


SLT '05

Stuttgarter Lasertage '05




Photonics BW


LANDESSIFTUNG
Baden-Württemberg

 VWI Technologiezentrum

WLT

28.-30. September 2005

Tagungsband '05

 **WILEY-VCH**

ISBN: 3-527-40553-4

Herausgeber:


Prof. Dr. Friedrich Dausinger
Prof. Dr. Thomas Graf
Dipl.-Ing. Friedemann Lichtner

This Page Intentionally Left Blank

SLT '05

Stuttgarter Lasertage '05




Photonics BW


LANDESSTIFTUNG
Baden-Württemberg

 Technologiezentrum

WLT

28.-30. September 2005

Tagungsband '05

 **WILEY-VCH**

ISBN: 3-527-40553-4

Herausgeber:

Prof. Dr. Friedrich Dausinger
Prof. Dr. Thomas Graf
Dipl.-Ing. Friedemann Lichtner

Medienpartner Laser Technik Journal
WILEY - VCH Verlag GmbH & Co. KGaA

Printed by DruckhausDiesbach GmbH, Weinheim (Germany)

ISBN 3-527-40553-4

Für den Inhalt der Einzelbeiträge sind die Autoren verantwortlich.

© 2005 Forschungsgesellschaft für Strahlwerkzeuge mbH
Pfaffenwaldring 43
70569 Stuttgart
URL: <http://www.fgs.de>

Vervielfältigung nur mit Erlaubnis der FGSW

Veranstalter

Institut für Strahlwerkzeuge
Universität Stuttgart
Pfaffenwaldring 43
D-70569 Stuttgart

Forschungsgesellschaft für
Strahlwerkzeuge mbH
Pfaffenwaldring 43
D-70569 Stuttgart

Technologiesgesellschaft für
Strahlwerkzeuge mbH
Pfaffenwaldring 43
D-70569 Stuttgart

Organisation & Layout

Forschungsgesellschaft für Strahlwerkzeuge mbH

Koordination

Friedemann Lichtner

Fachsitzungen und Moderatoren

Stärkere Fokussierbarkeit in der Anwendung
Fortschritte in der Strahlquellenentwicklung
Zukunftsperspektiven
Aus der Praxis - für die Praxis I
Aus der Praxis - für die Praxis II
Abtragende Mikrobearbeitung I
Abtragende Mikrobearbeitung II
Prozess-Sicherung

Friedrich Dausinger
Adolf Giesen
Thomas Graf
Eckhard Meiners
Kurt Mann
Christian Föhl
Christian Föhl
Christoph Deininger

This Page Intentionally Left Blank



Grußwort

Zu den 4. Stuttgarter Lasertagen 2005 begrüße ich Sie herzlich. Gerne habe ich die Schirmherrschaft für diese wichtige Veranstaltung übernommen.

Die Lasertage haben sich einen ausgezeichneten Ruf erworben. Sie haben sich zu einer Institution entwickelt, die weit über die Grenzen Baden-Württembergs hinaus Forscher, Experten und Unternehmen auf dem Gebiet der Optischen Technologien zusammenführt.

Die Optischen Technologien sind eine der Schlüsseltechnologien des 21. Jahrhunderts. Sie weisen eine Vielzahl von Innovationspotenzialen für eine große Breite von technologischen Anwendungen auf. Damit sind sie eine Grundlage und eine gute Voraussetzung für weitere technologische Entwicklungen und Anwendungen in anderen Bereichen. Tatsächlich sind die Optischen Technologien Innovationsträger etwa auf Gebieten wie der Fertigungs- und Produktionstechnik, der Mess- und Regeltechnik sowie der Sensorik, der Medizin- oder Informationstechnik.

Baden-Württemberg hat im Bereich der Optischen Technologien eine Spitzenposition. Viele bedeutende Unternehmen in Baden-Württemberg haben Kernkompetenzen auf diesem Gebiet und zählen mit ihren Produkten weltweit zu den Marktführern. Eine der Grundvoraussetzungen für diese Entwicklung ist die hervorragende Forschungslandschaft in Baden-Württemberg. Diese konnte durch die Einrichtung eines Zentrums für Diagnostik laserbasierter Fertigungsverfahren, dessen Investitionen mit Mitteln der Zukunftsoffensive der Landesregierung finanziert werden, weiter ausgebaut werden. Dazu kommt die besonders gute und intensive Zusammenarbeit der Forschungseinrichtungen mit den Unternehmen, die entscheidend zur Verbreitung von Laserverfahren in der produzierenden Industrie beigetragen haben.

