

Luxemburgs Wirtschaft weist eine starke Abhängigkeit vom tertiären Sektor auf. Der Wohlstand des Landes basiert auf Handel und Dienstleistungen, insbesondere auf Finanzdienstleistungen.<sup>1</sup> Der sekundäre Sektor mit den produzierenden Unternehmen offenbart auch im Vergleich zu den Nachbarn Nachholpotential. Dabei sind die Voraussetzungen für den Ausbau der wertschöpfenden Fertigung in Luxemburg sehr gut. Das zeigt sich an mehreren Werken international renommierter Konzerne, die von einem dichten Netz an wettbewerbsfähigen KMU (Kleinen und Mittelständischen Unternehmen) mit einem breiten Produktportfolio ergänzt werden.



## LASERFÜGEN UNGLEICHER WERKSTOFFE\_

Prof. Dr.-Ing. Peter Plapper



Bild 1: Von der Stahlproduktion über Finanzdienstleistungen zur Wissensgesellschaft

Daraus leiten sich die Herausforderungen für Luxemburgs Wirtschaft ab. Die erforderliche Diversifizierung der Wirtschaft muss mit dem Übergang zur Wissensgesellschaft des Landes einhergehen (Bild 1). Es ist Knowhow über zukunftsweisende Fertigungstechnik erforderlich, welche die Wettbewerbsfähigkeit weiter steigert und beiträgt, die Wertschöpfung im Lande zu erhöhen.

Fertigungsverfahren mit besonders großem Potential sind die verschiedenen Methoden der Laserbearbeitung<sup>2</sup>.

Einige innovative Unternehmen setzen bereits heute Lasertechnik in der Fertigung unterschiedlichster Produkte ein, doch der Austausch der Unternehmen untereinander fand bisher nicht oder nur sehr begrenzt statt. Auch gab es bisher keine wissenschaftliche Unterstützung der produzierenden Unternehmen durch die nationalen Forschungseinrichtungen hinsichtlich der Laser Technologie.

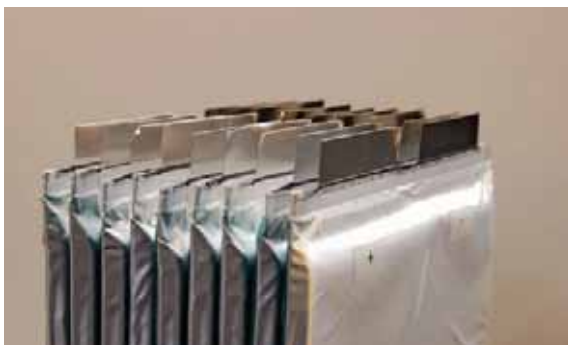


Bild 2: Die Leistungsfähigkeit von Li-Ion Batterien wird maßgeblich durch die Verbindung der Laschen bestimmt. Ein laufendes Forschungsprojekt untersucht, wie man den Fügeprozess optimieren kann (Quelle: Auto Motor und Sport)

Das **Laser Technologie Kompetenz Zentrum**<sup>3</sup> an der Universität Luxemburg bildet nun einen Fokus Punkt für die Lasertechnik im Lande und führt Anwender mit Entwicklern der Lasertechnik zusammen. Dabei werden Neueinsteiger ebenso wie erfahrene Anwender und Forscher angesprochen, ihre Erfahrungen auszutauschen.

Das Laser Technologie Kompetenz Zentrum will Klein- und Mittelbetrieben sowie internationalen Firmen mit neuen Erkenntnissen aus der Lasertechnologie und mit der Ausbildung von Fachkräften unterstützen. Im Rahmen von Machbarkeitsstudien werden applikationsspezifische Prozessparameter untersucht, Prozessfenster definiert und produktionsrelevantes Knowhow rund um die lasergestützte Fertigung erarbeitet. Es werden neue Einsatzmöglichkeiten für den Laser als produktives und wirtschaftlich wettbewerbsfähiges Werkzeug aufgezeigt. Das Laser Technologie Kompetenz Zentrum unterstützt bei Entwicklung der Produktionsreife durch Nachweis der Prozessfähigkeit.

