

# Maskenschweißen von Thermoplasten mittels Laserstrahlung

## Eine Prozessidee findet den Weg in die Industrie

• **Viele Innovationen entstehen durch Kundenanforderungen. Oft werden diese Anforderungen durch den Stand der Technik limitiert. Beim Maskenschweißen von Thermoplasten behinderte viele Jahre die optische Leistung der Diodenlaser die Entwicklung des schnellen Verschweißens von kleinen Nähten und großen Strukturen für die Mikrotechnik und Fluidik. Die jetzt erreichten Leistungsklassen haben diese Limitierung für das Maskenschweißen aufgehoben, finden verstärkt Anwendung in der Industrie und treiben weitere Innovationen wie das High Speed Welding in den Markt.**

Als Grundlage für das Maskenschweißen dient das Laserdurchstrahlschweißen von

Thermoplasten (TP). Das Laserdurchstrahlschweißen zeichnet sich durch die Ausnutzung der optischen Eigenschaften von Thermoplasten hinsichtlich der eingesetzten Laserstrahlung und seiner Wellenlänge aus. Die bevorzugten Wellenlängen sind die des Hochleistungsdiodelasers aus dem Bereich 800–1000 nm, da Thermoplaste in diesem Wellenlängenbereich große Transparenz aufweisen.

Die Eigenschaften des Lasers als Werkzeug für das Laserdurchstrahlschweißen sind:

- sein kohärentes und divergentes Strahlungsverhalten,
- seine hohe Energiedichte,
- die Möglichkeit der Strahlführung durch direkte, fasergeführte Bestrahlung oder durch optische Komponenten,

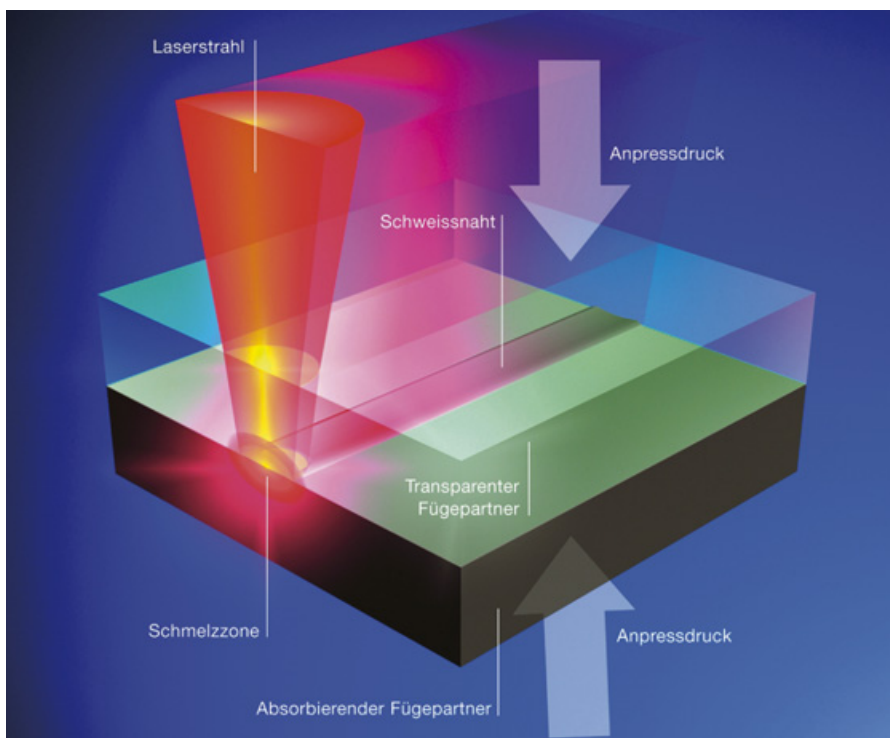
### DER AUTOR

#### CARSTEN THIELEN

Carsten Thielen, Jahrgang 1973, ist seit 2001 bei LEISTER beschäftigt. Von Haus aus Elektroniker und Dipl.-Ing. für Mikrosystemtechnik wechselte er von der Leister Process Technologies (Kägiswil, Schweiz) 2002 zur Leister Technologies GmbH in Aachen als Projekt- und Vertriebsingenieur. Seit April 2007 ist er Geschäftsführer der GmbH mit der Aufgabe „Entwicklung Geschäftsbereich Lasersystems“.



