

# Remote

von Dr. Florian Oefele, Dr. Wolfgang Vogl und Dr. Uwe Megerle

**Der Einsatz des hocheffizienten Remote-Schweißens mit Scan-Systemen war bislang auf das Schweißen von Überlappverbindungen beschränkt. Ein Scan-System mit koaxialer Sensorik zur Nahtverfolgung erweitert jetzt den Anwendungsbereich des Remote-Schweißens auf Kehlnähte, was Material und Gewicht spart und das Schweißen von verzinkten Blechen mit Nullspalt erlaubt. Erster Serieneinsatz: Das Schweißen der Türen der neuen BMW Mini Generation.**

**D**as Konzept des Remote-Laserstrahl-Schweißens, sprich Schweißen aus relativ großen Entfernungen von mehreren Hundert Millimetern, wurde durch die modernen Multi-kW Laser hoher Strahlqualität entscheidend vorangebracht und ist heute in großer Breite in der industriellen Fertigung anzutreffen. Zur genauen Führung des Laserstrahls werden dabei Scan-Optiken mit Galvanometergetriebenen Spiegeln (x- und y-Achse) und zunehmend auch einer Linearachse (z) zur dynamischen Verschiebung der Fokusslage entlang der Strahlrichtung eingesetzt.

Diese optischen Werkzeuge sind hochpräzise und können den Laserfokus innerhalb weniger Millisekunden beliebig umpositionieren. Zudem bieten sie die Möglichkeit zur simultanen Prozessbeobachtung: Hierfür wird in der Regel ein bestimmter Wellenlängenbereich aus dem optischen Strahlengang ausgekoppelt und einem Detektor, beispielsweise einer Kamera oder einem Pyrometer, zur Überwachung zugeführt.

Eine ideale Ergänzung zum wirtschaftlichen Einsatz sind industrielle Mehr-Achs-Roboter zur Führung der Scan-Systeme. Dadurch kann das

effektive Bearbeitungsvolumen vervielfacht werden. Durch eine Verkipfung des Scanners lassen sich außerdem frei wählbare Einstrahlwinkel realisieren, so dass auch voluminöse Bauteile von allen Seiten zugänglich werden.

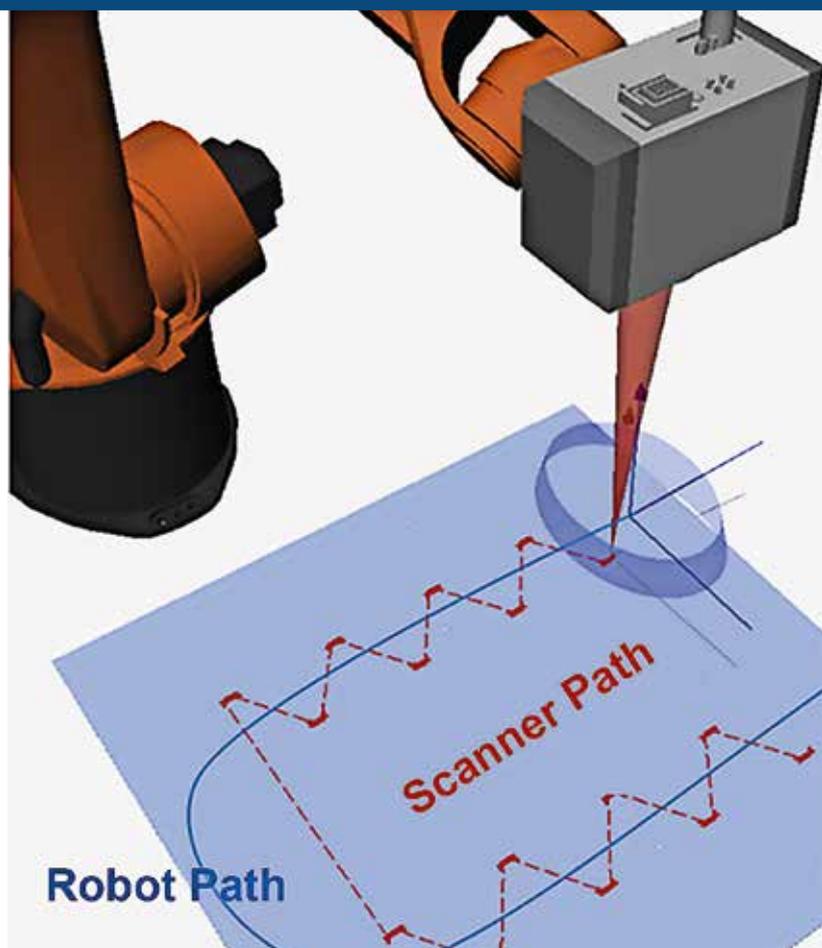
Bei konventionellen Fügemethoden wie Widerstandspunktschweißen, Vernieten oder Laserschweißen mit Festoptiken muss jede einzelne Fügestelle vom Roboter angefahren werden, was zu langen „Totzeiten“ für Repositionierungen führt. Die Durchlaufzeit pro Bauteil kann drastisch reduziert werden, wenn ein Remote-Scanner synchron mit dem Führungsroboter angesteuert wird. In diesem „On-the-fly“-Modus bewegt der Roboter den Scanner auf einer glatten und gleichmäßigen Bahn über das Bauteil, während alle schnellen Bewegungen und Sprünge von den viel dynamischeren Scannerachsen ausgeführt werden. Dadurch lassen sich Laserauslastungen von 90 Prozent und mehr erreichen und die benötigte Zeit pro Fügestelle typischerweise um einen Faktor 5 verkürzen.

