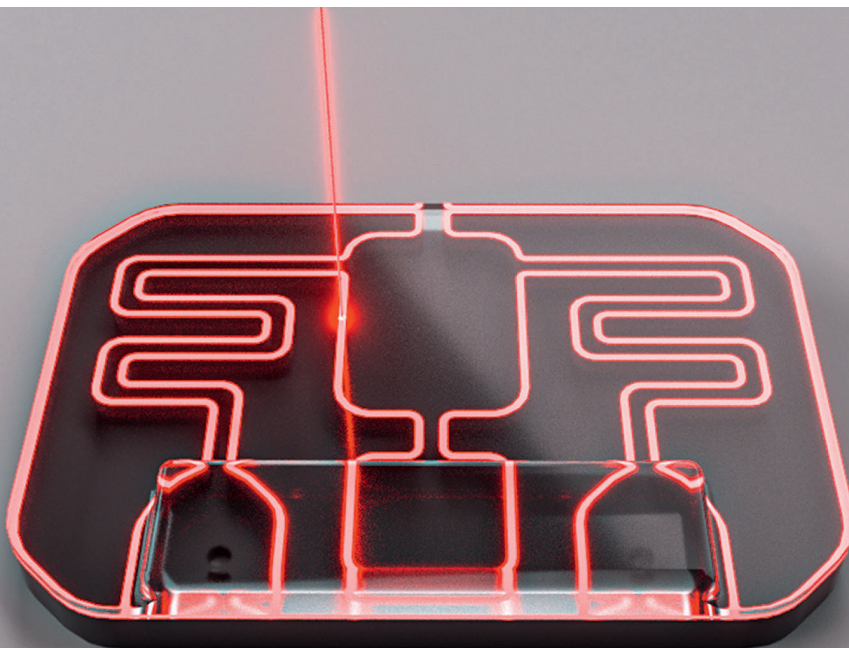


## Laser-Polymer-Schweißen

# Beim Produktdesign schon an das Schweißen denken

Das Polymerschweißen mit Lasern bietet mehrere Vorteile gegenüber anderen Fügeverfahren. Die richtige Umsetzung erfordert jedoch ein Verständnis der Technologie. Darüber hinaus ist es sinnvoll, die Verbindungstechnik schon in einer frühen Phase des Produktentwicklungszyklus zu berücksichtigen.



Beim Quasi-Simultanschweißen wird der Laserstrahl schnell über die gesamte Schweißnaht gescannt, um sie auf einmal (simultan) zu schmelzen.

© Coherent

Polymerteile kommen immer häufiger zum Einsatz, insbesondere bei hochpräzisen Produkten. Die Hersteller suchen dementsprechend nach Verbindungstechnologien, die bessere Schweißnähte und einen höheren Produktionsdurchsatz bei geringeren Kosten bieten. Das Laserpolymerschweißen verspricht, in all diesen Bereichen zu überzeugen. Um ein Laserverfahren so zu implementieren, dass es konstant optimale Ergebnisse liefert und die Kosten minimiert, ist ein gutes Verständnis der Technologie erforderlich. Dafür ist

es oft hilfreich, schon beim Produktdesign mit einem erfahrenen Anbieter zusammenzuarbeiten. Dieser Artikel gibt einen Überblick über die Grundlagen des Laserpolymerschweißens und beschreibt einige der entscheidenden Punkte, die vor Beginn der Produktion berücksichtigt werden sollten.

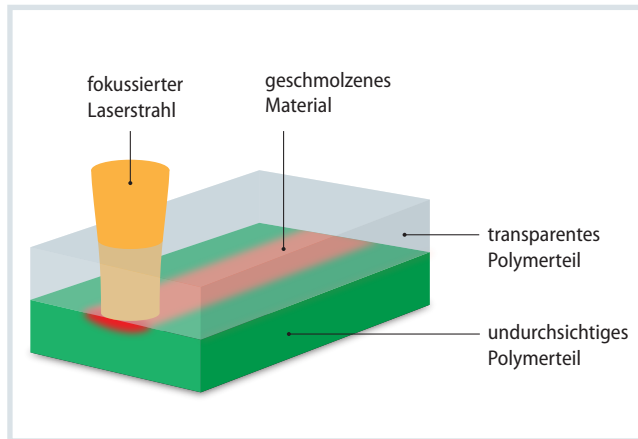
### *Chancen und Herausforderungen*

Polymere bieten mehrere besondere Eigenschaften und Vorteile gegenüber anderen Materialien. Dazu gehören ein