Diese enge Zusammenarbeit spiegelt sich in eindrucksvoller Weise im Programm der Stuttgarter Lasertage 2005 wider. Bedeutende Vertreter aus verschiedenen Bereichen von Wirtschaft und Wissenschaft werden neueste Entwicklungen und Innovationen der Lasertechnik ebenso wie ihren Einsatz in der industriellen Materialbearbeitung präsentieren. Namhafte Unternehmen stellen in einer begleitenden Firmenausstellung aktuelle Produktentwicklungen und fertigungstechnische Anwendungen vor.

Ich wünsche den Lasertagen Stuttgart einen erfolgreichen Verlauf und allen Teilnehmern zahlreiche interessante Begegnungen, Gespräche und Impulse für die weitere Forschung und Entwicklung.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Ernst Pfister'.

This Page Intentionally Left Blank

Vorwort

Highlights und Innovationen aus der Fertigungstechnik mit Lasern führen vom 28. bis 30. September 2005 zum vierten Mal Laserexperten und Anwender in Stuttgart zusammen. Nach den außerordentlich erfolgreichen bisherigen Stuttgarter Lasertagen mit zuletzt über 400 Teilnehmern versprechen wir Ihnen auch unter der neuen Leitung in IFSW, FGSW und TGSW ein interessantes Programm.

Namhafte Vertreter aus Industrie und Wissenschaft zeigen beispielhafte Entwicklungen und neue Trends im industriellen Einsatz der Lasertechnik in unterschiedlichen Branchen wie dem Automobilbau, Maschinenbau und der Elektrotechnik auf. Aktuelle FuE-Arbeiten mit Ergebnissen neuer System und Verfahrenstechniken werden in den Labors des Instituts für Strahlwerkzeuge vorgeführt. Firmen stellen im Rahmen einer tagungsbegleitenden Ausstellung ihre neuesten Produktentwicklungen und beispielhafte Anwendungen in der Lasertechnik vor.

Der fachliche Schwerpunkt liegt in diesem Jahr auf dem Gebiet der Absicherung von Fertigungsverfahren. Ein Glanzpunkt der Veranstaltung ist die Eröffnung des neu gegründeten Zentrums für Diagnostik laserbasierter Fertigungsverfahren. Zusätzlich präsentieren Teilnehmer des BMBF-Projekt INESS auf dessen Abschlussveranstaltung am 30. September 2005 neueste Ergebnisse auf dem Gebiet der Prozesskontrolle beim Laserstrahlschweißen, die in einem separat erscheinenden Schlussbericht zusammengefasst sind.

Prof. Dr. Thomas Graf, Leiter IFSW

Prof. Dr. Friedrich Dausinger, stv. Leiter IFSW und Geschäftsführer FGSW

Dipl.-Ing. Friedemann Lichtner, Public Relations

Der Laserstandort Stuttgart

Stuttgart ist das Zentrum einer Region, die auf dem Gebiet der Lasermaterialbearbeitung eine bedeutende Position einnimmt. Marktführende Laserhersteller und renommierte Anwender sind hier zu Hause. Anerkannte wissenschaftliche Institutionen und FuE- Partner tragen zu einer fruchtbaren Wechselbeziehung zwischen Lehre, Forschung und industrieller Entwicklung bei.

Der Standort Stuttgart zeichnet sich durch anwendungsbezogene Kooperationen zwischen wissenschaftlichen Einrichtungen und bedeutenden Firmen aus, die sich in hohem Maße innovationsfördernd auswirken. Das Kompetenznetz "Photonics BW" spiegelt die gemeinsamen Bemühungen von Wissenschaft und Wirtschaft wider, nachhaltig zum Fortschritt der Lasertechnik beizutragen.

Die unter der neuen Leitung von IFSW und FGSW fortgeführte enge und sehr intensive Zusammenarbeit

- des Instituts für Strahlwerkzeuge (IFSW) der Universität Stuttgart,
- der Forschungsgesellschaft für Strahlwerkzeuge mbH (FGSW) und
- seit neustem der Technologiegesellschaft für Strahlwerkzeuge mbH (TGSW)

bündelt die vorhandenen Potenziale im Bereich Laserforschung und Laseranwendung. Die im Herbst 2004 gegründete TGSW erweitert die operativen Instrumente mit der Abwicklung der reinen industriebezogenen Auftragsforschung.

Das an der FGSW in diesem Jahr mit Mitteln der Landesstiftung Baden-Württemberg eingerichtete "Zentrum für Diagnostik laserbasierter Fertigungsverfahren" unterstützt die Industrie bei der Weiterentwicklung von Laserverfahren in Richtung Null-Fehler-Produktion.