## **Die Herausforderung: Remote-Schweißen von Kehlnähten**

Im stetigen Streben nach Gewichts- und Materialeinsparungen versuchen die Automobilhersteller unter anderem die Flanschbreiten bei Karosseriebauteilen zu reduzieren. Die bisher weitgehend eingesetzten Überlappverbindungen sind dabei einem Kehlnahtstoß deutlich unterlegen. Darüber hinaus bieten Kehlnähte Prozessvorteile, insbesondere bei verzinkten Blechen. Auch beim Schweißen mit Nullspalt kann hier das Zink stabil ausgasen und man erhält saubere Nähte. Der zeit- und kostenintensive

# - Kehlnähte

KOAXIALE NAHTVERFOLGUNG ÖFFNET NEUE WEGE BEIM REMOTE-LASER-SCHWEISSEN



Dr. Florian Oefe, Leiter der BMW Verbindungstechnik im Forschungs- und Innovationszentrum in München: „Heute schweißen wir Türen mit Zykluszeiten von unter einer Minute in mehreren Zellen in Swindon und Leipzig.“



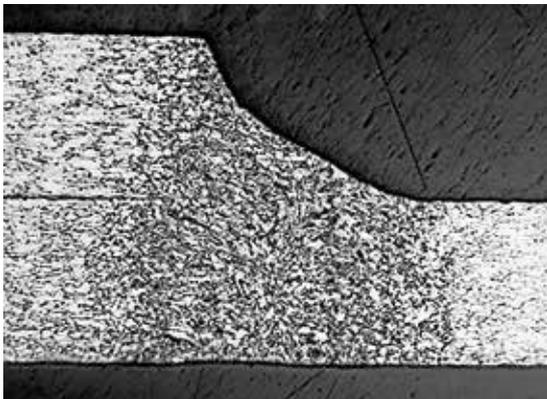
Bei der Herstellung der Türen für die neue BMW Mini-Generation zieht das On-the-fly Laser-Schweißen von Kehlnähten in die industrielle Serienfertigung ein. Bilder: BMW/Scanlab

Arbeitsschritt der Bereitstellung eines definierten Spalts zwischen den Blechen für die Zinkausgasung kann somit entfallen. Ferner kann eine Qualitätsprüfung und -sicherung bei Kehlnähten viel direkter durch Messung der Oberflächentopografie erreicht werden.

Das Schweißen von Kehlnähten erfordert eine robuste und genaue Detektion der Kantenlage. Bislang war dies nur mit taktilen oder triangulierenden Sensoren im Vorlauf des Schweißprozesses möglich. Bei diesen Methoden muss der Roboter die Optik jedoch in zeitraubender Weise genau entlang der Nahtkontur führen. Schnelle Drehungen oder gar Sprünge sind damit unmöglich.

## Innovation in der Mini-Fertigung: Scanner mit Echtzeit-Nahtverfolgung

Zur Lösung dieses Dilemmas wurde auf Initiative von BMW das Remote-Schweiß-System von Scanlab samt Ansteuerung der Tochterfirma Blackbird Robotersysteme mit der Kameralösung der Lesmüller Lasertechnik kombiniert und in einem gemeinsamen Entwicklungsprojekt zu einem Scan-System mit koaxialer Nahtverfolgung weiterentwickelt.