Bei falscher Prozessauslegung kann der Einsatz einer neuen Technologie schnell teuer und damit unwirtschaftlich werden. Doch richtig eingesetzt ist der Laser ein überaus effizientes Werkzeug, wie zahlreiche erfolgreiche Installationen belegen<sup>4,5</sup>.

Auch durch die Ausbildung der Ingenieur-Studenten unterstützt die Universität die produzierenden Unternehmen, die so Bewerber erhalten, die in Theorie und praktischer Anwendung modernster Technologie anhand von Themenstellungen mit klarem Industriebezug ausgebildet werden. Aus der intensiven Zusammenarbeit der Universität mit den produzierenden Unternehmen ergeben Vorteile für beide Seiten.

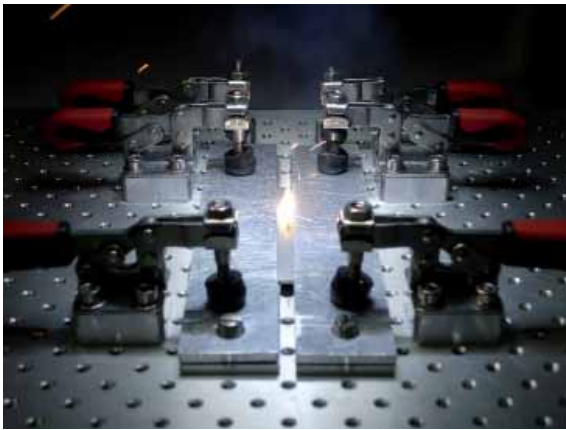


Bild 3: Mit einem brillanten Faserlaser werden die definiert eingespannten Werkstücke gefügt.

Nachfolgend sollen einige Anwendungen der Laserbearbeitung und die spezifischen Vorteile skizziert werden.

Das **Laserlöten** von verzinkten Stahlblechen ist in der Automobilindustrie seit mehreren Jahren Stand der Technik, selbst an den für den Kunden offen einsehbaren Sichtkanten der Karosserie wird es inzwischen ohne Nacharbeit eingesetzt. Die zahlreichen Parameter des Laserlötens erfordern während der Produktionsvorbereitung eine äußerst sorgfältige Prozessentwicklung, um Schwankungen der Bauteile durch geeignete Prozessführung auszugleichen. Doch die überaus guten Erfahrungen in der laufenden Produktion belohnen diese Sorgfalt bei den Voruntersuchungen mit einem sehr robusten Prozess, der sich durch überaus geringe Nacharbeitsraten von unter 1%O auszeichnet.

Auch das **Laserschweißen** bietet Potential zur Steigerung der Wirtschaftlichkeit bei der Prozessentwicklung. So bildet die hohe Investition für die Laseranlage eine Schwelle zum wirtschaftlichen Einsatz dieser Technologie. Doch zu Unrecht. Berücksichtigt man bei der Prozessauslegung beispielsweise den Hinweis, dass der Laser möglichst kontinuierlich an bleiben muss und sieht für das Verfahren oder Umschalten zwischen den Schweißpositionen möglichst kurze Zeit vor, so erreicht man höhere Strahlnutzungszeiten als bei konventioneller Prozessauslegung und die Investition

macht sich wesentlich schneller bezahlt. Dies kann entweder mit Scannerschweißen oder mit einem beam switch erreicht werden, der das Verfahren des Laserstrahls auf den nächsten Schweißpunkt in wenigen ms oder sogar teilweise parallel zur Hauptzeit ermöglicht und so die Nutzungsdauer der Strahlquelle maximiert. Mit den inzwischen verfügbaren Hochleistungslasern eröffnen sich zahlreiche Anwendungen, wobei Bearbeitungsgeschwindigkeiten bis zu 3.000 m/min in Reichweite liegen.