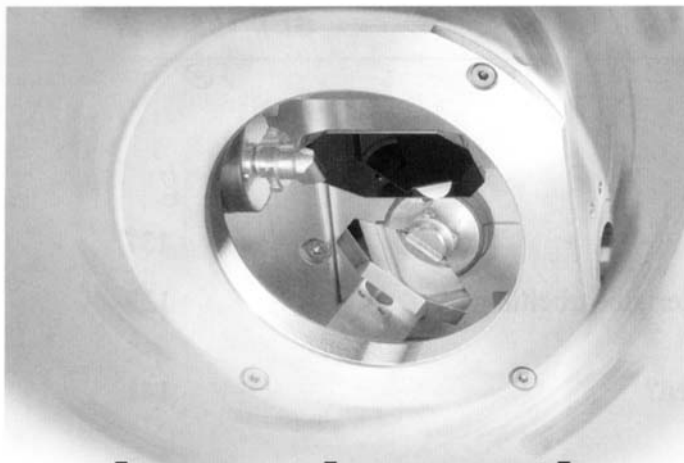
Die Institute bieten weit reichende Dienste in den Bereichen Forschung, Anwendung und Beratung an. Sie verfügen über eine ausgezeichnete technisch-wissenschaftliche Infrastruktur mit entsprechend ausgestatteten Labors und modernen Diagnose- und Messeinrichtungen. Die Verfahrensentwicklungen und Untersuchungen zu fertigungstechnischen Anwendungen des Lasers können sich auf die gesamte Palette der heute für den industriellen Einsatz verfügbaren Geräte stützen. Dazu gehören unterschiedliche Strahlquellen ebenso wie sich in ihren Eigenschaften ergänzende Bearbeitungsstationen für makro- und mikrotechnische Anwendungen.

Inhalt

Zentrum für Diagnostik laserbasierter Fertigungsverfahren in der FGSW <i>Friedrich Dausinger</i>	1
Prozesssicherung <i>Rainer Bartl, Christian Elsner</i>	7
Stärkere Fokussierbarkeit in der Anwendung	11
Anwendungspotential stark fokussierender Laser <i>Jan Weberpals, Christoph Deininger, Friedrich Dausinger</i>	13
Roboscan - die Kombination von Industrieroboter und Hochleistungslaser zum Remote-Schweißen <i>Peter Rippl</i>	19
Fortschritte in der Strahlquellenentwicklung	23
Innovative Strahlquellen <i>Peter Leibinger</i>	25
Laserstrahlquellen für die Materialbearbeitung: Slab – Scheibe – Stab <i>Ulrich Hefter</i>	31
Femtosekunden-Scheibenlaser <i>Martin Leitner, Adolf Giesen, Detlef Nickel, Christian Stolzenburg, Frank Butze</i>	35
Weißes Laserlicht und seine Anwendungen <i>Jörn Teipel, Diana Türke, Felix Hoss, Harald Gießen</i>	41
Zukunftsperspektiven	45
Lasermarkt: Weiteres Wachstum auf hohem Niveau <i>Arnold Mayer</i>	47
Grenzen des Einsatzes der heutigen Lasertechnik aus Sicht des Automobil- herstellers. Der Faserlaser als die Antwort? Heutiger Status der Faserlaser- technologie. <i>Klaus Löffler, Martin Seifert</i>	51
Strahlqualität und Skalierbarkeit <i>Adolf Giesen</i>	55
Antrittsvorlesung	
Quo vadis Strahlwerkzeug Laser? <i>Thomas Graf</i>	59

