuer, sodass es kaum welche gibt. Beides ändert sich jetzt dank der sogenannten Laser-Bugwellen-Methode, die die Elektronen auf völlig andere Weise beschleunigt. Damit werden bessere und sanftere Krebstherapien möglich für viel mehr Menschen als bisher.

LEISTUNGSFÄHIGE BRENNSTOFFZELLEN

Große Fahrzeuge wie etwa Lkw, Baumaschinen oder Busse brauchen einen leistungsdichteren Energiespeicher, der ihre Motoren mit Elektrizität versorgt: zum Beispiel Wasserstoff und Brennstoffzellen. Eine gute Lösung sind sogenannte PEM-Brennstoffzellen (Proton Exchange Membrane). Eine zentrale Herausforderung bei dieser Bauart ist es, den Wasser- und Gastransport innerhalb der Zelle auf lange Sicht effizient zu halten. Hier kommen jetzt Ultrakurzpuls-Laser ins Spiel: Sie bringen im Inneren der Zelle funktionale Strukturen und Mikrobohrungen ein. Dank dieses Tricks werden PEM-Brennstoffzellen leistungsfähiger, effizienter und halten länger durch.



Energiewende ist mehr, als nur massig PV-Anlagen, Windräder und Wasserkraftwerke hinzustellen (das schon auch!). Es geht zudem darum, das Stromnetz fit und flexibel für die neue Stromgewinnung zu kriegen und alternative Energiequellen wie Wasserstoff besser zu nutzen.

ZWISCHENSPEICHER FÜR STABILE STROMNETZE

Photovoltaik und Wind liefern saubere Energie, aber unregelmäßig. Damit die Betreiber ihre Stromnetze trotzdem Tag und Nacht stabil halten, brauchen sie flexible Zwischenspeicher wie zum Beispiel Redox-Flow-Batterien. Diese können in riesigen Elektrolyttanks Unmengen an Energie aufnehmen und bei Bedarf sofort wieder ins Stromnetz einspeisen. Um das Elektrolyt zu laden, werden die Flüssigkeiten durch einen Stapel galvanischer Zellen gepumpt. Diese Stapel müssen extrem gut abgedichtet sein, was die Herstellung bislang aufwendig und teuer macht. Aber eine neu entwickelte VCSEL-basierte Laserschweißmethode macht die Produktion jetzt deutlich günstiger – und Redox-Flow-Batterien genau im richtigen Moment massentauglich.

BILLIGERE PHOTOVOLTAIKANLAGEN

Es gibt nicht genug Silber auf der Welt, um so viele moderne Photovoltaikmodule zu bauen, wie es die Staaten sich gerade vornehmen. Denn hocheffiziente Heterojunction-Solarzellen brauchen bislang wertvolles (und teures) Silber für ihre Leiterbahnen und Kontakte. Das deutsche Start-up PV2+ – ein Spin-off des Fraunhofer-Instituts für Solare Energiesysteme ISE – hat nun eine Methode entwickelt, das Silber durch Kupfer zu ersetzen. Dazu verwenden sie ein Verfahren, das Galvanik Prozesse mit Laserstrukturieren kombiniert. Gleichzeitig entwickelten sie einen neuen Maskierungsweg, der beim Recyclingprozess am Lebensende der Module dafür sorgt, dass kein Mikroplastik ins Abwasser gelangt.

ENERGIEWENDE



CHEMIEFREIE PRODUKTION

Seit vielen Jahren der Klassiker in der Laser Community: Es gibt irgendein grässliches nasschemisches Verfahren, das umständlich und teuer ist. Und dann kommt der Laser und löst es ab.



REINIGEN PER LICHT

Vor dem Kleben, vor dem Lackieren, vor dem Schweißen, vor dem Beschichten und so weiter muss man erst mal alles sauber machen: Die Bauteile sind överschmiert, verdreht oder haben eine Oxidationsschicht angenommen. Jetzt kommt in der Industrie oft noch das Reinigungsmittel, die chemische Wanne oder – schlimmer – das Säurebad zum Beizen. Viel sauberer wird es per Licht: Laserstrahlen verdampfen Verunreinigungen oder tragen Oxidationsschichten einfach ab.

Besonders nützlich: Wenn es nur um wenige Kontaktflächen geht und nicht um das ganze Bauteil, kann der Laser sich gezielt kümmern. Machen Sie das mal in einer Wanne! Zu entsorgender chemischer Abfall bei der Lichtreinigung: null.

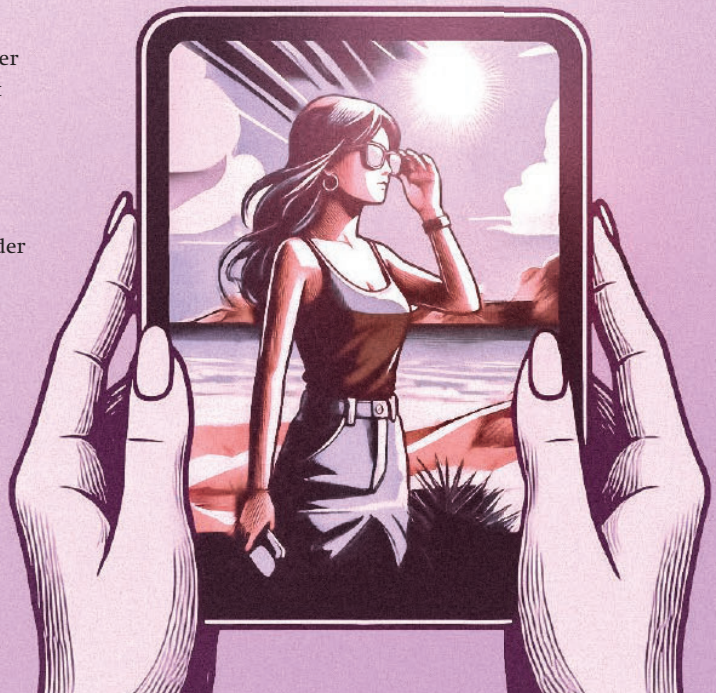
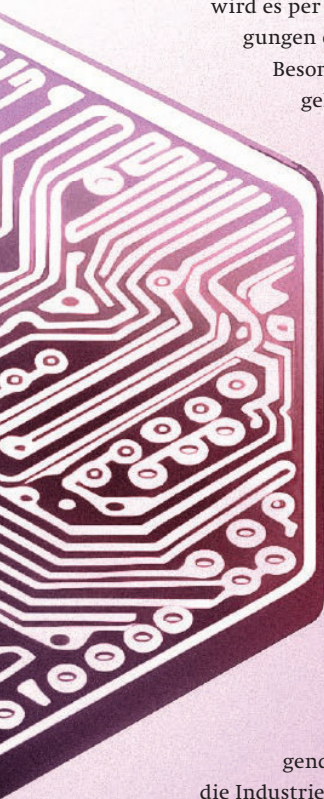
LEITERPLATTEN OHNE ÄTZEN

Leiterplatten bestehen aus einer nicht leitenden Trägerschicht (oft Kunststoff oder Keramik) und einer leitenden Schicht (meist Kupfer oder Gold) obenauf. Um nun Leiterbahnen zu erhalten, muss die obere leitende Schicht in Teilen wieder weg, damit dort Strompfade übrig bleiben. Üblich ist es gewesen, Gold und Kupfer wegzuzätzen.