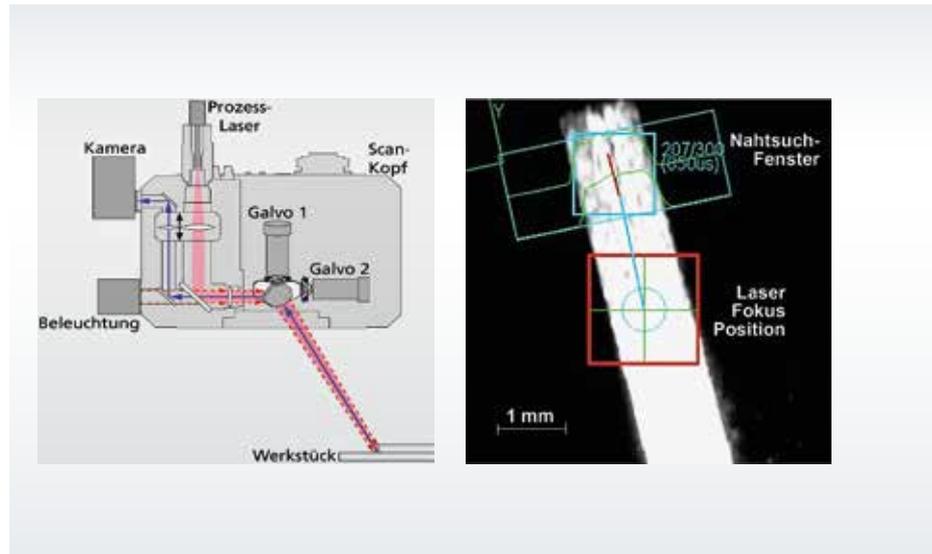


Überlappverbindungen (oben) können wegen des ausgasenden Zinks nicht mit Nullspalt geschweißt werden. Kehlnahtverbindungen (unten) erlauben trotz Nullspalt eine stabile Zinkausgasung und qualitativ hochwertige Schweißnähte.

Eine wesentliche Voraussetzung war dabei die optische Auslegung des intelliWeld Scanners, die – anders als bei konventionellen Systemen – auf einem Vorfokus-Prinzip basiert. Dabei wird der Laserstrahl nicht wie üblich durch ein F-Theta-Objektiv nach den Scanspiegeln fokussiert, sondern durch eine Optik vor den Spiegeln. Durch die hochdynamisch verschiebbaren Kollimationslinsen wird dann die Fokuslage auf jeden beliebigen Punkt  $x,y,z$  im Arbeitsvolumen des Scanners eingestellt.

Dieses Design hat insbesondere für die optische Messtechnik entscheidende Vorteile. So gibt es etwa keine Abweichungen in  $x$  und  $y$  zwischen Bearbeitungs- und Beobachtungsposition. Durch die geringere Anzahl an Linsen wird außerdem die Transmission für Bearbeitungslaser und Sensorik erhöht, bei einer gleichzeitigen Reduzierung von thermischen Linseneffekten, die das Kamerabild unscharf machen könnten.

„Ohne die bei Scanlab bereits vorhandene spezielle Scanner-Plattform auf Vorfokus-Basis wäre unser Ansatz nicht möglich gewesen“, erklärt Dr. Florian Oefe, Leiter der BMW Verbindungstech-



Koaxiale Sensorik zur Nahtverfolgung: Schema (links) und Kamerabild (rechts).

nik im Forschungs- und Innovationszentrum in München. „Ausgehend davon waren die spezifischen Anpassungen an das Sensorsystem eine leicht zu nehmende Hürde.“

Durch die Integration des Weldeye Kamerasystems von Lessmüller in den intelliWeld Scan-Kopf wird Beleuchtungslicht koaxial in den Strahlengang des Lasers eingekoppelt und trifft rund um den Bearbeitungspunkt auf das Werkstück. Nur die Anteile des Lichts, die von der Nahtkante wie von einem Katzenauge reflektiert werden, gelangen zurück in den Scan-Kopf und auf die Kamera, der Rest wird weggestreut. Im Kamerabild markiert somit eine helle Linie auf dunklem Grund die exakte Nahtlage.