Aus der Praxis - für die Praxis I	63
Von der Platine zur lasergeschweißten Hinterachse an Fahrzeugen <i>Wolfgang Weil</i>	65
Roboterbasierte Lasermaterialbearbeitungssysteme – Neuentwicklungen und Anwendungen <i>Axel Fischer</i>	71
Laserschweißen an sicherheitsrelevanten Baugruppen für die Automobilindustrie – „Pyrotechnische Gasgeneratoren für Fahrer-Airbags“ <i>Uwe Schennerlein</i>	77
Praxisbericht Stahl- und Aluminium- Laserschweißen ohne Zusatzmaterial <i>Rainer Hack</i>	83
Nd:YAG Laseranlagen-Schweißen mit hoher Strahlnutzungszeit <i>Peter Hoffmann, Martin Hoffmann, Rolf Dierken</i>	87
Aus der Praxis – für die Praxis II	91
Wirtschaftliches Laserschweißen von Blechteilen mit YAG-Lasern <i>Claus Thumm</i>	93
Der YAG-Laser im Formen- und Werkzeugbau <i>Gerhard Stehle</i>	97
Dauerfeste Schweißverbindungen mit YAG-Lasern an flexiblen metallischen Bauteilen <i>Jochen Glas</i>	99
Laseranwendungen bei ETO Magnetic KG <i>Jens Groh</i>	101
Aktuelle Schweiß-Strategien mit gepulsten YAG Lasern: Anwendungsbereiche und Grenzen <i>Ronald Holtz, Matthias Jokiel</i>	105
Abtragende Mikrobearbeitung I	111
Materialbearbeitung mit ultrakurzen Laserpulsen am IFSW – Aktueller Stand und zukünftige Ansätze <i>Steffen Sommer, Christian Föhl, Friedrich Dausinger</i>	113
Laser Micromachining of Pyrex and Quartz Glass using Femtosecond Lasers <i>Jens Hänel, Tino Petsch, Bernd Keiper, Günter Reißer, Steffen Weißmantel, Robby Ebert, Horst Exner</i>	119
Innovative Anwendungen der Laserbearbeitung im Werkzeug- und Formenbau <i>Ralph Mayer</i>	125
Neue Impulse für die Mikrobearbeitung <i>Jürgen Stollhof</i>	129
Präzises Schneiden mit YAG Lasern <i>Tobias Wagner</i>	133

Abtragende Mikrobearbeitung II	137
Neue Anwendungen und Trends in der Mikromaterialbearbeitung <i>Gerd Spiecker</i>	139
Bringt die Pulsformung Vorteile beim Laserbohren? <i>Ulrich Dürr, Pauline Jannin</i>	141
Lasertechnologie in der Papier- und Verpackungsindustrie <i>Hansjörg Rohde</i>	145
Präzisionsbohrungen in Stahl – ein Technologievergleich <i>Roswitha Giedl-Wagner, Hans Joachim Helml</i>	149
Trepanieroptik für das hochpräzise Wendelbohren in der Serienproduktion <i>Christian Föhl, Sven Wartenberg, Friedrich Dausinger</i>	151
Prozess-Sicherung	157
Vorstellung des Verbundprojektes "INESS" -Prozess-Sicherung beim Laserstrahlschweißen <i>Jürgen Müller-Borhanian</i>	159
Anforderungen an moderne QS-Systeme beim Laserhybridschweißen von Aluminium-Strukturen <i>Jens Bühler, Ralf Bernhardt, Ulix Götsch, Christoph Deininger</i>	163
Strahlvermessung - der Weg zum qualifizierten Werkzeug in der Lasermaterialbearbeitung <i>Harald Schwede</i>	167
Reduzierte Fertigungskosten durch flexible WeldWatcher® Prozessüberwachung <i>Martin Stürmer</i>	171
Methoden der Prozessüberwachung und Qualitätssicherung beim Laserstrahlfügen: Vorteile der Kombination verschiedener Sensortechniken <i>Markus Kogel-Hollacher, Thomas Nicolay</i>	173
Innovative Bildverarbeitung für die Überwachung von Laserprozessen - Industrielle Applikation und Zukunftsperspektiven <i>Jörg Beersiek, Sajjad Qureshi</i>	177
Qualifizierung eines Prozessüberwachungssystems für IO/NIO-Entscheidungen mittels Optimierungsstrategien <i>Thomas Grünberger</i>	181
Laserverbindungen vollautomatisch auf Qualität überprüfen - Anwendungsbeispiele aus der Automobilindustrie <i>Daniel Wildmann, Joachim Schwarz, Hans Härtl</i>	185
Lichtschnittsensorik beim Laserstrahlschweißen <i>Heiko Falldorf</i>	189



mirrors in motion

positioning and focusing laser beams

SCANLAB steht für erfolgreiche Scan-Lösungen und Hochleistungs-Galvanometer-Scanner, die den Laserstrahl durch die präzise Bewegung von Spiegeln und Optiken in drei Dimensionen positionieren und führen.

Vom Galvanometer-Scanner bis zu komplexen Scan-Lösungen, vom Markieren, Schneiden, Bohren bis zum Schweißen – SCANLAB Produkte bewähren sich bei unterschiedlichsten Einsätzen in Industrie, Bio- und Medizintechnik.

Mehr als 30.000 installierte Scan-Systeme weltweit beweisen die führende Position von SCANLAB.

