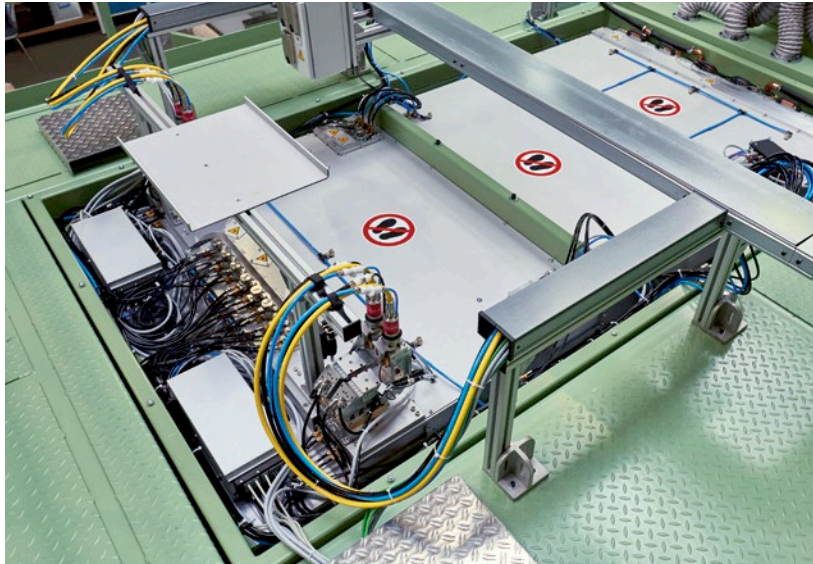
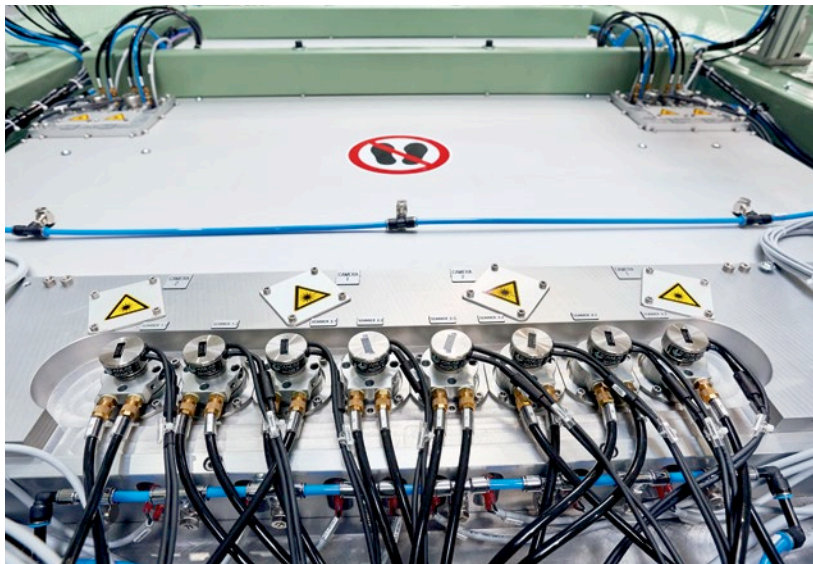


Bei der Remote-Lasermaterialbearbeitung werden fokussierte Laserstrahlen über hochdynamisch verstellbare Spiegel, die Galvanometerscanner, auf das Werkstück abgelenkt.



Dieses Prinzip wurde in Zusammenarbeit von Coherent Rofin, Karl H. Arnold Maschinenfabrik und dem Fraunhofer IWS Dresden bereits in mehreren Anlagen konkret umgesetzt.



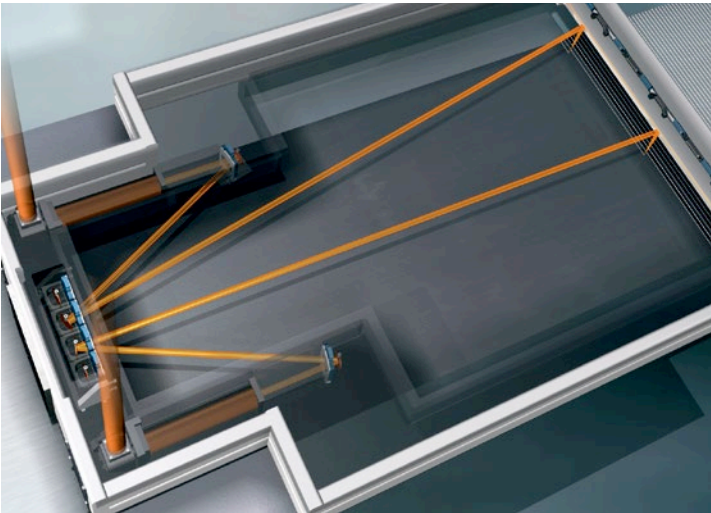
Laserscanner der LMDR-Anlage im eingebauten Zustand.