### ScanControlUnit für schnellen, robusten und präzisen Prozess

In der ScanControlUnit von Blackbird werden die Informationen aus der Bildauswertung mit den Bahndaten des Scanners verknüpft. Bei Abweichungen zwischen der erwarteten und der detektierten Position der Naht wird die Bahn des Scanners in Echtzeit nachgeregelt, sogar bei On-the-fly-Bearbeitung. Durch einen raffinierten Algorithmus, der den Suchbereich der Naht ausgehend von der programmierten Trajektorie einschränkt, wird das Verfahren gleichzeitig schnell, präzise und robust.

Das neue System erweitert die Palette der verfügbaren Laserfügeprozesse für Autobauer erheblich und verbindet die Vorteile von Kehlnaht-Schweißungen mit den Vorzügen des robotergeführten Scanner-Remote-

# Faktor 5

## SCHNELLER

Schweißens: Denn es erlaubt eine robuste Nahtverfolgung mit einer Genauigkeit von etwa 0,1 mm bei 100 Hz und mehr, bietet eine hohe Flexibilität durch omnidirektionale Bearbeitung sowie maximale Effizienz durch minimale Repositionierzeiten und Roboterbewegungen. Dazu kommt die verbesserte Zugänglichkeit der Schweißnaht durch großen Arbeitsabstand von etwa 0,5 m.

### **Erfahrungen aus der Serienanwendung bei BMW**

„Die Vorteile von Kehlnahtverbindungen in puncto Leichtbauweise, Prozessstabilität und Flexibilität waren für BMW von Anfang an klar. Die Türen der neuen Mini Generation sollten nicht mehr auf die konventionelle Art mit Überlappschweißungen gefertigt werden“, erinnert sich Dr. Florian Oefe. BMW war deshalb entschlossen, zusammen mit den Herstellern von Remote-Systemen eine Lösung für das Kehlnahtschweißen zu entwickeln. Zu Beginn des Projekts im Jahre 2011 wurden verschiedene Verfahren miteinander verglichen. Schnell zeigte sich, dass ein Scanner-Remote-Prozess mit koaxialer Nahtverfolgung jedes andere System bei der Zykluszeit übertrumpfen würde. Zugleich bräuchte man weniger Laserzellen und könnte damit die Kosten weiter drastisch reduzieren.

Nach vielversprechenden Tests mit ersten Prototypen folgte eine intensive Industrialisierungsphase zur Prozessentwicklung und Systemqualifikation für den Serieneinsatz. Anfang 2012 wurde das erste voll funktionsfähige System im Forschungs- und Innovationszentrum von BMW in München aufgebaut und in iterativen Zyklen getestet und optimiert. Nur wenige Monate später gab es grünes Licht für die Serienproduktion und Ende 2012 wurden schon die ersten Systeme im Swindoner BMW Mini Werk aufgebaut. Nach einer Anlaufphase begann die Serienfertigung Mitte 2013.

„Heute schweißen wir Türen mit Zykluszeiten von unter einer Minute in mehreren Zellen in Swindon und Leipzig“, berichtet Dr. Florian Oefe. „Dabei werden pro Tür zirka 1,1 m – aufgeteilt auf 30 Nähte – mit dem neuen Kehlnaht-Remote-Verfahren verschweißt. Die Länge der Verbindung sorgt für große Festigkeit bei gleichzeitig leichterer Bauweise wegen der schmalen Flansche.“ Insgesamt hat das System auch in der industriellen Serienfertigung alle Erwartungen erfüllt, nicht zuletzt aufgrund der intensiven Zusammenarbeit aller Partner während der Qualifizierungsphase. ■

[www.scanlab.de](http://www.scanlab.de)  
[www.blackbird-robotics.de](http://www.blackbird-robotics.de)  
[www.bmw.de](http://www.bmw.de)  
[www.mini.de](http://www.mini.de)



**Der wahrscheinlich  
beste Bohrer der Welt –  
CERATIZIT MaxiDrill 900**

Andreas Kleinhans,  
Produktmanager Bohren



**CERATIZIT MaxiDrill 900 Produktprogramm.**  
Technisch überlegen und einfach anwenderfreundlich

Ihre Produktion:	Leistungsfähiger
Die Handhabung:	Einfacher
Der Bearbeitungsprozess:	Stabiler
Die Einsatzmöglichkeiten:	Universeller
Das Produktprogramm:	Umfassender

[MaxiDrill900.de](http://MaxiDrill900.de)