Dabei entsteht schwer zu entsorgender Giftabfall. Zunehmend greift die Industrie auf sauberes Laserlicht zurück. Ultrakurze Pulse tragen das Kupfer oder Gold um die Leiterbahnen herum ab. So gezielt, dass keine Wärme ins Material darunter eindringt, hochflexibel im Design – und völlig frei von ätzender Chemie.

GIFTFREIE BILDSCHIRME

Displays an Smartphones, Tablets und E-Readern sollen stets ein optimales Bild liefern. Auch bei grellem Lichteinfall. Sprich: Sie dürfen nicht spiegeln und gehören mattiert. Und das geht bisher nur, indem man das Displayglas in die wahrscheinlich fieseste und gefährlichste Chemikalie taucht, die die Industrie kennt: Flußsäure. Doch die Ingenieure bei TRUMPF entwickeln gerade ein Laserverfahren, mit dem sie die Flußsäure für immer aus der Produktion verbannen. Saubere, ultrakurze Laserpulse auf das Displayglas sorgen für denselben mattierenden Effekt auf dem Displayglas wie die Giftkeule. Die Ergebnisse sind einwandfrei, jetzt geht es nur noch darum, den Laserprozess zu skalieren. Alle Details dazu lesen Sie ab Seite 22.

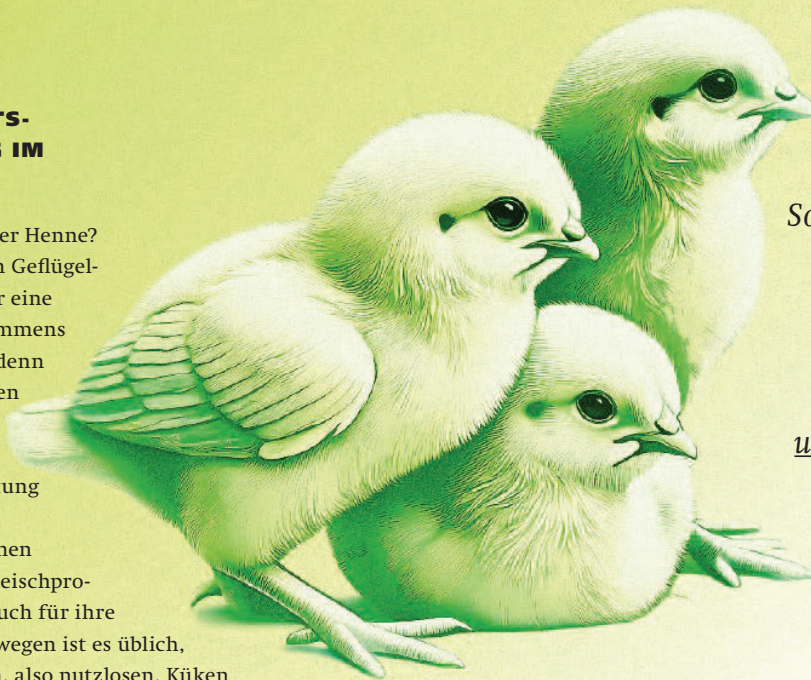


GESCHLECHTS- ERKENNUNG IM HÜHNEREI

Hahn oder Henne?
Für den Geflügel-
züchter eine
wirtschaftlich immens
wichtige Frage, denn
bekanntlich legen
nur weibliche
Hühner Eier.
Die auf Brutleistung
hin gezüchteten
Legehennen eignen
sich nicht zur Fleischpro-
duktion – was auch für ihre
Brüder gilt. Deswegen ist es üblich,
alle männlichen, also nutzlosen, Küken
lebendig zu schreddern. Ein automatisiertes Laserverfahren beendet nun diese
Grausamkeit, denn sie erkennt das Geschlecht der Tiere schon bei Embryos im Ei:

Ein CO₂-Laser schneidet ein kleines Loch in die Schale eines nur vier Tage lang
bebrüteten Eis; die empfindliche Membran unter der Schale bleibt dabei
intakt. Jetzt leuchtet ein Lichtstrahl gezielt auf die Blutgefäße des Embryos.

Durch spektroskopische Informationen aus dem Blut erkennt die Anlage das
Geschlecht. Die weiblichen Eier gehen zurück in die Brutanlage. Die männ-
lichen kommen über das frühe Embryostadium erst gar nicht hinaus.



*So groß die Gefahr der
Erderwärmung für
Ökosysteme ist, gibt
es noch viele andere,
„klassische“ Umwelt-
und Tierschutzfragen,
zum Beispiel in der
Landwirtschaft, der
Tierhaltung und bei
der Verschmutzung
der Ozeane.*



FILTER GEGEN MIKROPLASTIK

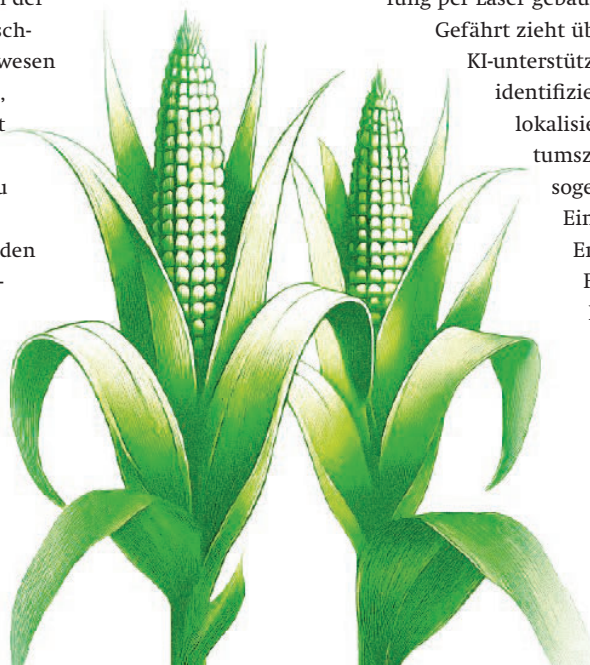
Mikroplastik sind Partikel, die kleiner sind als
fünf Millimeter, bis hinab in den Nanobereich.
Man findet sie inzwischen überall, von der
Tiefsee bis zur Antarktis, in Fischen wie im mensch-
lichen Blutkreislauf. Die Auswirkungen auf Lebewesen
und Ökosysteme sind noch nicht genau erforscht,
erste Erkenntnisse aber beunruhigend. Es spricht
also einiges dafür, Mikroplastik zumindest aus
Abwässern zu filtern und die Gesamtbelastung zu
senken. Leider ist Mikroplastik – nun ja – klein.
Entsprechend winzig müssen auch die Löcher in den
Filtern sein. Ein Zusammenschluss aus Unterneh-
men und Wissenschaftlern hat es inzwischen
geschafft, mit einem Ultrakurzpuls-Laser zig
Millionen Löcher für einen sogenannten
Zyklonfilter zu bohren. Um das Verfahren
wirtschaftlicher zu machen, spalten sie den
Laserstrahl auf und bohren mehr als hundert
Löcher gleichzeitig. Der Filter fängt Plastik-
partikel, die größer sind als zehn Mikrometer.

