

Mechanismen der Entstehung von Schnittunregelmäßigkeiten beim Laserschneiden mit 1 µm Wellenlänge

von Dr.-Ing. Oliver Bocksrocker
Universität Stuttgart



utzverlag München

Als Dissertation genehmigt
von der Fakultät für Konstruktions-, Produktions- und Fahrzeugtechnik
der Universität Stuttgart

Hauptberichter: Prof. Dr. phil. nat. Thomas Graf
Mitberichter: Prof. Dr.-Ing. Manfred Berroth

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek
Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation
in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische
Daten sind im Internet über <http://dnb.ddb.de> abrufbar.

Zugleich: Dissertation, Stuttgart, Univ., 2022

D 93

Das Werk ist urheberrechtlich geschützt.
Sämtliche, auch auszugsweise Verwertungen bleiben vorbehalten.

Copyright © utzverlag GmbH 2023

ISBN 978-3-8316-4999-0

Printed in Germany

utzverlag GmbH, München
Tel.: 089-277791-00 · www.utzverlag.de

Inhaltsverzeichnis

Verzeichnis der Symbole	9
Kurzfassung der Arbeit	13
Extended Abstract	15
1 Einleitung	17
1.1 Motivation	18
1.2 Zielsetzung	21
1.3 Aufbau der Arbeit.....	22
2 Stand der Technik	25
2.1 Laserschneiden mit 1 µm Wellenlänge	25
2.2 Schnittunregelmäßigkeiten beim Laserschneiden mit 1 µm Wellenlänge.....	30
2.3 Vorgänge an der Schneidfront.....	33
2.3.1 Veränderungen der Schneidfrontgeometrie	33
2.3.2 Veränderungen der Strömungsverhältnisse	36
2.3.3 Lokale Veränderungen der absorbierten Bestrahlungsstärke	39
2.4 Sensoriken zur Überwachung der Schneidfront.....	42
3 Problemanalyse	47
4 Simulationen der Vorgänge an der Schneidfront	53
4.1 Erzeugung eines dreidimensionalen Abbilds der Schneidfront	53
4.2 Simulation des Gasflusses und des resultierenden Drucks	59
4.3 Verteilung der absorbierten Bestrahlungsstärke an der Schneidfront.....	64
5 Lokale Verdampfung an der Schneidfront	69
5.1 Detektion lokaler Verdampfung.....	69
5.1.1 Hochgeschwindigkeits-Bildgebung der Schneidfront	69
5.1.2 Spektralanalyse der Prozessemissionen.....
5.2 Analyse lokaler Verdampfung.....	75
5.2.1 Lokale Blitze auf der Schneidfront.....	76

5.2.2	Temperatur auf der Oberfläche der Schneidfront	81
5.2.3	Metalldampf und dessen Temperatur.....	85
5.3	Diskussion der Ergebnisse.....	89
6	Gültigkeitsbereich und Übertragbarkeit	92
6.1	Einfluss der Fokuslage.....	92
6.2	Einfluss der Materialart	99
7	Industrielle Relevanz	104
8	Zusammenfassung	107
9	Literaturverzeichnis	109

9 Literaturverzeichnis

- [1] P. Hilton, A. Gillner, Portfolio und Trend Analysis for LASER BASED MANUFACTURING EU-Funded Projects and Markets (2016).
- [2] Information on <https://www.industrial-lasers.com/cutting/article/16484552/2018-was-another-record-year-contending-with-turmoil>, Industrial Laser Solutions for Manufacturing (2019)
- [3] C. Wandera, V. Kujanpaa, Optimization of parameters for fiber laser cutting of a 10 mm stainless steel plate, Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture (2011).
- [4] L.D. Scintilla, L. Tricarico, A. Mahrle, A. Wetzig, E. Beyer, A comparative study of cut front profiles and absorptivity behavior for disk and CO₂ laser beam inert gas fusion cutting, J. Laser Appl. 24 (2012) 52006.
- [5] D. Petring, Virtual Laser Cutting Simulation for Real Parameter Optimization, Proceedings of JLPS 84th Laser Materials Processing Conference (2016) 11–20.
- [6] D. Schindhelm, R. Weber, T. Graf, Spatial analysis of the back reflected laser light during CO₂-laser cutting of metal sheets, Journal of Laser Applications 25 (2013) 12001.
- [7] B. Meyer-Schwickerath, A. Albers, Vorausschau im Produktentstehungsprozess - Das integrierte Produktentstehungs-Modell (iPeM) als Bezugsrahmen für Vorausschau am Beispiel von Szenariotechnik und strategischer Frühaufklärung, KIT-Bibliothek, 2014.
- [8] DIN Deutsches Institut für Normung e. V., Schweißen - Unregelmäßigkeiten an Brennschnitten, Laserstrahlschnitten und Plamaschnitten - Terminologie (ISO 17658:2002), DIN EN ISO 17658:2002.
- [9] R. Poprawe, W. Schulz, R. Schmitt, Hydrodynamics of material removal by melt expulsion: Perspectives of laser cutting and drilling, Physics Procedia 5 (2010) 1–18.

-
- [10] A.A. Golyshev, A.G. Malikov, A.M. Orishich, V.B. Shulyatayev, Experimental study of laser-oxygen cutting of low-carbon steel using fibre and CO₂ lasers under conditions of minimal roughness, *Quantum Electron.* 44 (2014) 970–974.
 - [11] A.A. Golyshev, A.G. Malikov, A.M. Orishich, V.B. Shulyat'ev, High-quality laser cutting of stainless steel in inert gas atmosphere by ytterbium fibre and CO₂ lasers, *Quantum Electron.* 44 (2014) 233–238.
 - [12] S. Stelzer, A. Mahrle, A. Wetzig, E. Beyer, Experimental Investigations on Fusion Cutting Stainless Steel with Fiber and CO₂ Laser Beams, *Physics Procedia* 41 (2013) 399–404.
 - [13] TRUMPF Werkzeugmaschinen GmbH & Co.KG, internes Bildmaterial, Ditzingen, 2012.
 - [14] K. Hirano, Study on striation generation process during laser cutting of steel, Paris Tech, Paris, 2012.
 - [15] F. Dausinger, Strahlwerkzeug Laser: Energieeinkopplung und Prozeßeffektivität: Laser in der Materialbearbeitung, *Forschungsberichte des IFSW*. Habilitationsschrift, 1995.
 - [16] J. Pocorní, D. Petring, J. Powell, E. Deichsel, A.F.H. Kaplan, Measuring the Melt Flow on the Laser Cut Front, *Physics Procedia* 78 (2015) 99–109.
 - [17] J. Pocorní, J. Powell, E. Deichsel, J. Frostevarg, A.F.H. Kaplan, Fibre laser cutting stainless steel: Fluid dynamics and cut front morphology, *Optics & Laser Technology* 87 (2017) 87–93.
 - [18] J. Pocorní, Laser cutting and piercing: Experimental and theoretical investigation, Luleå University of Technology, Luleå, 2017.
 - [19] J. Pocorní, D. Petring, J. Powell, E. Deichsel, A.F.H. Kaplan, The Effect of Laser Type and Power on the Efficiency of Industrial Cutting of Mild and Stainless Steels, *J. Manuf. Sci. Eng.* 138 (2016) 31012.
 - [20] L.D. Scintilla, L. Tricarico, Estimating cutting front temperature difference in disk and CO₂ laser beam fusion cutting, *Optics & Laser Technology* 44 (2012) 1468–1479.