gutes Verhältnis von Festigkeit zu Gewicht, mechanische Flexibilität, Korrosionsbeständigkeit, Biokompatibilität, elektrische und thermische Isolierfähigkeit und in einigen Fällen sogar optische Transparenz. Was die Herstellung betrifft, so können Polymerteile oft mit verschiedenen Formverfahren hergestellt werden. Diese Verfahren bieten einen hohen Produktionsdurchsatz und niedrige Stückkosten.

All dies hat zu einem verstärkten Einsatz von Polymeren in so unterschiedlichen Bereichen wie Verpackung,

**Bild 1.** Beim Laserdurchstrahlschweißen leuchtet ein Laserstrahl durch ein für ihn transparentes Kunststoffteil und wird von einem darunter liegenden Teil absorbiert. Das untere Teil wird geschmolzen, was die Teile miteinander verschweißt. Quelle: Coherent; Grafik: © Hanser



als durch Wärmezufuhr, Reibung oder Vibration oder sogar durch den Einsatz von chemischen Lösungsmitteln. Jede dieser Techniken hat ihre Vorteile und Anwendungen.

Das Laserpolymerschweißen wird für die anspruchsvollsten Anwendungen immer beliebter, da es eine Kombination von Vorteilen bietet (**Tabelle**).

### Grundlagen des Laserpolymerschweißens

Beim Laserpolymerschweißen wird ein Laser als Wärmequelle eingesetzt, um das Material zu schmelzen. Je nach den zu verbindenden Materialien, den spezifischen Anforderungen der Anwendung und Faktoren wie Kosten oder Geschwindigkeit gibt es viele verschiedene Möglichkeiten, dieses Verfahren einzusetzen.

Eines der nützlichsten und am häufigsten angewandten Verfahren ist das Laserdurchstrahlschweißen. Bei diesem Verfahren wird ein Teil aus transparentem Kunststoff mit einem anderen, undurchsichtigen verbunden. In diesem Fall beziehen sich „transparent“ und „undurchsichtig“ speziell darauf, ob die Teile die Wellenlänge des verwendeten Lasers absorbieren oder durchlassen, und nicht darauf, ob sie visuell transparent oder undurchsichtig sind (**Bild 1**).

Je nach Größe und Form des Teils, dem erforderlichen Durchsatz, der gewünschten Schweißnahtqualität und -eigenschaften sowie anderen Faktoren gibt es verschiedene Möglichkeiten, das Laserdurchstrahlschweißen durchzuführen. Eine der nützlichsten und vielseitigsten dieser Methoden ist das so genannte Quasi-Simultanschweißen. Bei diesem Verfahren werden die beiden »

Automobilproduktion, Mikroelektronik und Medizintechnik geführt. Eine gemeinsame Anforderung bei vielen Anwendungen ist die Verbindung von zwei oder mehr Polymerteilen während der Gerätemontage. Bei Anwendungen mit anspruchsvollen Produkten wie medizinischen Implantaten und elektronischen Sensoren muss diese Verbindung mit hoher mechanischer Präzision, minimaler Partikelemission und hoher Verbindungsfestigkeit ausgeführt werden.

In der Serienproduktion wird das üblicherweise durch Schweißen und nicht durch einfaches Kleben erreicht. Der Grund dafür ist, dass Schweißen in der Regel viel schneller und genauer als Kleben durchgeführt werden kann und eine stärkere und zuverlässigere Verbindung ergibt.