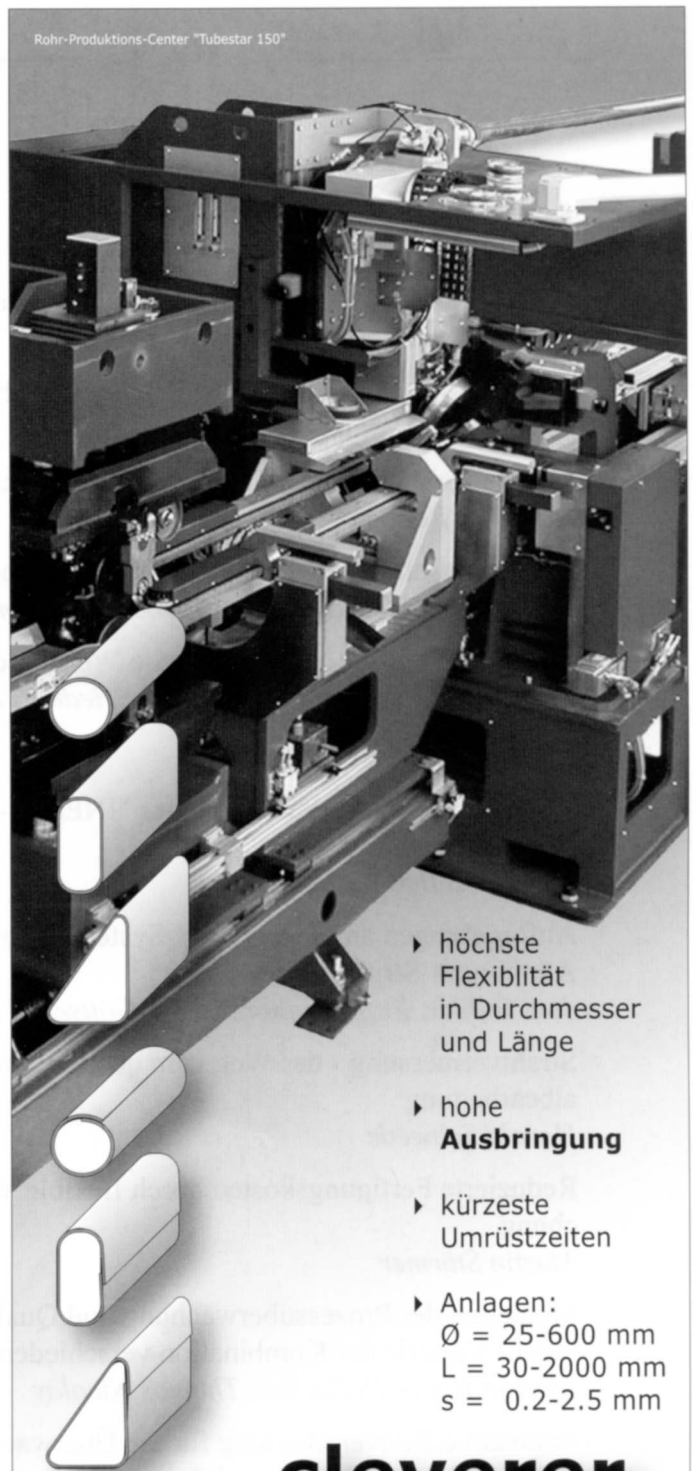
Verschaffen Sie sich einen Vorsprung zu Ihrem Wettbewerb! Fragen Sie uns, wenn Sie dynamische, präzise und zuverlässige Scan-Lösungen suchen.

Gerne besprechen wir mit Ihnen den Einsatz unserer Produkte in Ihrer Applikation.



SCANLAB AG
Benzstraße 28
82178 Puchheim
Deutschland
Tel. +49 (89) 89 02 58-0
Fax +49 (89) 89 02 04 62
info@scanlab.de
www.scanlab.de

SCANLAB America, Inc.
Suite 120
11427 Reed Hartman Highway
Cincinnati, OH 45241 · USA
Tel. +1 (513) 618-6425
Fax +1 (513) 618-6526
info@scanlab-america.com
www.scanlab-america.com



Rohr-Produktions-Center "Tubestar 150"

- ▶ höchste Flexibilität in Durchmesser und Länge
- ▶ hohe **Ausbringung**
- ▶ kürzeste Umrüstzeiten
- ▶ Anlagen:
Ø = 25-600 mm
L = 30-2000 mm
s = 0.2-2.5 mm

... cleverer Maschinenbau für Ihre erstklassigen Produkte!