LANDWIRTSCHAFT OHNE HERBIZIDE

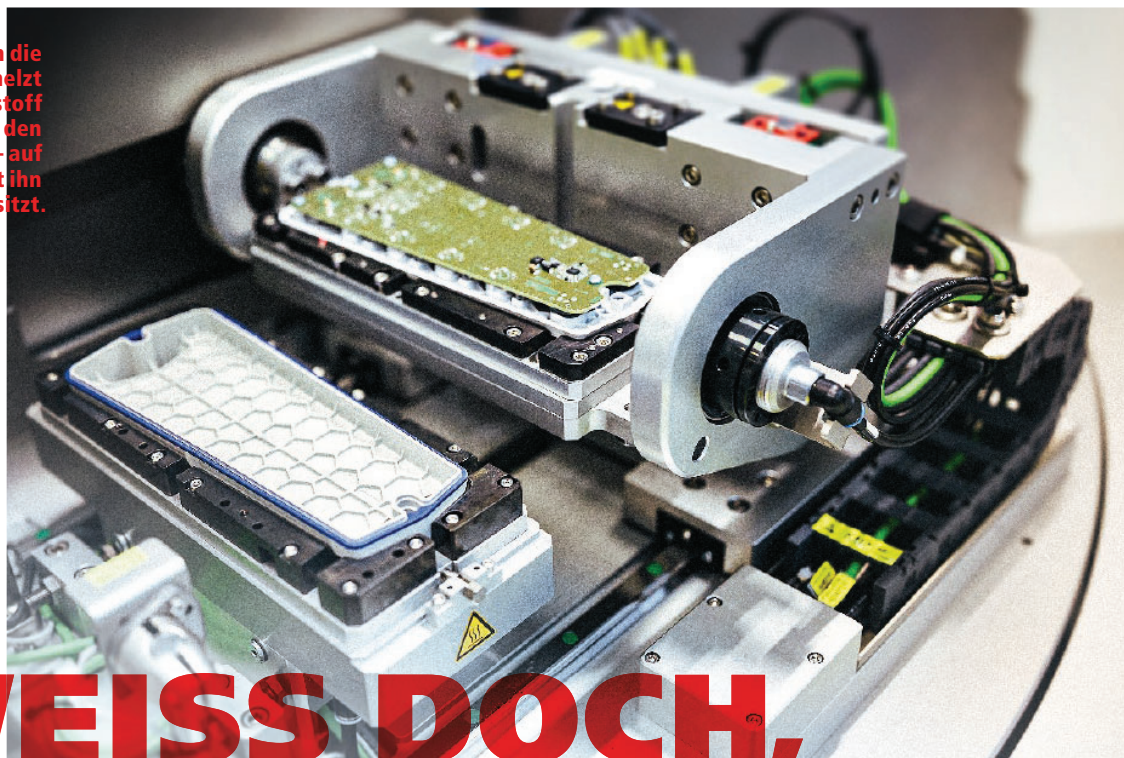
Das Unkrautjäten per Laser ist ein bisschen wie die
Fusionskraft: Egal, wann man guckt, der Praxiseinsatz
liegt immer noch genauso weit in der Zukunft wie
beim letzten Mal. Bis es dann einmal wirklich so weit sein wird.
Denn die Idee ist zu gut, um sie aufzugeben: eine hochproduktive
Landwirtschaft ohne giftige Herbizide, die Insekten, Menschen
und andere Tiere schädigen. Jetzt hat ein europäischer Verbund
aus Forschungszentren, Universitäten, Unternehmen und
Landwirtschaftsverbänden einen Prototypen zur Unkrautbekämp-
fung per Laser gebaut: Das autonome

Gefährt zieht übers Feld. Seine
KI-unterstützte Bilderkennung
identifiziert Unkraut und
lokalisiert dessen Wachs-
tumszentrum, das

sogenannte Meristem.
Ein millimetergenauer
Energiepuls aus der
Faserlaserquelle an
Bord – und das
war's mit der
Unkrautpflanze.
Das Team arbeitet
derzeit an der
Marktfähigkeit
des WeLaser
getauften Systems.



Der Laser tanzt von oben die Fügeflächen entlang und schmelzt dort behutsam den Kunststoff auf. Dann klappt die Maschine den Fügepartner rechts — zack! — auf den Fügepartner links, drückt ihn kurz an, und die Verbindung sitzt.



SCHWEISS DOCH, WAS DU WILLST!

Die bayerische Firma Gefasoft weiß, wie man endlich alle Arten von Kunststoff per Laser fügt. Klappt garantiert.

Intern nennen sie es Fliegenklatsche. Offiziell heißt es A2A und funktioniert so: Zwei sich gegenüberliegende Kunststofffügepartner, jeweils in einer Aufnahme fixiert, erhitzt ein Laserstrahl kontrolliert an definierten Fügestellen. Das Material schmelzt auf, der Laser geht aus — und patsch: Durch eine blitzschnelle und hochpräzise Fügebewegung führt das Schweißwerkzeug beide Komponenten aneinander und verpresst sie. Passt, hält und hat garantiert keine Luft: Die Schweißnaht sitzt bombenfest. Stephan Englmaier, Laserapplikationsingenieur beim Automatisierungs- und Softwarespezialisten Gefasoft mit Sitz im bayerischen Regensburg, grinst und sagt: „So könnte man es auf die Schnelle erklären, aber was als Fliegenklatsche erst mal lustig und einfach klingt, wird die Möglichkeiten für das Bauteildesign auf ein ganz neues Level bringen.“ Er könnte recht haben, denn das Verfahren hebt fast alle Beschränkungen beim Fügen von Kunststoffen mit dem Laser auf und bietet Designern eine Spielweise für völlig neue Gestaltungsideen.

FÜGEFREIHEIT Beim Fügen von Thermoplasten, Kunststoffen, die sich in einem bestimmten Temperaturbereich aufschmelzen

lassen, hat sich der Laser in den vergangenen Jahren etabliert — allerdings mit erheblichen Einschränkungen. Das sogenannte Laserdurchstrahlschweißen erfordert einen lasertransparenten, also für die spezifischen Laserwellenlängen durchlässigen, Fügepartner. Der Laserstrahl durchdringt diesen und trifft auf das Bauteil aus absorbierendem Kunststoff. Dieses wird erhitzt und schmelzt auf. Durch das Verpressen der beiden Materialien entsteht eine feste Verbindung.

Doch in vielen Anwendungsfällen ist diese Art des Fügens nicht optimal, beispielsweise dann, wenn Materialkonfigurationen produktrelevant sind, wie häufig etwa in der Elektronik-, der Automotive- oder der Medizintechnikbranche. In der Praxis gibt es zunehmend Bedarf, identische oder auch verschiedene nicht lasertransparente Kunststoffe miteinander zu verbinden. Darum haben sich zahlreiche andere Verfahren etabliert, die das prinzipiell zulassen, aber ebenfalls Schwächen aufweisen. Typische Probleme sind beispielsweise eine unpräzise Wärmeeinbringung sowie die übermäßige Belastung des Bauteils. Beim Reibschweißen, auch Friction Welding genannt, können Partikel entstehen. „Einer unserer großen Industriekunden hat uns deswegen

damit beauftragt, das Reibschweißen so zu verbessern, dass weniger Partikel entstehen“, erzählt Englmaier.