Dipl.-Ing. (FH) Carsten Thielen  
Leister Technologies GmbH  
Steinbachstr.15  
D-52074 Aachen  
Tel.: +49 (0)241 8906 152  
Fax: +49 (0)241 8906 558  
E-Mail: carsten.thielen@leister.com  
Website: www.leister.com



**ABBILDUNG 1: Prinzipskizze des Laserdurchstrahlschweißens. Der Laserstrahl tritt durch den transparenten Thermoplast hindurch und erwärmt den absorbierenden Thermoplast, sodass dieser schmilzt. Unter Druck wird eine dauerhafte Schweißverbindung von beiden Kunststoffen erreicht. (Quelle: Leister)**

- der örtlich sowie zeitlich definierte Energieeintrag und
- seine lange Standzeit.

Für das Schweißen von Thermoplasten im Durchstrahlverfahren wird ein für die Laserstrahlung transparenter und absorbierender Thermoplast verschiedenster Farbgebung mittels einer Anpressvorrichtung in Kontakt gebracht. Die zum Aufschmelzen der Thermoplaste notwendige Strahlung gelangt durch den transparenten Thermoplast in die Schweißebene. Der zweite Thermoplast ist so beschaffen, dass er die Strahlung absorbiert und sich dadurch in der lokalen Schweißzone erhitzt – es kommt zu einer Volumenvergrößerung. Die entstandene Wärme schmilzt den absorbierenden Thermoplasten auf. Das Aufschmelzen des transparenten Thermoplasten erfolgt durch Wärmeleitung und wird durch den Kraft-

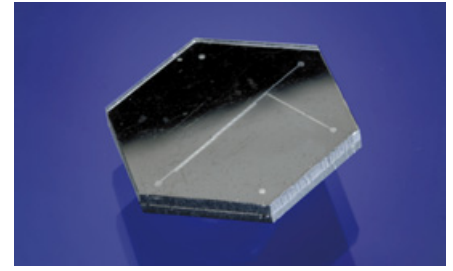
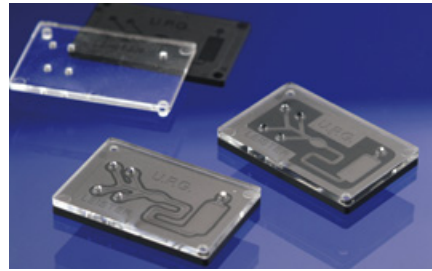
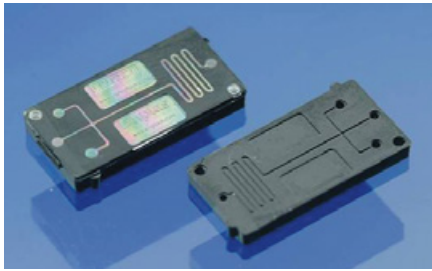


ABBILDUNG 2: Beispiele des Maskenschweißens aus F&E-Abteilungen und Instituten (Quelle: Leister, FhG-ILT)

und Formschluss der Anpressvorrichtung unterstützt. Nach dem Abkühlen erstarrt die Schmelze zu einer festen Schweißverbindung (Abb. 1).

Wenn man die optischen Eigenschaften von Thermoplasten und den Laser als Fügewerkzeug kombiniert, so ergeben sich für das Durchstrahlenschweißen prozessspezifisch einige Unterschiede zum Ultraschall-, Vibrations-, Heizelementschweißen und Kleben.