weil engineering gmbh
Neuenburger Str. 23
D - 79379 Müllheim
Fon +49 (0) 7631 / 1809-0
Fax +49 (0) 7631 / 1809-49
info@weil-engineering.de
www.weil-engineering.de



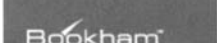





















we weil engineering

Autorenindex

- Bartl, R., 7
Beersiek, J., 177
Bernhardt, R., 163
Bühler, J., 163
Butze, F., 35
Dausinger, F., 1, 13, 113, 151
Deiningner, C., 13, 163
Dierken, R., 87
Dürr, U., 141
Ebert, E., 119
Elsner, Ch., 7
Exner, H., 119
Falldorf, K., 189
Fischer, A., 71
Föhl, Ch., 113, 151
Giedl-Wagner, R., 149
Giesen, A., 35, 55
Gießen, H., 41
Glas, J., 99
Göttsch, U., 163
Graf, Th., 59
Groh, J., 101
Grünberger, Th., 181
Hack, R., 83
Hänel, J., 119
Härtl, H., 185
Hefter, U., 31
Helml, H.J., 149
Hoffmann, M., 87
Hoffmann, P., 87
Holtz, R., 105
Hoss, F., 41
Jannin, P., 141
Jokiel, M., 105
Keiper, B., 119
Kogel-Hollacher, M., 173
Leibinger, P., 25
Leitner, M., 35
Löffler, K., 51
Mayer, A., 47
Mayer, R., 125
Müller-Borhanian, J., 159
Nickel, D., 35
Nicolay, Th., 173
Petsch, T., 119
Qureshi, S., 177
Reiße, G., 119
Rohde, H., 145
Rippl, P., 19
Schennerlein, U., 77
Schwarz, J., 185
Schwede, H., 167
Seifert, M., 51
Spiecker, G., 139
Sommer, S., 113
Stehle, G., 97
Stollhof, J., 129
Stolzenburg, Ch., 35
Stürmer, M., 171
Teipel, J., 41
Thumm, C., 93
Türke, D., 41
Wagner, T., 133
Wartenberg, S., 151
Weberpals, J., 13
Weil, W., 65
Weißmantel, S., 119
Wildmann, D., 185

This Page Intentionally Left Blank

Aussteller Stuttgarter Lasertage 2005

This Page Intentionally Left Blank

Zentrum für Diagnostik laserbasierter Fertigungsverfahren in der FGSW

Friedrich Dausinger

Forschungsgesellschaft für Strahlwerkzeuge mbH, Pfaffenwaldring 43, D-70569 Stuttgart

Der globalisierte Wettbewerb erzwingt, bei steigender Produktvielfalt Entwicklungszeiten weiter zu verkürzen und gleichzeitig die Produktionskosten zu senken. Ein wesentlicher Beitrag dazu kann durch Vermeidung von Ausschuss erreicht werden, wofür sichere Verfahren und zuverlässige *Überwachungseinrichtungen* erforderlich sind. Um dies zu erreichen sind fundierte Kenntnisse über die Ursache sporadisch auftretender Prozessinstabilitäten erforderlich, die jedoch selbst bei vielfach industriell eingesetzten Laserverfahren zum Schneiden, Schweißen und Bohren nicht vorliegen. Dies liegt daran, dass auf experimentellen Weg nur sehr schwierig Auskunft über Prozessstörungen erhalten werden kann, welche meist auf extrem kurzen Zeitskalen und räumlichen Dimensionen im Mikrometerbereich meist unterhalb der Werkstückoberfläche ablaufen. Angesichts der Komplexität und Schwierigkeit der Aufgabe ist eine Kombination unterschiedlicher Analyseverfahren erforderlich, die höchstmögliche zeitliche und räumliche Auflösung bieten.

In der Forschungsgesellschaft für Strahlwerkzeuge mbH (FGSW) wird ein „Zentrum für Diagnostik laserbasierter Fertigungsverfahren“ eingerichtet. Zur Ausstattung des Zentrums zählen modernste Diagnose- und Messeinrichtungen, welche die oben genannten Anforderungen erfüllen und in dieser Zusammenstellung weltweit einmalig sind. Die finanziellen Mittel zur Beschaffung der Geräte wurden im Rahmen der Zukunftsoffensive III des Landes Baden-Württemberg bereitgestellt. Die vielseitige Diagnostikausstattung des Zentrums ermöglicht der FGSW Projekte zur Aufklärung qualitätsmindernder Prozessstörungen durchzuführen sowie die Industrie bei der Lösung akuter Fertigungsprobleme zu unterstützen.