LASERN STATT REIBEN Die Experten von Gefasoft machen sich Gedanken. Dabei wird ihre hohe Laserkompetenz unversehens zum Möglichmacher bei der Entwicklung eines komplett neuen und innovativen Verfahrens. „Unser erster Gedanke war, durch das Vorwärmen der Verbindungsstellen mit einem Laser die Partikelbildung beim Reibschweißen zu minimieren“, berichtet Englmaier. „Dann haben wir uns allerdings schnell gefragt: Wozu eigentlich noch reiben? Warum machen wir aus zwei Prozessschritten nicht einfach einen und nutzen ausschließlich den Laser für den Fügeprozess?“

Diese Idee ließ die Gefasoft-Tüftler nicht mehr los, und sie fingen an zu experimentieren. Der Temperatureintrag zur Erwärmung des Kunststoffes erfolgt mit einem TruDiode 301 Laser von TRUMPF. „Diese Strahlquelle ist hochpräzise, flexibel und dynamisch. Sie ist ein echtes Arbeitstier und genießt bei unseren Kunden ein hohes Vertrauen.“ Bei diesem Verfahren kommen eine oder mehrere Laserquellen zum Einsatz. Ein Sensor überwacht

Stephan Englmaier (links) und sein Team wollten zuerst das Reibschweißen per Laser aufpeppen, bis sie feststellten, dass der Laser es allein besser kann.



„Intern nennen wir A2A unsere Fliegenklatsche.“

Stephan Englmaier,
Laserapplikationsingenieur bei Gefasoft

das Aufheizen der Fügestellen. „Je nach Material variiert die Dauer der Erwärmung. Wir müssen Wärmeeintrag und -dauer bei jeder Anwendung individuell ermitteln und einstellen“, erklärt Englmaier weiter.

SCHNELL UND PRÄZISE Die größte Herausforderung für das Expertenteam von zeitweise bis zu 20 Kollegen über alle Fachbereiche von Gefasoft hinweg war aber weniger der Erwärmungsprozess mit dem Laser. Diese bestand vielmehr darin, eine Spanntechnik zu entwickeln, die die Bauteile mit den erwärmten Fügestellen so schnell zueinanderbringt,

dass sich die Schmelzen, ohne abzukühlen, miteinander verbinden. „Das hat uns lange beschäftigt“, gibt Englmaier zu. „Wir standen vor der Herausforderung, Geschwindigkeit und Präzision zu gewährleisten, was häufig nicht zusammengeht. Doch genau das war es, was wir brauchten: eine millisekundenschnelle, aber hochpräzise Bewegung.“ Nach unzähligen Versuchen hat es dann buchstäblich geklappt, freut er sich: „Wir haben eine Füge-technologie entwickelt, die unsere Anforderungen erfüllt. Wie genau das Ganze aussieht und funktioniert, können wir natürlich nicht verraten, A2A ist patentiert.“

NEUE FREIHEIT A2A: Absorbent to Absorbent schafft es, wie der Name schon sagt, sowohl identische als auch völlig unterschiedliche nicht lasertransparente Kunststoffe in allen Farben präzise und mit einer medien- und druckdichten Schweißnaht zu verbinden. Zusätzliche Fügepartner oder Additive sind nicht notwendig. Dabei können die Gefasoft-Techniker enge Toleranzen einhalten und Unregelmäßigkeiten wie Bauteilverzug ausgleichen. „Das präzise Aufheizen durch den Laser ermöglicht komplexe Strukturen, auch in Kombination mit hochsensiblen Komponenten, beispielsweise mit Leiterplatten. Auch komplexe Geometrien, also Bauteile mit Schweißnahtabschattungen, lassen sich problemlos verbinden“, erklärt Englmaier. Ebenso möglich ist das Anbringen mehrerer Bauteile aufeinander, etwa beim Stacking, also dem Stapeln mehrerer Komponenten zu einem Gesamtprodukt, zum Beispiel zu einer Batterieeinheit. „Zur Qualitätssicherung verfügt unsere Spanntechnik über eine Echtzeitüberwachung des gesamten Prozesses, einschließlich Kraft- und Wegmessungen. Oftmals erfolgt nach dem Fügen darüber hinaus eine Dichtigkeitsprüfung“, fasst Englmaier zusammen.

NEUE DESIGNWELTEN Also stehen Kunden jetzt Schlange, um das innovative Verfahren in ihre Prozesse zu integrieren? Englmaier lacht. „A2A ist in jeder Hinsicht ein Gamechanger, aber es erfordert schon beim Bauteildesign ein komplettes Umdenken“, sagt er. „Ähnlich wie bei den Anfängen des 3D-Drucks müssen wir den Kunden erst einmal erklären, was jetzt auf plötzlich geht und möglich ist.“ Wenn das geschafft ist, steht neuen Gestaltungsideen nichts mehr im Wege. ■

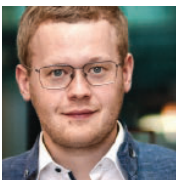
Kontakt: Gefasoft GmbH,
Andreas Geim, Telefon: +49 941 78830 474,
andreas.geim@gefasoft.com

Smartphone
und greller
Sonnen-
schein? Mit
mattiertem
Display kein
Problem.



Sommer, Sonne, Smartphone

Die Welt begehrt Displays – matt sollen sie sein und nicht blenden. In der Herstellung ist das bisher katastrophal für Nachhaltigkeit und Arbeitssicherheit. Doch nicht mehr lang, die Rettung naht.



Autor **Jonas Mayer** arbeitet bei TRUMPF als Applikationsentwickler in der Vorausentwicklung.

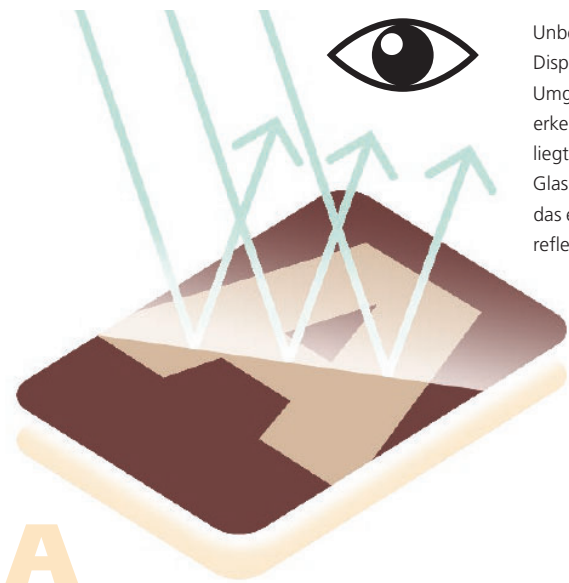
Wir sind so scharf auf Bildschirme, dass die meisten von uns sogar im Strandurlaub den Blick nicht abwenden. Blöd nur, dass unbehandelte Displays spiegeln. Das liegt daran, dass die glatte Glasoberfläche das einfallende Sonnenlicht gerichtet reflektiert. Matte Bildschirme lösen das Problem. Für den mattierenden Effekt wird in der Herstellung die Glasoberfläche mit einer unregelmäßigen Struktur angeraut. Unter dem Mikroskop betrachtet, lässt sich eine klitzekleine Landschaft mit Tälern und Hügeln erkennen. Diese reflektiert einfallende Lichtstrahlen nicht, sondern streut sie in viele verschiedene Richtungen. Hier wird es knifflig, denn die Struktur darf nicht zu grob sein. Sonst sehen die Nutzer das Bild des Displays undeutlich. Und zu tief dürfen die Täler auch nicht sein. Denn sonst spalten die Krater das Displaylicht optisch in die roten, grünen und blauen Pixel auf, und der Betrachter sieht komische Farbeffekte. Doch ist die Oberfläche im genau richtigen Maß angeraut, streut das Glas das einfallende Licht, sodass die Nutzer beste Sicht haben.