Es gibt zahlreiche verschiedene Verfahren zum Schweißen von Polymeren. In der Regel handelt es sich dabei um das selektive Schmelzen des Materi-

<b>Präzision</b>	Die punktuelle Anwendung von Laserenergie führt zu geringer oder gar keiner Verformung der Teile, liefert enge Maßtoleranzen und kann bei komplex geformten Teilen eingesetzt werden.
<b>Reproduzierbarkeit</b>	Der Laserprozess ist von Natur aus sehr stabil und kann mit Prozessüberwachungsgeräten genau reguliert werden.
<b>Schweißnahtqualität</b>	Die Schweißnähte sind schmal und präzise (kein Grat), eine Nachbearbeitung ist nur selten erforderlich.
<b>Festigkeit</b>	Das Laserschweißen liefert eine starke, spaltfreie Schweißnaht und kann eine hermetische Abdichtung gewährleisten.
<b>Kontamination</b>	Beim Laserschweißen werden keine Zusatzwerkstoffe (Füllstoffe) verwendet, es fallen praktisch keine Rückstände an.
<b>Geschwindigkeit</b>	Der Prozess ist schnell und lässt sich automatisieren.

**Tabelle.** Vorteile des Laserpolymerschweißens Quelle: Coherent

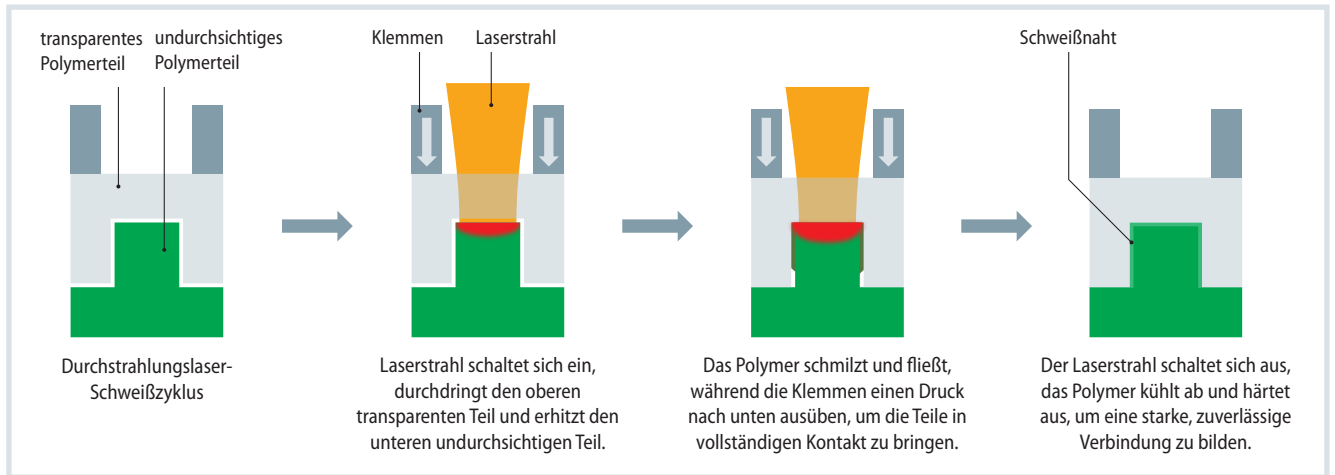
## DAS KUNSTSTOFFE DIGITAL-ABO

# Überall & flexibel lesen!



Jetzt die ganze digitale Welt der Kunststoffe für 4 Wochen gratis testen.





**Bild 2.** Schematische Darstellung der wichtigsten Schritte bei der „Collapse rib“-Methode des quasisimultanen Laserdurchstrahlenschweißens

Quelle: Coherent; Grafik: © Hanser

Teile entweder zusammengeklemt oder in direkten Kontakt gebracht, wobei das durchsichtige Teil oben liegt. Der Laser wird durch das durchsichtige Teil hindurch nach unten auf das undurchsichtige Teil gerichtet. Das undurchsichtige Polymer absorbiert das Laserlicht, erwärmt sich und schmilzt. Durch die Wärme schmilzt auch ein Teil des durchsichtigen Teils.

Der Laserstrahl wird schnell gescannt, um das Muster der gewünschten Schweißnaht zu zeichnen. In der Regel wird das Muster mehrmals überstrichen, so dass die gesamte Schweißbahn gleichzeitig geschmolzen wird – daher der Verfahrensname. Nachdem die gesamte Schweißnaht geschmolzen ist, wird der Laser abgeschaltet, und das geschmolzene Material erstarrt schnell wieder und bildet die Schweißnaht.