Sollen verzinkte Bleche lasergeschweißt werden, so ist die Spannvorrichtung so zu konstruieren, dass der Zinkdampf von der Oberfläche der Bleche direkt entweichen kann und nicht durch das aufgeschmolzene Metall hindurch ausgasen muss, da dieses aufgrund der unterschiedlichen Schmelzpunkte zu Spritzern führen würde<sup>3</sup>.

In diesen Themenblock gehören auch die aktuell laufenden Untersuchungen zum **Laserfügen ungleicher Nicht-Eisenmetalle**, das exemplarisch an Kupfer und Aluminium erforscht wird<sup>7</sup>. Insbesondere seit der Ankündigung durch inzwischen jeden OEM Elektrofahrzeuge in Serie herzustellen, besteht bei dieser Werkstoffkombination ein sehr großer Forschungsbedarf. Es werden Alternativen zu den heute eingesetzten Fügeverfahren der Laschen von Li-Ion Batterien gesucht (Bild 2). Die lasergestützte Fügetechnik könnte mit kleineren und dünneren Laschen zum Leicht-

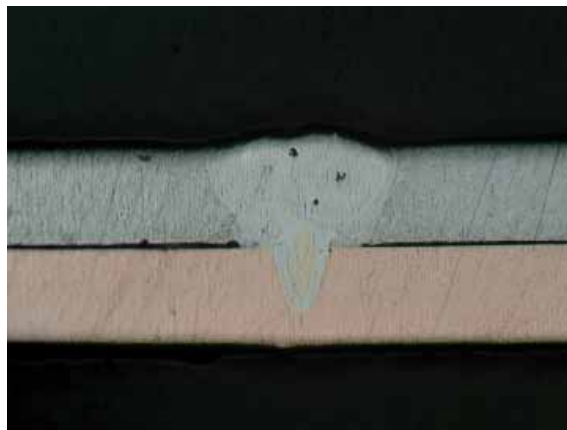


Bild 4: Im Schliffbild der Laserschweißnaht ist deutlich die Vermischung von Kupfer und Aluminium zu erkennen.



Bild 5: Im Schliffbild einer Laserschweißnaht von transparentem Kunststoff (oben) und optisch absorbierendem Kunststoff (unten) ist der tragende Querschnitt (weiße Linie) zu erkennen

1\_ <http://www.statistiques.public.lu/fr/index.html>

2\_ Plapper, P.: "Stand und Entwicklung der Fügeverfahren in der Verkehrstechnik" Kolloquium "Fügeverfahren in der Verkehrstechnik" am Produktionstechnischen Zentrum, PTZ, Berlin, Juni 2005

3\_ Euro Laser Zeitschrift für industrielle Laseranwendung 18. Jhgg, November 2011, Seite 7, Schlütersche Verlagsgesellschaft, Hannover, 2011

4\_ Schweikhard, F.; Plapper, P.: "Nd:YAG-Laser in der Großserienfertigung von verzinkten Karosserien" ATZ, Automobiltechnische Zeitschrift 98 (1996) 6, pages 322- 326

5\_ Plapper, P.: "Laser-Applications at GM Europe" Presentation at the ALAW'99 of all laser applications at GM Europe; ALAW, Automotive Laser Application Workshop, Dearborn, 1999

6\_ Plapper, P. Vorlesungsunterlagen „Werkzeugmaschinen“ der Universität du Luxembourg 2011

7\_ Plapper, P. Solchenbach, T.: „Laser diffusion welding of Al-Cu connections“, Angenommener Vortrag auf der EALA 2012, Bad Nauheim

