



### SCHWERPUNKTE

- Bin Picking
- Optik & Beleuchtung
- CCD & CMOS

### TITELSTORY

## Ungeahnte Möglichkeiten

Event-Based Vision beflügelt die Fantasie hinsichtlich neuer Anwendungen



### Vision

Bin Picking:  
Automatisches Behälter-  
kommissionier-System  
S. 20

### Vision

Die Bedeutung von  
Strobe-Beleuchtungen  
für die IBV  
S. 30

### Automation

Inline-Inspektions-  
system misst  
Rezyklatanteil  
S. 36

## ATLINE INSPECTION SOLUTIONS FOR YOUR SMART FACTORY



Visit us at  
**productronica**  
Munich, Germany  
November 12-15, 2019  
**Hall 2, Booth 321**

[www.yxlon.com](http://www.yxlon.com)

PROFESSIONAL  
PRODUCTION  
PROCESSES

**PR**  4.0



# Ein Griff in die Kiste



„Bin Picking“, das Special dieser Ausgabe, liefert mir die passende Metapher für den Einstand als stellvertretender Chefredakteur der inspect und damit Hauptansprechpartner für Sie, ob Leser oder Kunde. Denn bei einem Griff in die Kiste plant die Software auf Basis vorhandener Daten, angereichert mit aktuellen Informationen einer 3D-Kamera, den nächsten Schritt des Systems. In ähnlicher Weise lässt sich eine neue berufliche Aufgabe bis zu einem gewissen Punkt vorausplanen: Einige Kollegen sowie die Branche kenne ich bereits aus meiner Zeit bei einer Automatisierungszeitschrift

eines anderen Verlags. Und verantwortungsvolle Positionen bei Fachzeitschriften habe ich ebenfalls seit Jahren inne. Trotzdem erkennt man die Feinheiten immer erst dann, wenn man das Objekt – oder eben die neue Aufgabe – in Händen hält beziehungsweise man auf dem Stuhl platzgenommen hat. Aber erst dann beginnt auch der eigentliche Spaß.

Denn diese Phase ist sehr spannend, weil man viele bekannte Gesichter wieder sieht und noch viel mehr neue kennenlernt. Darauf freue ich mich ganz besonders. Auch der fachliche Austausch und das Entdecken neuer Technologien, Produkte und Systeme wird nicht zu kurz kommen. In dieser Hinsicht freue ich mich auf die SPS, die ich nun nach einigen Jahren Abstinenz wieder besuchen werde.



**Das Leben ist wie ein Griff in die Kiste: Man kann viel vorausplanen, aber die Feinheiten erkennt man erst aus der Nähe.«**

Denn in Nürnberg versammelt sich die Automatisierungsbranche, um auf einem fachlich sehr hohen Niveau zu diskutieren, sich zu informieren und zu präsentieren. Bis es soweit ist, dauert es zwar noch ein wenig. Zumal Sie vor der Messe eine weitere Ausgabe der inspect in Händen halten werden. Doch Vorfreude ist nun mal die schönste Freude. Und diese Ausgabe 5 liefert viele Anregungen, die über den Oktober hinaus wirken werden.

In diesem Sinne wünsche ich Ihnen viel Spaß bei der Lektüre und einen spannenden Messeherbst.

## David Löh

Stv. Chefredakteur inspect

**CoaXPress**

**Version 2.0**



## Matrox Rapixo Framegrabber für CXP-6 und CXP-12

### CoaXPress Version 2.0

CXP-6 und CXP-12 Linkspeed  
bis zu 12.5 Gbps pro Link  
100% kompatibel zu CXP Version 1.1.1

### High-Speed und High-Reliability

bis zu 4 CXP-6 bzw. CXP-12 Links  
Link-Aggregation für bis zu 5 GB/s  
bis zu 8 GB onboard Memory  
und PCIe 3.1 x8

### optionales FPGA Processing

FPGA für kundenspezifische Funktionen  
Entwicklung als Service  
oder mit Matrox FDK

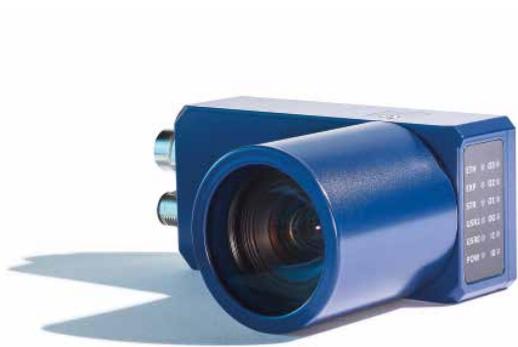
### robustes Design

lüfterlos für wartungsfreien Dauerbetrieb  
langzeitverfügbar, Life-Cycle Management

**RAUSCHER**

Telefon 0 8142/4 48 41-0 · Fax 0 8142/4 48 41-90  
eMail info@rauscher.de · www.rauscher.de

BILDVERARBEITUNG FÜR TECHNISCHE, WISSENSCHAFTLICHE UND INDUSTRIELLE ANWENDUNGEN



**8 Titelstory:**  
**Ungeahnte Möglichkeiten**  
 Event-Based Vision beflügelt die Fantasie hinsichtlich neuer Anwendungen  
 Carsten Strampe

**25 Intelligenter Roboter entnimmt auch verhedderte Objekte**



**22 Gesehen, gespeichert, gelernt**



**55 Thomas Kirchner, Workaround, über digitale Kleidung**

# Inhalt

## Topics

- 3 Editorial**  
Ein Griff in die Kiste  
David Löh
- 6 News aus der Branche**
- 59 Index/Impressum**

## Titelstory

- 8 Ungeahnte Möglichkeiten**  
Event-Based Vision beflügelt die Fantasie hinsichtlich neuer Anwendungen  
Carsten Strampe

## Märkte & Management

- 10 Kompetenzbündelung**  
Interview mit Peter Tix, CEO der Lakesight Group, über die zunehmende Marktkonzentration der Vision-Branche

## Basics

- 12 Die Linie macht's**  
Charakterisierung von Linienlasern für Machine-Vision-Anwendungen und optische Messtechnik  
Sven Gruca, Karl Cichon

## Vision

### SPECIAL BIN PICKING

- 15 Bin-Picking auf den Punkt gebracht**  
Grundlagenstatement  
Ronald Müller
- 16 See and Pick – Vision Guided Robotics**  
Stereovision: Bin-Picking-System mit GigE-Vision-Kameras ermöglicht Robotern räumliches Sehen  
Nathalie Többen
- 18 Glänzende Aussichten**  
Wie auch dünne, reflektierende Blechteile den Weg aus der Kiste finden  
Interview mit Werner Kraus
- 20 Behälterkommissionier-System**  
Automatisierung von Warmumform- und Laserschneidprozessen  
Adrian Kratky
- 22 Gesehen, gespeichert, gelernt**  
Selbstständig lernende Roboter lösen Aufgaben mit Hilfe einer 3D-Kamera  
Sabine Terrasi
- 25 Intelligenter Roboter entnimmt auch verhedderte Objekte**  
Griff in die Kiste mittels künstlicher Intelligenz und Bildverarbeitung  
Mark J. Stevens

### SPECIAL OPTIK UND BELEUCHTUNG

- 28 Qualitätskontrolle mit glasklarem Durchblick**  
LED-Flächenbeleuchtung mit kollimierter Lichtführung in der Glasbehälterinspektion  
Anne Kehl und Sascha Feddrich, Claudia Schriever
- 30 Synchronisiert, hochgenau und wiederholbar**  
Die Bedeutung von Strobe-Beleuchtungen und LED-Strobecontrollern für die IBV  
Massimo Castelletti
- 32 Hohe Auflösung trifft auf ultrahochauflösend**  
Inspektion von Flachbildschirmen mit einer Flächenkamera  
Kane Luo
- 34 Großflächige Beleuchtungen**  
Homogene LED-Flächenbeleuchtungen für große Prüfteile  
Kamillo Weiß
- 35 Produkte**



48 Mit Laserlicht gegen Straßenlärm



56 Schnell. Intuitiv. Präzise.

## Automation

- 36 **Innengeometrie-Messung**  
Inline-Inspektionssystem misst Rezyklat-Anteile  
Heike Freimann
- 38 **Sommer, Sonne, Strand und eine smarte Software ...**  
Laserbasierte digitale Schablone im Einsatz bei der Caravanfertigung  
Theo Drechsel
- 40 **Produkte**

## Control

- 42 **Nasen-Check**  
Qualitätskontrolle von Verbundstoffen in der Luft- und Raumfahrt
- 44 **Schnell und präzise**  
Zeilenbasiertes Stereo-Visionssystem prüft Kugel- und Rollenlager zuverlässig mit hoher Geschwindigkeit  
Arun Dalmia, Klaus Riemer
- 46 **Höhere Qualität bei höherer Leistung**  
Automatisierte Messlösung reduziert Stillstandzeiten um bis zu 80 Prozent  
Thomas Mendle

- 48 **Mit Laserlicht gegen Straßenlärm**  
Reifenakustik auf dem Prüfstand  
Jörg Sauer, Ellen-Christine Reiff
- 50 **Intelligente Lasersteuerung in der Mikrobearbeitung**  
Mehr Präzision bei nahezu unbegrenzter Bearbeitungsfläche  
Susanne Abl, John Flemmer
- 53 **Produkte**

## Future

- 54 **World of Vision – Startups: Digitale Kleidung**  
Der menschliche Faktor bei der Digitalisierung ist ein Muss, kein Vielleicht
- 55 **Interview mit Thomas Kirchner**  
Gründer und Vice President Product, Workaround GmbH
- 56 **Schnell. Intuitiv. Präzise.**  
Die neue Art der Fehlerdokumentation  
Michael Voit

Partner von:



Willkommen im Wissenszeitalter. Wiley pflegt seine 200-jährige Tradition durch Partnerschaften mit Universitäten, Unternehmen, Forschungseinrichtungen, Gesellschaften und Einzelpersonen, um digitale Inhalte, Lernmittel, Prüfungs- und Zertifizierungsmittel zu entwickeln. Wir werden weiterhin Anteil nehmen an den Herausforderungen der Zukunft – und Ihnen die Hilfestellungen liefern, die Sie bei Ihren Aufgaben weiterbringen. Die inspect ist ein wichtiger Teil davon.

WILEY

# OPTIK IST UNSERE ZUKUNFT™



NEU TECHSPEC®

## M12-Objektive mit Flüssiglinse

**TECHSPEC® M12-Objektive mit Flüssiglinse** – zum schnellen Fokussieren auf unterschiedliche Arbeitsabstände. Diese neu und speziell auf Varioptic Flüssiglinse abgestimmten M12-Objektive umfassen vier Brennweiten zwischen 6 mm und 16 mm. Die hochauflösenden F/2,4 Designs adressieren dabei Sensorformate bis zu 1/1,8".

Erfahren Sie mehr unter:

[www.edmundoptics.de/M12](http://www.edmundoptics.de/M12)



+49 (0) 6131 5700-0  
sales@edmundoptics.de

# News

aus der Branche



© Mesago

## 30. Edition der SPS

Trotz angespannter Konjunkturlage zeichnet sich im Vorfeld der Jubiläumsausgabe der SPS eine erfolgreiche Branchenveranstaltung ab: Die Aussichten und die Buchungszahlen sind erneut sehr positiv und bestätigen die Bedeutung der Fachmesse für die smarte und digitale Automatisierung. Rund 1.650 Anbieter von Automatisierungstechnik aus aller Welt werden vom 26. bis 28. November 2019 als Aussteller in Nürnberg erwartet. Aktuelle Produkte und Lösungen der industriellen Automation, aber auch richtungweisende Technologien der Zukunft stehen im Fokus der Leistungsschau.

[www.mesago.com](http://www.mesago.com)

**FALCON**  
KERNKOMPETENZ  
LED Beleuchtungen  
für die Bildverarbeitung

+49 7132 99169 0  
[www.falcon-illumination.de](http://www.falcon-illumination.de)



© Spectaris

**Bernhard Ohnesorge, Vorstandsvorsitzender des Fachverbands Photonik**

## Spectaris-Fachverband Photonik wählt neuen Vorstand

Der Fachverband Photonik des Industrieverbands Spectaris wählte am 12. September im Rahmen des Branchentags einen neuen Vorstand. Zum zehnköpfigen Gremium gehören für die nächsten drei Jahre Ramona Eberhardt (Fraunhofer IOF), Andreas Hädrich (Schott), Martin Hovestadt (Jüke Systemtechnik), Agnes Hübscher (Edmund Optics), Katrin Kobe (Laser 2000), Maik Müller (Tec5), Jan Schubach (POG), Matthias Schulze (Coherent), Simon Schwinger (LEJ) und Thilo von Freyhold (Jenoptik). Den Vorsitz hat Bernhard Ohnesorge (Zeiss) inne.

[www.spectaris.de](http://www.spectaris.de)



## SVS-Vistek ist jetzt Teil von TKH

Die TKH Group gibt den Abschluss der Übernahme von SVS-Vistek bekannt. Mit der Akquisition baut der Technologiekonzern seine Position in der Vision-Branche weiter aus. Zu TKH gehören nun die Unternehmen Allied Vision, Chromasens, Mikrotron, NET, Tattile und die kürzlich erworbene SVS-Vistek. Sie bilden den Vision-Cluster bei TKH, der von Peter Tix geleitet wird. Dabei sollen sie insbesondere in den Bereichen Technologie, Fertigung, Logistik und Vertriebskanal sowie Back-Office-Services zusammenarbeiten.

[www.tkhgroup.com](http://www.tkhgroup.com)

## ON Semiconductor beendet Produktion von CCD-Sensoren

Am 18. März 2020 nimmt der Halbleiterhersteller On Semiconductor das letzte Mal Bestellungen für seine CCD-Sensoren an. Diese werden dann bis zum 18. September 2020 verschickt. Zu geringe Bestellungen aufgrund der Verfügbarkeit von immer leistungsfähigeren CMOS-Sensoren sowie ein nachlassendes Wirtschaftswachstum sind die Hauptgründe für diesen Schritt, erklärt das Unternehmen. Die Produktion in Rochester, USA, lohne sich daher wirtschaftlich nicht mehr und wird im Juni 2020 eingestellt.

[www.onsemi.com](http://www.onsemi.com)



© On Semiconductor



**matrox**

## Matrox-Übernahme durch Firmengründer

Lorne Trottier, Mitbegründer von Matrox, hat alle Anteile an der Matrox-Unternehmensgruppe übernommen, einschließlich der drei Unternehmensbereiche Matrox Imaging, Matrox Graphics und Matrox Video.

[www.matrox.com](http://www.matrox.com)



## Systemintegrator feiert 30-jähriges Bestehen

AIT Goehner, Systemintegrator für industrielle Bildverarbeitung und Auto ID, feiert in diesem Jahr 30-jähriges Firmenjubiläum. Im Jahr 1989 gründete Michael Göhner zusammen mit einem Freund in einem einzigen Raum in Esslingen bei Stuttgart die AIT Goehner GmbH. Ein paar Jahre später zog das Unternehmen nach Stuttgart. Gemeinsam mit seinem Schwager Michael Gauch, der 1993 hinzukam, entwickelte Michael Göhner AIT zu einem der führenden Systemintegratoren für industrielle Bildverarbeitung und Auto ID in Europa.

