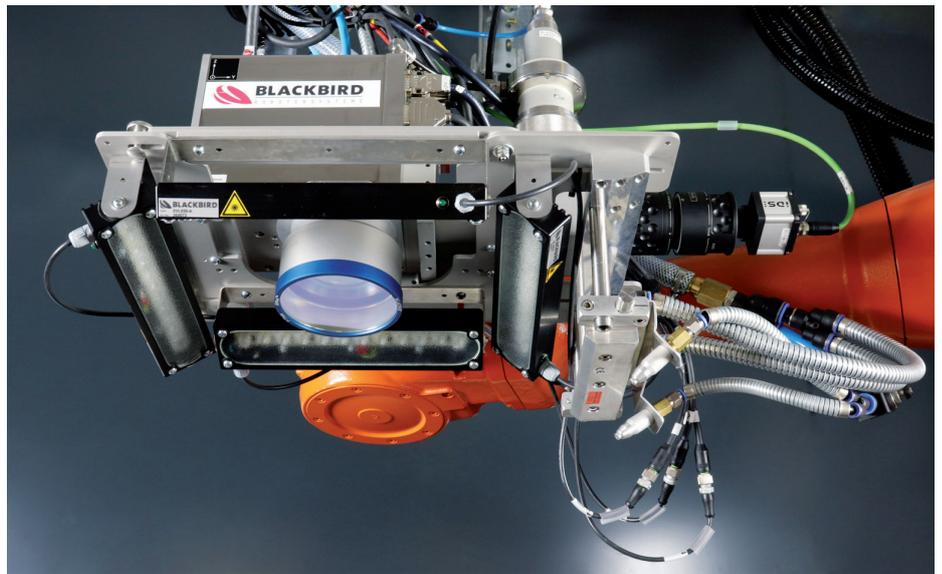


# Maschinelles Sehen für die Zukunft des Laserstrahlschweißens in der Elektromobilität

Als innovative und vielseitig einsetzbare Technologie gewann das Remote-Laserschweißverfahren (engl.: remote laser welding) in den letzten Jahren rapide an Popularität. Variabilität, Gestaltungsfreiheit und vor allem Effizienzsteigerung sind starke Argumente, welche den Scanner-basierten Laserschweißprozess vorrangig in der Landschaft der Automobilindustrie als praktikables und unverzichtbares Fertigungsverfahren zementiert haben. Bei bewährten Prozessen, wie dem Türen-, Karosserie- oder Heckklappenschweißen konnte das Verfahren als Industriestandard etabliert werden.

Die Ansprüche an die Fertigungstechnologie sind hoch: Bei einem komplexen Bauteil, wie zum Beispiel einer Autotür, müssen unterschiedliche Schweißnähte präzise platziert werden, wobei die Grenzen der Physik möglichst ausgereizt werden sollen, um die höchstmögliche Effizienz zu erzielen. Der Trend im Markt bewegt sich derzeit in eine weitere Richtung. Schon seit einigen Jahren gewinnt das Thema Elektromobilität immer mehr an Bedeutung und ist aus dem alltäglichen Leben nicht mehr wegzudenken. Auch in diesem Bereich hat die Effizienz und Variabilität des Remote-Laserschweißens dazu geführt, dass eine stetig zunehmende Anzahl von Applikationen mit Scannern umgesetzt werden. Dazu gehören unter anderem das Schweißen von Batteriemodulen, Stromschienen, Statoren und Leistungselektronik. Im Vergleich zu den zuvor genannten Bauteilen handelt es sich dabei zumeist um ebene Schweiß-Geometrien, die jedoch zusätzliche Herausforderungen mit sich bringen. Abhängig vom jeweiligen Bauteil muss Dichtigkeit, Leitfähigkeit oder Sauberkeit auch bei einer hohen Stückzahl gewährleistet werden. Demzufolge ergeben sich unterschiedliche Ansprüche seitens der Industrie an den Laserbearbeitungs-Scanner und dessen Peripherie.

