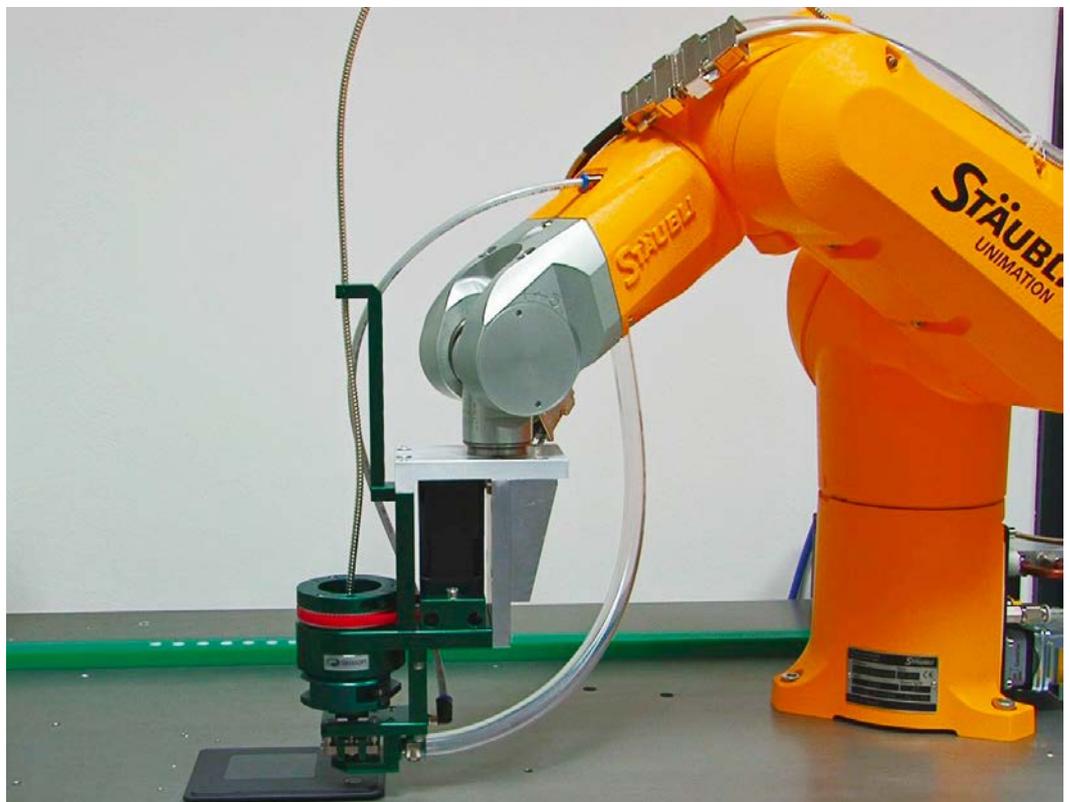


# Der Dreh mit der Membran

## Effizientes Laserschweißen rotationssymmetrischer Konturen

Wenn kreisrunde Membranen zu fügen sind, lässt sich beim quasi-simultanen Laserschweißen die Scanner-Ablenkeinheit durch eine kostengünstigere Rotationsoptik ersetzen. Mit einem Kombiwerkzeug können sie daher in einem Arbeitsgang bestückt und verschweißt werden.

Systemaufbau an einem 6-Achs-Roboter: Im Bild sind die Laserfaser (metall-ummantelt, von oben), der Vakuumanschluss (grauer Schlauch seitlich) und die Absaugung (transparenter Schlauch seitlich) zu erkennen (© Gefasoft)



**M**embranen kommen in vielen Bereichen der Medizintechnik oder der Elektronik zum Einsatz, sei es zum Filtern von Gasen und anderen Medien oder als Druckausgleichselement in hermetisch abgeschlossenen Gehäusen. Für die Montage der Membran auf das Trägermaterial gibt es unterschiedliche Verfahren, die jeweils spezifische Vorteile und Nachteile aufweisen.

### Methoden zum Fügen von Membranen

Am einfachsten ist das Kleben von Membranen. Dazu wird Kleber auf das Träger-

material dosiert, oder die Membran ist mit einer Klebeschicht in der Fügezone vorkonfektioniert. Damit lassen sich nahezu beliebige Kombinationen aus Membran und Trägermaterial verbinden. Allerdings sind zusätzliche Prozessschritte wie das Dosieren und Aushärten des Klebers erforderlich, was Kosten und Verarbeitungszeit in die Höhe treibt. Eine weitere Einschränkung ergibt sich durch die begrenzte thermische und chemische Belastbarkeit der Klebeverbindung, wenn die Membran dauerhaft hohen Temperaturen ( $> 140^{\circ}\text{C}$ ) oder aggressiven Medien ausgesetzt ist.

