

Projekt:	Scanner mit extrem jitterfreier Synchronisation zur hochpräzisen Strahlableitung für UKPL-Applikationen (SCANLINE)
Koordinator:	Markus Guggenmos ARGES GmbH Werk 4 92442 Wackersdorf Tel.: 09431 / 7984-0 e-Mail: guggenmos@ARGES.de
Projektvolumen:	5,9 Mio. € (ca. 54,1 % Förderanteil durch das BMBF)
Projektlaufzeit:	01.04.2012 bis 31.12.2015
Projektpartner:	➔ ARGES GmbH, Wackersdorf ➔ LIMO GmbH, Dortmund ➔ Qioptiq Photonics GmbH & Co. KG, Feldkirchen ➔ KUGLER GmbH, Salem ➔ Paul Pleiger Maschinenfabrik GmbH & Co. KG, Witten ➔ Fraunhofer IOF, Jena

Ultrakurz und hochpräzise – die neue Dimension der Lasermaterialbearbeitung

Ultrakurze Laserpulse mit Dauern von einigen Femtosekunden ($1 \text{ fs} = 10^{-15} \text{ s}$) bis hin zu wenigen Pikosekunden ($1 \text{ ps} = 10^{-12} \text{ s}$) erlauben völlig neue Bearbeitungsverfahren, die mit konventionellen Werkzeugen so nicht möglich sind. Im medizinischen Bereich eröffnen sie gänzlich neue Therapiemöglichkeiten, beispielsweise hochpräzise und schädigungsarme Schnitte im Auge. Wesentliches Merkmal der Laserblitze sind extrem hohe Spitzenintensitäten, die auf Grund der starken zeitlichen Kompression bereits mit sehr geringen Pulsenergien erreicht werden können. Dies ermöglicht einen hochpräzisen Materialabtrag ebenso wie die Bearbeitung temperatursensibler Materialien ohne thermische Schädigung. In der Photovoltaikfertigung führt diese hochpräzise Bearbeitung zu effizienteren Solarzellen, bei Herstellung von LEDs oder Computerchips steigt die Ausbeute pro Wafer und bei einem der weltweit häufigsten chirurgischen Eingriffe, der Therapie des grauen Stars, werden wesentlich effizientere und kostengünstigere Verfahren möglich. Neue Therapiemöglichkeiten der Altersweitsichtigkeit machen der Lesebrille ernsthafte Konkurrenz.

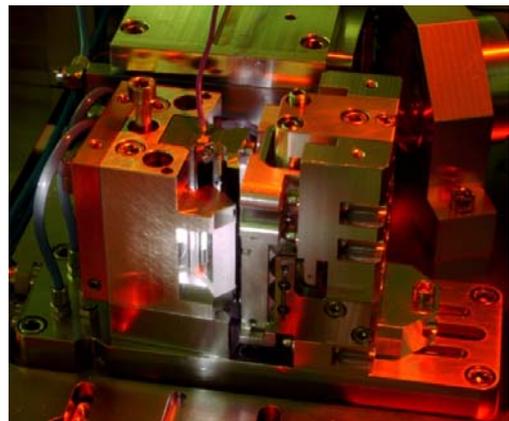


Bild 1: Im Labor konnten bereits Ultrakurzpuls-Laser mit Ausgangsleistungen im kW-Bereich demonstriert werden. (Quelle: Fraunhofer ILT)

Die führende Rolle deutscher Unternehmen auf diesem Gebiet gilt es zu nutzen, um die für die vollständige Erschließung des Potentials ultrakurzer Laserpulse wichtigen nächsten Schritte zu tun. Dazu gehören neben innovativen kostengünstigen und leistungsfähigen Strahlquellenkonzepten vor allem auch leistungsfeste, langlebige Komponenten und eine hochdynamische Strahlführung und –formung. Den Herausforderungen des Wettbewerbs stellen sich die Partner der Förderinitiative „Ultrakurzpuls laser für die hochpräzise Bearbeitung“, für die das BMBF in zehn Verbundprojekten etwa 20 Millionen Euro bereitstellt.

Hohe Präzision auch bei schnellen Pulswiederholraten

Um die genannten Vorzüge der Ultra-Kurzpulslaser für genaue Bearbeitungsergebnisse auch effektiv nutzen zu können, ist es wichtig, jeden einzelnen Laserpuls präzise und reproduzierbar mittels sogenannter Scanner auf dem jeweiligen Werkstück zu positionieren. Dies erfolgt bisher in der Regel mit beweglichen Spiegeln. Für eine präzise Strahlablenkung stellen Ultrakurzpulslaser jedoch eine große Herausforderung dar.