Die Ausstattung des „Zentrums für Diagnostik laserbasierter Fertigungsverfahren“ wird nach vollständigem Ausbau folgende Geräte und Messeinrichtungen umfassen, auf die nachfolgend näher eingegangen wird. Die Reihenfolge der Geräte ergibt sich aus dem Ablauf der Beschaffung, die Ende 2005 abgeschlossen sein soll:

- Echtzeit-Bildverarbeitungssystem
- Strahl-Diagnostik
- Pikosekundenlaser
- Topographie-Messsystem
- Hochgeschwindigkeits-Farbvideo
- Hochgeschwindigkeits-Infrarotkamera
- Nanosekundenlaser
- Kurzzeitdiagnostik mit ICCD-Kamera
- Hochgeschwindigkeits-Handlingsystem
- Hochgeschwindigkeits-Spektrometer
- Lichtschnittsystem
- Hochgeschwindigkeits-Mikrofokus-Röntgenanlage

Echtzeit-Bildverarbeitung

Mit Hilfe des Echtzeit-Bildverarbeitungssystems kann die Echtzeitfähigkeit von Bildverarbeitungsalgorithmen zur Erfassung der Schmelzbad- und Kapillargeometrie beim Laserstrahlschweißen untersucht werden. Um eine hinreichende Bildwiederholrate verarbeiten zu können ist der Einsatz spezieller Beschleunigerhardware (DSP: Digital Signal Processor) in Verbindung mit schnellen Berechnungsroutinen nötig. Das System stellt eine selbstständige, echtzeitfähige, sehr schnelle Bildverarbeitungseinheit mit kompletter Prozessperipherie dar. Es lässt den flexiblen Einsatz von Bildverarbeitungsalgorithmen zu und bietet zudem die Möglichkeit, die Daten von Einzeldetektorsignalen und Bilddaten synchron zu erfassen und korreliert auszuwerten. In Verbindung mit einer oder mehreren Hochgeschwindigkeitsdetektoren können somit Prozessaufnahmen erfasst, ausgewertet und die Ergebnisse zur Kontrolle ausgegeben werden.

Strahl-Diagnostik

Der Einsatz von Laserstrahlung als Werkzeug erfordert die genaue Kenntnis der Eigenschaften des eingesetzten Laserstrahls. Die Sicherstellung einer hohen Bearbeitungsqualität hängt bei allen Bearbeitungsprozessen maßgeblich von der Qualität des Laserstrahls ab. Ein kamerabasiertes Strahldiagnostiksystem mit hoher Dynamik ermöglicht eine präzise Messung der Ausbreitungseigenschaften des Strahls wie zum Beispiel Taillenlage, Tailendurchmesser, Divergenzwinkel und Fokussierbarkeit. Mit Hilfe eines solchen Systems können Veränderungen des Lasers wie auch des optischen Systems, die zum Beispiel durch thermische Effekte oder Zerstörung von Komponenten entstehen, detektiert werden. Das Strahldiagnostiksystem ist im Wellenlängenbereich 190 nm bis 1100 nm für Puls- und Dauerstrichlaser einsetzbar. Die Vermessung des Laserstrahls erfolgt nach DIN ISO 11146.

Pikosekundenlaser

Auf dem Gebiet des Mikrostrukturierens und -bohrens lässt sich mit Pikosekundenlasern eine bislang unerreichbare Präzision erzielen. Allerdings kann die erforderliche Wirtschaftlichkeit erst durch neuartige Lasersysteme mit hohen Pulswiederholraten realisiert werden. Die hierbei auftretenden Wechselwirkungen zwischen dem Laserstrahl und dem abströmenden Materialdampf bzw. dem Plasma und die daraus resultierenden Konsequenzen für das Bearbeitungsergebnis sind bislang jedoch noch weitgehend unverstanden. Mit Hilfe des hochrepetierenden Pikosekundenlasers ist es möglich, in diesem Bereich Untersuchungen zum Verdampfungsprozess und zur Plasmadynamik bei verschiedenen Wellenlängen und Repetitionsraten durchzuführen und so zur Einführung und Absicherung industrieller Prozesse beizutragen.