- [21] L.D. Scintilla, L. Tricarico, A. Wetzig, E. Beyer, Investigation on disk and CO₂ laser beam fusion cutting differences based on power balance equation, International Journal of Machine Tools and Manufacture 69 (2013) 30–37.
- [22] K. Hirano, R. Fabbro, Experimental Observation of Hydrodynamics of Melt Layer and Striation Generation during Laser Cutting of Steel, Physics Procedia 12 (2011) 555–564.
- [23] D. Petring, F. Schneider, N. Wolf, Some answers to frequently asked questions and open issues of laser beam cutting, Proceedings of the Laser Materials Processing Conference (ICALEO) (2012).
- [24] L.D. Scintilla, L. Tricarico, A. Wetzig, A. Mahrle, E. Beyer, Primary losses in disk and CO₂ laser beam inert gas fusion cutting, Journal of Materials Processing Technology 211 (2011) 2050–2061.
- [25] F.O. Olsen, Laser cutting from CO₂ laser to disc or fiber laser - Possibilities and challenges, Proceedings of the Laser Materials Processing Conference (ICALEO) (Paper 101) (2011).
- [26] D. Petring, F. Schneider, N. Wolf, V. Nazery Goneghany, How Beam Quality, Power and Wavelength Influence Laser Cutting and Welding Processes, Proceedings of LAMP2009 - the 5th International Congress on Laser Advanced Materials Processing (2009) 1–8.
- [27] D. Petring, T. Molitor, F. Schneider, N. Wolf, Diagnostics, Modeling and Simulation: Three Keys Towards Mastering the Cutting Process with Fiber, Disk and Diode Lasers, Physics Procedia 39 (2012) 186–196.
- [28] F.O. Olsen, Fundamental mechanisms of cutting front formation in laser cutting, in: E. Beyer, M. Cantello, A.V. La Rocca, L.D. Laude, F.O. Olsen, G. Sepold (Eds.), SPIE, 1994, pp. 402–413.
- [29] F.O. Olsen, An Evaluation of the Cutting Potential of Different Types of High Power Lasers, Proceedings of the Laser Materials Processing Conference (ICALEO) (2006).
- [30] V. Onuseit, M.A. Ahmed, R. Weber, T. Graf, Space-resolved Spectrometric Measurements of the Cutting Front, Physics Procedia 12 (2011) 584–590.

-
- [31] V. Onuseit, M. Jarwitz, R. Weber, T. Graf, Influence of cut front temperature profile on cutting process, Proceedings of the Laser Materials Processing Conference (ICALEO) (Paper 104) (2011) 34–39.
 - [32] H. Hügel, T. Graf, *Laser in der Fertigung: Grundlagen der Strahlquellen, Systeme, Fertigungsverfahren*, third., überarb. u. erw. Aufl., Springer, Wiesbaden, 2014.
 - [33] M.S. Gross, S. Celotto, W. O'Neill, Melt Flow in Narrow Thick Section Kerfs, Proceedings of the Laser Materials Processing Conference (ICALEO) (2006).
 - [34] M.S. Gross, W. O'Neill, New aspects of melt flow phenomena through narrow kerfs, *J. Phys. D: Appl. Phys.* 40 (2007) 1201–1205.
 - [35] R.S. Matti, A.F.H. Kaplan, Post-modelling of images from a laser-induced wavy boiling front, *Applied Surface Science* 357 (2015) 2277–2284.
 - [36] M. Sparkes, M. Gross, S. Celotto, T. Zhang, W. O'Neill, Practical and theoretical investigations into inert gas cutting of 304 stainless steel using a high brightness fiber laser, *J. Laser Appl.* 20 (2008) 59.
 - [37] C. Wandera, A. Salminen, V. Kujanpaa, Inert gas cutting of thick-section stainless steel and medium-section aluminum using a high power fiber laser, *Journal of Laser Applications* 21 (2009) 154–161.
 - [38] R. Poprawe, *Lasertechnik für die Fertigung: Grundlagen, Perspektiven und Beispiele für den innovativen Ingenieur*, Springer, Berlin, 2005.
 - [39] J. Powell, D. Petring, R.V. Kumar, S.O. Al-Mashikhi, Kaplan, A F H, K.T. Voisey, Laser–oxygen cutting of mild steel: the thermodynamics of the oxidation reaction, *J. Phys. D: Appl. Phys.* 42 (2009) 15504.
 - [40] M. Hashemzadeh, J. Powell, K.T. Voisey, Fibre laser piercing of mild steel – The effects of power intensity, gas type and pressure, *Optics and Lasers in Engineering* 55 (2014) 143–149.
 - [41] John Powell, Anders Ivarson, J. Kamalu, G. Brodén, Claes Magnusson, Role of oxygen purity in laser cutting of mild steel, Proceedings of the laser materials processing symposium, ICALEO '92 October 25 - 29 1992 433–442.

- [42] J. Powell, S.O. Al-Mashikhi, A.F.H. Kaplan, K.T. Voisey, Fibre laser cutting of thin section mild steel: An explanation of the ‘striation free’ effect, *Optics and Lasers in Engineering* 49 (2011) 1069–1075.
- [43] A. Ivarson, J. Powell, J. Siltanen, Influence of Alloying Elements on the Laser Cutting Process, *Physics Procedia* 78 (2015) 84–88.
- [44] M.S. Gross, On gas dynamic effects in the modelling of laser cutting processes, *Applied Mathematical Modelling* 30 (2006) 307–318.
- [45] O.B. Kovalev, P.V. Yudin, A.V. Zaitsev, Modeling of flow separation of assist gas as applied to laser cutting of thick sheet metal, *Applied Mathematical Modelling* 33 (2009) 3730–3745.
- [46] G. Tani, L. Tomesani, G. Campana, Prediction of melt geometry in laser cutting, *Applied Surface Science* 208-209 (2003) 142–147.
- [47] G. Tani, L. Tomesani, G. Campana, A. Fortunato, Quality factors assessed by analytical modelling in laser cutting, *Thin Solid Films* 453-454 (2004) 486–491.
- [48] A. Mahrle, E. Beyer, Thermodynamic evaluation of inert-gas laser beam fusion cutting with CO₂, disk and fiber lasers, *Proceedings of the Laser Materials Processing Conference (ICALEO)* (2009).
- [49] E.H. Amara, K. Kheloufi, T. Tamsaout, R. Fabbro, K. Hirano, Numerical investigations on high-power laser cutting of metals, *Appl. Phys. A* 119 (2015) 1245–1260.
- [50] Y. Arata, H. Maruo, I. Miyamoto, S. Takeuchi, Dynamic Behavior in Laser Gas Cutting of Mild Steel, *Trans. JWRI.* (1979) 15–26.
- [51] O. Bocksrocker, P. Berger, T. Hesse, M. Boley, T. Graf, Measurement of the laser cut front geometry, *Proceedings of the 8th International WLT Conference on Lasers in Manufacturing LiM*, München, 22. - 25.06.2015, Germany (2015).
- [52] O. Bocksrocker, P. Berger, B. Regaard, V. Rominger, T. Graf, Characterization of the melt flow direction and cut front geometry in oxygen cutting with a solid-state laser, *J. Laser Appl.* 29 (2017) 22202.