Quasi-simultanes Laserdurchstrahlenschweißen ist ein schnelles, vielseitiges Verfahren, das gute Verbindungen und einen hohen Produktionsdurchsatz ermöglicht. Es eignet sich vor allem für Schweißnähte, die vollständig in einer einzigen Ebene flach liegen oder geringe Höhenunterschiede aufweisen.

### **Klappt auch ohne enge Toleranzen: Die Collapse-Rib-Methode**

Eine spezielle Variante des quasisimultanen Laserdurchstrahlenschweißens, ist die sogenannte „Collapse Rib“-Methode. Hier hat das Unterteil eine Stegstruktur, die in eine entsprechende Nutenstruktur im Oberteil passt. Allerdings ist die Nut jeweils etwas breiter als der Steg („Rib“)

auf dem unteren Werkstück. Der untere Steg wird während des Schweißens vom Laser teilweise aufgeschmolzen, während Klemmen die beiden Teile aktiv zusammenpressen. Ein Teil des Stegs wird geschmolzen, und dieses Material fließt in den Spalt zwischen dem oberen und dem unteren Teil. Dieses Material erstarrt dann wieder und bildet die Schweißnaht (**Bild 2**).

Diese spezielle Variante des Laserdurchstrahlenschweißens ist besonders nützlich, weil sie auch dann eine gute Schweißverbindung liefert, wenn die Teile nicht perfekt eben oder eng toleriert sind. Außerdem kann der Hub, um den sich das Oberteil während des Schweißvorgangs nach unten bewegt, überwacht und für die Prozesssteuerung im geschlossenen Regelkreis verwendet

	ABS	PA6	PA66	PC	PE-HD	PE-LD	PMMA	POM	PP	PS	PBT	SAN	TPE	PPS
ABS	gute			gute	keine	keine	gute	mittlere	keine	keine	gute	gute	gute	
PA6		gute			mittlere	mittlere			mittlere	mittlere	mittlere			
PA66			gute		mittlere	mittlere			mittlere	mittlere	mittlere			
PC	gute		mittlere	gute	keine	keine			keine	keine	gute	gute		gute
PE-HD	keine	mittlere	mittlere	keine	gute	gute	mittlere	mittlere	keine	keine	keine	keine		
PE-LD	keine	mittlere	mittlere	keine	gute	gute	mittlere	mittlere	keine	keine	keine	keine		
PMMA	gute				mittlere	mittlere	gute	mittlere	mittlere	mittlere		gute		
POM	mittlere				mittlere	mittlere	mittlere	gute	mittlere	keine				
PP	keine	mittlere	mittlere	keine	gute	gute	mittlere	mittlere	gute	keine	keine	keine	gute	
PS	keine	mittlere	mittlere	keine	gute	gute	mittlere	mittlere	keine	gute	keine	keine	keine	
PBT	gute	mittlere	mittlere	gute	keine	keine			keine	keine	gute	gute		
SAN	gute			gute	keine	keine	gute		keine	keine	gute	gute		
TPE									gute	keine			gute	
PPS				gute										gute

Legende:

- gute Schweißnahtqualität (grün)
- mittlere Schweißnahtqualität (gelb)
- schlechte Schweißnahtqualität (orange)
- kein Verschweißen möglich (rot)

**Bild 3.** Materialkombinationen, die mit dem Laserdurchstrahlenschweißen kompatibel sind

Quelle: Coherent; Grafik: © Hanser

werden. Dies ermöglicht sehr konstante Ergebnisse in der Serienproduktion, selbst bei Schwankungen in den Abmaßen der Teile oder in der Absorption der Laserenergie durch das Material. Sogar Änderungen der Laserleistung oder der Eigenschaften des fokussierten Laserspots können so kompensiert werden.

