

The background of the cover is an abstract composition of light. The top half features a dense array of multi-colored light rays (red, orange, yellow, green, blue, purple) radiating from a central point, creating a starburst effect. The bottom half is dominated by a bokeh effect of out-of-focus light circles in various colors, primarily blues and purples, with some warmer tones. A horizontal white band runs across the middle, serving as a backdrop for the text.

Peter Keitler

# Laser- und Videoprojektion zur Werkerunterstützung

Auf dem Weg zu Losgröße 1

Auch wenn viele Prozesse in der Produktion mittlerweile hochautomatisiert ablaufen, wird es immer Aufgaben geben, die manuelle Nacharbeit erfordern – ob in der Montage oder der Qualitätssicherung. Wie lassen sich also diese manuellen Tätigkeiten effizienter mit digitalen Prozessen verknüpfen? Die dynamische Laser- und Videoprojektion leistet hierfür wertvolle Unterstützung. So ist selbst industrielle Produktion bei Losgröße 1 bald kein Problem mehr.



Bild 1: Schweißnähte und Laserkonturen projiziert der Laser präzise und direkt auf das Bauteil, Bild: ITER Organisation.

**S**eit mehreren Jahren gibt es in der Fertigungsindustrie einen deutlichen Trend zu mehr Variantenvielfalt, Individualisierung und kürzeren Produktlebenszyklen. Das führt zu einer Erhöhung der Komplexität von Montage, Qualitätssicherung und manueller Nacharbeit. Der Werker muss nun mit zahlreichen unterschiedlichen Produktlinien und Ausstattungsvarianten zurechtkommen und diese am Band in beliebiger Reihenfolge fertigen – durch diese hohe Prozessvarianz steigt die Gefahr, dass er leichter durcheinanderkommt oder notwendige Arbeitsschritte übersieht. Um die Herausforderung zu stemmen, sind hochadaptive digitale Prozesse notwendig.

### Hochadaptive digitale Prozesse als Lösung

Klassischerweise kommen zur Positionierung, Lokalisierung und Prüfung sogenannte Positionierschablonen beziehungsweise Prüfschablonen zum Einsatz. Da diese jedoch für die industrielle Massenfertigung ausgelegt sind, skalieren sie bei zunehmender Variantenvielfalt immer schlechter. Bei Losgröße 1 versagen sie vollends.

Die dynamische Laser- und Videoprojektion ersetzt herkömmliche Schablonen durch digitale. Sie erlaubt, die Position von Bauteilen und anderen komplexen 3D-Informationen lagegerecht in 3D auf das Werkstück zu projizieren (Bild 1). Zudem lassen sich Arbeitsschritte und Hinweise in richtiger Reihenfolge einblenden. Das vereinfacht die Arbeit von Monteuren immens und reduziert die Fehlerquote, was wiederum geringere Kosten bedeutet. Ein weiterer Vorteil ist, dass sich Werker dank intelligenter Steuerungssoftware und Trackingverfahren frei um das Objekt herum bewegen können.

### Konkrete Einsatzgebiete – von Entwicklung bis Qualitätssicherung

Die dynamische Laser- und Videoprojektion unterstützt auch abseits der Montage: Im Qualitätsmanagement kann sie zum Beispiel Messwerte auf einem Werkstück visualisieren und Soll-Ist-Abweichungen sichtbar machen. Eine komplizierte manuelle Übertragung ist so nicht mehr vonnöten. Das reduziert menschliche Interpretationsfehler.

Die Projektionstechnik verbessert zudem das Zusammenspiel aller Beteiligten in der Produktentwicklung und beim Prototypenbau, denn dank ihr lassen sich komplexe Sachverhalte transparent, etwa durch „Röntgenblicke“ auf verdeckte Elemente oder durch Messdatenvisualisierungen, darstellen. Somit können relevante Aspekte gemeinsam auf dem Bauteil betrachtet und miteinander besprochen werden.

## **Dynamische Laser- und Videoprojektion – das steckt dahinter**

Ein solches Projektionssystem besteht aus einem Laser- oder Videoprojektor, gegebenenfalls einer oder mehreren Kameras sowie einer entsprechenden Software. Diese steuert die Projektion und analysiert Kameradaten, CAD-Daten oder Informationen anderer verbundener Systeme (Bild 2). Um den Projektor richtig zu positionieren, errechnet die Software fortwährend exakt, wo sich dieser in Relation zum Objekt befindet, und passt die Projektion entsprechend an.



Bild 2: Eine Software steuert die Projektion und wertet Kameradaten, CAD-Daten oder Informationen anderer angeschlossener Systeme aus, Bild: EXTEND3D.

## **Referenzierung – für jeden Anwendungsfall das passende Verfahren**

Im Rahmen von Arbeiten, bei denen nur wenige Positionswechsel nötig sind, genügt eine statische Referenzierung. Sie kann beispielsweise durch ein kamera-basiertes Scanning-Verfahren und entsprechender Sensorik automatisiert werden.