Topographie-Messsystem

Die quantitative und visuelle Erfassung mikro- und nanoskopischer Strukturen die mit Laserpulsen zum Beispiel für tribologische Anwendungen hergestellt werden, kann mit herkömmlichen Messmethoden (Auflichtmikroskopie, Rauheitsmessgerät / Tastschnittmessgerät) nicht zuverlässig erfolgen. Besonders die Tiefenmessung, sowie die daraus erfolgende Volumenbestimmung sind bei zerklüfteten Geometrien unter 50 µm nicht mehr aussagekräftig. Die konfokale Mikroskopie ermöglicht eine schnelle, berührungslose Vermessung und Visualisierung von Strukturen im Bereich einiger Millimeter bis hin zu wenigen Mikrometern. Das

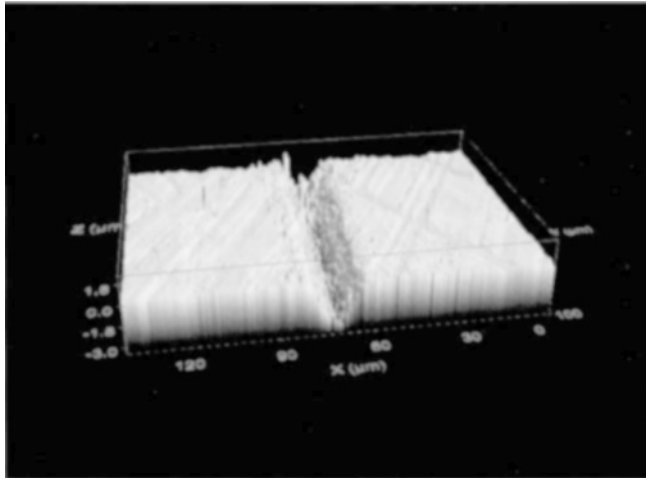


Abb.1: Beispiel für mit konfokaler Mikroskopie vermessener 3D-Struktur.

Gerät zeichnet sich durch seinen großen Messbereich, sowie eine große Material- und Oberflächenvariabilität, speziell für technische Oberflächen, aus. Seine besondere konfokale Anordnung ermöglicht eine axiale Auflösung von weniger als 5 nm. Gleichzeitig wird die höchste laterale Auflösung, die mit optischen Profilometern erreichbar ist, erzielt. Damit ist es möglich Oberflächentopographien von kleinsten Nuten und Bohrungen bis hin zu Schweißnahtoberräumen zu analysieren. Zur Vermessung wird die Probe auf dem Messtisch positioniert und die Konfokaleinheit in z-Richtung vollautomatisch bewegt. Aus den konfokalen

Einzelbildern setzt der Computer hochaufgelöste 3D-Topographien zusammen. Oberflächenstrukturen können so direkt flächenhaft und berührungsfrei aufgenommen werden. Daraus lassen sich des Weiteren Rauheitswerte und Volumen bestimmen.

Hochgeschwindigkeits-Video

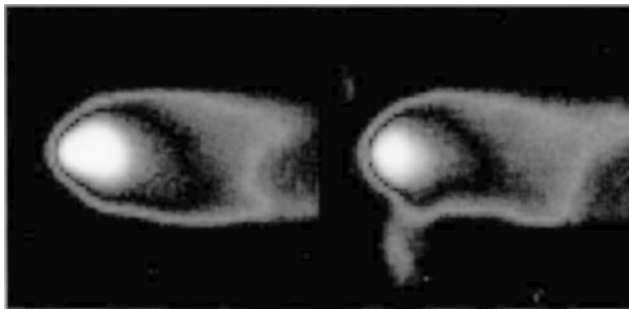


Abb.2: Schmelzbadaufnahmen im Falschfarbenmodus beim Laserstrahlschweißen. Die Kapillarregion (gelb), das Schmelzbad (blau) und die Schmelzfront (rot) sind deutlich erkennbar.

Für das Prozessverständnis hochdynamischer Vorgänge ist eine digitale Hochgeschwindigkeits-Videokamera unerlässlich. Zum Beispiel treten beim Laserstrahlschweißen Strömungsgeschwindigkeiten im Schmelzbad auf, die um Größenordnungen größer als die Vorschubgeschwindigkeit des Lasers sind und die zu Prozessinstabilität führen können. Die Visualisierung der Schmelzbadynamik hilft die Nahtqualität mindernde Vorgänge wie Schmelzauswurf und Spritzerbildung zu erfassen. Mit Kameraverschlusszeiten im Mikrosekundenbereich

sowie Aufzeichnungsgeschwindigkeiten im kHz-Regime in Vollauflösung und über 100 kHz bei reduzierter Auflösung werden detaillierte Aufzeichnungen des Bearbeitungsprozesses ermöglicht. Weiterhin kann das Vordringen des Bohrlochs beim Laserstrahlbohren keramischer Werkstoffe in Kombination mit gepulstem Beleuchtungslaser detailliert verfolgt werden. Dadurch können weitere Erkenntnisse über den Ablauf des Bohrprozesses erzielt werden.