-
- [53] H. Ozaki, M.Q. Le, H. Kawakami, J. Suzuki, Y. Uemura, Y. Doi, M. Mizutani, Y. Kawahito, Real-time Observation of Laser Cutting Fronts by X-ray Transmission, *Journal of Materials Processing Technology* (2016).
 - [54] J. Duan, H.C. Man, T.M. Yue, Modelling the laser fusion cutting process: I. Mathematical modelling of the cut kerf geometry for laser fusion cutting of thick metal, *J. Phys. D: Appl. Phys.* 34 (2001) 2127–2134.
 - [55] F.O. Olsen, L. Alting, Cutting Front Formation in Laser Cutting, *CIRP Annals - Manufacturing Technology* 38 (1989) 215–218.
 - [56] C. Zhang, P. Wen, Z. Yao, Y. Yuan, X. Fan, Visualization of flow separation inside cut kerf during laser cutting of thick sections, *J. Laser Appl.* 28 (2016) 22204.
 - [57] C. Wandera, V. Kujanpaa, Characterization of the melt removal rate in laser cutting of thick-section stainless steel, *J. Laser Appl.* 22 (2010) 62.
 - [58] T. Purtonen, A. Kalliosaari, A. Salminen, Monitoring and Adaptive Control of Laser Processes, *Physics Procedia* 56 (2014) 1218–1231.
 - [59] D. Schindhelm, In-Prozess Qualitätssicherung für das Laserstrahlschneiden von Metallen: Dissertation, Utz, München, 2014.
 - [60] E.F. Sichani, S. Kohl, J.R. Duflou, Plasma detection and control requirements for CO₂ laser cutting, *CIRP Annals - Manufacturing Technology* 62 (2013) 215–218.
 - [61] H. Jørgensen, L.f.A.P. Danmarks Tekniske Højskole. Procesteknisk Institut, DTH, Investigations of On-line Process Monitoring and Control in CO₂ Laser Cutting, 1990.
 - [62] J. de Keuster, Development of an adaptive, real-time control and optimisation system for high-power CO₂ laser cutting of thick plates, 2007.
 - [63] H. Haferkamp, M. Goede, A. von Busse, O. Thürk, On-line quality monitoring during laser beam cutting using a thermographic system, *Proceedings of the Laser Materials Processing Conference (ICALEO)* (1998).
 - [64] R. Poprawe, W. König, Modeling, Monitoring and Control in High Quality Laser Cutting, *CIRP Annals - Manufacturing Technology* 50 (2001) 137–140.

- [65] J.-P. Weerpals, P. Berger, T. Graf, J. Trein, H. Singpiel, Novel Monitoring System For Spatially Resolved Topographical Measurement Of Laser-Based Processes, Proceedings of the Laser Materials Processing Conference (ICALEO) (2011).
- [66] J. Weerpals, T. Hermann, P. Berger, H. Singpiel, Utilisation of Thermal Radiation for Process Monitoring, Physics Procedia 12 (2011) 704–711.
- [67] F. Abt, M. Boley, R. Weber, T. Graf, G. Popko, S. Nau, Novel X-ray System for in-situ Diagnostics of Laser Based Processes – First Experimental Results, Physics Procedia 12 (2011) 761–770.
- [68] M. Boley, F. Abt, R. Weber, T. Graf, X-Ray and Optical Videography for 3D Measurement of Capillary and Melt Pool Geometry in Laser Welding, Physics Procedia 41 (2013) 488–495.
- [69] A. Heider, J. Sollinger, F. Abt, M. Boley, R. Weber, T. Graf, High-Speed X-Ray Analysis of Spatter Formation in Laser Welding of Copper, Physics Procedia 41 (2013) 112–118.
- [70] P. Yudin, O. Kovalev, Visualization of events inside kerfs during laser cutting of fusible metal, J. Laser Appl. 21 (2009) 39–45.
- [71] D. Arntz, D. Petring, U. Jansen, R. Poprawe, Advanced trim-cut technique to visualize melt flow dynamics inside laser cutting kerfs, J. Laser Appl. 29 (2017) 22213.
- [72] B. Regaard, A. Moalem, J. Michel, P. Abels, S. Kaierle, W. Schulz, WO 2006/094488 A1 (2006).
- [73] T. Molitor, A. Gillner, DE 10 2014 000 330 B3 2015.03.12 (2014).
- [74] U. Thombansen, T. Hermanns, S. Stoyanov, Setup and Maintenance of Manufacturing Quality in CO₂ Laser Cutting, 2nd ICRM 2014 International Conference on Ramp-Up Management 20 (2014) 98–102.
- [75] U. Thombansen, T. Hermanns, T. Molitor, M. Pereira, W. Schulz, Measurement of Cut Front Properties in Laser Cutting, Physics Procedia 56 (2014) 885–891.

-
- [76] J. de Keuster, J.R. Duflou, J.-P. Kruth, Monitoring of high-power CO₂ laser cutting by means of an acoustic microphone and photodiodes, *Int J Adv Manuf Technol* 35 (2007) 115–126.
 - [77] A.V. Dubrov, V.D. Dubrov, Y.N. Zavalov, V.Y. Panchenko, Application of optical pyrometry for on-line monitoring in laser-cutting technologies, *Appl. Phys. B* 105 (2011) 537–543.
 - [78] R. Bader, A. Lüdi, Patentanmeldung (patent application), Anmeldenummer (registration number) WO2016181359 A1 (2016).
 - [79] B. Adelmann, M. Schleier, B. Neumeier, E. Wilmann, R. Hellmann, Optical Cutting Interruption Sensor for Fiber Lasers, *Applied Sciences* 5 (2015) 544–554.
 - [80] B. Adelmann, B. Neumeier, M. Schleier, E. Wilmann, R. Hellmann, Optical Cutting Tear Detection System for Industrial Fiber Laser based Cutting Machines (2015).
 - [81] M. Schleier, B. Adelmann, B. Neumeier, R. Hellmann, Burr formation detector for fiber laser cutting based on a photodiode sensor system, *Optics & Laser Technology* 96 (2017) 13–17.
 - [82] M. Sbetti, S. Bertoldi, D. Colombo, B. Previtali, G. Riva, M. Danesi, L. Molinari Tosatti, D. Parazzoli, WO 2012/143899 (2016).
 - [83] E.F. Sichani, J. de Keuster, J.-P. Kruth, J.R. Duflou, Monitoring and adaptive control of CO₂ laser flame cutting, *Physics Procedia* 5 (2010) 483–492.
 - [84] O. Bocksrocker, P. Berger, F. Fetzer, V. Rominger, T. Graf, Influence of the Real Geometry of the Laser Cut Front on the Absorbed Intensity and the Gas Flow, *Lasers Manuf. Mater. Process.* 24 (2018) 52006.
 - [85] S. Aggoune, E.H. Amara, M. Debiante, Effects of the Velocity and the Nature of the Inert Gas on the Stainless Steel Laser Cut Quality, Tech Science Press (2013) 61–75.
 - [86] D. Petring, Anwendungsorientierte Modellierung des Laserstrahlschneidens zur rechnergestützten Prozeßoptimierung. Zugl.: Aachen, Techn. Hochsch., Diss. 1994, Als Ms. gedr, Shaker, Aachen, 1995.