Je nachdem welches dieser klassischen Fügeverfahren mit dem Laserdurchstrahlenschweißen verglichen wird, liegt der Unterschied in

- der berührungslosen Bearbeitung,
- der kleinen thermischen und mechanischen Belastung der Bauteile,
- dem wulst- und erschütterungsfreien Fügen,
- den ausbleibenden induzierten Schwingungen,
- dem Wegfall der Partikelerzeugung vor, während oder nach dem Fügeprozess oder
- dem Ausbleiben von Arbeitsplatzbelastung in Form von Schall, Dampf und Geruch.

Dabei kommt das Laserdurchstrahlenschweißen ohne notwendige konstruktive Fügestrukturen aus und ermöglicht zusätzlich das Schweißen von thermoplastischen Elastomeren (TPEs).

### Das Laserdurchstrahlenschweißen und seine Varianten

Neben dem Maskenschweißen bietet das Laserdurchstrahlenschweißen weitere Konzepte und Varianten. Durch ihre Vielfältigkeit und der immer weiter steigenden Akzeptanz in der Industrie wird das Laserdurchstrahlenschweißen auf verschiedenste Produkte als alternatives Fügeverfahren angewendet. Dabei unterscheidet man die derzeit realisierten Konzepte und Varianten in Kontur-, Simultan-, Quasisimultan-, Twist-, Radial-, Globo- und Maskenschweißen [1–5].

Schon im Jahr 2000 wurde das Maskenschweißen mit einem Swiss Technology Award ausgezeichnet. Das Verfahren wurde für das Deckeln von mikrofluidischen Strukturen entwickelt. Industrielle Erfahrungen wurden schon frühzeitig von einigen F&E-Abteilungen an einer NOVOLAS micro von Leister gesammelt (Abb. 2).

Die Idee des Maskenschweißens besteht darin, die anwendungsspezifischen Vorteile

des Laserdurchstrahlenschweißens zu nutzen und gleichzeitig die Anforderungen der Mikrotechnik im Bereich der Fluidik in Dimension und Geometrieerhaltung zu erfüllen. Um dieses zu erreichen, wird zwischen Laserquelle und zu schweißendem Bauteil eine Maske eingefügt. Eine linienförmige, möglichst gut kollimierte Laserstrahlung wird dann mittels Relativbewegung quer über die Fügebauteile bewegt. Im Zusammenspiel von linienförmiger Laserstrahlung, Relativbewegung und Maske wird die Maskeninformation als Schweißbereich abgebildet (Abb. 3).

Die Maske ermöglicht dabei, feine Schweißnähte und flächige Strukturen im Mikrometerbereich abzubilden (Abb. 4).

Bei der Maschinenrealisierung Novolas micro bewegt sich während des Schweißprozesses die Strahlungsquelle relativ zu einer reflektierenden Maske. Die verwendete Maske ist austauschbar und ermöglicht einen flexiblen Einsatz der Maschine. Das integrierte und einschwenkende Kamerasystem richtet vor dem Schweißprozess mittels Bilderkennungs- und Positionierungssystem die Maske zum Bauteil aus. Die Positionierung der Maske erfolgt in dieser Ebene mit einer Genauigkeit von 2 µm. Die reproduzierbare Positioniergenauigkeit von Maske zum Bauteil liegt im Bereich <10 µm. Bauteilhalterung und Anpressvorrichtung sorgen beim Schweißprozess für den nötigen Form- und Kraftschluss. Die verwendete Maske selbst ist reflektierend und besteht aus einem chrombeschichteten Glassubstrat (Abb. 5). Für die Strukturierung der Maske werden zusätzlich zur Bauteilgeometrie auch Vorhaltemaße und Kompensationsbereiche berücksichtigt. Je nach Anforderung an die Maskeninformation hinsichtlich Auflösung wird diese fotolithografisch oder mittels Laserablation strukturiert.