EIN ÄTZENDES VERFAHREN

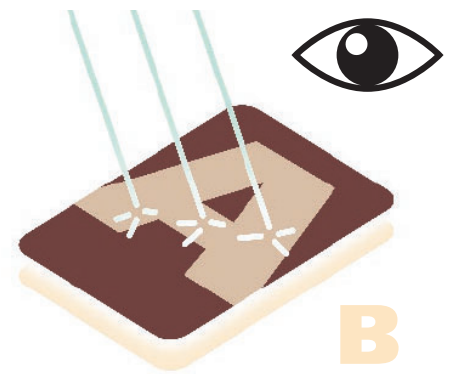
Aber wenn es doch eine Lösung für spiegelnde Displays gibt, warum spiegeln die meisten Displays dann noch? Das liegt daran, dass die industrielle Herstellung matter Displays echt teuer ist, unter anderem, weil sie es ganz schön in sich hat – sowohl für die Umwelt als auch für die Fabrikarbeiter. Der erste Produktionsschritt ist noch relativ harmlos: Hier bestrahlen die Hersteller die Oberfläche des Displayglases mit Sand. Dabei prallen die Sandkörner willkürlich auf das Glas und hinterlassen darauf ein zufälliges Muster aus winzigen Kratern. Nun spiegelt die Oberfläche schon weniger, sie ist aber auch noch nicht matt. Und die Struktur ist für das Lesen von Inhalten auch noch zu grob. Dazu braucht es einen zweiten Schritt: Ein Säurebad erweitert die Krater, die die Sandkörner hinterlassen haben, und ätzt die scharfen Kanten glatt. Hier wird es gefährlich. Denn es gibt nur wenige Säuren, die es schnell schaffen, große

Mengen Displayglas zu ätzen, wie es in der laufenden Produktion der Fall ist. Also kommt hier leider eine der aggressivsten und gefährlichsten Substanzen der Welt zum Einsatz: Flußsäure. Bekommt man auch nur ein paar Tropfen davon auf die Haut, frisst sie sich ins Gewebe, zerstört Nervensysteme und zieht das Kalzium aus den Knochen. Jetzt haben wir zwar ein mattes Display, aber auch extrem hohen Aufwand für Umwelt- und Arbeitsschutz. Und nicht nur das, hinzu kommen hohe Recyclingstandards für tonnenweise Säure als Produktionsabfall. Denn der darf auf keinen Fall in die Umwelt gelangen. Kein Wunder, dass die Hersteller sich fragen: Geht's auch anders?

PERFEKT UNPERFEKT „Ja, mit Laser“ wäre eine naheliegende Antwort. Laser kann Glas bearbeiten. Also warum nicht Licht statt Sand und Säure? Weil der Laser eines nicht so gut kann: zufällig arbeiten. Ein Ultrakurzpulslaser streicht über die Oberfläche und schießt im Mikrosekundentakt Lichtpulse aufs Glas. Die Pulsenergie lässt das Glas



Unbehandelte Displays spiegeln Umgebungslicht – man erkennt nichts. Das liegt an der glatten Glasoberfläche, die das einfallende Licht reflektiert.



Erwünscht:
REFLEXIONSFREIE DISPLAYS

Ist die Displayoberfläche mit kleinen Tälern und Hügeln strukturiert, wird einfallendes Licht in viele Richtungen gestreut. Der Inhalt ist klar erkennbar.

einfach verdampfen und zurück bleiben glatte, flache und transparente Vertiefungen. In welchem Abstand, welchem Muster und welcher Tiefe der Laser das Glas strukturiert, lässt sich mikrometeregenau definieren. Aber eines ist die Struktur mit den bisherigen Konzepten zur Lasermaterialbearbeitung großer Oberflächen immer: regelmäßig. Und das ist das Problem. Gleichmäßige Mus-

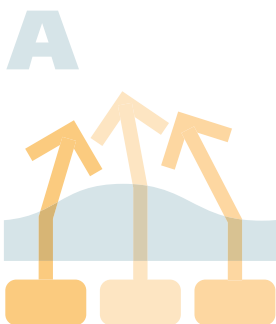
ter erzeugen Brechungsmuster im Licht. Das ist der sogenannte Moiré-Effekt. Ähnlich wie wir es bei karierten Hemden im Fernsehen beobachten. Eine laserstrukturierte Oberfläche spiegelt also nicht mehr, macht aber lustige Sachen mit den Texten und Bildern auf dem Display, die niemand haben will.

Die Herausforderung heißt also: Mit einem Werkzeug, an dem absolut nichts zufällig ist, ein so zufälliges Muster zu erzeugen, wie es bisher nur einschlagende Sand-

MEHRERE MILLIONEN LASER-PULSE BRAUCHT ES FÜR EINE FLÄCHE VON DER GRÖSSE EINES BIER-DECKELS.

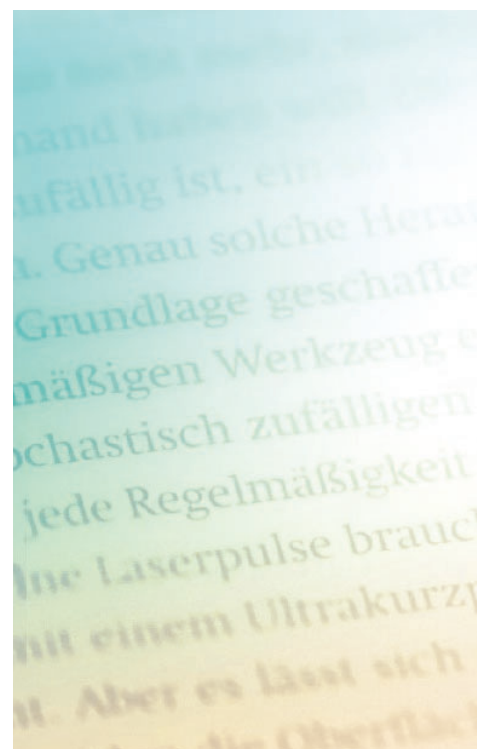
körner tun. Genau solche Herausforderungen liebt die Voraentwicklung bei TRUMPF. Und sie haben die Grundlage geschaffen und eine Strahlformungsmagie entwickelt, um mit einem perfekt regelmäßigen Werkzeug ein perfekt unperfektes Muster zu lasern. Der Laser formt nun mit einer stochastisch zufälligen Anordnung von Laserpulsen eine minikleine Hügellandschaft ins Glas, die jede Regelmäßigkeit vermeidet.

Herausforderung eins:
UNSCHÄRFE



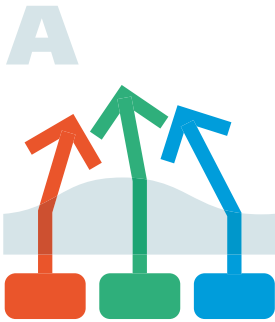
Ist die Struktur nicht präzise genug, zerstreut sie das Licht der Displaydioden – das Bild wird unscharf.