Ist ein Werkstück häufiger umzupositionieren, empfiehlt sich das sogenannte dynamische Tracking. Die-

ses Verfahren berechnet die Ausrichtung von Objekt und Projektor fortlaufend neu. Es gibt zwei Varianten: markerbasiertes und markerloses Tracking. Beim markerbasierten Verfahren bringt der Werker Aufkleber auf dem Werkstück an oder steckt bestimmte Merkmale über einen Messadapter ab. Über solche Zielstellen ist es möglich, Positionsveränderungen exakt zu tracken. Markerloses Tracking erfordert dagegen keine manuelle Vorbereitung und funktioniert auf Basis von CAD-Daten. Dieses Verfahren empfiehlt sich vor allem bei kurz getakteten Prozessen.

## **Schnittstellen zur Prozessintegration**

Dynamische Laser- und Videoprojektionslösungen gibt es als mobile Standalone-Systeme oder zur festen Integration in eine Produktionslinie. Als essenzielle Funktionen sollte die Lösung industrielle CAD-Formate unterstützen und in der Lage sein, 3D-Daten aus der Konstruktion oder aus nachgelagerten Datenprozessen einzulesen und zu verarbeiten. Für die nahtlose Einbindung von Kunden-Datenformaten ist zudem häufig eine generische Austauschschnittstelle für CSV-Dateien ratsam. Andere proprietäre Formate oder Datenbanken sollten mit geringem Aufwand anbindbar sein.

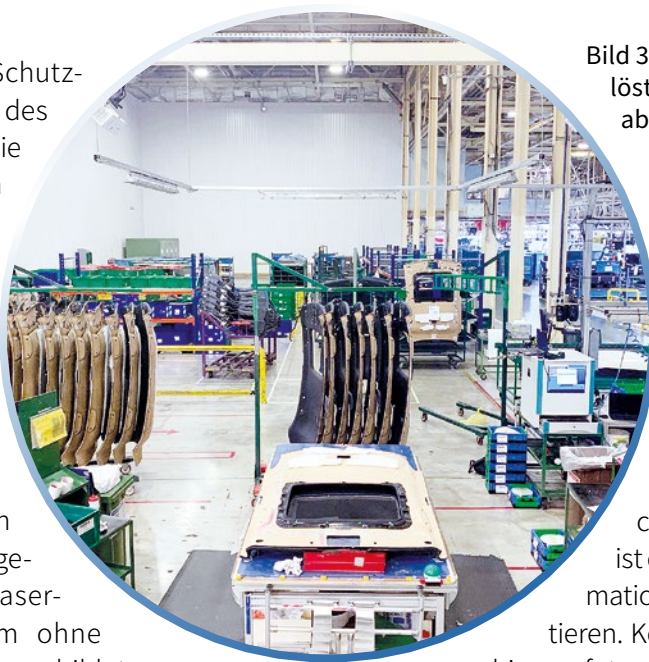
Projektionslösungen zur festen Integration in die Linie benötigen ebenfalls eine generische Schnittstelle zur Förder- und Leittechnik, damit sie in die Prozessautomatisierung eingebunden werden können. Dafür müssen sie in der Lage sein, Befehle vom Leitrechner, einer speicherprogrammierbaren Steuerung (SPS), einem Manufacturing Execution System (MES) oder einem anderen Steuersystem zu empfangen.

## **Laser- oder Videoprojektion – was ist besser?**

Einen eindeutigen Sieger gibt es hier nicht. Welche Methode am besten geeignet ist, hängt schließlich vom jeweiligen Anwendungsfall ab.

Die Laserprojektion bietet einen besonders hohen Kontrast, aber nur simple Farbdarstellung und erreicht eine Exaktheit von bis zu 0,1 Millimeter pro Meter Arbeitsabstand. Sie eignet sich daher sehr gut für Arbeiten, bei denen höchste Präzision vonnöten ist und eine reduzierte, konturenhafte Darstellung genügt – beispielsweise beim Positionieren oder Prüfen von Bolzen, Haltern oder Beschnitten. Zudem erlaubt der Laser eine Projektion auch in hellen Umgebungen oder

in Arealen, die eine IP54-Schutzklasse erfordern. Aufgrund des kollimierten Strahls besitzt die Laserprojektion zudem einen sehr hohen Schärfentiefebereich und ist damit auch für stark perspektivische Darstellungen mit Auftreffwinkeln der Projektion von teilweise nur 20-30 Grad zur Oberfläche geeignet. Das kommt der Integration in beengten Verhältnissen entgegen. Industrielaser der Laserklasse 2M können zudem ohne Schutzbrille und speziell ausgebildeten Laserschutzbeauftragten bedient werden.