Im Laufe der Jahre wurden die AIT Niederlassungen in Löhne und St. Ingbert gegründet. Schließlich zog AIT Goehner dann im Oktober 2012 an den heutigen Stammsitz am Stuttgarter Wilhelmsplatz. In den dortigen modernen Büros finden mehr als 40 der mittlerweile über 50 Mitarbeiter Platz.

Ende 2013 wurde das IT-Systemhaus Logfox GmbH mit Sitz in St. Ingbert als Tochterunternehmen Teil der AIT-Familie.  
[www.ait.de](http://www.ait.de)

## Third Dimension erhält die ISO-17025-Akkreditierung

Third Dimension gibt die kürzlich erfolgte Akkreditierung nach ISO 17025 durch den United Kingdom Accreditation Service (UKAS) bekannt. Diese umfasst Spalt- und Spülmessungen für den Großteil der Gage-Pro- und Vectro-Sensorkopf-Produktpalette des Unternehmens – einschließlich der FOV15- und FOV40-Lasertriangulationsprodukte. Dies sei die erste derartige Akkreditierung von UKAS, meldet das Unternehmen.

Das Projekt zur Akkreditierung der Dimensionmessgeräte wurde bereits 2016 gestartet. Jeder Sensorkopf durchläuft nun einen hochautomatisierten Kalibrierungs- und Zertifizierungsprozess. Die vollständige Berichterstattung über jede durchgeführte Messung sowie statistische Zusammenfassungsdaten und die vollständige Rückverfolgbarkeitskette werden auf jedem ausgestellten Zertifikat angegeben.

[www.third.com](http://www.third.com)

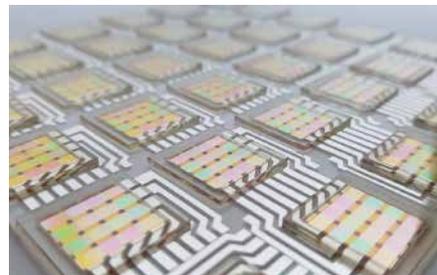
[www.inspect-online.com](http://www.inspect-online.com)

## Serviceroboter: Weltweiter Verkaufswert erreicht 12,9 Milliarden USD

Der Umsatz mit Servicerobotern für den professionellen Einsatz stieg um 32 % auf 9,2 Milliarden US-Dollar. Logistiksysteme wie autonome fahrerlose Transportsysteme (FTS) stellen den größten Anteil im Markt der professionellen Serviceroboter dar (41 % aller verkauften Einheiten). Die zweitgrößte Kategorie sind Inspektions- und Wartungsroboter (39 % aller verkauften Einheiten). Diese beiden Segmente machen 80 % des Gesamtmarktes aus. Serviceroboter für den privaten und häuslichen Gebrauch finden sich vor allem in den Bereichen der Haushaltsroboter, zu denen Staubsauger- und Rasenmäherroboter gehören. Der Wert der Serviceroboter für den privaten und häuslichen Gebrauch stieg um 15 % auf 3,7 Milliarden US-Dollar. Der IFR-Ausblick prognostiziert bis zum Jahr 2022 einen starken Umsatzanstieg bei professionellen und privaten Servicerobotern. Dies geht aus dem statistischen Jahrbuch World Robotics 2019 – Service Robots hervor, das von der International Federation of Robotics (IFR) vorgestellt wird.

[www.ifr.org](http://www.ifr.org)

IFR  
International  
Federation of  
Robotics



## Zeiss beteiligt sich an Sensorik-Ausgründung der TU Dresden

Mithilfe der Senorics GmbH, einer Ausgründung der TU Dresden, will Zeiss kleine, preiswerte Sensoren für spektroskopische Anwendungen herstellen. Dazu investierte der Optik- und Messtechnikkonzern eine ungenannte Summe in das junge Unternehmen und schloss zugleich eine Partnerschaft mit diesem. Im Zuge dessen unterstützt Zeiss Senorics bei der Entwicklung und Vermarktung der Produkte.

Zum Einsatz kommen die spektroskopischen Sensoren im industriellen Umfeld beispielsweise in der Qualitätskontrolle und im Prozessmonitoring. Zu den Zielbranchen gehören die Lebensmittel-, Agrarprodukte-, Kunststoff- und Arzneimittelindustrie. Hier können die spektroskopischen Sensoren Inhaltsstoffe in vielen Feststoffen und Flüssigkeiten messen.

[www.zeiss.de](http://www.zeiss.de)

**ME**  
MICRO-EPSILON



## Hochauflösender Blue-Laser-Scanner

scanCONTROL LLT30xx-25/BL  
2D/3D-Profilmessung mit hoher Präzision und Profilfrequenz

- Kompakte Bauform mit integriertem Controller
- Hohe Profilauflösung 2.048 Punkte/Profil
- Hohe Profilfrequenz bis 10 kHz
- Innovative Blue Laser Technologie für organische Materialien, heiße Metalle und semitransparente Objekte
- Umfangreiche Software im Lieferumfang
- Smart-Serie mit integrierter Profilbewertung



sps

Besuchen Sie uns  
SPS / Nürnberg  
Halle 7A / Stand 130

Tel. +49 8542 1680  
[www.micro-epsilon.de/scan](http://www.micro-epsilon.de/scan)

# Ungeahnte Möglichkeiten

Event-Based Vision beflügelt die Fantasie hinsichtlich neuer Anwendungen

**Event-Based Vision ist eine neue Technologie, bei der die Kamera keine Grauwerte mehr sendet, sondern Ereignisse. Jedes Pixel reagiert eigenständig auf Bildänderungen und überträgt ein Ereignissignal inklusive der Zeitinformation dieses Ereignisses.**

**Z**u abstrakt? Fangen wir einfacher an: Die Event-Based-Smart-Kamera schaut auf eine weiße Wand und liefert ... nichts! Kein Ereignis, kein Signal – ergo kein Ergebnis. Nun lassen wir eine Erbse von oben nach unten durch das Bildfeld fallen. Die Pixel, an denen die Erbse vorbeifällt, registrieren die Grauwertänderung und übermitteln ein Signal sowohl bei steigender als auch fallender Flanke. Der Sensor sendet einen Datenstrom mit der Pixelkoordinate, steigender oder fallender Flanke und dem Zeitstempel, wann dieses Ereignis passiert ist.

Im Sensor selbst findet schon eine massive Datenreduktion statt. Da die Ereignisse mit bis zu 10kHz registriert werden, kann der Sensor ein aufwändiges High-Speed-Kamerasystem ersetzen – man beachte: Nur der Sensor – wir sind noch nicht in weiteren Verarbeitungsstufen. In VGA-Auflösung mit 10 kHz würde das High-Speed-Kamerasystem z. B. einen Datenstrom von ca. 3 GByte/s liefern, die Bilddifferenzen würden gebildet und nur die Bewegungsdaten an die nächste Rechenstufe weitergeleitet.

## Komplett integriert

Das Spannende an der Event-Based-Kamera namens VisionCam EB ist das darin integrierte Rechnersystem inklusive Industrieschnittstellen, um eine gesamte Applikation implementieren zu können. Zwei mit 1,5 GHz getaktete ARM-Cortex-A15-CPU's bilden die Hauptrecheneinheit, optional unterstützt über zwei per OpenCL ansprechbare DSPs sowie zwei weitere RISC-CPU's mit Echtzeit-OS zur Implementierung von z. B.

Echtzeit-Feldbuschnittstellen. Digitale IOs und Gigabit-Ethernet gehören zur Standardausstattung.

Die Events werden somit direkt in der VisionCam verarbeitet und können Ausgänge umgehend via Echtzeitcontroller schalten. Das heißt, schnelle Ereignisse werden schneller verarbeitet, da es keine Abtastung durch Frames per Second mehr gibt – die ARM-CPU's rechnen fix und können sofort eine IO-NIO-Entscheidung weiterleiten.

## Welche Anwendungen sind damit denkbar?

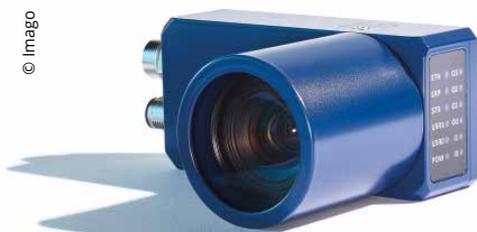
Vorab: Der Sensor wurde vom französischen Unternehmen Prophesee entwickelt. Ergänzend dazu gibt es eine mathematische Bibliothek, die eine Reihe von Anwendungen

unterstützt. Der Hersteller Imago Technologies kann diese Mathematik ebenso implementieren, zudem gibt es Forschungspartner wie das AIT in Wien, das seit Jahren mit Algorithmik im Bereich Event-Based Vision vertraut ist.

Primär dient die Kamera dazu, Erfindern und Entwicklern ein Produkt in die Hand zu geben, gänzlich neu über eine Anwendung nachzudenken und diese eventuell mit der VisionCam EB zu realisieren. Daher sind die folgenden Applikationen beispielhaft zu sehen – sie sollen die Fantasie eher anregen als begrenzen:

In Produktionsprozessen, zum Beispiel bei einer Tablettenpressmaschine, schießt man per Luftdruckventil ein NIO-Teil heraus – und muss wissen oder nachweisen, dass dieses auch wirklich die Maschine verlassen hat. Das verstaubte Ausschleusungsrohr ist eine Herausforderung, sowohl für Sensoren als auch für klassische Bildverarbeitungslösungen. Nicht so mit der Event-Based-Kamera.

Viele schnelle Maschinen bewegen sich oder vibrieren. Tun sie dies nicht in gewohnter Weise, könnte etwas passieren: ein Maschinendefekt, ein Produktstau. Mit der VisionCam EB kann man sowohl Vibra-



Die VisionCam EB – so sieht sie aus.

tionen als auch kinematische Bewegungen analysieren. Frühzeitig kann der Rechner auf ein Fehlverhalten aufmerksam machen und lange Maschinenstillstände vermeiden. Auch im Endtest befindliche Produkte wie Motoren können anhand ihrer Vibrationen auf Fehlverhalten geprüft werden.

Interessant ist auch die Analyse von Flüssigkeiten – sei es deren Strömung, die Detektion von Partikeln darin oder ihr Verhalten während eines Zentrifugiervorganges.

Zählen! Man glaubt gar nicht, was alles gezählt werden muss. Viele Produkte in Verpackungsmaschinen werden gewogen – mit entsprechendem Toleranzbereich. Gezählt wäre es genauer, bei Millionen von Produkten rechnet sich dies.

Logistik – eine Herausforderung für klassische Visionsysteme. Eine Lagerhalle, in der sich ein automatischer Gabelstapler bewegt, sieht permanent Unterschiedliches. Lichteinflüsse, Materialeigenschaften, neue Situationen. Bewegt sich ein Gabelstapler vertikal nach oben, so entdeckt die VisionCam EB genau die horizontalen Regalabgrenzungen – egal, wie die Regale aussehen.

### Und so wird es realisiert

Und wie entwickelt der Ingenieur die Anwendung? Alles fängt sehr einfach an, denn die VisionCam EB ist nichts weiter als ein Linuxrechner. Microsoft-Visual-Studio als



**Die Events werden direkt in der VisionCam verarbeitet und können Ausgänge umgehend via Echtzeitcontroller schalten.«**

Entwicklungsumgebung verknüpft per Ethernet mit der VisionCam, und los geht es. Das SDK unterstützt die Schnittstellen von IO bis zum Grabben von Events. Mit einer App kann man Events (sogar per digitalem Input getriggert) aufnehmen und abspeichern. Ein Beispielprogramm zeigt mit einigen statistischen Funktionen, wie man mit den Events rechnet.

Jetzt wird es etwas kniffliger: Für die beschriebenen Anwendungen, wie Zählen, Vibrationsanalyse oder kinematische Bewegungsanalyse, gibt es die Metavision-Bibliothek als Hilfestellung. Bei anderen Anwendungen muss man die Datenanalyse selbst entwickeln – aber das ist vielleicht genau das Alleinstellungsmerkmal!

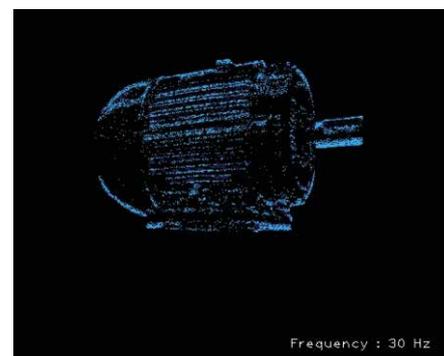
Ist die Basisalgorithmik entwickelt, so wird das Programm an eine browserbasierte GUI angebunden. Hierfür gibt es wieder Tools, Beispielprogramme und Empfehlungen. Fertig ist die Anwendung, die ab jetzt autark als smarte Kamera in die Maschine integriert werden kann.

### Was sonst noch so möglich ist

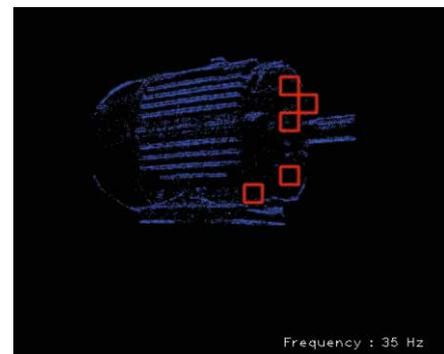
Gibt es eine Roadmap? Eindeutig ja. Die VisionCam an sich ist bewährt und wird in Serie produziert. Klar ist, dass es zukünftig in diesem Formfaktor noch mehr Rechenleistung geben wird. Der Event-Based-Sensor hat zum Jahresende Serienstand und wird in Richtung mehr Events/Sekunde und höherer Auflösung weiterentwickelt. Zudem werden die Produkte des Herstellers langjährig gebaut – der Vorgänger der VisionCam mit Flächensensor ist im 10. Produktionsjahr. Und die aktuelle VisionCam wird ergänzend zu den bis zu 5 MPixel auflösenden Flächensensoren auch mit bis zu 8k Pixel auflösenden Zeilensensoren geliefert. Ein komplettes Zeilenkamerasystem integriert in einem Sensorgehäuse!

Möchte der Anwender die Event-Based-Bildverarbeitung auf seiner ihm eigenen Rechnerstruktur verarbeiten, so ist auch dieses möglich. Die VisionCam selbst kann als Kamera agieren, auf einem mit Linux ausgestatteten Rechner läuft dann die Anwendung. Hat man diesen nicht zur Hand, so kann auf das Portfolio von Imago zurückgegriffen werden: von Intel i-Core über NXP 8-Core ARM Cortex-A72 bis zum Nvidia Tegra TX2 mit GPU-Unterstützung stehen Vision-Boxen insbesondere für Machine-Vision-Anwendungen zur Verfügung.

Auch wenn die Konjunktur etwas zurückgeht – der nächste Aufschwung wird kommen und von Innovationen geprägt sein. Event-Based Vision wird hierzu seinen Beitrag leisten. ■



Frequency : 30 Hz



Frequency : 35 Hz

Applikationsbeispiel: Vorbeugende Wartung durch Vibrationsüberwachung.

