



# Sicher schweißen in der Batterie-Fertigung

**Maschinenbauer optimiert Schweißprozesse  
mit KI-basierter Machine-Vision-Software**

**PRAXISBERICHT** Bei der Fertigung von Lithium-Ionen-Batterien war es bislang üblich, die Schweißverbindungen durch zerstörende Tests statistisch an einzelnen Komponenten zu prüfen. In den Laseranlagen des Reutlinger Maschinenbau-Unternehmens Manz sorgt nun eine Machine-Vision-Software mit integrierter Deep-Learning-Technologie von MVtec Software, München, für präzise und sichere Laserschweiß-Prozesse. Damit können Batteriehersteller künftig die Qualität der Schweißprozesse inline inspizieren und Fehler vermeiden.

Mario Bohnacker und Bernd Sattler

**E**in Produkt-Highlight des baden-württembergischen Maschinenbauers Manz, Reutlingen, ist das Battery Laser System BLS 500. Dabei handelt es sich um eine flexible, modulare Plattform für verschiedene Laserverfahren zur Fertigung

von Lithium-Ionen-Batterien. Basis der Lösung bilden standardisierte Maschinenkomponenten, die sich in wenigen Schritten individuell konfigurieren und schnell an verschiedene Anforderungen anpassen lassen. Im Rahmen der automatisierten Herstel-

lung von Batterieblöcken werden die einzelnen Zellen mit den Verbindungsblechen unter Beachtung der Plus- und Minuspole hochgenau verschweißt. Ein in Elektrofahrzeugen eingesetztes Batteriemodul beispielsweise enthält 90 Zellen. Dabei gibt es

540 Schweißpunkte mit einer Größe von jeweils einem Millimeter.

Die Herausforderung besteht nun darin, eine sichere und stabile Schweißverbindung herzustellen. Hierbei darf das dünne und empfindliche Batteriegehäuse nicht zu Schaden kommen. Nur so lassen sich die strengen Qualitätsstandards der Automobilindustrie einhalten.

Manz forscht seit einiger Zeit an Inline-Inspektionssystemen für eine 100-Prozent-Kontrolle des Schweißprozesses. Ziel ist es, den Kunden in Zukunft eine preiswerte Lösung anzubieten, die eine gleichbleibend hohe Qualität der Schweißung ermöglicht. Die Fehlerinspektion gestaltet sich bei der Batteriefertigung jedoch schwierig. Üblich war es bislang, Schweißverbindungen durch zerstörende Tests wie Querschlitze oder Kraft-Abzugstests statistisch an einzelnen Komponenten zu prüfen. Dieses Verfahren ist jedoch mit hohen Kosten verbunden und garantiert keine fehlerfreie Qualität jeder Schweißung.

Das Maschinenbau-Unternehmen geht hier einen anderen Weg und löst das Problem mit industrieller Bildverarbeitung (Machine Vision). Durch den Einsatz der Standardsoftware MVTec Halcon kann das Unternehmen die Inspektion der Schweißprozesse in der Laseranlage BLS 500 optimieren und automatisieren. Die Machine-Vision-Software enthält Deep-Learning-Fea-

tures auf Basis künstlicher Intelligenz (KI). Durch das Training mittels umfassender, digitaler Bildinformationen lernt das System eigenständig dazu und ermöglicht dadurch sehr robuste Fehlererkennungsraten. Zudem trägt die Technologie dazu bei, auch im Vorfeld unbekannte Fehler zu entdecken – und das bei deutlich verringertem Programmieraufwand.

### Testreihen belegen sehr robuste Defekterkennungsraten

Um die Praxistauglichkeit der Software zu validieren, führten die Experten bei Manz umfassende Testreihen durch. Dabei wurden die Defekterkennungsquoten von

MVTec Halcon mit denen einer gängigen, kostenfreien und quelloffenen KI-Softwarelösung verglichen. Getestet wurden die Klassifikation und Identifikation einer häufigen Fehlerquelle im Laserschweißverfahren: Beim sogenannten Defokus ist der Brennpunkt des Lasers an seiner dünnsten Stelle durch Schwankungen des Bauteils nicht richtig positioniert. Dies führt zu einem verringerten Energieeintrag beim Schweißen. Wird der Abstand zwischen Bauteil und Schweißquelle optimal eingestellt, kann der Fehler behoben werden und das Schweißergebnis verbessert werden.

Im ersten Test haben die Deep-Learning-Algorithmen in Halcon den »»

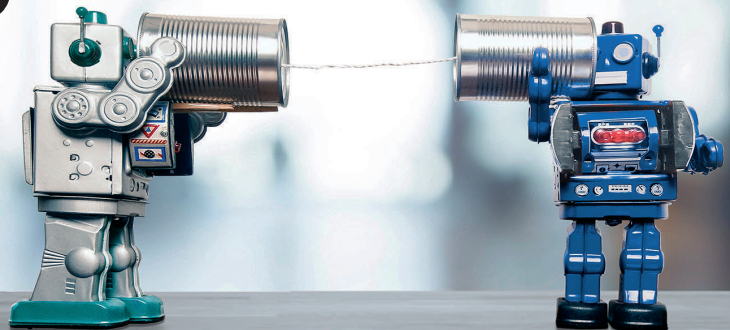


Bild 1. Battery-Laser-System: flexible, modulare Plattform für unterschiedliche Laserprozesse