### Die Kriterien für ein erfolgreiches Laserdurchstrahlschweißen

Beim Einsatz des Laserdurchstrahlschweißens von Polymeren sind einige Details zu beachten. Manche davon sollten schon in der Produktentwicklung oder vor Aufnahme der Produktion betrachtet werden:

- **Auswahl des Materials:** Damit das Verfahren funktioniert, muss ein gewisser Temperaturbereich vorhanden sein, in dem beide Polymere (durchsichtig und undurchsichtig) geschmolzen bleiben, ohne sich zu zersetzen. Je größer diese Überlappung ist, desto größer ist das Prozessfenster. Und ein breiteres Prozessfenster macht die Produktion einfacher und robuster. **Bild 3** fasst zusammen, welche gängigen Polymerkombinationen mit dem Laserdurchstrahlschweißen kompatibel sind.
- **Fertigungsgerechte Konstruktion:** Die Umsetzung der „Collapse Rib“-Methode erfordert eine Teilkonstruktion, die an den entsprechenden Stellen ausreichend Platz für die Befestigungsklemmen während des Schweißens bietet und gleichzeitig einen ungehinderten Zugang des Laserstrahls zur gesamten Schweißzone zulässt.

- **Abmessungen und Formen der Stege und Nuten:** Sie müssen so gewählt werden, dass genügend Material für den Fügeprozess zur Verfügung steht und der entstehende Schmelzgrat aufgenommen werden kann. Außerdem müssen die Teile so konstruiert werden, dass ein ausreichender Hub beim „Collapse Rib“-Verfahren gewährleistet ist. Bei hochpräzisen Anwendungen müssen unter Umständen Ausrichtungsmerkmale, wie zum Beispiel Passstifte, in die Konstruktion der Teile integriert werden. Ziel ist es, eine starke Schweißnaht und eine gute Schweißnahtkosmetik zu erreichen und gleichzeitig die Notwendigkeit einer Nachbearbeitung (Trimmen oder Entfernen von Graten) zu vermeiden.
- **Prozessentwicklung:** Die Auswahl der richtigen Laserquelle für die Polymermaterialien, die Bestimmung der optimalen Laserbetriebsparameter und die Ermittlung der Prozessvariablen sind entscheidend, um die gewünschte Ausbeute zu erzielen. Darüber hinaus können sich verschiedene praktische Fragen in Bezug auf die Handhabung der Teile, die mechanische und softwaretechnische Schnittstelle des Polymerschweißsystems mit anderen Produktionsanlagen und natürlich bezüglich der Betriebskosten ergeben.

### Unterstützung für die Systemkonfiguration durch Dienstleister

Der einfachste Weg, all diese Faktoren zu adressieren, ist die Zusammenarbeit mit einem Anbieter, der bei der Applikations-

entwicklung helfen kann. Konkret bedeutet dies, einen Dienstleister zu finden, der Tests durchführen kann, um festzustellen, welche Systemkonfiguration die besten Ergebnisse liefert, und der vielleicht sogar dabei hilft, die optimalen Laserparameter für den Produktionsprozess zu ermitteln. Coherent Labs bietet diesen Service an. Das Unternehmen stellt auch Laser-Polymer-Schweißsysteme her, die sich problemlos in Produktionsumgebungen integrieren lassen.

### Fazit

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass das Laserstrahlschweißen ein präzises Fügen von Polymerteilen ermöglicht und eine kostengünstige Methode für sehr unterschiedliche Produktionsvolumina ist. Die Technologie kann dazu beitragen, die Vorteile von Polymeren als vielfältiges Material einzulösen: Kosten zu senken, Gewicht zu sparen und eine erweiterte Funktionalität bei vielen Produkten zu bieten. ■

### Info

#### Text

**David Bosom** ist Product Line Manager for Polymer Welding Systems bei Coherent.

#### Kontakt

[www.cohorent.com](http://www.cohorent.com)

#### Digitalversion

Ein PDF des Artikels finden Sie unter [www.kunststoffe.de/onlinearchiv](http://www.kunststoffe.de/onlinearchiv)



eCampus  
Kunststoff

Individuelle Weiterbildung  
für Ihre Mitarbeiter

Jetzt kostenlose Demoversion testen!

Erster Kurs: Werkstoffkunde I

[www.eCampus-Kunststoff.de](http://www.eCampus-Kunststoff.de)