### AUTOR

**Dipl.-Ing. Carsten Strampe**  
Geschäftsführer

### KONTAKT

Imago Technologies GmbH, Friedberg  
Tel.: +49 6031 684 26 11  
info@imago-technologies.com  
www.imago-technologies.com

Video VisionCam EB:  
<https://www.youtube.com/watch?v=GjBjrsBpvSA>





© J. Lakesight

# Kompetenzbündelung

Interview mit Peter Tix, CEO der Lakesight-Group, über die zunehmende Marktkonzentration der Vision-Branche

Eine der Veränderungen, die am Markt der industriellen Bildverarbeitung wahrgenommen wird, ist die einer Marktkonzentration. Auch wenn es noch sehr viele familiengeführte mittelständische Unternehmen in der Branche gibt, so ist auch ein Trend zu Firmenaufkäufen und Zusammenschlüssen festzustellen. Ein Player ist sicher die niederländische TKH Group, zu der seit 2018 auch Lakesight gehört. Wir haben mit dem Group CEO von Lakesight, Peter Tix, über Gründe, Perspektiven und Kundennutzen dieser Marktentwicklung gesprochen.

**inspect:** Stimmt die Wahrnehmung einer Marktkonzentration im Machine Vision Umfeld, oder handelt es sich dabei eher um Ausnahmen?

**P. Tix:** Wer die letzten fünf Jahre nicht gerade unter einem Stein verbracht hat, dem werden sicherlich die zahlreichen Firmentransaktionen im Markt der Machine-Vision-Industrie aufgefallen sein. Ungeachtet dessen ist der Anbietermarkt speziell bei Komponenten und in der Systemintegration immer noch weit gestreut mit weltweit Tausenden von Spezialanbietern oder regional agierenden Unternehmen. Auch die Lieferkette vom Bildsensor bis zur kompletten Lösung beinhaltet oft noch zahlreiche Glieder mit individuellen Kompetenzen. Die daraus resultierende Margenakkumulation akzeptieren allerdings

immer weniger Endkunden und bevorzugen die Zusammenarbeit mit weniger Anbietern, die ihnen jeweils ein umfassenderes Leistungsspektrum verbunden mit einer hohen Lösungskompetenz anbieten können. Gemeinsam mit dem zunehmenden Preisdruck verstärkt dies den Trend zur Konsolidierung des Marktes. Wir werden also auch in Zukunft, speziell im Falle anhaltender Handelskriege und einer weiter schwächelnden Weltkonjunktur, vermehrt Zusammenschlüsse von kleinen und großen Unternehmen erleben.

**inspect:** Lakesight hat zum Ziel, einen europäischen Marktführer im Bereich der industriellen Bildverarbeitung aufzubauen. Wie passt dazu die Übernahme durch die TKH Group?

**P. Tix:** Durch die Übernahme von Lakesight ist TKH nun die Heimat von sechs starken und komplementären Anbietern von Bildverarbeitungs-komponenten und Systemen: Allied Vision, Chromasens, Tattile, Mikrotron, NET und LMI. Bereits vor der Übernahme stand Lakesight für die Bündelung von Kompetenzen und Ressourcen zur bestmöglichen Unterstützung der weltweiten Bestandskunden sowie von Großkonzernen, die an Komplettlösungen auf Basis industrieller Bildverarbeitung interessiert sind. Mit dem in der jetzigen Lakesight-Gruppe noch erweiterten Portfolio an Technologien, Produkten und Dienstleistungen sind wir unserem Ziel bereits sehr nahe.

**inspect:** Wie sollen die nun bei TKH integrierten Anbieter Industrieller Bildverarbeitung

### miteinander agieren? Oder anders gefragt, was soll der Kunde ganz praktisch davon haben?

**P. Tix:** Ihre Frage zeigt, dass wir hier noch klarer in der Außendarstellung werden müssen, denn im Grunde liegen die Vorteile auf der Hand: Jeder Kunde, der einen Bedarf im Bereich Machine Vision hat, bekommt bei TKH/Lakesight alles, von einem kleinen kompakten Embedded Vision System über universell einsetzbare Komponenten bis hin zu kompletten Lösungen für industrielle Anlagen. Dabei ist es einerlei, bei welcher Firma der Lakesight-Gruppe er anfragt oder wo auf dem Globus der Kunde ansässig ist. Bei uns wird er die richtige Beratung und das passende Angebot für seine individuellen Bedürfnisse erhalten.



**Durch die Übernahme von Lakesight ist TKH nun die Heimat von sechs starken und komplementären Anbietern von Bildverarbeitungs-komponenten und Systemen.«**

### inspect: Wie sehen Sie den zunehmenden Wettbewerbsdruck aus China?

**P. Tix:** Wer zu Lakesight kommt, erhält mehr als nur ein Stück Hardware. Insofern hinkt jeder Vergleich mit chinesischen Anbietern. Allerdings verfügen wir über Produktdesigns und Fertigungstechnologien, die eine höhere Qualität zu vergleichbaren Preisen ermöglichen. Die zur Refinanzierung maroder Staatshaushalte fortwährende Niedrigzinspolitik in Europa und die Schwächung des Euro kann Trumps nationale Subventionen und Xis Investitionen in Staatsunternehmen allerdings nicht kompensieren. Ich baue auf die Innovationskraft und das Können all unserer Mitarbeiter, damit

wir mit unserem technologischen Vorsprung, unserem fundierten Applikationsverständnis und unserer ausgeprägten Kundennähe auch weiterhin im internationalen Wettbewerb erfolgreich sind.

### inspect: Ich stelle sehr gerne die Frage nach der Fünf-Jahres-Perspektive. Wo sehen Sie Lakesight, bzw. die Machine-Vision-Gruppe innerhalb von TKH, im Jahr 2025?

**P. Tix:** Wir werden weiter wachsen, organisch und durch Zusam-

menschlüsse mit erfolgreichen Unternehmen. Durch die Übernahme von SVS-Vistek vervollständigen wir aktuell unser Portfolio an industriellen Kameras mit hochauflösenden Modellen, die bis zu 151 MP bieten. Damit verfolgen wir konsequent unser Ziel, Machine-Vision-Kunden auf der ganzen Welt das technologisch umfassendste Portfolio aus Komponenten, Systemen und Lösungen bieten zu können. Dabei setzen wir auf unsere ei-

genen Kräfte, ebenso aber auch auf das strategische Netzwerk aus Lieferanten, Vertriebs- und Entwicklungspartnern. (mbu) ■

#### KONTAKT

Lakesight Technologies Holding GmbH, Unterschleißheim  
contact@lakesighttechnologies.com  
www.lakesighttechnologies.com



**Precision** *Beyond the Standard*  
Perfekte Bilder bei hohen Geschwindigkeiten



#### Präzision bei hohen Geschwindigkeiten.

Für präzise Formationssprünge gibt es Extremsportler – für präzise Inspektionen bei hohen Geschwindigkeiten dagegen die LXT-Kameras. Dank Sony® Pregius™ Sensoren und 10 GigE Schnittstelle profitieren Sie von hoher Auflösung, ausgezeichneter Bildqualität, hoher Bandbreite und kostengünstiger Integration.

Erfahren Sie mehr:  
[www.baumer.com/cameras/LXT](http://www.baumer.com/cameras/LXT)

 **Baumer**  
Passion for Sensors



© Werner Krug

# Die Linie macht's

Charakterisierung von Linienlasern für Machine-Vision Anwendungen und optische Messtechnik

Für die Herausforderungen beim Einsatz von Bildverarbeitungssystemen gibt es unterschiedliche Lösungen. Insbesondere hinsichtlich Spezifizierung, Parametrierung, dem Vergleich zwischen verschiedenen Linienlasern und bei der Messdatendokumentation sind einige Fallstricke zu beachten.

In der heutigen Industrie 4.0 überwachen Systeme sämtliche Automatisierungs-, Datenaustausch- und Fertigungstechnologien. Dadurch werden grundlegende Verbesserungen der industriellen Prozesse in den Bereichen Herstellung und Qualitätskontrolle, Konstruktion, Materialverbrauch sowie Lieferkette und Lebenszyklusmanagement möglich.

Genau hier knüpfen Bildverarbeitungssysteme an, die für Inspektions- und Qualitätskontrollprozesse sowie die Steuerung von Industrierobotern zum Einsatz kommen. Für die hier auftretenden Herausforderungen gibt es unterschiedliche Lösungsansätze, welche je nach Anforderungen und Umgebungsbedingungen ihre spezifischen Vorzüge haben.

### 3D-Bildverarbeitungssysteme

Mit 3D-Bildverarbeitungssystemen werden Form und Dimension eines Objekts erfasst. Zu unterscheiden sind dabei zwei grund-

legende Techniken. Passive wie Stereovision oder Photogrammetrie, die nur das Umgebungslicht nutzen, und aktive Techniken, wie Time of Flight, Lichtkodierung oder Triangulation, die immer ein projiziertes Muster benötigen, um ein 3D Modell zu generieren.

Bei passiven Systemen sind die Qualitätsanforderungen auf alle Glieder der

Empfängerseite gerichtet, während bei aktiven Systemen bereits die Qualität der Beleuchtungskomponenten, z.B. der Laser, eine entscheidende Rolle spielt. Für die Empfangselemente, grundlegend bestehend aus Objektiv, Kamera oder Sensor, sowie Auswerte- und Bildverarbeitungssoftware, sind ausreichend Literatur und Normen zu

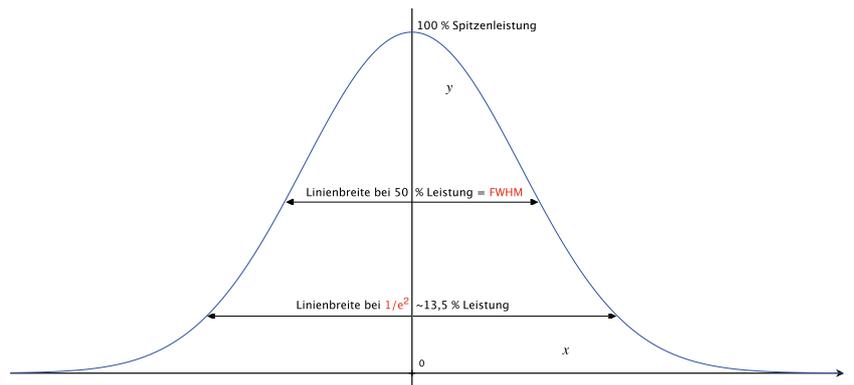


Abb. 1: Skizze des Querschnittes einer Laserlinie im Fokus

© Laser 2000



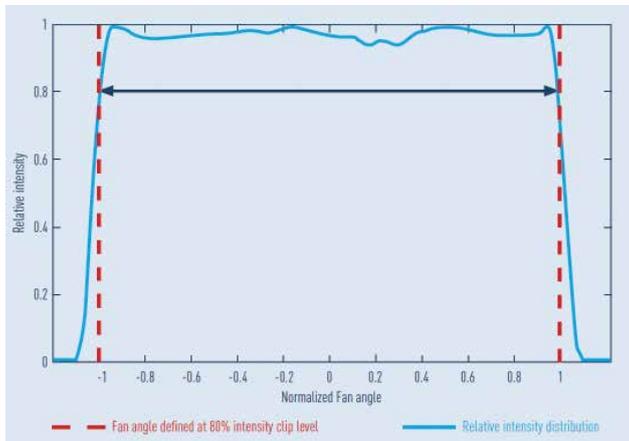


Abb. 2: Intensitätsverteilung entlang der Linie

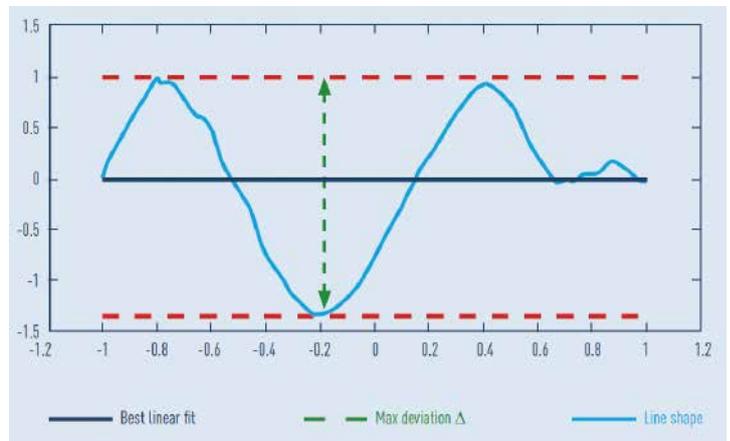


Abb. 3: Liniengeradheit: Darstellung des Linienverlaufs und der Abweichung zur Ausgleichsgeraden (linear fit)

© Osela inc.

© Osela inc.

angepasst. Abhängig von den Ansprüchen sind auch verschiedene Intensitätsverteilungen möglich. Spezifische Verteilungen entsprechend einer vorgegebenen Funktion sind natürlich ebenso realisierbar. Dies ist vor allem bei einem schräg einfallenden Laserstrahl, besonderen Messstrukturen oder dem natürlichen Randlichtabfall im Objektiv (Cos4-Gesetz) nützlich.

Ein weiteres wichtiges Kriterium ist die Liniengeradheit. Diese wird als die maximale Abweichung des tatsächlichen Intensitätsverlaufs zur Ausgleichsgeraden definiert. Da die Geradheit einer Laserlinie als Referenz für die Messauswertung genutzt wird (vgl. Abb. 3), ist eine Messung mit einem gekrümmten oder gewölbten Profil immer mit einer reduzierten Tiefenaufklärung sowie einem größeren Rechen- und Kalibrierungsaufwand verbunden.

Von Bedeutung ist außerdem die "Beam Pointing Stability". Diese gibt die Winkelabweichung des Strahls von seiner mechanischen Achse an. Beeinflusst wird diese durch Temperaturschwankungen (beispielsweise in der Aufwärmphase, als auch durch sich ändernde Umgebungsverhältnisse), oder durch unterschiedliche Strom- und Spannungsversorgung. Ebenso kann es zu einer Drehung der Linie kommen. Die Abweichung der Laserstrahlachse von seiner mechanischen Achse wird über den „Bore Sight“-Winkel festgelegt.

Für besonders hochauflösende Systeme sind demnach die oben genannten Faktoren von Bedeutung. Ist der Messabstand bekannt und fest definiert, so ist es ratsam den La-

ser auf diesen Abstand zu optimieren und zu fixieren.

### Methoden zur Analyse der Liniengeradheit

Um eine objektive Qualitätsaussage über die Liniengeradheit zu machen, sollten Systeme immer direkt vermessen werden. Indirekte Messungen, zum Beispiel Betrachtung einer Laserlinie auf einer bevorzugten Oberfläche, bringen zufällige Interferenzen, induziert durch Oberflächenfehler des Objekts, und Fehler durch die Winkelabhängigkeit des Sensors mit ein. Unabhängig davon haben Mess- und Umgebungsbedingungen, sowie die Auswertung einen wesentlichen Einfluss.