## Produktivitätssteigerung bei der Lasermaterialbearbeitung

Das Fraunhofer-Institut für Werkstoff- und Strahltechnik (IWS) Dresden betreibt anwendungsorientierte Forschungs- und Entwicklungsarbeiten auf den Gebieten der Laser- und Oberflächentechnik. Für die Highspeed-Lasermaterialbearbeitung wurde in einer Anwendung der Prozess mit Technologien von Beckhoff optimiert. Darüber hinaus hat das Fraunhofer IWS Dresden ein eigenes EtherCAT-Modul entwickelt.

Bei der Remote-Lasermaterialbearbeitung wird ein fokussierter Laserstrahl über sehr schnell verstellbare Spiegel, die sogenannten Galvanometerscanner (kurz Scanner genannt), abgelenkt und entlang der zu bearbeitenden Kontur auf der Werkstückoberfläche hochdynamisch bewegt. Aufgrund des Abstands zwischen den Scannerspiegeln und dem Material kann die Geschwindigkeit des Laserstrahls auf dem Werkstück mehrere Meter pro Sekunde erreichen. Je höher die geforderte Bearbeitungsgeschwindigkeit ist, umso schneller müssen die Scanner ausgerichtet werden.

Normalerweise wird die Scanneransteuerung mittels spezieller PC-Einschubkarten und Elektronikmodule realisiert, welche gleichzeitig die Bahnbewegung steuern. Neben der schnellen Steuerung der Scanner besteht die Herausforderung vor allem in der Überwachung und Optimierung des Prozesses sowie dem Zusammenspiel mit weiteren Maschinenelementen. Oft müssen mehrere Bewegungen im Prozess miteinander koordiniert werden, beispielsweise die Synchronisierung der Laserstrahlbewegung mit einem Förderband für den Materialvorschub. Zur Gewährleistung einer gleichbleibenden Bearbeitungsqualität



Oben: Peter Rauscher, Experte für Lasersystemtechnik am Fraunhofer-Institut für Werkstoff- und Strahltechnik Dresden, vor dem Schaltschrank der Laserbearbeitungsanlage.

Unten: Prinzip des optischen Aufbaus einer LMDR-Anlage mit zwei redundanten Strahlengängen (orange Linien = Laserstrahl). Das zu bearbeitende Blech wird unter den Laserstrahlen hinwegbewegt.  
© Fraunhofer IWS Dresden

müssen darüber hinaus die Prozessparameter häufig im laufenden Betrieb angepasst werden.

### EtherCAT-Modul ESL2-100 optimiert die Laseransteuerung

Zur besseren Integration der Scanner in Automatisierungssysteme wurde am Fraunhofer IWS Dresden eine spezielle Elektronik entwickelt, das ESL2-100-Modul. Dieses ermöglicht, den Scanner direkt aus der Maschinensteuerung heraus mittels EtherCAT anzusteuern. Dadurch wird die Kommunikation zwischen den Scannern, der Maschinensteuerung und der Peripherie hinsichtlich Durchgängigkeit, Echtzeitfähigkeit und Synchronität optimiert. „Bei herkömmlichen Lösungen muss oft die gesamte zu verfahrenende Kontur vorab an die Scannersteuerung übermittelt werden. Anpassungen im laufenden Betrieb sind nur schwer möglich. Mit dem ESL2-100 berechnen wir die Bahnbewegung nun vollständig in der NC und PLC. Zwischen dem Modul und der Steuerung werden die Soll- und Istwerte für die Scannerbewegung sowie Status- und Diagnosewerte kommuniziert. Eingriffe in den Bewegungsablauf sind in Echt-



zeit möglich. Die Scanner können einfach als Motion-Control-Achsen, z. B. in der Automatisierungssoftware TwinCAT NC, eingebunden werden“, erläutert Peter Rauscher, Gruppenleiter Lasersystemtechnik Fraunhofer IWS Dresden, die Funktionalität des Moduls.

### Anwendung in der Praxis: Laserbehandlung von Elektrolechen

Eine realisierte Anwendung unter Verwendung der ESL2-100-Module ist die Laserbehandlung von Elektrolechen, wie sie z. B. beim Bau von Transformatorenkernen zur Anwendung kommen. Um die Effizienz von Transformatoren bei der Energieübertragung zu steigern, werden mittels Laserstrahlung thermische Spannungen in die Bleche eingebracht. Dieses sogenannte „Laser Magnetic Domain Refinement“, kurz LMDR, entwickelte ein Konsortium der Unternehmen Coherent Rofin, Karl H. Arnold Maschinenfabrik und des Fraunhofer IWS Dresden. Mittlerweile wurde dieses Verfahren bereits mehrfach in die industrielle Anwendung übertragen. Das Elektrolech wird als Bandmaterial unter der Laserbearbeitungsebene hinwegbewegt. Dabei werden zwölf Scanner als „Einzelachsen“ zusammen mit vier Laserstrahlquellen zu einer Bandvorschubgeschwindigkeit von bis zu 140 m/min synchronisiert.