Limitiert wurde das Einsatzgebiet des Maskenschweißens in den ersten Anwendungen durch die Strahlungsquelle. Dabei begrenzte die verfügbare optische Leistung die Linienlänge auf rund 10 mm. Das erforderte bei größeren Flächen ein mehrmaliges

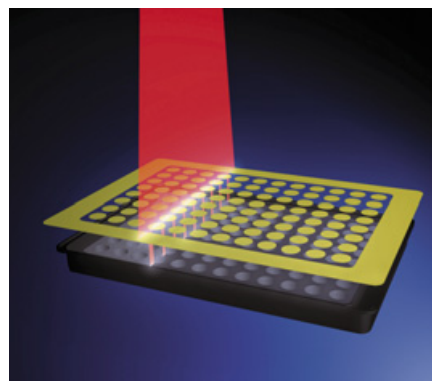


ABBILDUNG 3: Prinzip des Maskenschweißens. Im Zusammenspiel von linienförmiger Laserstrahlung, Relativbewegung und Maske wird die Maskeninformation als Schweißbereich abgebildet. (Quelle: Leister)

## DIE FIRMA

### Leister Process Technologies

Kägswil, Schweiz

Leister Process Technologies hat als Marktführer über 50 Jahre Erfahrung in Entwicklung, Produktion und weltweitem Vertrieb von Heißluftgeräten zum Kunststoffschweißen.

Die Abteilung Lasersysteme greift auf bereits 10 Jahre Erfahrung der nicht viel älteren Technologie des Laserdurchstrahlenschweißens von Thermoplasten zurück. Diese 10 Jahre Erfahrung in Applikation, Entwicklung und Produktion bietet Kunden spezifische Lösungen von Produkten mit Alleinstellungsmerkmalen. [www.leister.com](http://www.leister.com)

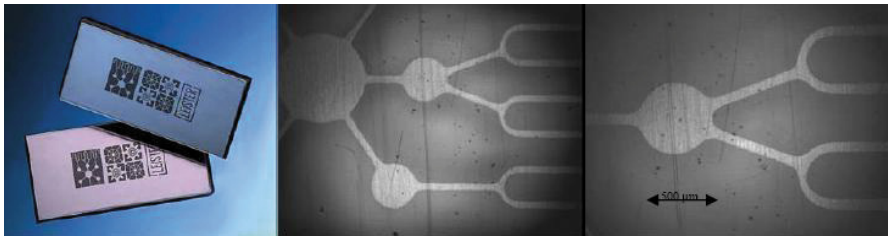


ABBILDUNG 4: Detailaufnahmen von verschweißten Nähten und flächigen Strukturen. Die Maske ermöglicht Nähte und Strukturen im Mikrometerbereich. (Quelle: Leister)

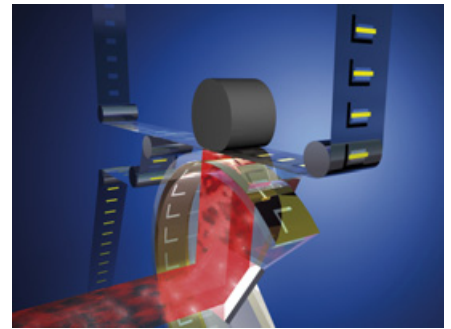


ABBILDUNG 7: Das Prinzip des HighSpeed-Weldings ermöglicht Schweißgeschwindigkeiten von 30 m/min. Die Folie wird über Rollen zugeführt und über eine dynamische Anpressvorrichtung an die Maske angelegt, die sich auf einer rotierenden Trommel befindet. (Quelle: Leister).