Die Auflösung des verwendeten Sensors sollte hinreichend groß gewählt sein und der Laserstrahl im Idealfall vollkommen orthogonal auf diesen auftreffen. Optische Elemente wie Objektive (besonders für kleine Aperturen) und Abschwächer bringen durch Abbildungsfehler und eventuell auftretende Interferenzen weitere Ungenauigkeiten ein und sollten deshalb ebenfalls weggelassen werden. Zu beachten ist zudem, dass viele Laser erst bei einer bestimmten Leistung und nach einer gewissen Aufwärmphase optimal arbeiten und eine Leistungsänderung das Strahlprofil negativ beeinflussen kann.

Neben der ausreichenden Empfindlichkeit des Sensors für die jeweilige Laserwellenlänge sollten ebenso Störquellen wie Umgebungsbeleuchtung, schwankende Temperaturen, Feuchtigkeit oder Ähnliches möglichst vollständig ausgeschlossen werden.

Die spezifizierten Sollwerte werden in der Regel für den Fokusbereich definiert. Hier ist

die Liniendicke des Lasers am geringsten und die Leistung pro Fläche am höchsten.

Nach durchgeführter Aufnahme der Laserlinie, zum Beispiel mit einer beweglichen Flächenkamera, werden die Endpunkte der Messung festgesetzt (1/e<sup>2</sup> oder FWHM). Für die zwischen den Endpunkten aufgespannte Kurve wird eine Regressionsgerade berechnet. Über die Maximalabweichung zur Regressionsgeraden ist die Geradheit der Laserlinie definiert.

Über die Helligkeitsunterschiede entlang der Linie lässt sich die Homogenität der Intensitätsverteilung ermitteln.

Da 3D-Bildverarbeitung auch in Zukunft einen großen Stellenwert in der modernen Produktion und Qualitätskontrolle einnehmen wird, ist ein gemeinsames Verständnis zwischen Kunde und Anbieter von Produkten und deren Eigenschaften essenziell. Die einheitliche Charakterisierung von Linienlasern ist bis dato nicht hinreichend verbreitet. Die oben erläuterten Punkte sollen als Hilfsmittel zur Spezifizierung, Parametrierung und zum Vergleich zwischen verschiedenen Linienlasern als auch für die Messdatendokumentation dienen. ■

### AUTOREN

**Sven Gruca**, Vertriebsingenieur  
Bildverarbeitung

**Karl Cichon**, Vertriebsingenieur  
Laser und Lichtquellen, Messtechnik  
und Bildverarbeitung

### KONTAKT

Laser 2000 GmbH, Wessling  
Tel.: +49 8153 405 0  
www.laser2000.de



# Bin-Picking auf den Punkt gebracht

Grundlagenstatement von Dr. Ronald Müller

**Bin-Picking hat sich als fester Begriff im Materialhandling, der Robotik und der Industriellen Bildverarbeitung etabliert. Doch was ist damit tatsächlich gemeint? Ronald Müller erläutert in seinem Statement Anwendungsfelder sowie Lösungswege und eröffnet damit das Schwerpunktthema Bin-Picking.**

In Fertigungsanlagen für diskrete Erzeugnisse, z. B. Schrauben, Bolzen, oder Biegebleche, muss innerhalb mehrerer Prozessschritte jedes Teil einzeln bearbeitet werden. Will man solche Anlagen automatisieren, lässt sich diese Herausforderung in zwei Hauptbereiche aufteilen: die Automatisierung der Materialbearbeitung und die Automatisierung des Materialflusses.

Bei Letzterem stehen Prozessingenieure häufig vor einem großen Problem: Wie können Rohlinge ihren Bearbeitungsmaschinen mit der notwendigen Präzision und Geschwindigkeit zugeführt werden? Traditionell verzichtete man hier mangels technischer Lösungen auf eine Automation und setzte Arbeiter im Schichtbetrieb ein. Die Kern-Arbeitsanweisung ließ sich in einer Zeile zusammenfassen: „Nimm (engl. „pick“) Rohlinge aus der Kiste (engl. „bin“) und platziere sie wie definiert auf der Zuführungsvorrichtung der Maschine“.

Seit vielen Jahren beschäftigen sich nun Forscher und Entwickler mit der Automation dieses „Bin-Picking“. Bin-Picking-Systeme bestehen gewöhnlich aus folgenden Komponenten:

- Mechanik zur Platzierung der Transport-Kiste bei der Anlieferung;
- optisches 3D-Erfassungssystem zur Lokalisation der Rohlinge in der Transport-

Kiste, zur Bestimmung ihrer Lage, um mögliche Greifpunkte für den Roboter zu identifizieren und gegebenenfalls zur Erkennung, wie ein Roboter ein bestimmtes Teil wirklich gegriffen hat;

- Roboter, meist ein 6D-Roboterarm samt Steuerungs-PC;
- Greifer an der Spitze des Roboterarms, der z. B. per Zangengriff oder durch Unterdruck Rohlinge heben und platzieren kann;
- Mechanik (z. B. Schablonen) zur definierten Ablage der Rohlinge auf Maschinenseite.

Die Übersicht der benötigten Komponenten verdeutlicht bereits, dass Systementwickler ursprünglich eine große Breite an Kompetenzen benötigten, nämlich aus den Bereichen Optik, Bilderfassung, 3D-Bildverarbeitung, Robotersteuerung und Mechanik. Dadurch gelang es in den Anfangsjahren nur selten, Bin-Picking-Probleme erfolgreich zu lösen.

Mittlerweile sind jedoch verschiedenste Anbieter am Markt, die Kernprobleme bereits robust im Griff haben. Viele 3D-Machine-Vision-Systeme liefern selbst bei spiegelnden oder sehr gleichförmigen Bauteiloberflächen robuste 3D-Punktwolken. In Kombination mit einem 3D-CAD-Modell der Bauteile lassen sich daraus zuverlässig Position, Lage und

Greifpunkte berechnen. Softwarelösungen können den Bewegungspfad eines Roboterarms von einem Greifpunkt bis zu einem Ablagepunkt automatisch generieren und dabei Kollisionen des Roboters mit der Kiste und anderen Objekten vermeiden. Mithilfe neuer Modellierungssoftware sollen Nutzer nun ihre eigene Bin-Picking-Lösung inklusive 3D-Vision-System, Roboter, und Greifer spezifizieren können... Was so einfach klingt, erzeugt in der Praxis oft immer noch Kopfschmerzen: Die Variantenvielfalt aus verschiedensten Bauteilformen, -größen, -gewichten, -materialien und -oberflächen in Kombination mit den entsprechend benötigten Greifern, Roboterarmen und Limitationen der 3D-Vision-Einheiten erschwert die universelle Modellierung.

Sobald für typische Anwendungen kein ausgewiesener Bin-Picking-Experte mehr notwendig ist, um zu testen, zu spezifizieren und um Lösungen zusammenzubauen, steht dieser Technologie weltweit ein Milliarden-Markt offen. ■

**AUTOR**  
**Dr. Ronald Müller**  
Geschäftsführer

**KONTAKT**  
Vision Markets GmbH, Mammendorf  
Tel.: +49 89 215 536 65  
contact@markets.vision  
www.markets.vision

**See the essential.**

High-end optical filters for machine vision applications

▶ Bandpass / Longpass / Shortpass / Notch Filters



**AHF ANALYSENTECHNIK**

AHF analysentechnik AG  
info@ahf.de · www.ahf.de

▶ Longtime & interdisciplinary expertise!

Vision Guided Robotics (VGR) gewinnt immer mehr an Bedeutung. Zunehmend kommen Bildverarbeitungssysteme und Robotik in industriellen Anwendungen gemeinsam zum Einsatz. Der spanische Bildverarbeitungsexperte Infaimon hat ein VGR-System für Bin Picking entwickelt. Dabei ermöglichen es zwei Kameras Robotern, gezielt Objekte in einem Behälter zu erkennen und zu ergreifen.



© Allied Vision

## See and Pick – Vision Guided Robotics

Stereovision: Bin-Picking-System mit GigE-Vision-Kameras ermöglicht Robotern räumliches Sehen

**R**oboter, die durch Bildverarbeitung räumlich sehen können, bieten viel Flexibilität und Einsatzmöglichkeiten. Anstatt immer nur in einem klar definierten Arbeitsumfeld eingesetzt zu werden, lassen sie sich in vielfältigen Umgebungen nutzen. Denn wenn der Roboter ohne visuelle Unterstützung arbeitet, müssen Arbeitsumfeld und Bewegungsabläufe genauestens festgelegt sein. Dies erfordert nicht nur eine hohe Präzision beim Umgang mit Objekten. Der Roboter muss immer exakt die gleiche Bewegung zum selben Endpunkt

durchführen. VGR-Systeme sind da weitaus flexibler. Mithilfe der Bildverarbeitung lässt sich die Lage eines Objektes in einem Raum sehr genau bestimmen. Jeder Punkt in einem dreidimensionalen Raum kann definiert und der Roboter dorthin gelenkt werden.

### Picking-Anwendungen

In der Robotik und Bildverarbeitung versteht man unter „Picking“ einen kombinierten Prozess, bei dem mithilfe von Industriekameras Gegenstände und deren Lage in einem Raum erkannt werden und ein Roboterarm

diese Gegenstände ergreift und zu einem vorher definierten Zielpunkt transportiert. Weit verbreitet ist das sogenannte „Pick and Place“. Dabei werden Gegenstände auf einer Fläche, in den meisten Fällen ein Fließband, lokalisiert und aufgehoben. Allied Visions Distribution Partner in Spanien und Experte für Computervision Infaimon (seit Mai 2019 eine Tochter von Stemmer Imaging) hat ein System entwickelt, das mehr kann. Das Bin-Picking-System kann nicht nur Gegenstände auf einem ebenen Fließband erkennen. Es ermöglicht auch das Erkennen, Auswählen

und Entnehmen von Teilen, die wahllos durcheinander in einem Behälter liegen. Kameras von Allied Vision dienen dem Erkennen und Orten, ein Roboter übernimmt das Herausnehmen und Platzieren. Auch wenn es so scheint, als ob kein großer Unterschied zum „Pick and Place“ auf ebener Fläche besteht - einen Gegenstand zwischen vielen anderen, wahllos in einem Behälter durcheinanderliegenden zu unterscheiden und zu trennen, ist eine sehr viel größere Herausforderung. Auf den ersten Blick vielleicht trivial, ist diese Aufgabe eine höchst komplexe für ein Computer-Roboter-System.

### Stereoskopie: Zwei sind besser als eine

Das Bin-Picking-System von Infaimon basiert auf Stereovision. Zwei hochauflösende Kameras, im Kopfteil des Roboters eingebaut, liefern synchronisierte Bilder, die eine präzise dreidimensionale Abbildung aller Gegenstände zulassen. Als künstliche Augen, die wie menschliche Augen ein dreidimensionales Bild erzeugen, wurden zwei GigE-Vision-Kameras von Allied Vision ausgewählt. Je nach Anforderung der Anwendung kommt entweder die kompakte Mako G-125 oder die leistungsfähige, robuste Prosilica GT1290 zum Einsatz.

Um dem Roboterarm die notwendige Bewegungsfreiheit zu lassen, ist es besonders wichtig, möglichst wenig Kabel zu verwenden. Beide GigE-Vision-Kameras benötigen durch den Einsatz von „Power over Ethernet“ (PoE) nur ein einziges Kabel für Stromversorgung und Datentransfer.

„Um Objekte und deren Lage so schnell wie möglich identifizieren zu können, braucht das Bin-Picking-System möglichst kleine Kameras, die sich leicht synchronisieren lassen und deren Bildrate hoch genug ist“, beschreibt Salvador Giró, CEO von Infaimon in Barcelona, die Anforderungen an die Kameras.

Die ultra-kompakte (29 x 29 mm) GigE-Vision-Kamera Mako G-125 ist mit einem ICX445-CCD-Sensor von Sony ausgestattet und verfügt über zahlreiche Befestigungsmöglichkeiten. Die Mako ist so klein und leicht, dass sie ganz einfach am Kopfende des Roboterarms eingebaut werden kann. Das erleichtert die Nutz- und Bedienbarkeit des Systems. Sie liefert Bilder mit einer Auflösung von 1.292 x 964 Pixel bei einer Bildrate von 30 Bildern pro Sekunde. Für echte Stereovision müssen beide Kameras zeitgleich Bilder aufnehmen und zum angeschlossenen Computer übertragen. Mit ihren zahlreichen Eingangs- und Ausgangsanschlüssen lässt sich die Kamera praktisch mit einem externen Trigger verbinden.



Die Prosilica GT1290 ist mit ihrem robusten Gehäuse für extreme Einsatzbedingungen und wechselnde Lichtverhältnisse geeignet.

Für anspruchsvollere Anwendungen, die synchronisierte Bilder bei schnellerer Auslesezeit fordern, lässt sich das Bin-Picking-System auch mit Allied Visions leistungsstarker 1,2-Megapixel-GigE-Vision-Kamera Prosilica GT1290 ausstatten. Die Kamera verfügt über das Precision Time Protocol (PTP), das die bis auf 2 Mikrosekunden genaue Synchronisation der Kameras über eine Ethernet-Verbindung ermöglicht. Darüber hinaus verfügt die Prosilica-Kamera über einen hochwertigen Sony-ICX445-CCD-Sensor, der eine hohe Bildqualität liefert. Die Prosilica GT1290 ist mit ihrem robusten Gehäuse für extreme Einsatzbedingungen und wechselnde Lichtverhältnisse geeignet.

### Picking step by step

Der erste Schritt im Picking-Prozess besteht im fehlerfreien Erkennen eines Teiles oder eines Gegenstandes, der aufgehoben werden soll. Dies erfordert genaue, dreidimensionale Informationen über diesen. Da die Teile in jeder erdenklichen Lage wahllos durcheinander liegen können, muss das System in der Lage sein, die Gegenstände räumlich zu sehen. Hierfür müssen alle Formbestimmenden Parameter des Objektes bekannt und im System erfasst sein. Wenn die Form des Gegenstandes und der umgebende Raum, in dem er sich befindet, bekannt sind, besteht der nächste Schritt darin, den Gegenstand zu detektieren.

Die zwei Mako- oder Prosilica-GT-Kameras im Kopfteil des Roboterarms erzeugen ein dreidimensionales Bild der identifizierten Gegenstände. Das ist jedoch nicht die einzige Funktion der Kameras. Während der Roboterarm sich auf einem vordefinierten Weg durch den dreidimensionalen Raum bewegt, liefern die Kameras Hunderte Bilder, aus denen ein dreidimensionales Bild des Raumes entsteht. Aufnahmen aus verschiedenen Blickwinkeln erstellen eine detaillierte dreidimensionale Karte der gesamten Umgebung und lassen auch versteckte Teile oder Ecken sichtbar werden.

Im nächsten Schritt wird der beste Kandidat unter all den erkannten Gegenständen

bestimmt. Dieser ist von allen vorausgewählten Kandidaten am einfachsten für den Roboter zu greifen. Das trifft dann zu, wenn das Teil in greifbarer Nähe liegt und nicht von anderen Teilen eingekleimt oder überdeckt wird. Ist dieser beste Kandidat identifiziert, muss der Roboter diesen so schnell wie möglich greifen, ohne dabei andere Teile oder etwas im Arbeitsumfeld zu berühren. Dies setzt eine genaue Berechnung des idealen Weges voraus. Nachdem der Roboter diesen Gegenstand gegriffen hat, führt er ihn an eine genau vorbestimmte Position, damit der Produktionsprozess fortgesetzt werden kann. In einigen Anwendungen wird diese Phase genutzt, um ebenfalls mithilfe von industriellen Kameras Qualitätskontrollen an dem Teil durchzuführen.

