



# Auf dem Weg zu einer universellen Lasermaschine für eine flexible und anpassungsfähige Fertigung

Der anhaltende Trend zu einer immer größeren Variantenvielfalt, und damit einhergehend geringeren Stückzahlen, stellt Produktion und Fertigung vor große Herausforderungen. Um diese überwinden zu können, werden vielseitige und anpassungsfähige Werkzeugmaschinen benötigt. Für die Erforschung und Entwicklung von Schlüsseltechnologien für solch eine vielseitig einsetzbare, laserbasierte Werkzeugmaschine wurde im Rahmen des „InnovationsCampus Mobilität der Zukunft“ (ICM) die Nachwuchsgruppe „Advanced Manufacturing“ am Institut für Strahlwerkzeuge (IFSW) eingerichtet.

Der Trend hin zu einer immer größeren Variantenvielfalt und entsprechend geringeren Stückzahlen kann in zahlreichen Paradigmen der Fertigungstechnik beobachtet werden (so z. B. in „Industrie 4.0“ [1], oder „Software-Defined Manufacturing“ (SDM) [2]), und setzt sich ungebrochen fort. Die daraus resultierenden Herausforderungen für die Fertigung, in Form sich ständig ändernder Anforderungen an Produkt und Produktion, erfordern eine vielseitige und anpassungsfähige Fertigungsumgebung. Hierfür müssen bereits die Werkzeugmaschinen selbst entsprechend vielseitig, anpassungsfähig und universell einsetzbar sein, was beispielsweise als

einer der „key enabler“ für SDM angesehen wird [3]. Der Laser stellt eine ideale Basis für solch eine universell einsetzbare Werkzeugmaschine dar, da mit dem Laser als flexiblem Werkzeug bereits Verfahren aus allen sechs Fertigungshauptgruppen nach DIN 8580 abgedeckt werden können [4]. Die Kombination unterschiedlicher laserbasierter Verfahren auf einer Anlage bietet somit die Möglichkeit, zu solch einer universellen Lasermaschine zu gelangen.

Hierzu wurde im Rahmen des „InnovationsCampus Mobilität der Zukunft“ (ICM) [5] die Nachwuchsgruppe „Advanced Manufacturing“ am Institut für Strahl-

werkzeuge (IFSW) eingerichtet, welche sich in enger Zusammenarbeit mit dem Institut für Werkzeugmaschinen (IfW), dem Institut für Steuerungstechnik der Werkzeugmaschinen und Fertigungseinrichtungen (ISW) der Universität Stuttgart sowie dem Institut für Produktionstechnik (wbk) des Karlsruher Institut für Technologie (KIT) mit der Erforschung und Entwicklung von Schlüsseltechnologien für eine solche universelle Lasermaschine befasst. Die Forschungsarbeiten erfolgen zu fünf der Schlüsseltechnologien, welche als relevant für eine universelle Lasermaschine identifiziert wurden. Die Arbeiten erfolgen dabei schwerpunktmäßig mit Bezug zur Kombination unterschiedlicher remotefähiger Laserverfahren für die Metallbearbeitung auf ein und derselben Anlage.

**LASERBASIERTE PROZESSKETTEN:** Eine universelle Lasermaschine ermöglicht die Umsetzung einer großen Vielfalt unterschiedlicher laserbasierter Prozessketten. Für deren optimierte Auslegung müssen die technologischen Wechselwirkungen zwischen den beteiligten Laserverfahren in der Prozesskette bekannt sein und berücksichtigt werden. Über diese Wechselwirkungen ist insbesondere für die Kombination von mehr als zwei Laserverfahren bislang jedoch nur wenig bekannt, weshalb diese tiefergehend erforscht werden müssen. Darüber hinaus muss dieses Wissen auch in einer digitalisierten Form zugänglich gemacht werden, um die Optimierung laserbasierter Prozessketten zu unterstützen.

**STEUERUNGSARCHITEKTUR:** Für solch vielfältige Prozessketten wird eine Steuerungsarchitektur benötigt, die einen einfachen und unterbrechungsfreien Wechsel zwischen den verschiedenen Laserverfahren „on-the-fly“ gewährleisten kann. Dies erfordert den Austausch von Echtzeit-Applikation, sowie die Rekonfiguration des zugehörigen Echtzeit-