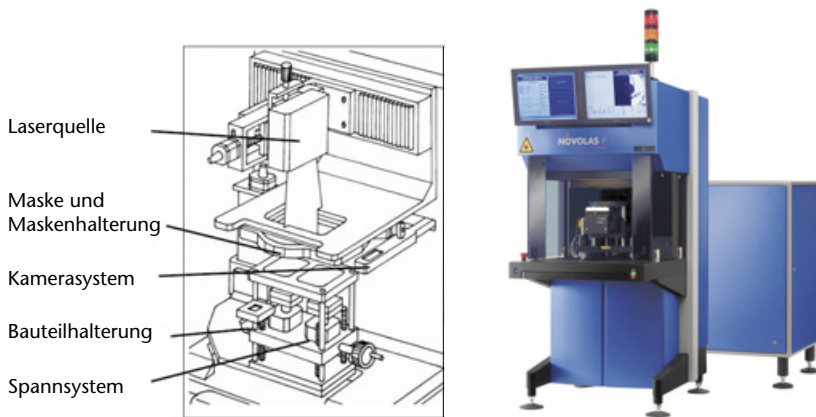


ABBILDUNG 5: Die Novolas micro Anlage erlaubt es Kunststoffe mithilfe von Masken zu verschweißen. Ein flexibler Einsatz der Maschine wird u. a. durch eine austauschbare Maske gewährleistet, welche sich mit einer Genauigkeit von 2 µm positionieren lässt. Die reproduzierbare Positioniergenauigkeit von Maske in Bezug zum Bauteil liegt im Bereich < 10 µm.



ABBILDUNG 6: Cerumenfilter – winzige Schutzfilter, die Hörgeräte vor Verunreinigungen schützen – lassen sich einfach durch Maskenschweißen herstellen. (Quelle: Leister)

versetztes Überfahren der Maske mit der linienförmigen Laserstrahlung. Mit den jetzt verfügbaren Quellen werden Linienbreiten mit ausreichender Leistung erzeugt, die um den Faktor 10 länger sind.

Mit einer Vorschubgeschwindigkeit von bis zu 10 m/min kann das Maskenschweißen jetzt mit weitaus kleineren Prozesszeiten arbeiten. Dieses erweitert das Anwendungsgebiet der Mikrotechnik in Richtung Mehrfachkavitäten (Abb. 6) und in der Fluidik unter anderem in Richtung der Medizintechnik.

### Die Zukunft des Maskenschweißens

Eine Weiterentwicklung des Maskenschweißens ist das High Speed Welding. Dabei ist der Maskenschweißprozess ein eindimensionaler Hochgeschwindigkeitsprozess von bewegten Kunststofffolien. Die Folien sind dabei als Rollenware ausgeführt (Abb. 7). Die limitierte Vorschubgeschwindigkeit der bisherigen Art des Maskenschweißens von 10 m/min wurde dabei über eine Vorwärmphase erhöht und eine umlaufende Maske als Rolle von einer dynamischen Rollen-anpressung entkoppelt. Die Idee der dynamischen Anpressung für das High Speed Welding wurde von dem Globo Welding [4] übernommen. Die derzeit durch Applikation hinterlegten Eigenschaften sind Schweißgeschwindigkeiten von 30 m/min bei einer Schweißflächenbreite von 21 mm und einer Strukturbreite von 1 mm. Im Vergleich zu anderen thermischen Verfahren beginnt der Schweißprozess unmittelbar mit dem Anfahren der Anlage und verringert somit möglichen Ausschuss.

### Zusammenfassung

Die Innovation des Laserdurchstrahlschweißens lebt von den Anforderungen des Kunden. Antworten auf diese Anforderungen entstehen durch Erfahrung im Prozess und das Bestreben die kundenspezifische Lösungen in Standardkomponenten abzubilden. Solche marktgetriebenen Produktanforderungen wurden bei Leister unter anderem mit Radial-, Globo-, Masken- und HighSpeedschweißen realisiert.

### Referenzen

- [1] Dr. U.A. Russek, Prozesstechnische Aspekte des Laserdurchstrahlschweißens von Thermoplasten, Shaker Verlag, ISBN 3-8322-5267-3
- [2] Dr. A. Olowinsky, Andrei Boglea, Jens Gedick, Innovative Laser Welding Processes, Laser Technik Journal, Mai 2008, S. 48–51
- [3] Matthias Poggel, Laserstrahlschweißen von rotationssymmetrischen Bauteilen, Kunststoffe, Juli 2008, S.80-82
- [4] Carsten Thielen, Jie-Wei Chen, Globo-Welding – Ein innovatives Konzept für das 3D-Laserverfahren, Laser Technik Journal, Oktober 2004, S. 35–38
- [5] Carsten Thielen, Fügen von thermoplastischen Mikrobauteilen mittels Laserstrahlung, DIF – Deutsches Industrie Forum für Technologie, DIF-40-10-03, S. 1–10