### Weitere Anwendungsgebiete

Der Einsatz von Stereovision, d.h. dem räumlichen Sehen durch die Anwendung zweier Kameras, hat viele Vorteile. Der Produktionsprozess gewinnt an Schnelligkeit und Flexibilität. Die Gegenstände müssen nicht akkurat und gleichförmig in einem Behälter positioniert sein. Sie können im Behälter wahllos durcheinander liegen und einfach hineingeschüttet werden. Es geht keine Zeit für das Sortieren und Aufreihen der Teile verloren, bevor sie in die Produkte eingebaut werden. Sogar extrem komplizierte, unförmige Teile können schnell erkannt werden. Andere Technologien stoßen an ihre Grenzen, wenn solche Teile in einem Behälter liegen. Stereovision macht ein sicheres und schnelles Erkennen möglich. Für diese Art der Erkennung eignen sich insbesondere auch Kisten oder Kartons, die eine besondere Struktur oder gedruckte Markierungen aufweisen. Hier können Stereovision-Systeme eine große Hilfe beim Bestücken oder Leeren von Paletten sowie bei der Bearbeitung und dem Transport der Pakete sein. Mit weniger als 10 s Bearbeitungszeit pro Gegenstand kann ein Bin-Picking-System einen Container schnell, fehlerfrei und ohne Unterbrechungen entleeren. Die Möglichkeit, das System ununterbrochen im Schichtsystem zu nutzen, macht die Lösung besonders interessant für Unternehmen mit Dauerproduktion. „Außerdem sind die Hardware-Kosten beim Einsatz eines Stereovision-Systems im Vergleich zu anderen 3D-Systemen, die auf Lasertriangulation, Streifenprojektion oder Laufzeitverfahren basieren, günstig“, schließt Salvador Giró. ■

### AUTORIN

**Nathalie Többen**  
Marketing Managerin

### KONTAKT

Allied Vision Technologies GmbH, Stadtroda  
Tel.: +49 36428 677 0  
info@alliedvision.com  
www.alliedvision.com

# Glänzende Aussichten

Wie auch dünne, reflektierende Blechteile den Weg aus der Kiste finden

Wenn es darum geht, dass ungeordnet vorliegende Bauteile oder Schüttgut aus einem Behälter entnommen werden sollen, dann erledigen häufig noch Menschen diese Arbeit. Vermehrt können jedoch mit Kamerasystemen ausgestattete Robotersysteme diese repetitive Arbeit übernehmen. Wie bereits im Beitrag in der inspect 02/2019 beschrieben, bietet das Fraunhofer IPA dafür eine leistungsfähige Software und arbeitet dabei zunehmend mit Machine Learning. Wir haben dazu Dr. Werner Kraus, Leiter der Abteilung Roboter- und Assistenzsysteme, im Interview befragt.

**inspect:** Die Robotik in Zusammenarbeit mit industrieller Bildverarbeitung kann immer mehr Arbeiten erledigen, die zuvor von Menschen ausgeführt wurden. Wo sehen Sie aktuell noch die Grenzen, wo der Mensch noch gebraucht wird?

**W. Kraus:** Mensch und Roboter haben vielfach komplementäre Fähigkeiten, die sich nicht übertragen lassen. Und selbst wenn der Roboter durch optische Sensoren die Fähigkeit zu sehen erlangt, braucht es den Menschen dort, wo eine situationsabhängige Intelligenz, Flexibilität und die Kompetenz, Fehler lösen zu können, gefordert sind. Ein adäquates Reagieren z. B. auf vielfältige Bauteile oder anspruchsvolle Prozessschritte, wie es häufig in Montageanwendungen anzutreffen ist, lässt sich aktuell aufgrund des hohen Programmieraufwands und der vielfältigen Werkstücke nur selten wirtschaftlich mit einem Roboter umzusetzen.

**inspect:** Beim sogenannten Griff in die Kiste liegen die Herausforderungen in der unterschiedlichen Form und Beschaffenheit der Bauteile sowie der ungeordneten Lage derselben. Wie lässt sich dieses Problem effizient lösen?

**W. Kraus:** Modellgetriebene Algorithmen zur Objektlageerkennung in 3D-Punktwolken sind seit Jahren Stand der Technik. Auf Basis von CAD-Modellen kann ein Robotersystem die chaotisch gelagerten Werkstücke erkennen, ihre Lage, also Position und Orientierung, berechnen und weitere Aktionen planen, darunter passende Greifpunkte und die Bahn für den Roboterarm. Die algorithmische Basis für den Griff in die Kiste ist gelegt und aktuelle Entwicklungen zielen darauf ab, die Taktzeit zu verringern, auch komplexere Bauteile mit z. B. reflektierenden Oberflächen prozesssicher zu erkennen und den Einrichtaufwand für neue Bauteile zu reduzieren.



Dr. Werner Kraus, Leiter der Abteilung Roboter- und Assistenzsysteme beim Fraunhofer IPA



© Fraunhofer IPA/Foto: Rainer Bez

**inspect:** Machine Learning spielt, wie in so vielen anderen Bereichen der IBV, auch beim Bin Picking eine Rolle. Wie ist der Stand der Dinge bei Ihnen bezüglich dessen, was Sie Deep Grasping nennen?

**W. Kraus:** Mit DeepGrasping nutzen wir Machine Learning als vielversprechende Methode, um oben genannte Entwicklungsziele zu erreichen. Damit Machine Learning seinen Mehrwert ausspielen kann, bedarf es jedoch eines daten- und zeitintensiven Trainings der Algorithmen. Dies kann in der realen Welt kaum sinnvoll funktionieren, weil z. B. die Maschinenstillstände nicht akzeptabel sind oder es an qualitativen Daten mangelt. Aber ein digitales Abbild der Anwendung sowie eine leistungsfähige Simulation sind hier eine ideale Lösung. Im Projekt haben wir zusammen mit der Universität Stuttgart eine solche Simula-



Ein mit der Firma Formhand entwickelten Greifer, der sich besonders für dünne Blechteile eignet.

© Fraunhofer IPA/Foto: Rainer Bez



Die Software für den Griff in die Kiste ist bereits in mehreren Produktionen in Betrieb.

tionsumgebung für den Griff in die Kiste entwickelt. Hiermit können Handlungen bereits virtuell erlernt und optimiert werden. Und dies schneller als in Echtzeit. Anhand von tausenden Beispielen mit Befüllungen von Kisten lernt die Software zu verallgemeinern und beliebig gelagerte Objekte zu segmentieren, zu klassifizieren und deren Lage zu schätzen. Für eine robuste Objektlageerkennung ist es zudem nützlich, Werkstücke von der Umgebung zu trennen, um mehr und genauere Ergebnisse liefern zu können. Insbesondere bei den letzten Teilen in einer Kiste – beispielsweise dünnen Blechteilen, die mit ihrer Umgebung verschmelzen – ist dies von Bedeutung und der Mehrwert von Machine Learning wurde hierfür bereits experimentell nachgewiesen.

#### **inspect: Wohin wird sich die Robotik im industriellen Bereich in den nächsten Jahren entwickeln?**

**W. Kraus:** Meines Erachtens werden wir Roboter neben den etablierten Anwendungen zunehmend in neuen Einsatzbereichen wie der Endmontage im Automobilbau oder in der Logistik, wie z. B. dem Kommissionieren, finden. Mehrere Entwicklungen machen dies wahrscheinlich: So tut sich aktuell viel in der Sicherheit. Neue Sicherheitssysteme machen den kollaborativen Betrieb einfacher und es gibt erste Lösungen für eine automatisierte Unterstützung der Sicherheitszertifizierung einer Roboteranwendung. Zudem erlauben

verbesserte Sensoren, dass Roboter mit Objekt- oder Prozessstoleranzen selbstständig umgehen können. Und für die Anwender wird es zunehmend einfacher werden, die Roboter zu programmieren. Bezogen auf Robotersysteme, also Roboterarm, Prozesswerkzeug und entsprechende Steuerungstechnik etc., liegt der große Hebel in der Vereinfachung der Systemintegration. Die Daumenregel sagt, dass das Robotersystem heute das Vier- bis Fünffache des Roboters kostet. Durch Verwendung von Open-Source-Bibliotheken, Software-Deployment-Prozessen aus der IT und Plattformökonomie erwarten wir in der Systemintegration starke Einsparungen, die schlussendlich Roboter für neue Anwendungen kostenseitig attraktiv machen. Ein Mockup solch einer Plattform ist auf [www.robot.one](http://www.robot.one) zu finden. (mbu) ■

#### **KONTAKT**

Fraunhofer IPA, Stuttgart  
Tel.: +49 711 970 10 49  
[werner.kraus@ipa.fraunhofer.de](mailto:werner.kraus@ipa.fraunhofer.de)  
[www.ipa.fraunhofer.de/robotersysteme](http://www.ipa.fraunhofer.de/robotersysteme)

# Optimal aufeinander abgestimmte Komponenten zur Bildverarbeitung?

## Kein Problem mit Polytec



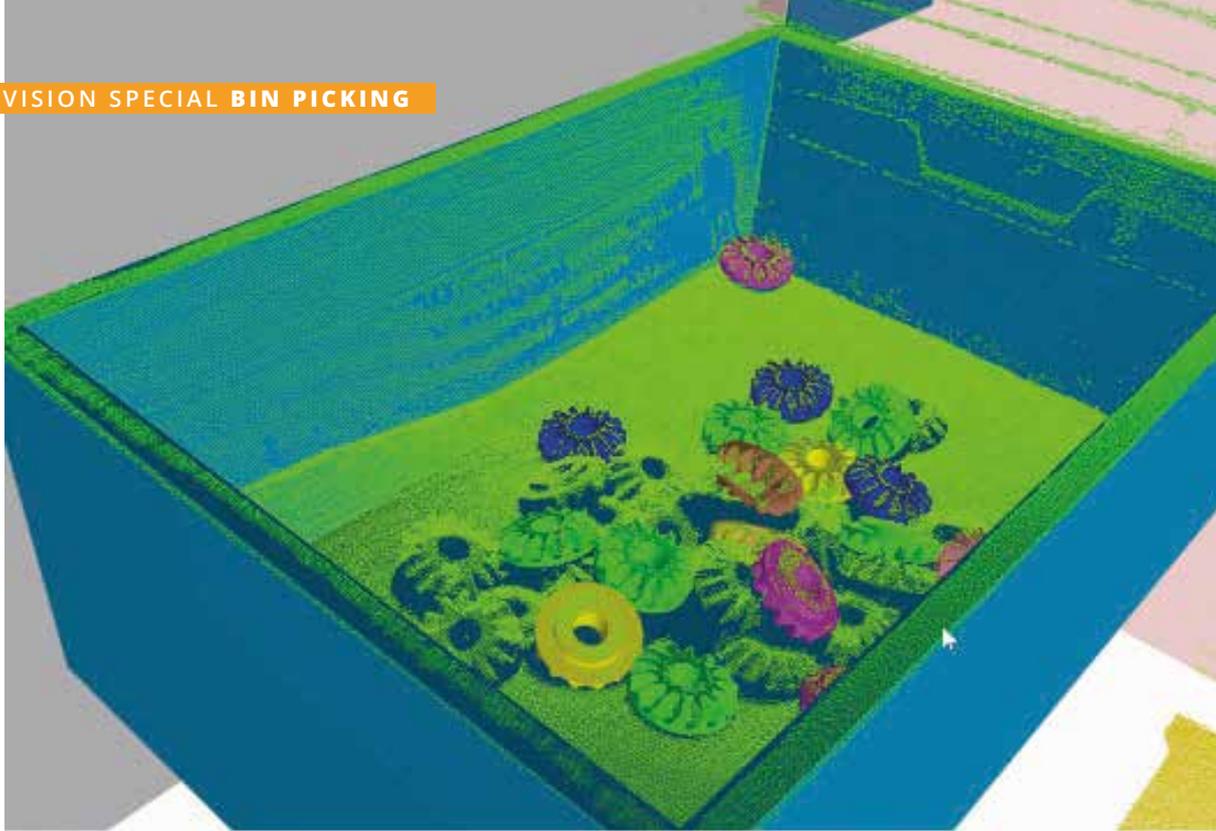
### Komplettanbieter für die Bildverarbeitung

Für die industrielle Bildverarbeitung gibt es viele Anbieter – und noch mehr Lösungen. Eine optimale Abstimmung wird meist schwierig. Entscheiden Sie sich lieber gleich für Polytec. Denn so erhalten Sie die Gesamtlösung aus einer Hand. Dabei berücksichtigen wir besonders die Wechselwirkungen der einzelnen Komponenten und Umgebungsbedingungen. So können wir Ihnen die ideale Kombination von Produkten bieten, mit denen Sie erfolgreich Ihre Aufgaben meistern.

Mehr unter:

[www.polytec.com/bv](http://www.polytec.com/bv)





© Photoneo

# Behälterkommissionier-System

Automatisierung von Warmumform- und Laserschneidprozessen

**Ein Zulieferer von Metallkomponenten für die Automobilindustrie verbessert die Produktion mit einer Software für die Behälterkommissionierung.**

Es wurde bereits viel über Probleme geschrieben, die im Allgemeinen bei Lösungen und Anwendungen für die Behälterkommissionierung auftreten. In diesem Artikel wird dagegen eine Fallstudie vorgestellt, die ein von Photoneo für einen Kunden entwickeltes Behälterkommissionier-System zur Automatisierung von Warmumform- und Laserschneidprozessen beschreibt. Die für diesen Kunden entwickelten, benutzerdefinierten Funktionen wurden in allgemein verfügbare umgewandelt, die derzeit von einem breiten Nutzerkreis eingesetzt werden.

## Warmumform- und Laserschneidsystem

Im Jahr 2018 realisierte Photoneo eine der größten Installationen seiner Behälter-Kommissioniersysteme. Das gesamte Projekt bestand aus elf Behälter-Kommissionierzellen, mit jeweils einem Roboter und einem Scanner-Gerät. Die Systeme verarbeiten derzeit 18 Arten von Objekten. Der gesamte Einsatz wurde an einen der größten Automobilzulieferer von Metallkomponenten für Pkw-Chassis geliefert, und Photoneo wurde gebeten, seine Warmumform- und Laserschneidprozesse zu automatisieren.

Die Vorgehensweise sieht wie folgt aus: Nach dem Warmumformprozess werden die Rohteile auf eine Eingangspalette des Behäl-

terkommissionier-Systems übergeben. Der Scanner scannt die Eingangspalette, lokalisiert ein Teil und fährt den Roboter zu einer Greifposition. Das Hauptziel der gesamten Fertigungslinie ist die präzise Positionierung des Metallgegenstandes in der Laserkabine. Mit dem Laser wird dann die Überpressung als Nebenprodukt der Warmumformung entfernt. Nach diesem Vorgang entnimmt der Roboter das Schnittteil aus der Laserkabine und legt das bearbeitete Objekt in eine Ausgangspalette. Dieser Prozess stellte eine Reihe von Herausforderungen dar, denen sich das Photoneo-Team stellen musste.