Eine Gemeinsamkeit dieser Applikationen ist die zweidimensionale Bearbeitungsebene, die im Gegensatz zu den »on-the-fly« geschweißten 3D-Strukturen im Karosseriebau steht. Die zielgerichtete Reduktion des Funktionsumfangs eines 3D-Scanners,



▲ 2D-Scanner mit ScaVis-Paket für Anwendungen in der Elektromobilität.

wie dem intelliWELD II FT, ermöglicht eine kosteneffektive 2D-Scanner-Variante, wie den intelliSCAN FT. Dieser besitzt ein ebenes Bearbeitungsfeld, welches auf die vorliegenden Prozesse abgestimmt ist.

## Maschinelles Sehen garantiert hohe Prozessqualität

Eine Fähigkeit, die in diesem Umfeld eine besonders hohe Prozessqualität garantiert, ist das maschinelle Sehen, welches durch die Kombination von Hardware und einer maßgeschneiderten Software ermöglicht wird. Blackbird hat hierzu die bewährte Scanner-Steuerung SCU-3 um das ScaVis-Kamerasystem erweitert.

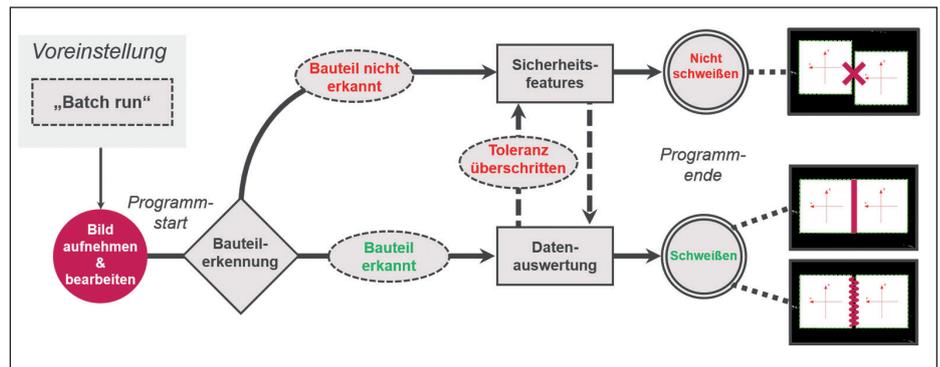
Die nötige Hardware bildet eine Kombination aus einer koaxialen Kamera, die über einen Strahlteiler durch den Scanner und auf die Bearbeitungsstelle gerichtet wird. Zum gezielten

Hervorheben von Merkmalen des Bauteils wird eine parametrierbare Beleuchtung verwendet. Die wesentliche Kompetenz liegt in einer flexiblen und prozessorientierten Software.

Ihre Aufgabe ist es, basierend auf der vorliegenden Bauteil-Situation, eine unmittelbare Entscheidung zu treffen, ob und wie das Bauteil zu schweißen ist, um einen sicheren Fügeprozess zu gewährleisten.

Die Bedeutung einer robusten Bildverarbeitung ist nicht zu unterschätzen. Trotz der oft statischen Prozessstruktur ist mit einer Varianz der Bauteilpositionierung zu rechnen. Während die Spanntechnik die Position eines Bauteils stark eingrenzt, bleibt das kontinuierliche präzise Positionieren eine Herausforderung. In diesem Fall kann das maschinelle Sehen helfen, die Schweißnaht trotz variierender Position des Bauteils kor-

rekt zu platzieren. Einer der gängigsten Prozesse in der Elektromobilität ist das Schweißen von Hairpins in der Stator-Fertigung. Hierbei ist das Ziel, zwei Kupferdrähte durch eine stirnseitige Schweißung leitend miteinander zu verbinden. Mithilfe einer zuverlässigen Erkennung und Lokalisierung der Drähte und einer darauf basierenden Berechnung der relativen Orientierung wird die Scanner-Steuerung befähigt, automatisiert eine bauteilspezifische Entscheidung zu treffen. Es wird einer von mehreren hinterlegten Schweißparametern gewählt und die Schweißnaht räumlich platziert. Im Falle einer nicht zulässigen Bauteil- lage bzw. Ausbleiben einer Bauteilerkennung kann die Schweißung auch komplett übersprungen werden. Das Überspringen einer Schweißung ist in bestimmten Fällen eine sinnvolle Entscheidung. Fälschlicherweise durchgeführte Schweißungen können hochwertige Bauteile unwiderruflich zerstören oder gar die umliegende Spanntechnik beschädigen. Es gilt daher, Fehlschweißungen unbedingt zu vermeiden. Eine Herangehensweise beruht darauf, Möglichkeiten zur Nachbesserung einzuräumen. Dies kann entweder durch den Anlagenbediener oder die Maschine selbst erfolgen. Hat das Bauteil bereits eine relevante Wertschöpfung erfahren, kann es sinnvoll sein, dem Bediener die Möglichkeit zur manuellen Platzierung der Schweißnaht in der ScaVis-Programmoberfläche zu geben. Bei zeitkritischeren Prozessen ist es auch möglich, der übergeordneten Steuerung das Überspringen einer Schweißnaht mitzuteilen, damit das Bauteil eine entsprechende Nacharbeit erfahren kann. Die Fertigung von Fahrzeugen basiert auf agilen und teilweise ausgelagerten Beschaffungsprozessen. Das gleiche Bauteil kann von mehreren Zulieferern bezogen werden, die gegebenenfalls auch unterschiedliche Fertigungstechnologien nutzen. Oft resultieren aus solchen Gegebenheiten Bauteile, die eine relevante Abweichung zwischen unter-