**Bild 3: Dynamische Videoprojektion löst das klassische Schablonieren ab und erleichtert etwa die Montage von Kabelbäumen, Bild: EXTEND3D.**

Videoprojektion ist hingegen günstiger, aber weniger flexibel, da sie eine kontrollierte, gegen Sonnenlicht geschützte Umgebung und idealerweise auch hellere, matte Werkstückoberflächen benötigt – vor allem bei größeren Projektionsbereichen.

Der große Vorteil von Videoprojektion ist, dass sie auch Farben, Texturen und Flächen projizieren kann. Deshalb ist es mit ihr möglich, mehr Informationen gleichzeitig zu transportieren. Komplexe Visualisierungen bis hin zur fotorealistischen Darstellung sind somit kein Problem. Die Projektion ist bis auf einen Pixel im Bild präzise, wodurch bei größeren Projektionsbereichen die erzielbare Genauigkeit von unter ein bis hin zu drei Millimetern liegt, abhängig von Auflösung und Projektionsbereich. Videoprojektion eignet sich besonders gut für Designprozesse und für Anwendungsfälle in der Montage und Qualitätssicherung, in denen Flächen-

	Laserprojektion	Videoprojektion
<b>Kontrast</b>	Hoch	
<b>Umgebungsbedingungen</b>	Keine besonderen Anforderungen	Benötigt gegen Sonnenlicht geschützte Umgebung und hellere, matte Werkstückoberflächen
<b>Farbdarstellung</b>	Gering	Hoch
<b>Exaktheit</b>	Bis zu 0,1 Millimeter pro Meter Arbeitsabstand	Unter ein bis hin zu drei Millimetern
<b>Komplexität der Darstellungen</b>	Gering: reduzierte, konturenhafte Darstellung	Komplexe Visualisierungen bis hin zur fotorealistischen Darstellung
<b>Geeignete Anwendungsfälle</b>	Arbeiten, bei denen höchste Präzision vonnöten ist und eine reduzierte, konturenhafte Darstellung genügt – beispielsweise beim Positionieren oder Prüfen von Bolzen, Haltern oder Beschnitten	Designprozesse, Anwendungsfälle in der Montage und Qualitätssicherung, in denen Flächeninformationen benötigt werden

Tabelle 1: Vergleich Laser- und Videoprojektion



Bild 4: In der Finish-Kabine zeigt die Projektion dem Werker die Stelle, die nachbearbeitet werden muss, Bild: EXTEND3D.

information benötigt werden, wie z. B. den Einbau von Kabelbäumen (Bild 3). Auch flackerfreie Darstellungen ganzer CAD-Layer sind möglich.

### Praxisbeispiel: Mehr Qualität der Automobil-Lackierung

Um manuelle Nacharbeiten in der Lackiererei zu optimieren, setzt ein bayerischer Automobilhersteller auf die dynamische Laser- und Videoprojektion in Kombination mit einem Bilderkennungssystem. Als Erstes analysiert ein Bilderkennungssystem die Rohkarossen beziehungsweise die lackierten Fahrzeuge automatisiert. Mithilfe einer KI, die auf Sensoren und Kameras zurückgreift, ermittelt das System exakt, ob und wo die Lackierung manuelle Nachbearbeitung benötigt. Danach wird das Fahrzeug zur manuellen Nachbearbeitung in die Finish-Kabine geschickt (Bild 4). Hier kommen dann fünf Werklicht-Laserprojektoren im Verbund zum Einsatz, wobei jeder einem eindeutig abgegrenzten Bereich auf der Karosserieaußenhaut zugeordnet ist. Ein Anlagen-PC neben der Finish-Kabine kontrolliert die Projektion mithilfe der Werklicht 3D-Software. Diese erhält die Daten aus der Bilderkennung. Das System projiziert die Schadstellen direkt auf das Fahrzeug, so sehen die Werker sofort, wo sie noch schleifen und polieren müssen.

### Ausblick

Mithilfe offener Schnittstellen wird es zunehmend leichter fallen, Laser- und Videoprojektion in Industrie 4.0-Projekte zu integrieren. Auch wird Künstliche Intelligenz noch eine größere Rolle in diesem Bereich einnehmen, etwa um die Initialisierung des Trackings zu automatisieren. Einer effizienten Produktion in Losgröße 1 steht dann nichts mehr im Weg. ■

### Nutzen der dynamischen Laser- und Videoprojektion

- Lagegerechte Projizierung u. a. der Bauteilposition auf das Werkstück
- Einblenden von Arbeitsschritten und Hinweisen
- Möglichkeit zur freien Positionierung im Raum
- Visualisierung von Messwerten zum Soll-Ist-Abgleich
- Ermöglichung des Röntgenblicks als Basis für eine verbesserte Zusammenarbeit in der Produktentwicklung