Bei thermoplastischen Trägermaterialien kann die Membran auch mit dem Trägermaterial verschweißt werden, indem in der Fügezone eine Schmelze erzeugt wird. Der Energieeintrag erfolgt am einfachsten mit einem heißen Stempel, der die Membran auf das Trägermaterial drückt.

Allerdings lässt sich bei diesem Heißverstemmen die eingebrachte Energie und somit das Volumen der Schmelze nicht exakt dosieren, sodass die Membran während des Fügens thermisch geschädigt und zusätzlich beim Abkühlen gespannt werden kann. Beide Faktoren

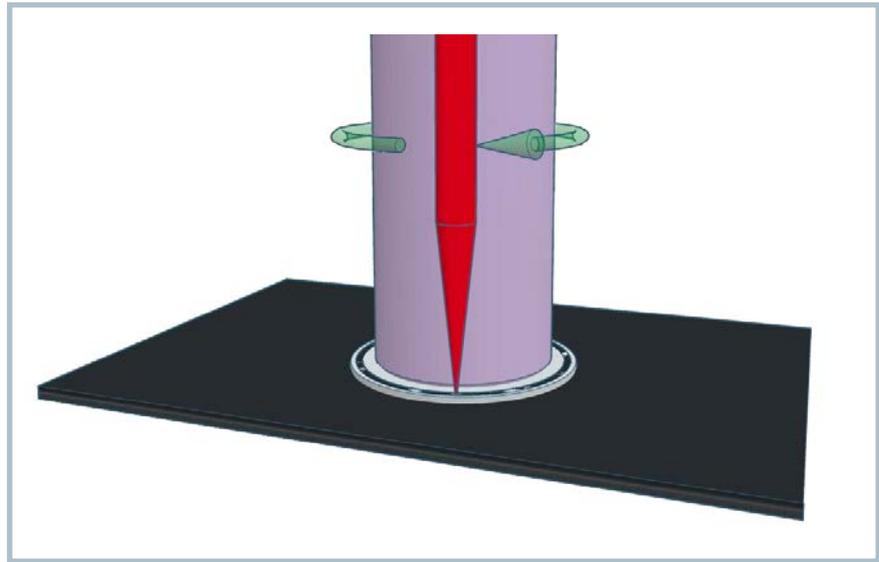
beeinträchtigen die Funktion der Membran oder zerstören sie.

Ultraschallschweißen bringt die thermische Energie über eine hochfrequente Schwingung ein, indem die Membran über einen mit Ultraschall angeregten Stempel (Sonotrode) gegen das Trägermaterial gedrückt wird. Die Reibungswärme führt zum Aufschmelzen in der Fügezone, die wesentlich durch die Geometrie der Sonotrode bestimmt wird. Auch bei diesem Verfahren wird noch verhältnismäßig viel Trägermaterial aufgeschmolzen. Zusätzlich können die Schwingungen der Sonotrode Eigenschwingungen in der Membran anregen, die während des Schweißvorgangs neben thermischen Belastungen zusätzlich mechanischen Stress im Material hervorrufen.

### Vorteile des Laserschweißens

Um die Wärmeenergie zum Aufschmelzen des Trägermaterials in der Fügezone möglichst gut zu dosieren, bietet sich das Laser-Durchstrahlschweißen an. Dabei wird die Energie berührungslos eingebracht und ergibt dadurch die geringste thermische und mechanische Belastung des Membranmaterials während des Fügevorgangs. Notwendig ist allerdings, dass das Trägermaterial genügend Laserleistung absorbiert, um sich im Fokus des Laserstrahls auf die Schmelztemperatur des Kunststoffes zu erwärmen. Gleichzeitig muss das Membranmaterial für den Schweißlaser transparent sein (Durchstrahlschweißen).

Bei allen Varianten des Laser-Durchstrahlschweißens ist die Fügekraft, mit



Prinzipskizze: Der fokussierte Laserstrahl beschreibt eine Kreisbahn außen um den Vakuurstempel (violett dargestellt) (© Gefasoft)

der die Membran in die Schmelze des Trägermaterials gedrückt wird, eine unabhängig von der eingebrachten Wärmeenergie regelbare Größe. Fügekraft und Setzweg der Membran in die Schmelze lassen sich somit einfach überwachen und zur Regelung des Fügeprozesses einsetzen.