UL | Universal Laser Machine  
Universelle Lasermaschine

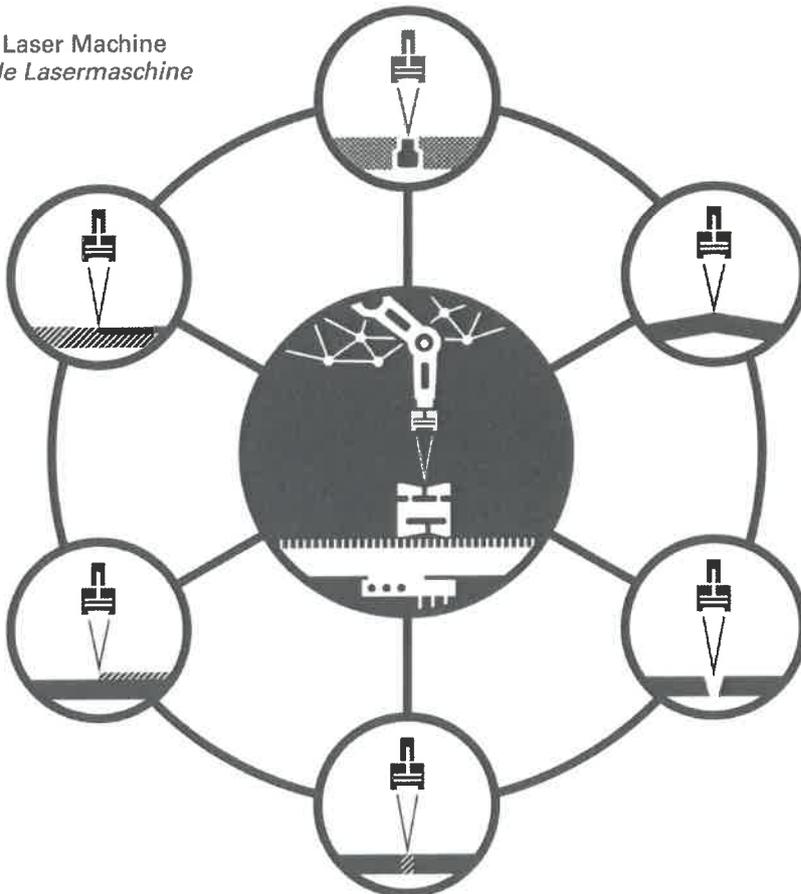


Abbildung 1: Visualisierung der universellen Lasermaschine auf Basis der Kombination unterschiedlicher laserbasierter Fertigungsverfahren auf einer Anlage (© IFSW).

Laser Manufacturing Node

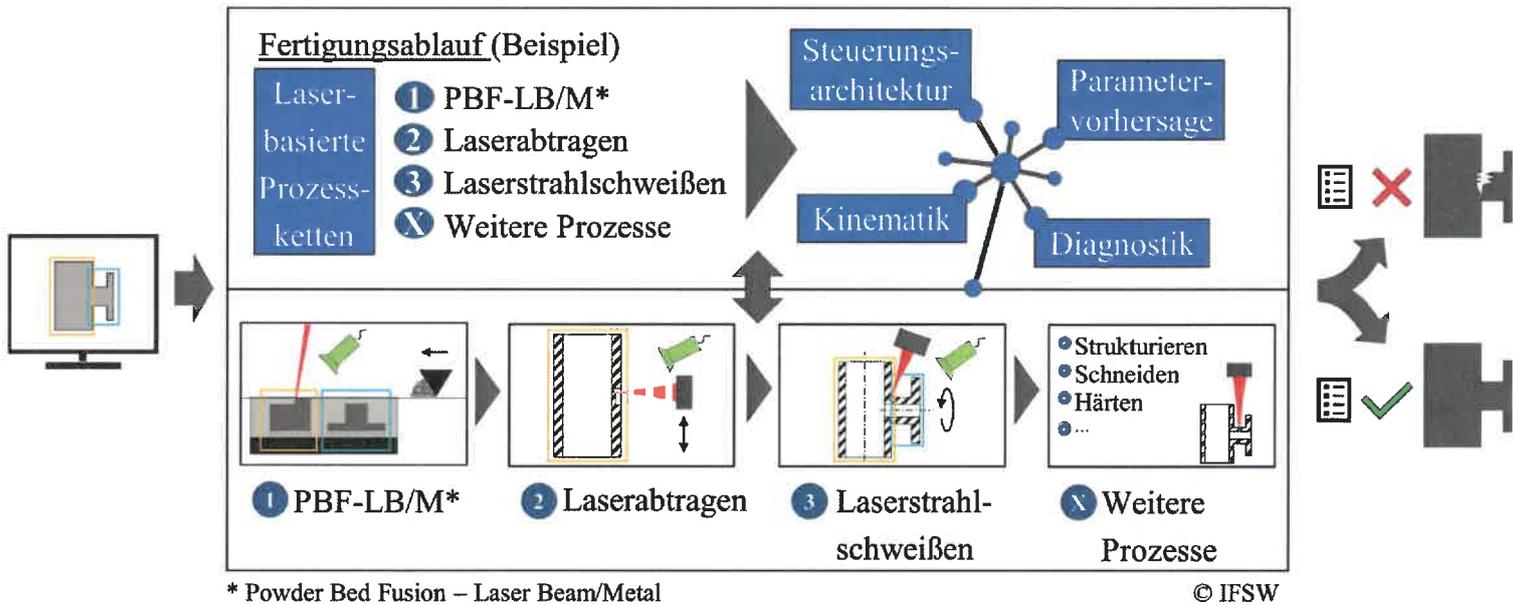


Abbildung 2: Schlüsseltechnologien für eine universelle Lasermaschine.