Eine präzise Struktur überträgt das Displaylicht eins zu eins – das Bild ist gestochen scharf.

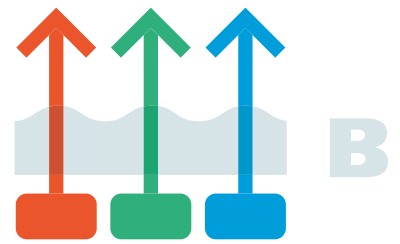


Herausforderung zwei:

FUNKEL-EFFEKT



Zu große Strukturen lenken die Strahlen der roten, grünen und blauen Pixel ab. Das spaltet das Bild in die bunten Pixel auf.



In der richtigen Größe verschmelzen die Pixel weiterhin zu einem Bild.

MASSENTAUGLICH Problem gelöst, oder? Na ja, nicht ganz. Mehrere Millionen Laserpulse braucht es für eine Fläche von der Größe eines Bierdeckels. Das dauert im Labor mit einem Ultrakurzpulslaser mittlerer Leistung mehrere Tage. Massentauglich ist das noch nicht. Aber es lässt sich skalieren, und zwar per Strahlteilung. Dann bearbeiten Hunderte von Teilstrahlen die Oberfläche gleich-

zeitig und trotzdem mit zufälligem Muster. Gibt es jetzt immer noch einen Haken, oder haben wir alle an Weihnachten entspiegelte Handys unter dem Baum?

MIKRO GOES MAKRO Einen Haken gibt es tatsächlich noch. Das Skalieren mittels Strahlteilung teilt neben dem Licht auch die Energie des Ausgangsstrahls auf. Das macht den Prozess zwar flächiger, aber nicht schneller, oder er verhungert sogar. Wir

brauchen also Energie. Und die haben wir inzwischen: Denn was sich in den letzten Jahren rasant entwickelt, ist die mittlere Leistung der Ultrakurzpulslaser. Noch vor wenigen Jahren lag die mittlere Leistung einer Ultrakurzpulslaser-Strahlquelle bei zehn Watt. Doch inzwischen arbeiten die Kollegen in einer anderen Ecke von TRUMPF an Kilowatt-UKP-Lasern und haben dabei schon Multi-

kilowatt-UKP-Strahlquellen vor Augen. Das heißt, der Prozess ist da, der Skalierungspfad auch und die Leistung ist unterwegs. Gute Voraussetzungen für die Displayindustrie, denn die kann das Entspiegeln mit Flusssäure in absehbarer Zeit entsorgen. Umweltgerecht natürlich. ■

Ansprechpartner:
Jonas Mayer
Telefon: +49 7156 303-35835
Jonas.Mayer2@trumpf.com
.....

Gernot Walter, Christoph Kahlschauer

A

Meistert die Produktion diese Herausforderung nicht, müssen wir die Sonnenstrahlen weiterhin mit der Hand abschirmen.

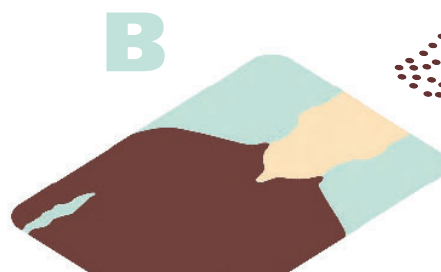
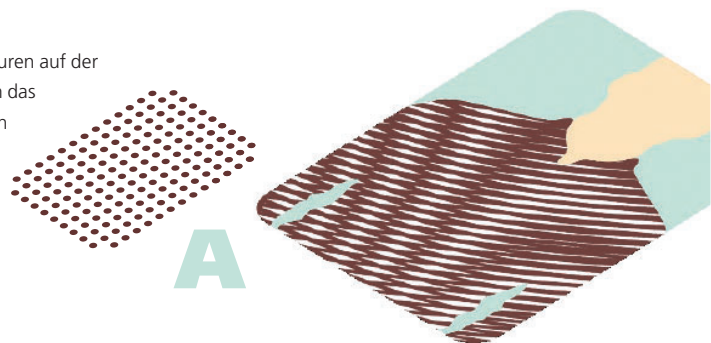
B

Wenn es klappt, können wir auch am Strand die neusten News aus der Lasertechnik lesen.

Herausforderung drei:

MOIRÉ-EFFEKT

Gleichmäßige Strukturen auf der Oberfläche verzerren das Bild zu Mustern, auch Moiré genannt.



Mit einer willkürlichen Struktur aus Tälern und Hügeln bleibt das Bild klar.



Nicole Franco

Mexikos Wirtschaft wandelt sich rasant. Das werde die Lasertechnologie pushen wie noch nie, sagt Christian Félix Martínez, Spezialist für Laserauftragschweißen (LMD) am industriennahen CIDESI-Institut.



**Herr Martínez,
wie steht es um
die Lasertechnik
in Mexiko?**

Schlecht, leider.

Oha. Was ist los?

Eine punktuelle Nachfrage sehe ich. Ich beschäftige mich schließlich jeden Tag damit, in Zusammenarbeit mit Firmen optimale Prozessstrategien für LMD und die Additive Fertigung, also AM, zu entwickeln und zu implementieren. Aber in der Breite stoße ich oft auf Bedenken, auf Argwohn sogar. Viele mexikanische Produktionsplaner trauen der Technologie nicht über den Weg. Das liegt daran, dass sie nicht viel darüber wissen, keine Beispiele und daher auch keine Vorbilder kennen. In Mexiko denkt man bei 3D-Druck fast nur an Prototyping mit Polymeren und anderen Kunststoffen. →

**HIER
STEHEN
DIE
ZEICHEN AUF
BOOM
““**



LMD mit Metall ist leider noch wenig verbreitet oder auch nur bekannt. Im Bereich Reparatur – sehr wichtig in Mexiko – gibt es noch handfestere Gründe für die Zögerlichkeit.

Warum hat es LMD in der Reparatur besonders schwer?

Es sind die niedrigen Löhne. Arbeitskraft ist in Mexiko billig, und das begünstigt eine traditionelle Denk- und Herangehensweise: MIG- und MAG-Schweißen von Hand sind immer noch hoch im Kurs, obwohl woanders automatisierte additive Verfahren wie Cladding oder Laserauftragschweißen üblich sind und auch mit höherer Qualität überzeugen. Wissen Sie, es ist auch schlicht eine Sache der Ausbildung: Es gibt in Mexiko nicht viele Leute, die Lasertechnikmethoden

beherrschen. Und die Investitionskosten in Maschinen und Personal erscheinen vielen Firmen als zu hoch. Da bleibt man dann lieber beim alten Weg.

Düstere Aussichten für die Lasertechnik in Mexiko also ...

Nein. Im Gegenteil. Ganz im Gegenteil!