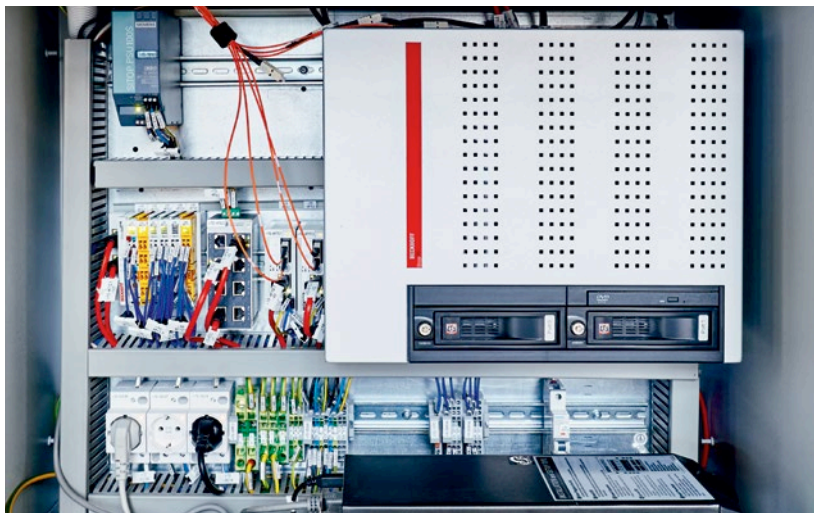
### Hohe Anforderungen an Performance und Vielseitigkeit erfüllt

Die in der konkreten Anwendung eingesetzte Industrie-PC-Plattform von Beckhoff mit der Automatisierungssoftware TwinCAT 3 ermöglichte die Reali-

Blick in den Schaltschrank mit den vom Fraunhofer IWS Dresden entwickelten ESL2-100-Modulen (oben) und den Beckhoff EtherCAT-Klemmen.



Die vom Fraunhofer IWS Dresden entwickelte Softwarelösung für das LMDR wird auf einem Beckhoff Industrie-PC C6650 abgearbeitet, mit EtherCAT als Kommunikationssystem für I/Os und Antriebe. Sicherheitsrelevante Aktoren werden über TwinSAFE und andere Feldbusteilnehmer über PROFIBUS integriert.



sierung von Steuerungszykluszeiten  $< 100 \mu\text{s}$ . EtherCAT-Klemmen verarbeiten die Prozesssignale mit bis zu 100 kHz und schalteten die Laserstrahlquellen innerhalb weniger Millisekunden an und aus. Die mechanischen Vorschub- und Zustellachsen, realisiert mit TwinCAT NC und Servoantrieben des Typs AX5000, wurden systemweit durch die „Distributed Clock“-Funktion von EtherCAT synchronisiert. Die Kommunikation mit weiteren Komponenten und Maschinensteuerungen konnte dank der Integrationsmöglichkeit verschiedener Feldbussysteme mittels TwinCAT und EtherCAT ohne großen Aufwand umgesetzt werden. „Dank des offenen, PC-basierten Steuerungskonzepts ist es uns gelungen, verschiedene Komponenten, wie Laserstrahlquellen, Scanner und Sensorik, auf einer einzigen Plattform zusammenzuführen und die Ansteuerung des Lasers mit genauer Messung und Verarbeitung aller relevanten Prozessgrößen für das LMDR umzusetzen. Neben den Echtzeitanwendungen haben wir noch weitere Software auf dem PC abarbeiten lassen, was zusätzliche Hardware einspart“, erläutert Peter Rauscher. „Mit der Entwicklungssoftware war die systemweite Konfiguration, Programmierung, Inbetriebnahme und Diagnose in einem einzigen Softwareprojekt umsetzbar, was es uns ermöglichte, flexibel auf die anwendungsspezifischen Anforderungen zu reagieren.“

Dabei erlaubte das vom Fraunhofer IWS entwickelte ESL2-100-Modul, die Prozessparameter und die Bewegung der Scanner, abhängig vom Bearbeitungsprozess und Bandvorschub, dynamisch anzupassen. „Die geschaffene Lösung

erfüllt die von der Industrie geforderte hohe Bearbeitungsgeschwindigkeit bei gleichbleibender Bearbeitungsqualität. Letztendlich steigerten wir dadurch die Produktivität der Bearbeitung sogar um mehr als 15 %“, betont der Wissenschaftler.

#### Ausblick auf weitere Entwicklungen

Zukünftige Anwendungen erfordern eine Modifikation des Laserstrahls, um die Bearbeitung bei unterschiedlichen Bewegungen, Oberflächen und Materialien zu optimieren. „Mit unserem Systemkonzept werden wir zukünftig die Laserstrahlbewegung und die Ansteuerung der Laserstrahlquelle in Echtzeit praktisch beliebig modifizieren können“, sagt Peter Rauscher. Eine neue Versuchsanlage mit Beckhoff-Technologie zum Remote-Laserstahlschneiden und -schweißen von Metallen und Nichtmetallen, wie z. B. Faserverbundwerkstoffe, wurde am Fraunhofer IWS Dresden installiert.

weitere Infos unter:

[www.iws.fraunhofer.de](http://www.iws.fraunhofer.de)

[www.arnold-rv.de](http://www.arnold-rv.de)

[www.rofin.de](http://www.rofin.de)