▲ ScaVis Workflow am Beispiel von Hairpins.

schiedlichen Chargen aufweisen. Um auf diese systematische Varianz reagieren zu können bedarf es eines flexiblen Bildverarbeitungsprozesses. Dies kann realisiert werden, indem der Maschine eine große Menge an Bildinformationen von möglichen Bauteilprägungen zur Verfügung gestellt wird. Durch die Simulation des Bilderkennungsprozesses können die programmspezifischen ScaVis-Einstellungen für die neue Charge verifiziert werden (»Batch-run«).

### Effizienzsteigerung durch Bauteilerkennung und die dynamische Nahtplatzierung

Die Nachverfolgbarkeit ist ein Themenbereich, der besonders durch die umfassende Digitalisierung von industrieller Produktion im Rahmen von Industrie 4.0 an Bedeutung gewinnt. Diese Entwicklung ermöglicht es, Daten über die einzelnen Fertigungsprozesse zu erheben und daraus Performance-Faktoren zu extrahieren. Messverfahren in der Lasertechnik gliedern sich generell in Pre-, In- und Post-Prozess. Durch die Dynamik des Remote-Laserschweißprozesses gestaltet sich eine Prozessregelung anspruchsvoll.

Das einzig bekannte Messverfahren für Scanner-Anwendungen, welches die Fähigkeit besitzt, quasi-simultan in allen drei Prozesszonen zu messen ist das OCT (engl.: optical coherence tomography). Dem gegenübergestellt finden in Fertigungsprozessen der Elektromobilität oft kosteneffektive Lösungen Einsatz, wie die beschrie-

benen koaxialen Kamerasysteme. Die Bildverarbeitung mit Kamerasystemen bietet die Möglichkeit, nach jedem Fertigungsdurchlauf der übergeordneten Steuerung die relevantesten Prozessparameter bereitzustellen. Durch statistische Auswertung der Daten können Erfolgsraten oder Häufigkeit eingesetzter Schweißparameter erkannt werden. Dies ermöglicht die Identifikation von kurz- und langfristigen Prozesstrends und eine gezielte Ursachenforschung bei unzureichender Qualität des geschweißten Bauteils. Die Elektromobilität ist ein innovatives Marktsegment und wird die vorhersehbare Zukunft in der Automobilbranche bestimmen. Blackbird ist es wichtig, nah am Anwender zu operieren, um Anforderungen aus erster Hand zu erfahren, wodurch eine anwendungsnahe Weiterentwicklung der Software garantiert ist. Das Ergebnis bildet eine sehende Maschine, die über eine robuste, flexible und nachverfolgbare Bauteillagererkennung verfügt. Dadurch sind Anwender gerüstet für aktuelle und zukünftige Fügeaufgaben in dieser hochinteressanten neuen Welt der Fortbewegung.

#### ■ INFO

Autor:  
Ralf Nürnberg  
Technischer Vertrieb / Technical Sales  
Blackbird Robotersysteme GmbH  
Carl-Zeiss-Str. 5  
85748 Garching  
Tel.: 089 307 484 708  
Fax: 089 307 484 701  
E-Mail: r.nuernberg@blackbird-robotics.de  
www.blackbird-robotics.de