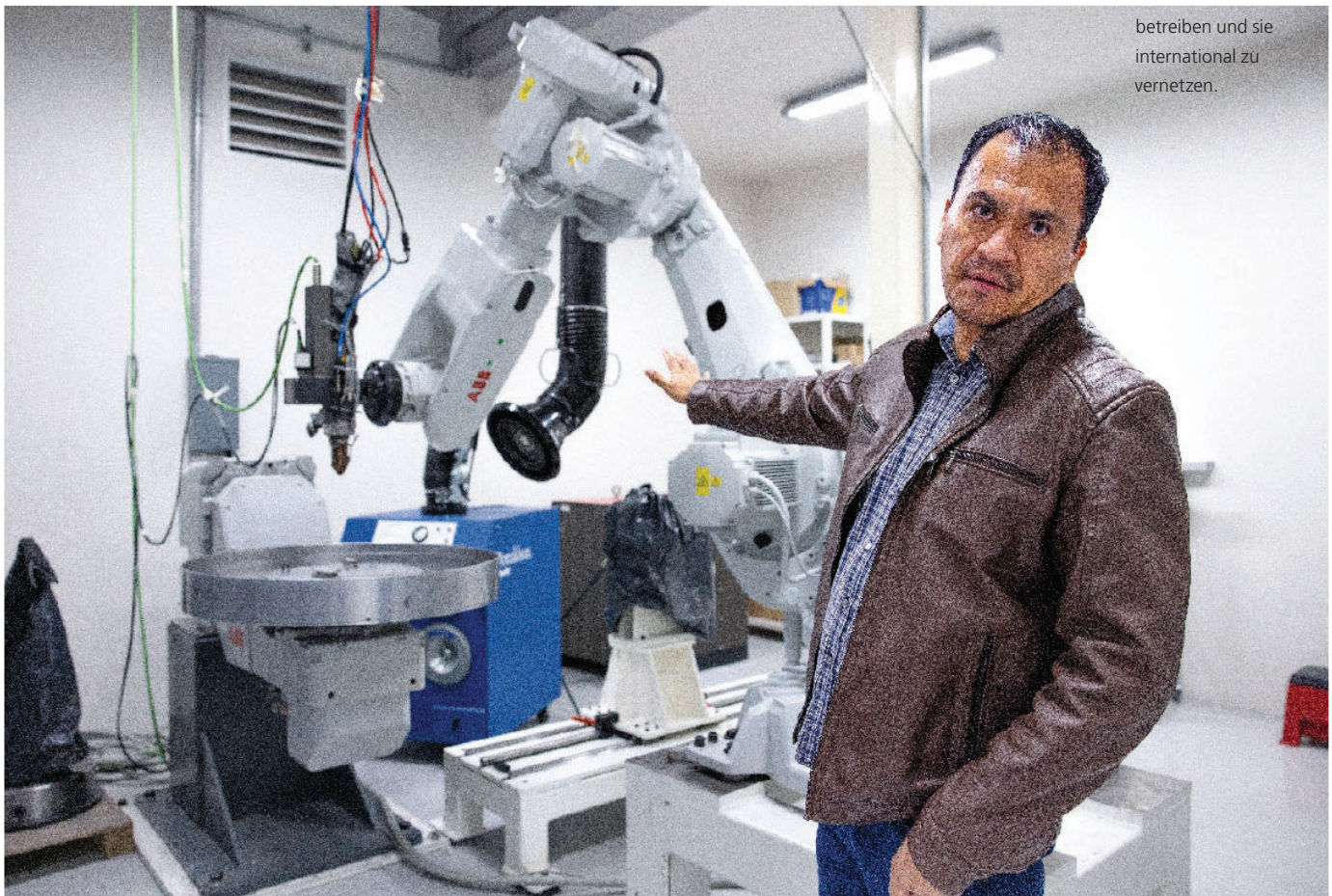
Das müssen Sie jetzt aber erklären!

Der mexikanischen Industrie steht ein neuer Frühling ins Haus. Viele US-amerikanische Firmen und internationale Konzerne wollen sich – politisch ermutigt – unabhängiger machen von Lieferketten aus China. Das zieht in Mexiko gewaltige Investitionen nach sich. Und im Schlepptau kommen dabei moderne Produktionsmethoden

per Laser. Automotive-Industrie mit E-Mobilität ist ein Beispiel, sogar die Halbleiterindustrie. Was LMD und AM angeht – wo ich mich am besten auskenne –, sehe ich mit großer Freude, dass Luftfahrtunternehmen wie etwa Safran oder Airbus Helicopters hier ihre Präsenz ausbauen. Die Luftfahrtbranche liebt additive Verfahren wie 3D-Druck oder Laserauftragschweißen. Zusammen mit der ebenfalls wachsenden Medizintechnik haben wir in Mexiko dann starke Branchen, die traditionell 3D-affin sind und vorangehen. Dann werden immer mehr folgen, denn klassische LMD- und AM-Vorteile wie Gewichtsreduktion und höhere Bauteilkomplexität ohne zusätzlichen Produktionsaufwand sind für viele Branchen interessant. Die Zeichen hier stehen auf Boom.

Das **CIDESI** (Centro de Ingeniería y Desarrollo Industrial) ist ein Forschungs- und Entwicklungszentrum mit Sitz in der mexikanischen Industriestadt Santiago de Querétaro, ungefähr eine Autostunde nördlich von Mexiko-Stadt. Die Aufgabe des Instituts ist es, industrienahe Forschung für die mexikanische Wirtschaft zu

betreiben und sie international zu vernetzen.



„Mein Business-Tipp: Gründet eine Fabrik für Metallpulver.

Das würde sich quasi von allein verkaufen.“

**Aber der Mangel an
ausgebildetem Personal,
vom dem Sie sprachen,
ist dann doch immer
noch ein Problem.**

Nicht doch! Den beheben wir ja gerade. Am CIDESI, meinem Institut, bilden wir seit 2019 Studenten auf europäischem und US-amerikanischem Niveau aus: Lasertechnik, Prozesstechnologie und Produktdesign für AM. Unsere Labore sind fürstlich ausgestattet mit dem Besten an Technik, was die Welt hergibt. Die jungen Menschen haben Bock, etwas Zukunftsfähiges zu lernen. Ich muss sagen, ich liebe meinen Job! Und wir sind nicht die Einzigen. In Mexiko gibt es noch mehr Institute wie unseres.

**Was machen Sie
genau am CIDESI?**

Neben meiner Aufgabe, die Studenten auszubilden, besteht meine Arbeit aus industrienaher Entwicklung, hauptsächlich im Themenkreis LMD und AM. In meiner Abteilung sind wir zehn



Christian Félix Martínez ist seit 2018 Dozent und Ingenieur am CIDESI. Seine Spezialgebiete sind LMD und AM. In diesem Bereich gehören er und sein Institut weltweit zu den Top-Verfassern wissenschaftlicher Papers. Auf diesem Bild zeigt er ein Cladding-Sample.

leitende Mitarbeiter. Eine typische Aufgabe, die ich kürzlich für ein Kunststoffunternehmen erledigt habe, war, die Prozessparameter für AM zu optimieren und Proben auf metallurgische und andere Eigenschaften hin zu analysieren: Spannung, Oberflächenhärte, Metallermüdung, Porosität, Langlebigkeit und solche Dinge. Auf dieser Grundlage mache ich Vorschläge, um Produktionstechniken, Materialauswahl und so weiter zu verbessern, und helfe dabei, die Vorschläge in die Tat umzusetzen.

**Sie forschen auch.
Womit beschäftigen
Sie sich gerade?**

Ich untersuche die Beziehung zwischen Prozess, Struktur und Leistung bei der Additiven Fertigung. Meine Forschungsbereiche umfassen die Entwicklung neuer Werkstoffe mit optimierten Eigenschaften und von Metamaterialien für energetische oder thermische Effizienz.