Die gesamte Integration des Vision-Systems basierte auf einer regulären Version der Bin-Picking-Studio-Software des Unternehmens. Der Prozess erforderte jedoch mehrere Funktionalitäten, die zu diesem Zeitpunkt nicht Teil des Releases waren. Seitdem wurden mehrere Updates veröffentlicht, zuletzt die Version 1.3.0, die alle oben genannten Anpassungen enthält. Die neuen Versionen sind Teil der Unternehmensstrategie, alle benutzerdefinierten Funktionen einem breiteren Publikum von erfahrenen Anwendern zugänglich zu machen.

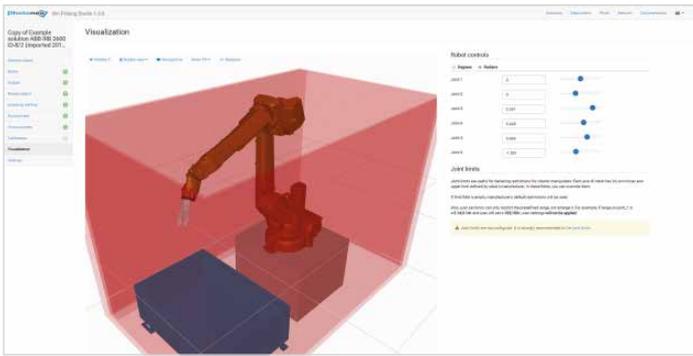
## Zusätzliche spezielle Softwarefunktionen

Zu den Anpassungen gehörten unter anderem mehrere Vision-Systeme und eine so

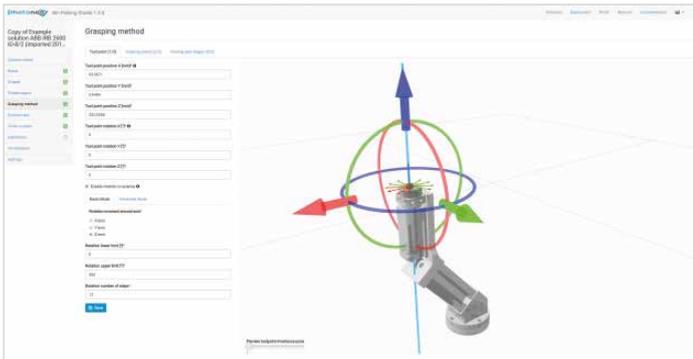
genannte Teaching-Gripping-Point-Option. Letztere wurde aufgrund von Schwierigkeiten im Zusammenhang mit der physischen Form der behandelten Objekte, die selten symmetrisch ist, umgesetzt. In Kombination mit einem ungenauen Stapelbild sind die Möglichkeiten von Greifpositionen eher begrenzt. Deshalb ist das Einlernen des Greifpunktes eine äußerst nützliche Funktion. Die ganze Idee basiert auf der Nutzung der Lokalisierung des Teils, das fest mit dem Werkzeug des Roboterarms verbunden ist. Das System lokalisiert die Verschiebung und Drehung des Teils und seine relative Position im Bezugsrahmen des Roboters. Die Position des Roboters sowie die Ausrichtung der Werkzeugspitze werden dann von der Robotersteuerung gelesen. Auf diese Weise wird der Greifpunkt am Objekt erfasst und für die spätere Verwendung gespeichert.

## Mehrfach-Vision-Systeme

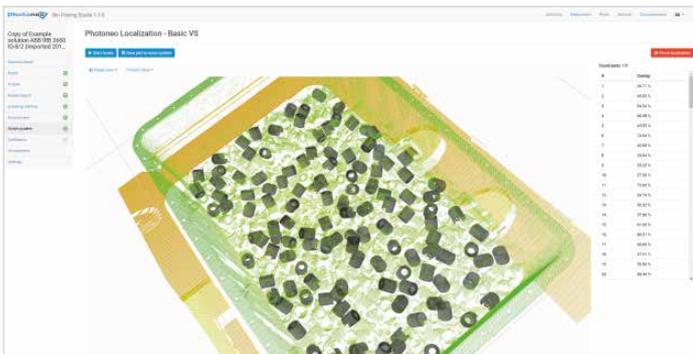
Die meisten Produktionslinien enthalten zwei Eingangspaletten und zwei Ausgangspaletten, um die Effektivität der Produktion zu optimieren. Sobald die erste Eingangspalette leer ist, fährt der Roboter zur zweiten und setzt den Betrieb fort. In der Zwischenzeit ersetzt ein Bediener die erste leere Eingangspalette durch neue Rohstoffe. Dieser Prozess erfordert ein Scan-System über jeder der beiden Eingangspaletten. Um die Kosten



© Photoneo  
Der Roboter entnimmt das abgeschnittene Teil aus der Laserkabine und legt das bearbeitete Objekt auf eine Ausgangspalette.



© Photoneo  
Software Bin Picking Studio: Berechnung von Greifpunkten



© Photoneo  
Software Bin Picking Studio: Lokalisierung von Objekten

des Gesamtsystems zu optimieren, wird in diesem Fall jedoch nur ein PhoXi-XL-Scanner verwendet, der auf Linearachsen montiert ist. Es wurden zwei Positionen eingelernt, eine für jede Eingangspalette. Sobald die erste Eingangspalette verarbeitet ist, befiehlt der Roboter den Linearachsen, sich über die zweite Eingangspalette zu bewegen. Um diese Funktion für das gesamte Ökosystem der Bin-Picking-Studio-Anwender verfügbar zu machen, wurde das Konzept der Vision-Systeme entwickelt.

Ein Vision-System wird durch einen ihm zugeordneten, bestimmten Scanner und die Kalibriermatrix definiert, die den Scanner-Bezugsrahmen in den des Roboters transformiert. Das Vision-System enthält Informationen über das lokalisierte Objekt und das Lokalisierungsprofil. Ein einzelner Scanner kann mehreren Vision-Systemen zugeordnet werden.

### Genauigkeit des Gesamtsystems

Eine weitere Herausforderung, der man sich stellen musste, war die Genauigkeit des gesamten Systems. Die Anlage besteht aus verschiedenen Komponenten, wobei jede davon mit einer gewissen Präzision gefertigt wird. Der Roboter, der für das Handling der Materialien in dieser Anwendung eingesetzt wird, wurde für eine Reichweite von 3,2 m und eine Last von 150 kg konfiguriert. Während dies eine ausgezeichnete Leistung in Bezug auf die Wiederholbarkeit bietet, ist die Genauigkeit in einer Behälterkommissionierungs-Anwendung wichtiger. Diese beträgt typischerweise 8 bis 15 mm.

Neben der begrenzten Roboter Genauigkeit brachte auch der PhoXi-3D-Scanner-XL von Photoneo eine ähnliche Einschränkung mit sich. Für diese besondere Größe und dieses Scan-Volumen beträgt der Punkt-zu-Punkt-Abstand der erfassten

Punktwolke typischerweise 2 mm und die Kalibriergenauigkeit liegt bei 0,5 mm am Sweet Spot.

Es war die Anforderung des Kunden, ein Objekt mit einem Scanner zu lokalisieren, der 4 m über der Eingangspalette mit einer Genauigkeit von weniger als 4 mm montiert war. Zunächst schien dieses Ziel mathematisch unmöglich, da sich die Ungenauigkeit von Roboter, Scanner, Linearachsen, Lokalisierungsalgorithmus und anderen beteiligten Systemen und Werkzeugen zu einer deutlich höheren Zahl addierte.

Um diese Herausforderung zu meistern, musste eine einzigartige Kalibriermethode entwickelt werden. Dazu wurde ein spezielles Kalibrierobjekt verwendet, das fest mit dem Werkzeug verbunden war. In dem Volumen, in dem der zukünftige Greifpunkt vorhanden sein würde, wurden verschiedene Kalibrierpositionen erfasst. Mit diesem Verfahren wurde nachgewiesen, dass ein präzises Scanner-Roboter-Kalibrierverfahren eine gewisse Ungenauigkeit der einzelnen Komponenten kompensieren kann.

Es mag überraschen, dass Saisonalität auch zu Ungenauigkeiten beitragen kann. Da es sich hier um die Leichtindustriefertigung handelt, ist die Umgebung in der Halle sehr instabil. Bei einem 6 Meter langen Objekt aus Stahl würde eine Änderung der Umgebungstemperatur von 18 auf 40°C einen Dehnungsversatz von 0,21 mm verursachen. Diese saisonalen Veränderungen können durch eine regelmäßige Rekalibrierung von Scanner-Robotern ausgeglichen werden.

### Von den ersten Herausforderungen bis hin zu neuen Funktionen

Die Anwendung des Kunden stellte viele Herausforderungen dar, die angegangen werden mussten, um die erforderlichen Prozesse erfolgreich durchzuführen. Neben den oben genannten gab es noch viele andere, beispielsweise Objekte, die nicht starr waren, die Sicherheit der vorgeschlagenen Lösung, die Übernahme des vorhandenen Werkzeugwechslers und erweiterte Steuerungsmöglichkeiten der Robotersteuerung, zum Beispiel einen Lösungswechsel, mit dem eine bestimmte Lösung im Steuerungssystem schnell geändert werden konnte. Nichts davon war leicht zu bewältigen, doch am Ende führten sie alle zur Verbesserung der bereits bestehenden und zur Entwicklung völlig neuer Funktionen in den Produkten und Lösungen von Photoneo, die nun allen Anwendern zur Verfügung stehen. ■

#### AUTOR

**Adrian Kratky**

Director of Robot Vision

#### KONTAKT

Photoneo s. r. o., Bratislava, Slowakei  
Tel.: +421 948 766 479  
sales@photoneo.com  
www.photoneo.com



# Gesehen, gespeichert, gelernt

Selbstständig lernende Roboter lösen Aufgaben mithilfe einer 3D-Kamera

**Das Ausprobieren verschiedener Verhaltensweisen gehört zu den klassischen Lernmethoden. Erfolg oder Misserfolg entscheiden darüber, welches Gebaren übernommen und somit gelernt wird. Dieses Prinzip lässt sich auf die Welt der Roboter übertragen.**

**A**m Institut für Intelligente Prozessautomation und Robotik des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT) befasst sich die Robot Learning Group (ROLE) mit verschiedenen Schwerpunkten in den Bereichen des maschinellen Lernens. Dabei erforschen die Wissenschaftler, wie Roboter durch selbstständiges Ausprobieren lernen, Aufgaben zu lösen. Diese Methoden werden insbesondere für das Lernen von Objektmanipulation eingesetzt, beispielsweise für das Greifen von Objekten in einem typischen Bin-Picking-Szenario. Eine 3D-Kamera direkt am „Kopf“ des Roboters liefert die benötigten Bilddaten.

Das Greifen von chaotisch liegenden Gegenständen ist gerade in der industriellen Automation eine zentrale Aufgabe. Aktuelle Bin-Picking-Lösungen sind jedoch häufig unflexibel und stark an das zu greifende Werkstück angepasst. Die Forschungsprojekte der Robot Learning Group versprechen Abhilfe, z. B. mit Robotern, die selbstständig lernen,

zuvor unbekannte Objekte aus einem Behälter zu greifen. Um eine solche Aufgabe zu lösen, beginnt der Roboter zunächst mit zufälligen Greifversuchen, wie es auch ein Mensch machen würde. Ein neuronales Netz setzt die dabei aufgenommenen 3D-Bilder mit den erfolgreichen bzw. missglückten Greifversuchen in Zusammenhang. Dafür wird zu jedem Bild das Greifergebnis gespeichert, das über einen Kraftsensor im Greifer ermittelt wurde. Die künstliche Intelligenz (KI) erkennt anhand der gespeicherten Daten sinnvolle Greifpunkte für die Objekte und trainiert sich damit selbst. Wie bei modernen Methoden des Reinforcement Learning üblich (Bestärkendes Lernen im maschinellen Bereich, bei dem unterstützt durch Belohnungen selbstständig eine Strategie erlernt wird), sind dazu große Datenmengen und viele Greifversuche unerlässlich. Die Forscher des KIT konnten die Anzahl Letzterer jedoch deutlich reduzieren und damit auch die zum Lernen benötigte Zeit verkürzen.

## Der richtige Griff reduziert die Trainingszeit

Im Unterschied zu analytischen (oder auch modellbasierten) Greifmethoden müssen dem ROLE-Roboter die zur Erkennung notwendigen Merkmale vorab nicht beschrieben werden. Eine wesentliche Rolle spielt aber, wie häufig das System ein Objekt bei ähnlichen Bildern bereits erfolgreich fassen konnte. Der Griff, den der Roboter ausprobiert, ist dabei entscheidend für einen schnelleren Lernerfolg. Mithilfe eines neuronalen Netzes können Greifergebnisse durch das bereits vorhandene Wissen vorhergesagt werden.

„Für ein gut funktionierendes System benötigen wir derzeit etwa 20.000 Greifversuche, was in etwa 80 Stunden Trainingszeit am Roboter entspricht“ erklärt Lars Berscheid, Wissenschaftlicher Mitarbeiter des KIT und Teil der Robot Learning Group. Die genannten Zahlen sind Richtwerte und hängen von vielen Faktoren ab, wie z. B. der Greifrate bei zufälligen Griffen, die wiederum u. a. von



**Das langfristige Ziel ist eine Steuerung, die selbstständig und flexibel beliebige und unbekannte Dinge mit industrieller Zuverlässigkeit greifen kann.»**

der Bauteilgeometrie beeinflusst wird. Wie bei selbstlernenden Systemen üblich ist die Anzahl an verfügbaren Daten der limitierende Faktor für die Fähigkeiten des Systems. „Daher ist eine wesentliche Aufgabe unserer Forschung die Zahl der notwendigen Greifversuche zu reduzieren. Die wissenschaftlich zentrale Frage hierzu lautet also: Welche Griffe müssen ausprobiert werden, um möglichst schnell viele Informationen zu gewinnen und so die Trainingszeit zu verkürzen?“, ergänzt Berscheid.

An dieser Stelle kommt auch das sogenannte Transfer Learning zum Einsatz. Dabei kann das Wissen eines bereits fertig trainierten neuronalen Netzes für die Erkennung von bis dahin unbekanntem Objekten angewandt werden. Je größer die Anzahl und Bandbreite der Trainingsobjekte des Systems, umso besser kann es auf unbekannte Gegenstände generalisieren. Damit könnte dauerhaft das gezielte Training von Objekten für Anwendungen entfallen. Das langfristige Ziel ist eine Steuerung, die selbstständig und flexibel beliebige und unbekannte Dinge mit industrieller Zuverlässigkeit greifen kann.

#### Lernen ohne vorgegebenes Modell

Genau das ist der entscheidende Unterschied zu heutigen Bin-Picking-Lösungen. Das Forschungssystem der ROLE-Gruppe funktioniert ohne ein im Vorfeld geteachtes Modell des zu greifenden Werkstücks und damit auch für unbekannte Objekte. Einschränkungen bezüglich deren Form und Beschaffenheit gibt es prinzipiell keine.