### Aufschmelzverfahren im Vergleich

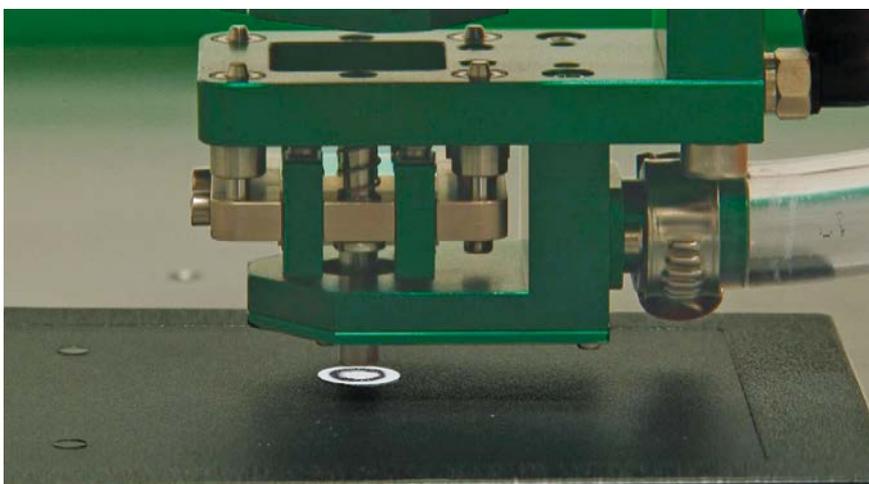
Um die ganze Fügezone mit dem Laser aufzuschmelzen, bieten sich mehrere Verfahren an:

- Beim **Konturschweißen** wird der Laserfokus entlang der Kontur der Fügezone geführt. Durch die punktförmige thermische Belastung des Trä-

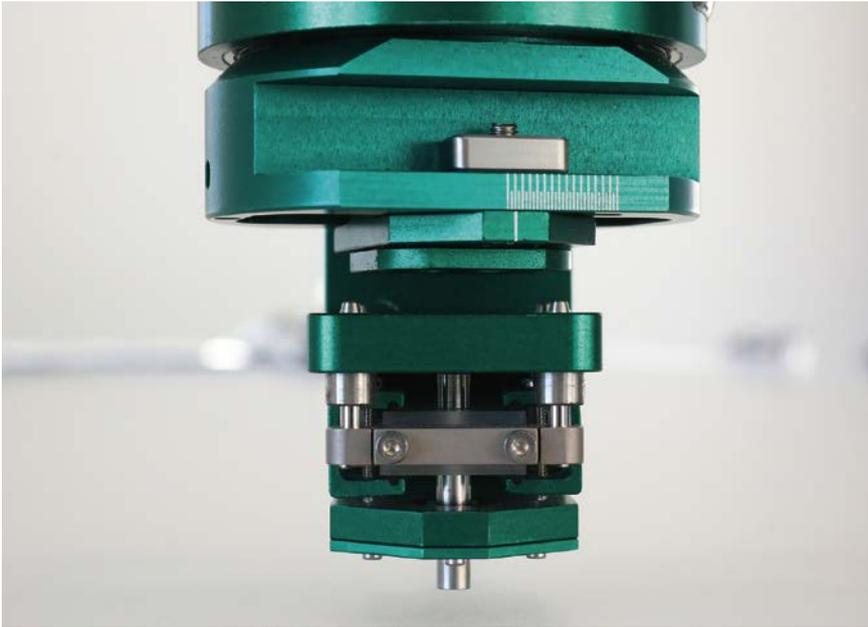
germaterials können allerdings Spannungen entstehen, die die Membran belasten.

- Beim **Simultanschweißen** wird die komplette Kontur gleichzeitig erwärmt, indem der Laserstrahl der Schweißkontur entsprechend optisch geformt wird. Durch die meist aufwendige Laseroptik ist das System jedoch teuer und unflexibel, weil man auf eine Konturgeometrie beschränkt ist.
- Weit verbreitet, weil flexibel und kostengünstig, ist das **quasi-simultane Laser-Durchstrahlschweißen**. Dieses Verfahren lenkt den Laserfokus in rascher Folge kontinuierlich entlang der Fügekontur ab und erwärmt die Kontur dadurch stetig und gleichmäßig bis zum Schmelzen des Trägermaterials. Eine Abstimmung der Prozessparameter wie Ablenkgeschwindigkeit, Laserleistung und Fokusbereich erreicht, dass die in der Fügezone absorbierte Laserleistung schneller Wärmeenergie akkumuliert als aus der Bearbeitungszone entweicht – der Laser kommt oft genug an jedem Punkt der Kontur vorbei, dass dieser sich nicht abkühlen kann. In der Regel werden für das quasi-simultane Laser-Durchstrahlschweißen Scanner eingesetzt, die den Laserstrahl über zwei Spiegel in einem großen Arbeitsraum schnell und sehr genau positionieren können.