- [87] H.K. Versteeg, W. Malalasekera, *An introduction to computational fluid dynamics: The finite volume method*, second. ed., Pearson/Prentice Hall, Harlow, Munich, 2010.
- [88] F. Durst, *Fluid Mechanics: An Introduction to the Theory of Fluid Flows*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, 2008.
- [89] K. Langeheinecke, P. Jany, G. Thieleke (Eds.), *Thermodynamik für Ingenieure*, seventh., verbesserte und ergänzte Auflage, Vieweg+Teubner Verlag / GWV Fachverlage GmbH Wiesbaden, Wiesbaden, 2008.
- [90] Y. Qin, A. Michalowski, R. Weber, S. Yang, T. Graf, X. Ni, Comparison between ray-tracing and physical optics for the computation of light absorption in capillaries--the influence of diffraction and interference, *Optics express* 20 (2012) 26606–26617.
- [91] A. Michalowski, *Untersuchungen zur Mikrobearbeitung von Stahl mit ultrakurzen Laserpulsen* (in German): Dissertation, Herbert Utz Verlag, 2014.
- [92] O. Bocksrocker, S. Epple, T. Hesse, Patentanmeldung (patent application), Anmeldenummer (registration number) EP3455028 (B1); CN109475981 (A); DE102016208264 (A1); US2019084092 (A1); WO2017194460 (A1) (2017).
- [93] O. Bocksrocker, P. Berger, S. Kessler, T. Hesse, V. Rominger, T. Graf, Local Vaporization at the Cut Front at High Laser Cutting Speeds, *Lasers Manuf. Mater. Process.* 21 (2020) 154.
- [94] F. Bernhard, *Handbuch der technischen Temperaturmessung*, second. Auflage, Springer Vieweg, Heidelberg, 2014.
- [95] OSRAM Display / Optic, Technical Information: WI 17/G Tungsten Strip Lamp, Berlin, 2008.
- [96] J.C. de Vos, A new determination of the emissivity of tungsten ribbon, *Physica* 20 (1954) 690–714.
- [97] Information on <http://www.periodictableontheweb.com/periodensystem/element-Iron.php>
- [98] Information on http://physics.nist.gov/PhysRefData/ASD/lines_form.html

- [99] O. Bocksrocker, T. Hesse, S. Epple, Deutsche Patentanmeldung (patent application), Anmeldenummer (registration number) DE102016208264 (2016).
- [100] S. Epple, Charakterisierung thermischer Emissionen der Schneidfront beim Schneiden mit dem Festkörperlaser. Masterarbeit, 2015.

Laser in der Materialbearbeitung

Forschungsberichte des IFSW (Institut für Strahlwerkzeuge)

Herausgegeben von

Prof. Dr.-Ing. habil. Helmut Hügel, Universität Stuttgart

Forschungsberichte des IFSW von 1992 bis 1999 erschienen im Teubner Verlag, Stuttgart

Zoske, Uwe

Modell zur rechnerischen Simulation von Laserresonatoren und Strahlführungssystemen
1992, 186 Seiten, ISBN 3-519-06205-4

Gorri, Michael

Adaptive Optik und Sensorik im Strahlführungs system von Laserbearbeitungsanlagen
1992, vergriffen, ISBN 3-519-06206-2

Mohr, Ursula

Geschwindigkeitsbestimmende Strahleigenschaften und Einkoppelmechanismen beim CO₂-Laserschneiden von Metallen
1993, 130 Seiten, ISBN 3-519-06207-0

Rudlaff, Thomas

Arbeiten zur Optimierung des Umwandlungshär tens mit Laserstrahlen
1993, 152 Seiten, ISBN 3-519-06208-9

Borik, Stefan

Einfluß optischer Komponenten auf die Strahlqualität von Hochleistungslasern
1993, 200 Seiten, ISBN 3-519-06209-7

Paul, Rüdiger

Optimierung von HF-Gasentladungen für schnell längsgestrómte CO₂-Laser
1994, 149 Seiten, ISBN 3-519-06210-0

Wahl, Roland

Robotergeführtes Laserstrahlschweißen mit Steuerung der Polarisationsrichtung
1994, 150 Seiten, ISBN 3-519-06211-9

Frederking, Klaus-Dieter

Laserlöten kleiner Kupferbauteile mit geregelter Lotdrahtzufuhr
1994, 139 Seiten, ISBN 3-519-06212-7

Grünewald, Karin M.

Modellierung der Energietransferprozesse in längsgestrómten CO₂-Lasern
1994, 158 Seiten, ISBN 3-519-06213-5

Shen, Jialin

Optimierung von Verfahren der Laseoberflä chenbehandlung mit gleichzeitiger Pulverzufuhr
1994, 160 Seiten, ISBN 3-519-06214-3

Arnold, Johannes M.