Netzwerkes. Hierfür bietet sich vorzugsweise eine verteilte Steuerungsarchitektur nach dem Vorbild eines Cyber-Physikalischen Produktionssystem (CPPS) [6] an. Für einen unterbrechungsfreien Wechsel zwischen den einzelnen Laserverfahren wird insbesondere ein spezialisiertes Konzept [7] für die Neuplanung und Anpassung des Echtzeit-Netzwerkes, ohne Unterbrechung der Kommunikation, weiterentwickelt.

**KINEMATIK:** Mit der Vielzahl unterschiedlicher Laserverfahren, die auf einer universellen Lasermaschine verfügbar sein werden, geht auch eine entsprechend große Bandbreite an Prozessparametern einher. Dies erfordert ein für die speziellen Anforderungen der Lasermaterialbearbeitung konzipiertes Kinematiksystem, mit welchem die unterschiedlichen Verfahren flexibel abgedeckt werden können.

**MODELLE FÜR DIE PARAMETERVORHERSAGE:** Die sich ständig ändernden Anforderungen an die Produkte führen dazu, dass auch die optimalen Prozessparameter für die Fertigung bei jedem herzustellenden Teil potentiell unterschiedlich sein können und somit jedes Mal neu ermittelt werden müssen. Um den damit verbundenen experimentellen, finanziellen und zeitlichen Aufwand zu minimieren wird ein modellbasiertes Vorgehen für die Ermittlung der Prozessparameter verfolgt. Dabei sollen durch eine Kombination von wissensbasierten (z. B. analytische) und datenbasierten Modell-

en (maschinelles Lernen) die Vorteile beider Ansätze kombiniert werden, um auch für komplexe Zusammenhänge schnelle und robuste Modellvorhersagen zu erhalten.

**ADAPTIERBARE PROZESSDIAGNOSTIK FÜR DIE QUALITÄTSÜBERWACHUNG:** Die Qualitätsüberwachung ist ein weiterer wichtiger Aspekt der Fertigung und sollte idealerweise direkt online während des Fertigungsprozesses erfolgen. Für eine universelle Lasermaschine mit einer Vielzahl unterschiedlicher Laserverfahren erfordert dies ein Diagnostiksystem, welches schnell und einfach an die unterschiedlichen Anforderungen für die Überwachung der verschiedenen Verfahren anpassbar ist. Die Kombination eines scannenden Pyrometer- und OCT (optische Kohärenztomographie)-Messsystems stellt eine vielversprechende Sensorkombination für diese Aufgabe dar. Zusätzlich sind jedoch auch entsprechende Datenverarbeitungsmethoden erforderlich, um aus den Messsignalen zuverlässig auf die Qualitätsmerkmale schließen zu können.

**DANKSAGUNG:** Die vorliegenden Arbeiten wurden durch das Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst Baden-Württemberg im Rahmen des „InnovationsCampus Mobilität der Zukunft“ gefördert.

LITERATURVERZEICHNIS:

[1] Cohen Y, et al. 'Design and management of digital manufacturing and assembly systems in the Industry 4.0 era'. International Journal of Advanced Ma-

nufacturing Technology 2019;105(9): 3565-3577.

[2] Lechler A, Verl A. 'Software Defined Manufacturing extends cloud-based control'. In: Proceedings of the ASME 2017 12th MSEC2017.

[3] Xu L, et al. 'Reshaping the Landscape of the Future: Software-Defined Manufacturing'. Computer 2021;54(7):27-36.

[4] Graf T, Hoßfeld M, Onuseit V. 'A Universal Machine: Enabling Digital Manufacturing with Laser Technology'. In: Heieck F, Ackermann C, editors. Advances in Automotive Production Technology - Theory and Application. ARE-NA2036. Berlin, Heidelberg: Springer Vieweg; 2021. p. 386-393.

[5] <https://www.icm-bw.de/>

[6] Cruz Salazar LA, et al. Cyber-physical production systems architecture based on multi-agent's design pattern-comparison of selected approaches mapping four agent patterns. International Journal of Advanced Manufacturing Technology 2019;105(9):4005-4034. DOI: 10.1007/s00170-019-03800-4.

[7] von Arnim C, Lechler A, Riedel O. 'Operations for non-disruptive modification of real-time network schedules'. In: 2021 22nd IEEE International Conference on Industrial Technology (ICIT).

KONTAKT:  
Dr.-Ing. Michael Jarwitz  
Institut für Strahlwerkzeuge (IFSW)  
Pfaffenwaldring 43  
70569 Stuttgart  
Tel.: +49 (0)711 685 60209  
michael.jarwitz@ifsw.uni-stuttgart.de  
www.ifsw.uni-stuttgart.de