© MANZ AG

# RECOMMENDED BY ROBOTS!

LEISTUNGSFÄHIGES EMBEDDED 3D-KAMERASYSTEM



Leicht und kostenoptimiert – die neue **Ensenso N40** Serie

**IDS**  
www.ids-imaging.de

GigE  
GigE SCHNITT-  
STELLE

PoE  
POWER-OVER-  
ETHERNET

CMOS  
SENSOR

SCHUTZART  
IP65/67

LEICHT





# Quality Control

Optik, Licht, Software  
made in Germany

optometron.de



## INFORMATION & SERVICE

### ANWENDER

Das Lösungsportfolio der 1987 gegründeten Manz AG, Reutlingen, umfasst die Segmente Solar, Electronics, Energy Storage, Contract Manufacturing und Service. Mit langjähriger Expertise in Automation, Laserbearbeitung, Bildverarbeitung und Messtechnik, Nasschemie sowie Rolle-zu-Rolle-Prozessen bietet das Unternehmen Herstellern und deren Zulieferern Produktionslösungen in der Fotovoltaik, Elektronik und Lithium-Ionen-Batterietechnik. Zum Leistungsportfolio zählen sowohl kundenspezifische Entwicklungen als auch standardisierte Einzelmaschinen und Module, die zu kompletten, individuellen Systemen verkettet werden können. Die seit 2006 börsennotierte Firmengruppe entwickelt und produziert in Deutschland, der Slowakei, Ungarn, Italien, China und Taiwan. Darüber hinaus unterhält das Unternehmen Vertriebs- und Service-Niederlassungen in den USA und Indien.

### AUTOREN

**Mario Bohnacker** ist Technical Product Manager Halcon bei der MVTec Software GmbH, München.

**Bernd Sattler** ist Abteilungsleiter Bildverarbeitung/Mechatronik/Messtechnik bei der Manz AG, Reutlingen.

### KONTAKT

MVTec Software GmbH  
T 089 457 695 0  
press@mvtec.com  
www.mvtec.com

Manz AG  
T 07121 9000 0  
info@manz.com  
www.manz.com

Defokus-Fehler zu 100 Prozent richtig klassifiziert. Die Software erkannte also in allen Testbildern richtig positionierte Bauteile als gut, falsch positionierte Komponenten als fehlerhaft. Dabei basierte das Training auf 430 Bildern. Im Vergleich dazu lieferte die Open-Source-Software hingegen ein signifikant schlechteres Ergebnis: So klassifizierte diese in etwa zehn Prozent der Bilder fehlerfreie Teile als defektbehaftet. Dies hätte in einer realen Produktionsumgebung unerwünschte Auswirkungen. Tadellose Produkte würden so als Ausschuss aussortiert, was zu unnötigen Kosten führt. Zudem war das Open-Source-System deutlich langsamer: Es benötigte 2600 Sekunden für das Training, die kommerzielle Lösung hingegen nur 200 Sekunden.

Auch in der folgenden Testreihe erzielte MVTec Halcon ein passables Ergebnis: Geprüft wurden Stecker für die Stromzuführung der Batterien in Pkw. Dabei hat die Software anhand von nur 50 Trainingsbildern alle fehlerhaften Teile richtig identifiziert. Lediglich in rund zwei Prozent der fehlerfreien Bauteile erkannte das System fälschlicherweise einen Defekt. Ein unbrauchbares Ergebnis hingegen lieferte in dem Test die Open-Source-Software. Sie hat mehr als ein Drittel der fehlerhaften Komponenten als defektfrei qualifiziert. Eine solche unzureichende Fehlererkennungsrate ist für ein zuverlässiges Qualitätsmanagement nicht geeignet.

In diesem Test kam ein neues Feature von MVTec Halcon zur Anwendung, die so-

genannte Anomaly Detection. Der Vorteil dieser Technologie besteht darin, dass sie nur eine vergleichsweise geringe Anzahl an Trainingsbildern benötigt. Darüber hinaus reichen für das Training „Gut-Bilder“ aus – also solche, die ausschließlich fehlerfreie Objekte zeigen. Das ist von besonderem Nutzen für Maschinenbau-Unternehmen wie Manz. Sie müssen nicht extra Fehler-Bilder generieren, was aufwendig, teuer und zeitintensiv ist. So lassen sich nicht nur Kosten einsparen.

Auch sind bei Produktionsbeginn einer speziellen Maschinenreihe noch nicht alle möglichen Fehler offensichtlich, die während des Fertigungszyklus einer Anlage zu Tage treten können. So kann die volle Bandbreite an Defekten nicht vorab umfassend beschrieben werden, um die Anforderung mit anderen Verfahren zufriedenstellend zu lösen. Traditionelle, regelbasierte Methoden etwa verursachen in diesem Fall wesentlich mehr Aufwand, führen aber zu deutlich weniger exakten Ergebnissen.

### Vortrainierte Netze beschleunigen Inspektionsprozess

Manz kann dank MVTec Halcon die Deep-Learning-basierte Fehlerinspektion beim Laserschweißen effizient automatisieren und dabei mit vergleichsweise wenigen Trainingsbildern durchweg passable Resultate erzielen. Ein weiterer Vorteil dieser Machine-Vision-Standardsoftware: Durch die Integration von vortrainierten, neuronalen Netzen lassen sich der Aufwand für die Fehlererkennung reduzieren und der gesamte Prozess beschleunigen, was eine schnellere Time-to-Market zur Folge hat.

Der Einsatz der Deep-Learning-Technologien der Machine-Vision-Standardsoftware Halcon ermöglicht künftig eine 100-Prozent-Qualitätskontrolle der lasergestützten Produktionsprozesse im modularen Lasersystem BLS 500 von Manz. So lassen sich Fehler zuverlässig erkennen, was die Qualität der Batterie-Herstellung langfristig sichert. Zudem wirkt sich der Einsatz der Software auch positiv auf die Kunden von Manz aus: Sie können den Ausschuss reduzieren, die Prozesse beschleunigen, die Qualität ihrer Produkte gewährleisten und Kosten einsparen. ■