Abtragen metallischer und keramischer Werkstoffe mit Excimerlasern
1994, 192 Seiten, ISBN 3-519-06215-1

Holzwarth, Achim

Ausbreitung und Dämpfung von Stoßwellen in Excimerlasern
1994, 153 Seiten, ISBN 3-519-06216-X

Dausinger, Friedrich

Strahlwerkzeug Laser: Energieeinkopplung und Prozeßeffektivität
1995, 143 Seiten, ISBN 3-519-06217-8

Meiners, Eckhard

Abtragende Bearbeitung von Keramiken und Metallen mit gepulstem Nd:YAG-Laser als zwei stufiger Prozeß
1995, 120 Seiten, ISBN 3-519-06222-4

Beck, Markus

Modellierung des Lasertiefschweißens
1996, 160 Seiten, ISBN 3-519-06218-6

Breining, Klaus

Auslegung und Vermessung von Gasentladungsstrecken für CO₂-Hochleistungslaser
1996, 131 Seiten, ISBN 3-519-06219-4

Griebsch, Jürgen

Grundlagenuntersuchungen zur Qualitätssiche rung beim gepulsten Lasertiefschweißen
1996, 133 Seiten, ISBN 3-519-06220-8

Krepulat, Walter

Aerodynamische Fenster für industrielle Hoch leistungslaser
1996, 144 Seiten, ISBN 3-519-06221-6

Xiao, Min

Vergleichende Untersuchungen zum Schneiden dünner Bleche mit CO₂- und Nd:YAG-Lasern
1996, 118 Seiten, ISBN 3-519-06223-2

Glumann, Christiane

Verbesserte Prozeßsicherheit und Qualität durch Strahlkombination beim Laserschweißen
1996, 143 Seiten, ISBN 3-519-06224-0

Gross, Herbert

Propagation höhermodiger Laserstrahlung und deren Wechselwirkung mit optischen Systemen
1996, 191 Seiten, ISBN 3-519-06225-9

Rapp, Jürgen

Laserschweißeignung von Aluminiumwerkstoffen für Anwendungen im Leichtbau
1996, 202 Seiten, ISBN 3-519-06226-7

- Wittig, Klaus**
Theoretische Methoden und experimentelle Verfahren zur Charakterisierung von Hochleistungs-laserstrahlung
1996, 198 Seiten, ISBN 3-519-06227-5
- Grünenwald, Bernd**
Verfahrensoptimierung und Schichtcharakterisierung beim einstufigen Cermet-Beschichten mittels CO₂-Hochleistungslaser
1996, 160 Seiten, ISBN 3-519-06229-1
- Lee, Jae-Hoon**
Laserverfahren zur strukturierten Metallisierung
1996, 154 Seiten, ISBN 3-519-06232-1
- Albinus, Uwe N. W.**
Metallisches Beschichten mittels PLD-Verfahren
1996, 144 Seiten, ISBN 3-519-06233-X
- Wiedmaier, Matthias**
Konstruktive und verfahrenstechnische Entwicklungen zur Komplettbearbeitung in Drehzentren mit integrierten Laserverfahren
1997, 129 Seiten, ISBN 3-519-06228-3
- Bloehs, Wolfgang**
Laserstrahlhärten mit angepaßten Strahlfor-mungssystemen
1997, 143 Seiten, ISBN 3-519-06230-5
- Bea, Martin**
Adaptive Optik für die Materialbearbeitung mit CO₂-Laserstrahlung
1997, 143 Seiten, ISBN 3-519-06231-3
- Stöhr, Michael**
Beeinflussung der Lichtemission bei mikrokanal-gekühlten Laserdioden
1997, 147 Seiten, ISBN 3-519-06234-8
- Plaß, Wilfried**
Zerstörtschwellen und Degradation von CO₂-Laseroptiken
1998, 158 Seiten, ISBN 3-519-06235-6
- Schaller, Markus K. R.**
Lasergestützte Abscheidung dünner Edelmetall-schichten zum Heißgaskorrosionsschutz für Mo-lybdän
1998, 163 Seiten, ISBN 3-519-06236-4
- Hack, Rüdiger**
System- und verfahrenstechnischer Vergleich von Nd:YAG- und CO₂-Lasern im Leistungsbereich bis 5 kW
1998, 165 Seiten, ISBN 3-519-06237-2
- Krupka, René**
Photothermische Charakterisierung optischer Komponenten für Hochleistungslaser
1998, 139 Seiten, ISBN 3-519-06238-0
- Pfeiffer, Wolfgang**
Fluidodynamische und elektrophysikalisch optimierte Entladungsstrecken für CO₂-Hochleistungslaser
1998, 152 Seiten, ISBN 3-519-06239-9
- Volz, Robert**
Optimierte Beschichten von Gußeisen-, Alumi-nium- und Kupfergrundwerkstoffen mit Lasern
1998, 133 Seiten, ISBN 3-519-06240-2
- Bartelt-Berger, Lars**
Lasersystem aus kohärent gekoppelten Grund-mode-Diodenlasern
1999, 135 Seiten, ISBN 3-519-06241-0
- Müller-Hummel, Peter**
Entwicklung einer Inprozeßtemperaturmeßvor-richtung zur Optimierung der laserunterstützten Zerspanung
1999, 139 Seiten, ISBN 3-519-06242-9
- Rohde, Hansjörg**
Qualitätsbestimmende Prozeßparameter beim Einzelpulsohren mit einem Nd:YAG-Slablaser
1999, 171 Seiten, ISBN 3-519-06243-7
- Huonker, Martin**
Strahlführung in CO₂-Hochleistungslasersystemen zur Materialbearbei-tung
1999, 121 Seiten, ISBN 3-519-06244-5
- Callies, Gert**
Modellierung von qualitäts- und effektivitätsbe-stimmenden Mechanismen beim Laserabtragen
1999, 119 Seiten, ISBN 3-519-06245-3
- Schubert, Michael E.**
Leistungskaliberales Lasersystem aus faserge-koppelten Singlemode-Diodenlasern
1999, 105 Seiten, ISBN 3-519-06246-1
- Kern, Markus**
Gas- und magnetofluiddynamische Maßnahmen zur Beeinflussung der Nahtqualität beim Laser-strahlschweißen
1999, 132 Seiten, ISBN 3-519-06247-X
- Raiber, Armin**
Grundlagen und Prozeßtechnik für das Lasermik-robohren technischer Keramiken
1999, 135 Seiten, ISBN 3-519-06248-8

Laser in der Materialbearbeitung

Forschungsberichte des IFSW (Institut für Strahlwerkzeuge)

Herausgegeben von

Prof. Dr.-Ing. habil. Helmut Hügel, Universität Stuttgart

Forschungsberichte des IFSW ab 2000 erschienen im Herbert Utz Verlag, München

Schittenhelm, Henrik

Diagnostik des laserinduzierten Plasmas
beim Abtragen und Schweißen
2000, 141 Seiten, ISBN 3-89675-712-1

Stewen, Christian

Scheibenlaser mit Kilowatt-Dauerstrichleistung
2000, 145 Seiten, ISBN 3-89675-763-6

Schmitz, Christian

Gaselektronische Analysemethoden zur Optimierung von Lasergassentladungen
2000, 107 Seiten, ISBN 3-89675-773-3

Karszewski, Martin

Scheibenlaser höchster Strahlqualität
2000, 132 Seiten, ISBN 3-89675-785-7

Chang, Chin-Lung

Berechnung der Schmelzbadgeometrie beim Laserstrahlschweißen mit Mehrfokustechnik
2000, 141 Seiten, ISBN 3-89675-825-X

Haag, Matthias

Systemtechnische Optimierungen der Strahlqualität von Hochleistungsdiodenlasern
2000, 166 Seiten, ISBN 3-89675-840-3

Bahnmüller, Jochen

Charakterisierung gepulster Laserstrahlung zur Qualitätssteigerung beim Laserbohren
2000, 138 Seiten, ISBN 3-89675-851-9