Auch Kenntnisse über Material- und Oberflächeneigenschaften sind nicht notwendig und werden implizit gelernt. Ein großer Vorteil des modellfreien Ansatzes, für den weder die 3D-Form eines Objekts noch die mathematische Modellierung des Greifprozesses notwendig sind. So könnte es in der Industrie flexibel und mit weniger Programmieraufwand eingesetzt werden. Die Automatisierung vieler neuer Applikationen würde möglich – von der Intralogistik bis hin zur Servicerobotik. Gleichzeitig können, neben dem Greifen selbst, weitere Arten der

Objektmanipulation, z. B. das Verschieben, realisiert werden. Der Roboter lernt dabei, selbstständig Objekte so zu bewegen, dass sie im nächsten Schritt besser gegriffen werden können – ganz im Sinne des beliebten Geschicklichkeitsspiels Jenga von Hasbro. Dies ermöglicht das vollständige Entleeren einer Kiste ohne weitere Geräte (wie Schüttelplatten).

Das Training des Roboters funktioniert dabei komplett ohne menschliche Eingriffe. In der Praxis ist genau dieses Automatisieren des Lernvorgangs eine der größten Herausforderungen. Erst wenn das System allen Ansprüchen, z. B. einer vorgegebenen Taktzeit, genügt, kann es in der Fertigung produktiv eingesetzt werden und dabei natürlich auch weiter dazulernen. Auch hier ergeben sich Zeitvorteile gegenüber dem üblichen Vorgehen bei Bin-Picking-Anwendungen. Zum einen ist das ROLE-System bei der Berechnung des nächsten Griffs mit nur 20 ms sehr schnell. Zum anderen reduziert sich die manuelle Programmierung bei Inbetriebnahme des Systems. Bin Picking könnte damit deutlich an Flexibilität gewinnen.

#### 3D-Bilddaten als Basis

Die visuelle Grundlage für den Griff des Roboters liefert eine Ensenso-3D-Kamera. Sie blickt von oben auf den Behälter, zufällig gefüllt mit Objekten einer oder verschiedener Art. Das Bildverarbeitungssystem projiziert eine kontrastreiche Textur auf den Kisteninhalt und erzeugt eine 3D-Punktwolke der von oben sichtbaren Oberflächen, als Basis für die Berechnung des Tiefenbildes in Graustufen. Dieser Schritt ist direkt im Ensenso SDK implementiert. Das Tiefenbild wird anschließend auf eine Auflösung von nur 12.000 Pixel skaliert und als Eingabe für die KI-Algorithmen verwendet. Das neuronale Netz kümmert sich daraufhin um die Bildanalyse und die folgerichtigen Schritte für den nächsten Griff in die Kiste. Die Kamera ist direkt am „Kopf“ des Roboters montiert, um so flexibel unterschiedliche Experimente realisieren zu können. „Wir haben uns für eine Ensenso-N10-Kamera entschieden, weil das Modell einen Mindestabstand von nur ca. 30 cm zum Objekt ermöglicht und insgesamt über einen großen Distanzbereich verfügt. Als aktive Stereokamera im Infra-



© IDS

Das System der ROLE-Gruppe funktioniert auch für unbekannte Objekte.



Die Kamera ist direkt am „Kopf“ des Roboters montiert, um so flexibel unterschiedliche Experimente realisieren zu können.«



Die Forscher der ROLE-Gruppe nutzen das Ensenso SDK, um Tiefenbilder aufzunehmen und mit OpenCV und TensorFlow weiterzuverarbeiten.

© IDS

rotbereich, die auch für bewegte Szenen geeignet ist, erfüllt sie alle unsere Voraussetzungen“, erklärt Berscheid die Wahl des Kameramodells.

Das robuste, kompakte Aluminiumgehäuse der Ensenso-N10-Kamera, mit verschraubbaren GPIO-Steckverbindern für Trigger, Flash und USB-2.0-Anschluss, ist mit zwei monochromen CMOS-Sensoren (Global-Shutter, 752 x 480 Pixel) sowie einem Projektor (Infrarot im nicht sichtbaren Bereich von 850 nm) ausgestattet.

Vorkalibriert und inklusive Mvtec-Halcon-Schnittstelle sowie objektorientierter API (C++, C#/ .NET) ausgeliefert, ist die 3D-Kamera mit Brennweiten von 3.6 bis 16 mm für Arbeitsabstände bis 2.000 mm und sogar für die 3D-Erfassung bewegter Objekte geeignet.

Die Forscher der ROLE-Gruppe nutzen die NxLib des Ensenso-SDKs, um Tiefenbilder aufzunehmen und mit OpenCV und TensorFlow weiter zu verarbeiten.

#### Ausblick

Die am KIT entwickelten Verfahren sind zukunftsweisend, die Forscher sind jedoch noch nicht am Ziel. „Während das Bin Picking mit einfachen Objekten wie Schrauben bereits zuverlässig funktioniert, ist insbesondere für das Greifen komplexerer, unbekannter Objekte noch einige Forschung bis zur Produktreife notwendig. Die Methoden, die wir dabei entwickeln, sind jedoch grundlegend und flexibel für verschiedene Aufgaben einsetzbar“, so Lars Berscheid.

Innerhalb der Robotikforschung bleiben selbstlernende Systeme ein zentrales Thema. Aus anwendungsnahen Projekten spüren auch die Wissenschaftler den Wunsch zu mehr Flexibilität in der Produktion, was in der Robotik häufig zum Einsatz von mehr Sensorik und damit auch mehr Bildverarbeitung führt.

Am KIT wird sich die Forschung auch weiterhin auf zwei zentrale Themen konzentrieren: Zum einen, wie grundlegende Methoden des Lernens verbessert und beschleunigt werden können. Techniken, wie das Training mithilfe eines digitalen Zwillings, durch Simulation am Computer und der anschließenden Übertragung auf einen realen Roboter, aber auch der Transfer von Wissen zwischen verschiedenen Aufgaben, sind dabei vielversprechend. Zum anderen erforschen die Wissenschaftler, welche neuen Anwendungen besser oder sogar erstmalig mit lernenden Robotersystemen automatisiert werden könnten. Spannende Möglichkeiten gibt es hier z. B. in der Handhabung von Textilien (Greifen und Falten von Handtüchern und Kleidung), das Auseinanderbauen industrieller Teile wie Elektromotoren für das Recycling, die Lackierung unbekannter Objekte basierend auf Kameradaten oder die Handhabung von Flüssigkeiten oder granularen Medien.



Auch Roboter lernen das Greifen mit Bauklötzen.

© IDS

Diese Arbeiten werden in der Simulation gelernt und dann auf den realen Roboter übertragen.

Herausforderungen sind dabei z. B. wie eine weitere Steigerung der Greifraten und der Robustheit des Systems erreicht werden kann. „Prinzipiell können wir mit dem ROLE-System Greifraten von über 95 % erzielen“, erläutert Berscheid. Das heißt, von 100 Greifversuchen sind maximal fünf erfolglos. Die Frage, die sich dabei nun stellt: Können die restlichen Fehlversuche durch längeres Lernen überhaupt noch weiter reduziert werden?

Eine weitere nicht triviale Problemstellung ist, wie das System mit fehlenden 3D-Daten im Tiefenbild umgeht. Derzeit beschränkt sich das ROLE-Team darauf, Objekte lediglich vertikal von oben zu greifen. Doch wie kann das System alle sechs Freiheitsgrade nutzen? Auch für andere typische Herausforderungen des modellfreien Bin Pickings, insbesondere für nachfolgende Prozessschritte wie der Ablage oder der Weiterverarbeitung der gegriffenen Objekte, werden neue Lösungsansätze gesucht.

Vor den KIT-Wissenschaftlern liegt zwar noch einiges an Forschungsarbeit, doch die Ansätze und bisherigen Ergebnisse zeigen das immense Potenzial des maschinellen Lernens für den industriellen Einsatz. Die 3D-Bildverarbeitung ist damit unweigerlich verbunden und liefert wichtige Basisdaten zur Steuerung der Roboterhände hin zum perfekten Griff. Gesehen, gespeichert, gelernt – das ist Zukunft. ■

#### AUTORIN

Sabine Terrasi

Unternehmenskommunikation / PR

#### KONTAKT

IDS Imaging Development Systems GmbH,

Obersulm

Tel.: +49 7134 961 96 0

info@ids-imaging.de

www.ids-imaging.de



© CapSen Robotics

# Intelligenter Roboter entnimmt auch verhedderte Objekte

Griff in die Kiste mittels künstlicher Intelligenz und Bildverarbeitung

Wenn es um das Herausnehmen eines einzelnen Objektes aus einem chaotischen, in eine Kiste geschütteten Haufen von Objekten geht, scheiterten bislang viele Automatisierungslösungen – oder sind so langsam, dass man geneigt ist, das Teil selbst per Hand aus der Kiste zu nehmen. Ein US-amerikanischen Unternehmen hat nun ein Robotersystem entwickelt, das Schüttgut aus einem Behälter entnehmen kann – selbst wenn die einzelnen Teile ineinander verhakt sind.

Der Griff in die Kiste („Bin Picking“) – also das Entnehmen von Objekten aus einem Behälter mit einem Roboterarm – ist die ultimative Herausforderung in der Robotik, wenn die Objekte ungeordnet in einer Kiste liegen. Es erfordert viele komplexe Schritte, wie das Erfassen der Objekte mit einer Kamera und der Analyse dieser Daten mit einem Bildverarbeitungssystem.

Da in einem chaotischen Stapel mehrere Objekte zufällig übereinander liegen, muss entschieden werden, welches Objekt am einfachsten zu greifen ist – keine leichte Aufgabe, weil die Teile nur teilweise sichtbar sind. Wenn sie zusätzlich noch ineinander verheddert sind, ist es noch komplizierter, ein einzelnes Objekt zu greifen, weil es unendlich viele Möglichkeiten gibt. Oft sind dann komplexe Bewegungsabläufe nötig, um das Werkteil von den anderen Objekten zu befreien. Verschiedene Drehungen des Objekts und gegebenenfalls wiederholtes



Die Software setzt auch auf Machine-Learning-Methoden, um zu entscheiden, welches Teil der Roboter als nächstes aus der Kiste entnimmt.

Ablegen des Werkstücks und Wiederaufnehmen an einem anderen Greifpunkt bzw. aus einem anderen Greifwinkel werden so lange ausgeführt, bis der Greifarm wirklich nur noch ein einzelnes Werkstück in der richtigen Orientierung hält.

Es ist allerdings nicht immer möglich, chaotische Objektstapel durch Schütteln oder mithilfe von Magneten etc. in eine bestimmte Ausrichtung zu bringen, um sie mit dem Roboterarm optimal greifen zu können. Hier setzt CapSen Robotics aus Pittsburgh in den USA an.

### 3D-Vision-Software inklusive Robotersteuerung

Die von dem Unternehmen entwickelte 3D-Vision-Software, inklusive Bewegungsplanung und -steuerung des Roboterarms, ermöglicht ein präzises und schnelles Handling von kleinen, miteinander verhedderten Objekten. Es erstellt ein 3D-Modell der Objekte in der Kiste in wenigen Minuten und ermöglicht es dem Roboter, sich schnell an neue Aufgaben und Objekte anzupassen. CapSen Robotics CEO Jared Glovers Doktorarbeit am MIT über die Erkennung von chaotisch liegenden Objekten in 3D-Bildern war die Grundlage für die Unternehmensgründung vor fünf Jahren. Daraus entstand die heutige Software-Plattform mit eigenen 3D-Vision-Algorithmen. Das Besondere daran ist die Kombination der leistungsfähigsten, klassischen, geometrischen CAD-Matching-Techniken mit maschinellen Lernmethoden (Machine Learning). Das Ergebnis ist eine hohe Erkennungsgenauigkeit



## Bin Picking ist die ultimative Herausforderung in der Robotik.«

über eine breite Palette von Objektformen, -größen, -oberflächen und -materialien hinweg. Das Unternehmen verwendet die gleichen 3D-Vision-Algorithmen auch zum Erkennen von Boxen, von winzigen Muttern, Bolzen und Schrauben. CapSens' generische Programmierbibliothek „Multimatrix“ basiert auf Berechnungen von Matrize-Sätzen.

### „Bin Picking“ von Haken und Federn

Die in Pittsburgh ansässige ACE Wire Spring & Form stellt eine Vielzahl von Produkten aus Draht her, einschließlich Sonderfedern und Drahtformen. Dabei handelt es sich um einen hochkomplexen Integrationsprozess bestehend aus einem Metallhaken (aus Draht gebogen) und einer installierten Federanordnung. Bislang wurden die Werkstücke von Menschen manuell produziert. Ziel war es, wesentliche Teile des Produktionsprozesses durch den Einsatz von Robotern zu automatisieren.

Der gesamte Fertigungsprozess besteht aus etwa zehn Einzelschritten – vom Biegen des Drahtes zu einem Haken, dem Ablegen desselben auf einer Halterung, dem erneuten Greifen zum Einlegen in eine Presse, die Bearbeitung des Hakens und die Ablage als Schüttgut in einen Behälter. Allen Beteiligten war klar, dass das Greifen eines einzelnen Hakens aus einem chaotischen Stapel in einer Kiste sehr kompliziert werden kann – denn Haken, die zufällig in eine Kiste geschüttet werden, verheddern sich natürlich miteinander wie Spaghetti auf einem Teller.



Das Greifen eines einzelnen Hakens aus einem chaotischen Stapel in einer Kiste ist sehr kompliziert, denn sie verheddern sich natürlich miteinander.«

### Parallelisierung spart wertvolle Zeit

Die CapSen Pic Software ist mit Cuda optimiert (jene Programmiersprache, die NVidia in seinen Grafikkarten verwendet). Typische mathematische Berechnungen und deren Optimierung werden dabei durch eine Graphics Processing Unit (GPU) etwa hundertmal schneller durchgeführt, als es mit herkömmlichen Prozessoren möglich wäre. So verarbeitet das CapSen-System schon das nächste Bild und plant den Weg des Roboters für das nächste Objekt, während der Roboter selbst noch mit dem Greifen und Platzieren des vorherigen beschäftigt ist. Durch dieses Parallelisieren spart das System viel Zeit.

Aber die besten Algorithmen helfen wenig ohne die passende Hardware und vor allem den richtigen Greifer. Der Precise PAVS6 war der kollaborative Roboter der Wahl für das Projekt bei ACE Wire Spring. Die Standardgreifer entsprachen den Anforderungen des Projekts aber nicht. CapSen löste das Problem mit einem Standard-SMC-Parallelgreifermotor und kundenspezifischer Greiffinger, die die Haken auf zwei Arten aufnehmen können. „Wir mussten etwa 20 Fingerdesigns ausprobieren, um die passende Lösung zu finden und sie dann an die Bedürfnisse des Projektes anpassen. Mit Hilfe von digitalem I/O wurde die Verbindung zwischen Computer und den Ein- und Ausgängen des Greiferarms, inklusive Sensoren und Magneten, realisiert. Schließlich haben wir alle Komponenten zu einem Gesamtsystem integriert“, sagt Glover. Ein fester Griff der ACE-Haken ist nicht nur für das Aufnehmen und Entwirren der Teile entscheidend. Da der im Greifer verbleibende Haken nicht unbedingt sofort auf der richtigen Seite gehalten wird, setzt der Greifer den Haken auf eine eigens dafür konstruierte Zapfenvorrichtung ab. In dieser Position kann der Roboter den Haken



© CapSen Robotics

Das System verarbeitet schon das nächste Bild und plant den Weg des Roboters für das nächste Objekt, während der Roboter selbst noch mit dem Greifen und der Platzierung des vorherigen beschäftigt ist.

an den richtigen Greifpunkten aufnehmen und in eine Presse einsetzen. Dort wird ein Ende des Hakens abgeflacht, bevor er in den nächsten Behälter fällt.