8\_ Weitere Literaturhinweise unter <http://www.Plapper.com>

bau der zukünftigen Li-Ion Batterien beitragen (Bild 3). Doch die Kupfer-Aluminium Verbindungen weisen höhere Widerstandswerte auf, als die Grundwerkstoffe der Batterieelektroden selbst. Durch die Reihen- und Serienschaltung mehrerer Li-Ion Elemente tritt dieser Widerstand an jeder Fügestelle der Laschen auf, so dass der interne Widerstand der Batterie durch diese zahlreichen Fügstellen negativ beeinflusst wird. Der Grund für die verminderte Leitfähigkeit der Fügestelle liegt in den Mischkristallen aus Aluminium und Kupfer. Sie sind auch die Ursache für die Versprödung der Fügestelle der beiden Laschen, welche die mechanische Festigkeit herabsetzt. Um den elektrischen Wirkungsgrad einer Li-Ion Batterie zu steigern und die mechanische Haltbarkeit der Batterieelemente zu verbessern sind somit die Entstehung der Al-Cu Mischkristalle zu kontrollieren. Daher untersuchen aktuelle Forschungsarbeiten, wie die Bildung der Mischkristalle durch Zugabe geeigneter Legierungselemente oder durch geschickte Prozessführung zu beeinflusst werden kann (Bild 4).

Beim **Laserschweißen von Kunststoffen** werden oftmals zwei Werkstücke aus dem gleichen, für den Laserstrahl transparenten Werkstoff verbunden, wobei dem Werkstoff Partikel beigemischt sind, die das Licht der Laserwellenlänge absorbieren. Der Laserstrahl geht durch das erste, transparente Werkstück hindurch und erwärmt den absorbierenden Werkstoff bis dieser über Wärmeleitung das transparente Werkstück aufschmilzt und beide Bauteile verbindet (Bild 5). Abweichend von den zuvor besprochenen metallischen Werkstoffen gibt es bei Kunststoffen jedoch

eine maximale Leistungsdichte bei deren Überschreiten der Kunststoff thermisch zerstört wird. Die erforderliche Laserleistung ist unterschiedlich für jeden Werkstoff und ist in Abhängigkeit von der Prozessgeschwindigkeit der Anwendung zu ermitteln. In Versuchen wird die minimale und maximale Leistungsdichte für den jeweiligen Werkstoff identifiziert und mit Zugproben und Mikrotom Schnitten die Haltbarkeit der Fügestelle nachgewiesen. Ebenso wie bei Metallen beeinflusst auch bei Kunststoffen die Spanntechnik die Robustheit des Prozesses und ist daher ebenfalls Gegenstand der Untersuchungen.

Durch die Weiterentwicklung der brillanten Laserstrahlquellen zu immer höheren Leistungen und besseren Strahlqualitäten in Kombination mit der ultraschnellen Scannertechnik steht die Produktivität der Laserbearbeitung vor einem Quantensprung. Sie ermöglichen die wirtschaftliche Fertigung unterschiedlicher Werkstoffkombinationen, wie sie bei Leichtbaustrukturen und bei komplexen Fügstellen mit erhöhten Qualitätsanforderungen vermehrt auftreten. Insbesondere bei der Einführung neuer Werkstoffkombinationen bietet das Laser Technologie Kompetenz Zentrum seine Unterstützung an.

Das Laser Technologie Kompetenz Zentrum wird zu rund einem Drittel vom Europäischen Fonds für Regionale Entwicklung (EFRE) im Rahmen des Programms „Regionale Wettbewerbsfähigkeit und Beschäftigung“ finanziell unterstützt.<sup>8</sup>

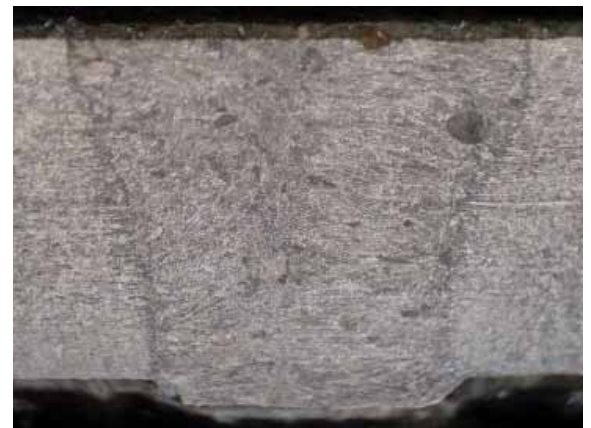


Bild 6: Schliffbild der Laserschweißung einer Stumpfnahse eines Cr Ni Stahls