Schellhorn, Martin Carl Johannes

CO-Hochleistungslaser: Charakteristika und Einsatzmöglichkeiten beim Schweißen
2000, 142 Seiten, ISBN 3-89675-849-7

Angstenberger, Birgit

Fliehkraftunterstütztes Laserbeschichten
2000, 153 Seiten, ISBN 3-89675-861-6

Bachhofer, Andreas

Schneiden und Schweißen von Aluminiumwerkstoffen mit Festkörperlasern für den Karosseriebau
2001, 194 Seiten, ISBN 3-89675-881-0

Breitschwerdt, Sven

Qualitätssicherung beim Laserstrahlschweißen
2001, 150 Seiten, ISBN 3-8316-0032-5

Mochmann, Gunter

Laserkristallisation von Siliziumschichten auf Glas- und Kunststoffsubstraten für die Herstellung verbesserter Dünnschichttransistoren
2001, 170 Seiten, ISBN 3-89675-811-X

Herrmann, Andreas

Fertigungsorientierte Verfahrensentwicklung des Weichlötzens mit Diodenlasern
2002, 133 Seiten, ISBN 3-8316-0086-4

Mästle, Rüdiger

Bestimmung der Propagationseigenschaften von Laserstrahlung
2002, 147 Seiten, ISBN 3-8316-0113-5

Voß, Andreas

Der Scheibenlaser: Theoretische Grundlagen des Dauerstrichbetriebs und erste experimentelle Ergebnisse anhand von Yb:YAG
2002, 195 Seiten, ISBN 3-8316-0121-6

Müller, Matthias G.

Prozessüberwachung beim Laserstrahlschweißen durch Auswertung der reflektierten Leistung
2002, 122 Seiten, ISBN 3-8316-0144-5

Abeln, Tobias

Grundlagen und Verfahrenstechnik des reaktiven Laserpräzisionsabtragens von Stahl
2002, 138 Seiten, ISBN 3-8316-0137-2

Erhard, Steffen

Pumpoptiken und Resonatoren für den Scheibenlaser
2002, 184 Seiten, ISBN 3-8316-0173-9

Contag, Karsten

Modellierung und numerische Auslegung des Yb:YAG-Scheibenlasers
2002, 155 Seiten, ISBN 3-8316-0172-0

Krastel, Klaus

Konzepte und Konstruktionen zur laserintegrierten Komplettbearbeitung in Werkzeugmaschinen
2002, 140 Seiten, ISBN 3-8316-0176-3

Staud, Jürgen

Sensitive Werkzeuge für ein neues Montagekonzept in der Mikrosystemtechnik
2002, 122 Seiten, ISBN 3-8316-0175-5

Schinzel, Cornelius M.

Nd:YAG-Laserstrahlschweißen von Aluminiumwerkstoffen für Anwendungen im Automobilbau
2002, 177 Seiten, ISBN 3-8316-0201-8

Sebastian, Michael

Grundlagenuntersuchungen zur Laser-Plasma-CVD Synthese von Diamant und amorphen Kohlenstoffen
2002, 153 Seiten, ISBN 3-8316-0200-X

- Lücke, Bernd**
Kohärente Kopplung von Vertikalemitter-Arrays
2003, 120 Seiten, ISBN 3-8316-0224-7
- Hohenberger, Bernd**
Laserstrahlschweißen mit Nd:YAG-Doppelfokus-technik – Steigerung von Prozeßsicherheit, Fle-xibilität und verfügbarer Strahlleistung
2003, 128 Seiten, ISBN 3-8316-0223-9
- Jasper, Knut**
Neue Konzepte der Laserstrahlformung und -führung für die Mikrotechnik
2003, 152 Seiten, ISBN 3-8316-0205-0
- Heimerdinger, Christoph**
Laserstrahlschweißen von Aluminiumlegierungen für die Luftfahrt
2003, 112 Seiten, ISBN 3-8316-0256-5
- Christoph Fleig**
Evaluierung eines Messverfahrens zur genauen Bestimmung des Reflexionsgrades optischer Komponenten
2003, 150 Seiten, ISBN 3-8316-0274-3
- Joachim Radtke**
Herstellung von Präzisionsdurchbrüchen in keramischen Werkstoffen mittels repetierender Laserbearbeitung
2003, 150 Seiten, ISBN 3-8316-0285-9
- Michael Brandner**
Steigerung der Prozesseffizienz beim Löten und Kleben mit Hochleistungsdiodenlasern
2003, 195 Seiten, ISBN 3-8316-0288-3
- Reinhard Winkler**
Porenbildung beim Laserstrahlschweissen von Aluminium-Druckguss
2004, 153 Seiten, ISBN 3-8316-0313-8
- Helmut Kindler**
Optische und gerätetechnische Entwicklungen zum Laserstrahlspritzen
2004, 117 Seiten, ISBN 3-8316-0315-4
- Andreas Ruf**
Modellierung des Perkussionsbohrens von Metal-len mit kurz- und ultrakurz gepulsten Lasern
2004, 140 Seiten, ISBN 3-8316-0372-3
- Guido Hergenhan**
Kohärente Kopplung von Vertikalemittern – Sys-temkonzept und experimentelle Verifizierung
2004, 115 Seiten, ISBN 3-8316-0376-6
- Klaus Goth**
Schweißen von Mischverbindungen aus Alumini-umguß- und Knetlegierungen mit CO₂-Laser unter besonderer Berücksichtigung der Nahtart
2004, 143 Seiten, ISBN 3-8316-0427-4
- Armin Strauch**
Effiziente Lösung des inversen Problems beim Laserstrahlschweißen durch Simulation und Experiment
2004, 169 Seiten, ISBN 3-8316-0425-8
- Thomas Wawra**
Verfahrensstrategien für Bohrungen hoher Präzi-sion mittels Laserstrahlung
2004, 162 Seiten, ISBN 3-8316-0453-3
- Michael Honer**
Prozesssicherungsmaßnahmen beim Bohren metallischer Werkstoffe mittels Laserstrahlung
2004, 113 Seiten, ISBN 3-8316-0441-x
- Thomas Herzinger**
Prozessüberwachung beim Laserbohren von Turbinenschaufeln
2004, 143 Seiten, ISBN 3-8316-0443-6
- Reiner Heigl**
Herstellung von Randschichten auf Aluminium-gusslegierungen mittels Laserstrahlung
2004, 173 Seiten, ISBN 3-8316-0460-6

Laser in der Materialbearbeitung

Forschungsberichte des IFSW (Institut für Strahlwerkzeuge)

Herausgegeben von

Prof. Dr. phil. nat. Thomas Graf, Universität Stuttgart

Forschungsberichte des IFSW ab 2005 erschienen im Herbert Utz Verlag, München

Thomas Fuhrich

Marangoni-effekt beim Laserstrahltiefschweißen von Stahl
2005, 163 Seiten, ISBN 3-8316-0493-2