Da in den beschriebenen Applikationen jedoch meistens kreisrunde Membra- ➤



Detailaufnahme unmittelbar nach dem Schweißen: Das Bestückwerkzeug hat gerade wieder abgehoben (© Gefasoft)



Bestückwerkzeug mit integriertem, federgelagertem Vakuumstempel (© Gefasoft)

nen eingesetzt werden, lässt sich die Scanner-Ablenkeinheit durch eine kostengünstigere Rotationsoptik ersetzen. Dazu wird die Laserleistung über eine flexible Faser eingebracht und über eine Mechanik in einer Kreisbahn geführt. Der Radius dieser Kreisbahn ist einfach ein-

stellbar, um flexibel auf unterschiedliche Membrandurchmesser umrüsten zu können. Die gesamte optische Baugruppe ist extrem kompakt und lässt sich deshalb in das Bestückwerkzeug der Membrane integrieren.

#### **Vorteile des integrierten Bestückwerkzeugs**

An der Bestückposition wird die Membran auf das Trägermaterial gedrückt; die gefederte Lagerung des Vakuumsaugers stellt die Andrückkraft sicher. Gleichzeitig beginnt sich der Rotor mit der Laserfaser in der festgelegten Geschwindigkeit zu drehen und der Laser wird mit der voreingestellten Leistung aktiviert. Durch die schnelle Rotation wird der Laserstrahl um den Vakuumsauger kreisförmig entlang geführt und das Trägermaterial quasi-simultan aufge-

schmolzen. Die Rotation führt die Laseroptik mit der eingekoppelten Faser auf einer Kreisbahn. Weder die Faser selbst, noch der Vakuumsauger drehen sich während des Schweißvorgangs mit. Das System ist so austariert, dass keine Unwuchten am rotierenden Teil des Bestückwerkzeugs entstehen. Dadurch hält der Vakuumsauger die Membran während des Schweißvorgangs stabil in Position relativ zum Trägermaterial.

Abhängig von den Materialeigenschaften und den Anforderungen an die Prozessüberwachung kann die Lagerung des Vakuumsaugers auch pneumatisch ausgeführt werden, um die Andrückkraft im Prozess regeln zu können. Der Setzweg der Membran in die Schmelze kann optional mittels Wegsensor überwacht werden. In den bisher realisierten Applikationen war es allerdings ausreichend, lediglich Laserleistung, Schweißdauer und Rotationsgeschwindigkeit zu überwachen.

Wenn die Schmelztemperatur des Membranmaterials deutlich höher ist als die des Gehäuses, bildet sich die Schmelze nur im Kunststoffmaterial des Gehäuses. Durch den Formschluss und Kapillarkräfte dringt die Schmelze jedoch in die Membran ein, „verzahnt“ beim Erstarren mit dem Membrangewebe und bildet eine hochfeste und stabile Verbindung zwischen Membran und Gehäuse aus.

Ohne pneumatische Kraftregelung und Wegsensor wiegt das Bestückwerkzeug nur 1,5 kg und lässt sich also sehr gut an Sechssachs-Robotern oder kartesischen Achsportalen installieren. Das gesamte System (Membranzuführung/ Spendeinheit, Achssystem und Bestückwerkzeug) ist somit sehr einfach in Fertigungslinien zu integrieren, sowohl bei Systemen mit Werkstückträgern als auch auf Rundtaktanlagen. ■

### Der Autor

**Dipl.-Phys. Georg Schläffer** verantwortet Marketing und Business Development bei der Gefasoft Automatisierung und Software GmbH, Regensburg.

### Service

#### Digitalversion

► Ein PDF des Artikels finden Sie unter [www.kunststoffe.de/4103932](http://www.kunststoffe.de/4103932)



## Nichts mehr verpassen!

[www.kunststoffe.de/newsletter](http://www.kunststoffe.de/newsletter)

**Kunststoffe.de**