Mein Ansatz besteht darin, Wissen zu generieren und es in technologischen Entwicklungen anzuwenden. Um erfolgreich zu sein, ist es wichtig, Leute mit fundiertem Wissen über verschiedene Metalle zu kennen.

**Wenn Sie Ihren Studenten
einen Business-Tipp
geben müssten, welcher
wäre das?**

Gründet eine Fabrik für hochwertiges Metallpulver.

Warum Metallpulver?

Heute muss alles Metallpulver für LMD und AM in Mexiko importiert werden. Und die Einfuhr kostet satte 30 Prozent Zoll. Im Inland hergestelltes, gleichwertiges Pulver wäre also allein aus diesem Grund schon 30 Prozent billiger als das der Konkurrenz.

**Das würde sich
quasi von allein
verkaufen!**

Ja. ■



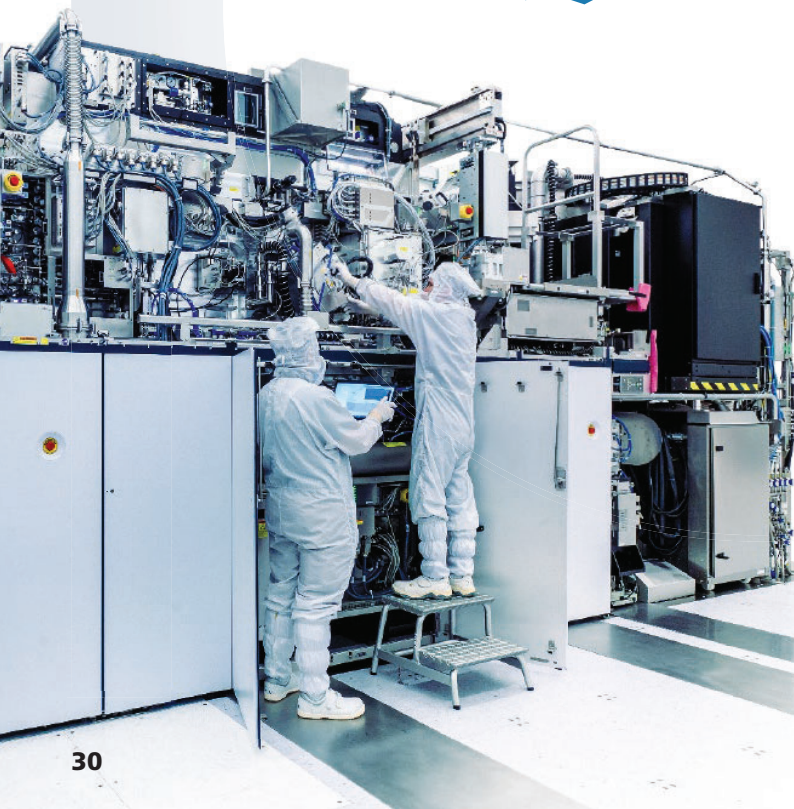
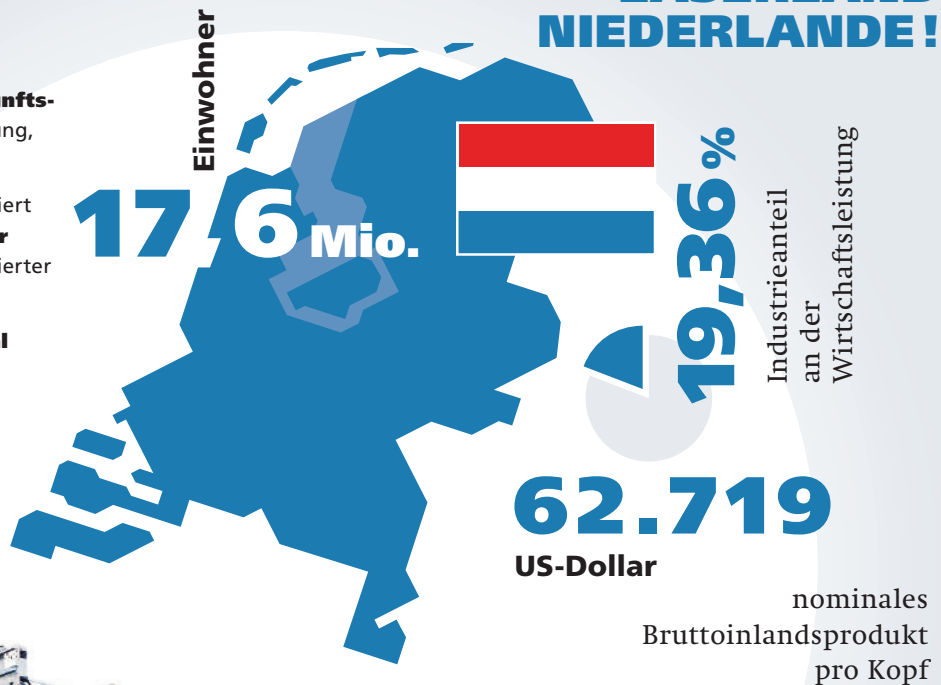
BLICK AUF DIE WIRTSCHAFT

Der Maschinenbau ist stark bei **Zukunftstrends** wie zum Beispiel Digitalisierung, Industrie 4.0 und Smart Farming.

Die traditionelle Handelsnation fungiert auch heute noch als **Transitland für Waren**: Rund die Hälfte aller importierter Waren verlässt das Land wieder.

Das Land setzt voll auf **klimaneutral erzeugten Wasserstoff**: Bis 2030 entstehen Kapazitäten von vier Gigawatt. Der grüne Strom dafür kommt von Windkraftparks in der Nordsee.

WILLKOMMEN IM LASERLAND NIEDERLANDE!



LAND UND LASER

Die Niederlande sind Vorreiter in der Entwicklung **photonischer Chips**, die Licht zur Informationsübertragung nutzen. Einer der Treiber ist die staatlich geförderte Stiftung PhotonDelta.

Säulen der **Laserforschung** sind die Technische Universität Eindhoven sowie die verschiedenen Institute der Niederländischen Organisation für Angewandte Naturwissenschaftliche Forschung (TNO).

Ohne die EUV-Maschinen des niederländischen Unternehmens **ASML** gäbe es keine Hochleistungs-chips für High-End-Smartphones. Die Laser für die Anlagen liefert TRUMPF.



Im Musikgenuss:

Der Refrain zum Mitsummen. Der Beat als Brücke in eine andere Welt. Die Violine rührt zu Tränen. Es gibt Menschen, die den Zauber der Musik verloren oder nie kennengelernt haben, weil sie nicht hören können. Die Firma Med-El aus Tirol stellt Hörimplantate her: Ein Audioprozessor hinterm Ohr sendet Schallinformationen an ein Implantat, das sie als elektrische Impulse direkt an den Hörnerv weitergibt. Dauerhaft lesbare Markierungen, wie für medizintechnische Produkte vorgeschrieben, sind hier bloß noch mit Laserstationen aufbringbar. Denn die Geräte sind individuell angepasst und die Komponenten so klein und leicht konstruiert wie möglich, um tragefreundlich und alltagstauglich zu sein.

Musik ab!



**WO
STECKT
DER
LASER**