Daniel Müller

Pulsenergiestabilität bei regenerativen Kurzpuls-verstärkern im Scheibenlaserdesign
2005, 172 Seiten, ISBN 3-8316-0508-4

Jiancun Gao

Neodym-dotierte Quasi-Drei-Niveau-Scheiben-laser: Hohe Ausgangsleistung und Frequenzver-dopplung
2005, 148 Seiten, ISBN 3-8316-0521-1

Wolfgang Gref

Laserstrahlschweißen von Aluminiumwerkstoffen mit der Fokusmatrixtechnik
2005, 136 Seiten, ISBN 3-8316-0537-8

Michael Weikert

Oberflächenstrukturieren mit ultrakurzen Laser-pulsen
2005, 116 Seiten, ISBN 3-8316-0573-4

Julian Sigel

Lasergenerierter metallischer Bauteile mit variab-lem Laserstrahldurchmesser in modularen Ferti-gungssystemen
2006, 132 Seiten, ISBN 3-8316-0572-6

Andreas Ruß

Schweißen mit dem Scheibenlaser-Potentiale der guten Fokussierbarkeit
2006, 142 Seiten, ISBN 3-8316-0580-7

Gabriele Seibold

Absorption technischer Oberflächen in der La-sermaterialbearbeitung
2006, 156 Seiten, ISBN 3-8316-0618-8

Dirk Lindenau

Magnetisch beeinflusstes Laserstrahlschweißen
2007, 180 Seiten, ISBN 978-3-8316-0687-0

Jens Walter

Gesetzmäßigkeiten beim Lasergenerieren als Basis für die Prozesssteuerung und –regelung
2008, 140 Seiten, ISBN 978-3-8316-0770-9

Heiko Ridderbusch

Longitudinal angeregte passiv gütegeschaltete Laserzündkerze
2008, 175 Seiten, ISBN 978-3-8316-0840-9

Markus Leimser

Strömungsinduzierte Einflüsse auf die Naht-eigenschaften beim Laserstrahlschweißen von Aluminiumwerkstoffen
2009, 150 Seiten, ISBN 978-3-8316-0854-6

Mikhail Larionov

Kontaktierung und Charakterisierung von Kristal-len für Scheibenlaser
2009, 186 Seiten, ISBN 978-3-8316-0855-3

Jürgen Müller-Borhanian

Kamerabasierte In-Prozessüberwachung beim Laserstrahlschweißen
2009, 162 Seiten, ISBN 978-3-8316-0890-4

Andreas Letsch

Charakterisierung allgemein astigmatischer La-serstrahlung mit der Methode der zweiten Mo-mente
2009, 176 Seiten, ISBN 978-3-8316-0896-6

Thomas Kübler

Modellierung und Simulation des Halbleiterschei-benlasers
2009, 152 Seiten, ISBN 978-3-8316-0918-5

Günter Ambrosy

Nutzung elektromagnetischer Volumenkräfte beim Laserstrahlschweißen
2009, 170 Seiten, ISBN 978-3-8316-0925-3

Agnes Ott

Oberflächenmodifikation von Aluminiumlegierun-gen mit Laserstrahlung: Prozessverständnis und Schichtcharakterisierung
2010, 226 Seiten, ISBN 978-3-8316-0959-8

Detlef Breitling

Gasphaseneinflüsse beim Abtragen und Bohren mit ultrakurz gepulster Laserstrahlung
2010, 200 Seiten, ISBN 978-3-8316-0960-4

Dmitrij Walter

Online-Qualitätssicherung beim Bohren mittels ultrakurz gepulster Laserstrahlung
2010, 156 Seiten, ISBN 978-3-8316-0968-0

Jan-Philipp Weerpals

Nutzen und Grenzen guter Fokussierbarkeit beim Laserstrahlschweißen
2010, 154 Seiten, ISBN 978-3-8316-0995-6

Angelika Beyert

Yb:KYW regenerativer Verstärker für ultrakurze Pulse
2010, 166 Seiten, ISBN 978-3-8316-4002-7

Christian Stolzenburg

Hochrepetierende Kurzpuls-Scheibenlaser im infraroten und grünen Spektralbereich
2011, 184 Seiten, ISBN 978-3-8316-4041-6

Sven-Simon Beyert

Quantenfilm-Pumpen zur Leistungsskalierung von Halbleiter-Scheibenlasern
2011, 130 Seiten, ISBN 978-3-8316-4051-5

Sonja Kittel

Verzugsarmes Laserstrahlschweißen an axial-symmetrischen Bauteilen
2011, 162 Seiten, ISBN 978-3-8316-4088-1

Andrey Andreev

Schweißen mit dem Scheibenlaser im Getriebebau – Prozessmerkmale und Anlagenkonzepte
2011, 140 Seiten, ISBN 978-3-8316-4103-1

Christian Föhl

Einsatz ultrakurz gepulster Laserstrahlung zum Präzisionsbohren von Metallen
2011, 156 Seiten, ISBN 978-3-8316-4120-8

Andreas Josef Birnesser

Prozessregelung beim Laserstrahlschweißen
2011, 150 Seiten, ISBN 978-3-8316-4133-8

Christoph Neugebauer

Thermisch aktive optische Bauelemente für den resonatorinternen Einsatz beim Scheibenlaser
2012, 220 Seiten, ISBN 978-3-8316-4178-9

Andreas Dauner

Fluidmechanische Maßnahmen zur Reduzierung von Schmelzablagerungen beim Hochgeschwindigkeitslaserbohren
2012, 150 Seiten, ISBN 978-3-8316-4194-9

Axel Heß

Vorteile und Herausforderungen beim Laserstrahlschweißen mit Strahlquellen höchster Fokussierbarkeit
2012, 164 Seiten, ISBN 978-3-8316-4198-7

Christian Gehrke

Überwachung der Struktureigenschaften beim Oberflächenstrukturieren mit ultrakurzen Laserpulsen
2013, 164 Seiten, ISBN 978-3-8316-4271-7

David Schindhelm

In-Prozess Qualitätssicherung für das Laserstrahlschneiden von Metallen
2013, 150 Seiten, ISBN 978-3-8316-4345-5

Tilman Froschmeier-Hanss

Festigkeitsverhalten laserstrahlgeschweißter belastungsangepasster Stahlwerkstoffverbindungen
2014, 200 Seiten, ISBN 978-3-8316-4347-9

Moritz Vogel

Speciality Fibers for High Brightness Laser Beam Delivery
2014, 187 Seiten, ISBN 978-3-8316-4382-0

Andreas Michalowski

Untersuchungen zur Mikrobearbeitung von Stahl mit ultrakurzen Laserpulsen
2014, 176 Seiten, ISBN 978-3-8316-4424-7

Georg Stöpler

Untersuchung eines OPOs im mittleren Infrarot im Hinblick auf Anwendungen für minimalinvasive Chirurgie
2015, 144 Seiten, ISBN 978-3-8316-4437-7