Hohe Pulswiederholrate mit einigen Tausend bis zu einigen Millionen Schuss pro Sekunde stellen sehr hohe Ansprüche an die Geschwindigkeit und Präzision der elektro-mechanischen Ablenkeinheiten. Mit zunehmender Geschwindigkeit treten hier z.B. auf Grund der Trägheit Schleppfehler oder Pulsüberlapp auf, die es zu kompensieren gilt. Bisher führt dies meist dazu, dass Pulse verworfen werden müssen und somit die eigentlich mögliche Bearbeitungsgeschwindigkeit nicht erreicht wird. Höhere Pulswiederholraten können hier beispielsweise die Behandlungsdauer bei laserchirurgischen Eingriffen wesentlich verkürzen.

Des Weiteren wird die Pulswiederholrate in der Regel vom Laserresonator bestimmt und kann nur bedingt von außen vorgegeben werden. Häufig weist diese zusätzlich noch eine statistische Schwankung auf, welche die Synchronisation mit den Ablenkeinheiten erschwert. Darüber hinaus müssen alle Komponenten, welche den Strahlengang des Lasers festlegen auch noch die hohen Pulsspitzenleistungen aushalten, um lange Standzeiten in der Anwendung und somit einen wirtschaftlichen Betrieb zu ermöglichen.

Die angestrebte Innovation des Verbundes SCANLINE stellt eine neuartige Steuerungsarchitektur dar, welche es ermöglichen wird, sowohl den Laser als auch mehrere Ablenkeinheiten untereinander zu synchronisieren. Somit soll es möglich werden, verschiedene Ablensysteme zu kombinieren und ihre jeweiligen Vorteile auszunutzen. So soll z.B. der Schleppfehler, welcher bei galvanischen (mechanischen) Scannern bei schnellen Bewegungen auftritt, durch zusätzliche kleine, dafür aber schnellere Ablenkungen durch elektro-optische Kristalle kompensierbar werden.

Neue Ansteuerung ermöglicht effektive Kombination verschiedener Ablensysteme

Im Verbund ist daher eine neuartige Steuerungsarchitektur zu entwickeln, welche auf einer hochfrequenten Punktwolke basiert. Alle an der Strahlablenkung beteiligten Takte werden dabei von einem deutlich höher frequenten Takt als bisher üblich durch Teilung synthetisiert bzw. wird dieser Mastertakt durch Multiplikation aus den Eigentakten der Komponenten erzeugt.

Außerdem werden auch neue Fertigungs- und Beschichtungstechniken für eine höhere Präzision und Leistungsfestigkeit der Ablenkeinheiten und Fokussieroptiken erforscht, damit diese der neuen Steuerung präzise folgen können und längere Standzeiten aufweisen.

Voraussetzung zur Erreichung dieser Ziele ist ein Forschungsverbund aus Partnern mit hohen Kompetenzen auf den jeweiligen Gebieten, welcher alle Stufen der Wertschöpfung am Industriestandort Deutschland abdeckt.

Deutsche Forschungseinrichtungen stehen gemeinsam mit den Unternehmen in der Laseranwendung weltweit an der Spitze der Forschung. Diese Stellung gilt es zu verteidigen und weiter auszubauen, um so die Zukunftstechnologie "Ultrakurzpulslaser" in Deutschland nachhaltig zu etablieren, qualifizierte Arbeitsplätze langfristig zu sichern und zahlreiche neue zu schaffen.

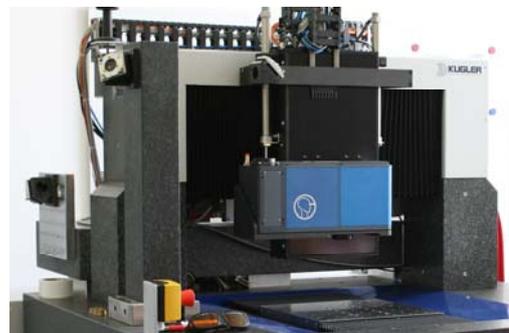


Bild 2: X-Y-Z-Gantry mit montiertem 3-Achs-Galvanometer-Scanner (Quelle: ARGES GmbH)