Patrick Mucha

Qualitäts- und produktivitätsbeeinflussende Mechanismen beim Laserschneiden von CF und CFK
2015, 120 Seiten, ISBN 978-3-8316-4516-9

Claus-Dieter Reiniger

Fluidodynamische Effekte beim Remote-Laserstrahlschweißen von Blechen mit Fügespalt
2015, 188 Seiten, ISBN 978-3-8316-4528-2

Andreas Leitz

Laserstrahlschweißen von Kupfer- und Aluminiumwerkstoffen in Mischverbindung
2016, 172 Seiten, ISBN 978-3-8316-4549-7

Peter Stritt

Prozessstrategien zur Vermeidung von Heißrissen beim Remote-Laserstrahlschweißen von AlMgSi 6016
2016, 194 Seiten, ISBN 978-3-8316-4555-8

Katrin Sarah Wentsch

Analyse Ytterbium-dotierter Materialien für den Einsatz in ultrakurz-gepulsten Scheibenlasersystemen
2016, 162 Seiten, ISBN 978-3-8316-4578-7

Jan-Philipp Negel

Scheibenlaser-Multipassverstärker für ultrakurze Laserpulse mit Ausgangsleistungen im kW-Bereich
2017, 142 Seiten, ISBN 978-3-8316-4632-6

Christian Freitag

Energietransportmechanismen bei der gepulsten Laserbearbeitung Carbonfaser verstärkter Kunststoffe
2017, 152 Seiten, ISBN 978-3-8316-4638-8

Andreas Popp

Faserlaser und Faserlaserverstärker als Brillanzkonverter für Scheibenlaserstrahlen
2017, 242 Seiten, ISBN 978-3-8316-4643-2

Karin Heller

Analytische Temperaturfeldbeschreibung beim Laserstrahlschweißen für thermographische Prozessbeobachtung
2017, 130 Seiten, ISBN 978-3-8316-4654-8

Stefan Piehler

Resonatorinterne Kompensation thermisch induzierter Wellenfrontstörungen in hochbrillanten Scheibenlasern
2017, 148 Seiten, ISBN 978-3-8316-4690-6

Felix Abt

Bildbasierte Charakterisierung und Regelung von Laserschweißprozessen
2017, 232 Seiten, ISBN 978-3-8316-4691-3

Volker Rominger

Untersuchungen der Prozessvorgänge bei Einschweißungen in Baustahl mit Lasern hoher Brilanz
2017, 186 Seiten, ISBN 978-3-8316-4692-0

Thomas Rataj

Hochleistungstaugliche faserintegrierte Strahlweichen
2018, 142 Seiten, ISBN 978-3-8316-4733-0

Michael Diez

Pulsformung zur schädigungsarmen Laserbearbeitung von Silizium
2018, 194 Seiten, ISBN 978-3-8316-4737-8

Andreas Heider

Erweitern der Prozessgrenzen beim Laserstrahlschweißen von Kupfer mit Einschweißtiefen zwischen 1 mm und 10 mm
2018, 156 Seiten, ISBN 978-3-8316-4738-5

Marcel Schäfer

Energetische Beeinflussung von Schmelzeffluß und Heißrissbildung beim Laserstrahlschweißen von Vergütungsstahl
2018, 146 Seiten, ISBN 978-3-8316-4742-2

Laser in der Materialbearbeitung

Forschungsberichte des IFSW (Institut für Strahlwerkzeuge)

Herausgegeben von

Prof. Dr. phil. nat. Thomas Graf, Universität Stuttgart

Forschungsberichte des IFSW ab 2019 erschienen im utzverlag, München

Tom Dietrich

Gitterwellenleiterstrukturen zur Strahlformung in Hochleistungsscheibenlasern
2019, 154 Seiten, ISBN 978-3-8316-4785-9

Christian Hagenlocher

Die Korngrenzen und der Heißrisswiderstand von Laserstrahlschweißnähten in Aluminiumlegierungen
2020, 150 Seiten, ISBN 978-3-8316-4864-1

Martin Rumpel

Applications of Grating Waveguide Structures in Solid-State Lasers
2019, 112 Seiten, ISBN 978-3-8316-4801-6

Florian Fetzner

Analyse der Geometrie und Stabilität der Kapillare beim Laserstrahltiefschweißen mittels reduzierter Modelle.
2020, 180 Seiten, ISBN 978-3-8316-4874-0

Michael Eckerle

Generation and amplification of ultrashort pulsed high-power cylindrical vector beams
2019, 112 Seiten, ISBN 978-3-8316-4804-7

Michael Jarwitz

Laserstrahlschweißen von Metallen mit unterschiedlichen thermophysikalischen Eigenschaften.
2020, 154 Seiten, ISBN 978-3-8316-4882-5

Martin Stubenvoll

Messung und Kompensation thermisch induzierter Wellenfrontdeformationen in optischen Elementen
2019, 118 Seiten, ISBN 978-3-8316-4819-1

Christian Röhrrer

Flexible Führung hochbrillanter Laserstrahlen mit optischen Fasern
2020, 130 Seiten, ISBN 978-3-8316-4888-7

Martin Sommer

Laserstrahlschweißen der Aluminiumlegierung AlMgSi mittels Strahloszillation
2021, 110 Seiten, ISBN 978-3-8316-4898-6

Birgit Weichert

Experimental Investigations on Power Scaling of High-Brightness cw Ytterbium-Doped Thin-Disk Lasers.
2021, 166 Seiten, ISBN 978-3-8316-4914-3

Sebastian Faas

Oberflächenfunktionalisierung von Stahl mit UKP-Lasern mit mehreren Hundert Watt mittlerer Laserleistung.
2021, 95 Seiten, ISBN 978-3-8316-4935-8

Daniel Weller

Erhöhung der Prozesssicherheit beim Remote-Laserstrahlfügen von Aluminiumwerkstoffen.
2021, 130 Seiten, ISBN 978-3-8316-4940-2

Sebastian Hecker

Verfahren zur Inline-Prozessüberwachung für das Schweißen von Glas mit Ultrakurzpulslasern
2022, 132 Seiten, ISBN 978-3-8316-4955-6

Frieder Beirow

Leistungsskalierung ultrakurz gepulster radial polarisierter Laserstrahlung.
2022, 150 Seiten, ISBN 978-3-8316-4970-9

Meiko Boley

Bestimmung und Regelung der Kapillar- und Nahttiefe beim Laserstrahlschweißen.
2022, 154 Seiten, ISBN 978-3-8316-4986-0

Christoph Röcker

Flexible Verstärkung und Frequenzkonversion ultrakurzer Laserpulse mit Ausgangsleistungen im kW-Bereich
2022, 182 Seiten, ISBN 978-3-8316-4987-7

Oliver Bocksrocker

Mechanismen der Entstehung von Schnittunregelmäßigkeiten beim Laserschneiden mit 1 µm Wellenlänge
2023, 128 Seiten, ISBN 978-3-8316-4999-0