Nachdem die Hakenenden abgeflacht sind, werden sie zu einer anderen Station gebracht, wo ein Mitarbeiter eine Perle auf das Ende des abgeflachten Hakens legt, die mit einer Feder verpresst wird. Das Endprodukt ist eine Haken- und Federbaugruppe, die sich für viele Zwecke eignet, zum Beispiel in Traktoranhängern und Garagentoröffnern.

„Es ist ein gutes Gefühl, endlich das tun zu können, was ich gelernt habe, anstatt den halben Tag Haken in die Presse zu stecken“, sagt Mike Valoski, Operations Supervisor bei ACE Wire Spring. Zudem stieg die Produktionsrate und die Kosten sanken, auch wegen der geringeren Fehlerrate. „Wir suchen bereits nach weiteren Prozessen entlang der Produktionslinie, um diese Robotiklösung zu installieren“, sagt ACE-Firmeninhaber Richard D. Froehlich. ■

### AUTOR

**Mark J. Stevens**

Director of Business Development

### KONTAKT

CapSen Robotics, Pittsburgh, USA

Tel.: +1 412 539 53 17

info@capsenrobotics.com

www.capsenrobotics.com



# Qualitätskontrolle mit glasklarem Durchblick

LED-Flächenbeleuchtung mit kollimierter Lichtführung in der Glasbehälterinspektion

**Glas ist ein sehr wichtiger und vielfältig einsetzbarer Werkstoff in der Lebensmittelindustrie. Glasverpackungen sind gesundheitlich unbedenklich und erhalten den Geschmack ihres Inhalts. Bei der Qualitätskontrolle hält Glas jedoch aufgrund seiner Eigenschaften einige Herausforderungen bereit. Wird die Qualitätsprüfung dann auch noch in der Lebensmittelindustrie durchgeführt, sind die Anforderungen besonders hoch.**

**D**as niedersächsische Unternehmen Bertram Elektrotechnik befasst sich genau mit dieser Problemstellung. Der Werkstoff Glas prägt das Weserbergland – den Standort des Unternehmens – bereits seit dem Mittelalter. Bertram Elektrotechnik entwickelt unter anderem innovative Lösungen für das Ausrichten und Ausschleusen von Behälterglas innerhalb des Materialflusses in Glashütten oder bei Abfüll- und Verpackungsunternehmen. Denn einige Teilprozesse in der Glasindustrie sowie weiterverarbeitenden Lebensmittel- und Getränkebranchen erfordern, dass Flaschen und Gläser präzise ausgerichtet zugeführt werden. Die Gründe dafür sind vielfältig und reichen von der exakten Positionierung für das saubere Etikettieren über die Erzeugung von Packbildern beim Palettieren bis hin zur gleichmäßigen Ausrichtung verpackter Lebensmittel in den Regalen des Einzelhandels.

Einen weiteren wesentlichen Aspekt stellt die Seitenwandinspektion dar, z.B. zur Prüfung auf Produktionsfehler. Da es Glasverpackungen aufgrund ihrer vielfältigen Einsatzgebiete in den unterschiedlichsten Formen und Größen gibt, galt es ein Produkt zu entwickeln, welches das Containerglas, unabhängig von dessen Form und Größe, vollständig mittels Bildverarbeitungssystem abbildet. Die verschiedenen Produktvarianten sollten schnell und zuverlässig in ihrer Ausrichtung auf der Produktionslinie erkannt und bei Bedarf entsprechend nachpositioniert werden.

## Servotechnik und Bildverarbeitung im Verbund

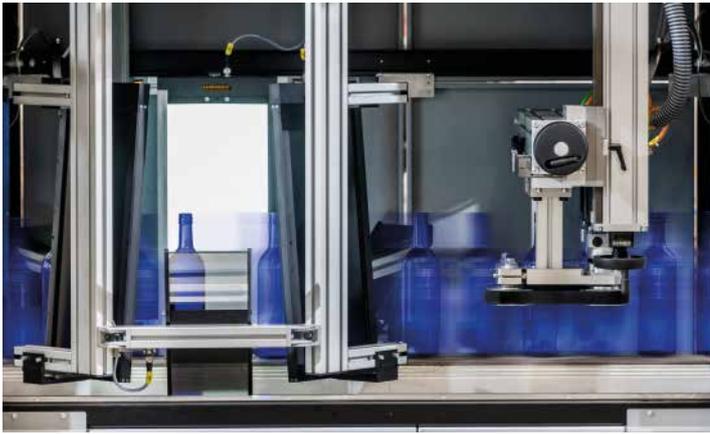
Beim sogenannten Orientator von Bertram Elektrotechnik wird deshalb präzise und hochdynamisch arbeitende Servoantriebstechnik mit schneller industrieller Bildverarbeitung kombiniert. Die vollautomatische

Drehvorrichtung vereint drei Prozessschritte in einer kompakten Anlage: Vereinzeln, Erkennung der aktuellen Ausrichtung sowie Positionierung in die gewünschte Lage. Die mit dem Innovationspreis des Niedersächsischen Handwerks ausgezeichnete Ausrichtstation bringt bis zu 500 Glasbehälter pro Minute in exakte Position. Die Gläser und Flaschen laufen zunächst auf dem Transportband in die Maschine ein. Mittels Zuteiler wird dabei der korrekte Mindestabstand zwischen den Glasprodukten sichergestellt. Dank einer speziellen Führung findet eine Synchronisation zwischen den Glasbehältern mit der Geschwindigkeit des Transportbandes statt, sodass diese nicht umfallen. Über eine Lichtschranke wird die Position der Gläser exakt erfasst. Die Software löst dann die Bildaufnahme und die Auswertung der Produktausrichtung durch das Bildverarbeitungssystem aus. Mithilfe von drei Kameras wird die genaue Stellung der Glasbehälter in einem dreidimensionalen Modell erkannt. Daraufhin werden anhand vorher definierter Merkmale die notwendigen Korrekturwinkel ermittelt. Die Software berechnet die Parameter für den Drehvorgang in der Drehvorrichtung, welcher letztendlich mittels Siemens-Simotion-Steuerung ausgeführt wird. Entsprechend der erzeugten Bildaufnahme werden die Glasbehälter in der kürzesten Entfernung zum rotativen Ziel gedreht. Die Ausrichtstation arbeitet hier ebenfalls synchron zum Transportband, damit eine Verschiebung der Gläser relativ zu der Transportbewegung vermieden wird.

Die Besonderheit des Orientators besteht darin, dass er für ein sehr breites Spektrum an Glasbehältern geeignet ist und somit auch äußerst komplexe Anwendungsfälle löst. Der komplette Kamera- und Beleuchtungsaufbau bleibt dabei unverändert – unabhängig davon, welche Gläser zu überprüfen und auszurichten sind. Dies erleichtert die Einrichtung der Anlage beträchtlich, da bei einem Produktwechsel lediglich Änderungen der Softwareeinstellungen vorgenommen werden



© IIM



Der Orientator positioniert vollautomatisch bis zu 500 Glasbehälter pro Minute.



Durch die kollimierten Flächenbeleuchtungen von Lumimax zeichnen sich Kanten oder Produktionsfehler deutlich auf dem Prüfbild ab.

müssen. Weiterhin können auch schwach ausgeprägte Merkmale eingelernt werden, sodass der Orientator selbst Drehwinkel vieler runder Glasprodukte erkennt.

#### Homogenität von bis zu 90 % der Leuchtfläche

Um diese Herausforderung zu bewältigen, war ein innovatives Beleuchtungskonzept notwendig. Die Lumimax-LED-Flächenbeleuchtungen mit Lightguide-Technologie des Unternehmens IIM sind für diese Aufgabe prädestiniert. Die Flächenbeleuchtungen arbeiten mit speziell gefertigten Lichtleitern. Die Lichtwellen von High-Power-LEDs werden in eine laserdotierte Lichtleitplatte eingespeist und über die gesamte Leuchtfläche wahlweise diffus oder kollimiert ausgekoppelt. Durch diese Technologie erreichen die Beleuchtungen eine Homogenität von bis zu 90 % auf der gesamten Leuchtfläche. Eine kollimierte Lichtführung führt dabei zu optimalen Bildkontrasten und erhöht die Messgenauigkeiten der Bildverarbeitungssysteme enorm. Diffuses Durchlicht erzeugt bei runden Außenkanten einen Halbschatten, sodass kein binärer Übergang von Schwarz zu Weiß im Prüfbild entsteht. Stattdessen erscheint ein Grauverlauf über mehrere Pixel, wodurch die Bestimmung des genauen Kantenorts erschwert wird. Bei einer kollimierten Lightguide-Flächenbeleuchtung ist die Lichtführung stark gerichtet und der Abstrahlwinkel des erzeugten Lichtes im Vergleich zu diffusen Beleuchtungen sehr gering. Die Intensität des Leuchtfeldes ist dabei äußerst homogen. Der erzielte Effekt ist ähnlich dem einer telezentrischen Beleuchtung. Die gerichteten Lichtstrahlen werden z.B. direkt an Kanten oder Prägungen gebrochen, sodass diese als deutliche, dunkle Bereiche auf einem hellen Hintergrund erscheinen. Die Antastung solcher Merkmale ist folglich exakter als im diffusen Durchlicht. Insbesondere bei transparenten und semitransparenten Prüfteilen, wie Glasverpackungen, bietet die kollimierte Lichtführung demzufol-

ge große Vorteile. Die Erkennung von Form und Ausrichtung der Glasbehälter, aber auch von Prägungen, Gravuren, Kratzern sowie Einschlüssen in den Prüfteilen wird erleichtert. Aufgrund der im Orientator benötigten Leuchtfeldgrößen kamen Produkte der Lumimax-Standardserien nicht infrage. IIM entwickelte deshalb für Bertram Elektrotechnik eine kundenspezifische Beleuchtungslösung, mit welcher die Anlage für ein sehr breites Spektrum an Glasverpackungen geeignet ist.

#### Industrielle Bildverarbeitung steigert Produktivität

Alles in allem wird mit dem Orientator eine erhebliche Verbesserung in der Qualitätskontrolle erreicht. Zudem lassen sich nachfolgende Produktionsschritte effizienter und reibungsloser realisieren. Palletier-, Befüll-, Verschließ- oder Etikettieranlagen können so bedeutend schneller arbeiten. Da die Glasausrichtung vollautomatisch durchgeführt wird, ist darüber hinaus weniger Personal an den Anlagen notwendig. Dank des platzsparenden Aufbaus kann der Orientator problemlos in bestehende Förderanlagen in-

tegriert werden. Insgesamt wird durch den geschickten Einsatz der industriellen Bildverarbeitung eine Steigerung der Produktivität erzielt. Im Oktober 2019 werden erste Maschinen der nächsten Generation ausgeliefert. Es handelt sich dabei um eine komplette Neukonstruktion mit überarbeiteter Elektrik. Im gleichen Zeitraum werden auch die neuen, kompakteren Lumimax Flächenbeleuchtungen mit Lightguide-Technologie vorgestellt. Dank des optimierten Verhältnisses von Leuchtfeld zu Gehäuse können die Beleuchtungen noch flexibler in verschiedensten Anwendungen integriert werden. ■

#### AUTOREN

Anne Kehl und Sascha Feddrich  
Marketing & Öffentlichkeitsarbeit

Claudia Schriever  
Produktmanagement

#### KONTAKT

IIM AG measurement + engineering, Suhl  
Tel.: +49 3681 45519-0  
info@iimag.de  
www.lumimax.de

# Quality Control

Optik, Licht, Software  
made in Germany





© Opto Engineering

# Synchronisiert, hochgenau und wiederholbar

Die Bedeutung von Strobe-Beleuchtungen und LED-Strobecontrollern für die IBV

Die Beleuchtung kann als eines der kritischsten Elemente eines Bildverarbeitungssystems angesehen werden und ist der Schlüssel, um stabile und reproduzierbare Ergebnisse zu erzielen. Eine ungeeignete Beleuchtung oder eine nicht konstante Bildhelligkeit führen zu einer aufwendigen und zeitintensiven Bildverarbeitung, oder im schlimmsten Fall zu einem Informationsverlust. Es gibt keinen Softwarealgorithmus, welcher in der Lage ist, nicht richtig ausgeleuchtete Merkmale sichtbar zu machen. Leistungsfähige LED Beleuchtungen und Controller schaffen hier Abhilfe.

Die meisten Beleuchtungsarten, welche heutzutage in der industriellen Bildverarbeitung eingesetzt werden, besitzen eine LED-Quelle. LEDs sind in der Tat die idealen Lichtquellen für die Anwendungen der industriellen Bildverarbeitung: Diese können sequenziell an- und

ausgeschaltet werden oder nur eingeschaltet werden, wenn nötig. Zusätzlich kann eine LED übersteuert werden, um kurzzeitig mehr Licht zu emittieren als normalerweise, wenn die Anwendung für eine kurze Zeit eine hohe Helligkeit benötigt, um beispielsweise das Blurring bei schnell bewegten Objekten zu verhindern. Darüber hinaus hat das Überblitzen folgende weitere Vorteile:

- Reduzierung des Einflusses von Umgebungslicht;
- Erhöhung der Lebenszeit der LED;
- Synchronisation zwischen Kamera, der Beleuchtung und der zu inspizierenden Gegenstände;
- Verringerung des Stromverbrauchs des gesamten Systems;
- Minimierung der Wärmeentwicklung (es werden keine Kühlkörper oder Lüfter benötigt).

Typische Anforderungen bei der Inspektion von schnell bewegten Teilen sind eine kurze Belichtungszeit der Kamera, um Blurring-Effekte zu vermeiden, und Optiken mit einer hohen Blendenzahl. Solche Anforderungen können zu Bildern führen, welche zu dunkel sind, um mit Bildverarbeitungs-Algorithmen ausgewertet zu werden. Um mehr Licht zu

bekommen, kann entweder der Kamera-Gain erhöht oder die Blendenzahl der Optik verringert werden. Die erste Maßnahme führt dabei zu einem höheren Rauschen und die zweite Maßnahme führt zu einer geringeren Schärfentiefe. Beide führen deshalb zu einem Bild, indem weniger Details erkannt werden können.

## Verwendung im Blitzbetrieb bei High Speed

In vielen Fällen können diese Probleme vermieden werden, indem die Menge an Licht erhöht wird. Deshalb bietet Opto Engineering ein breites Spektrum an LED Beleuchtungen an, welche auch im Blitzbetrieb verwendet werden können, speziell für High-Speed-Anwendungen. Diese bestehen aus einer sehr gleichförmigen LED Hintergrundbeleuchtung in vielen verschiedenen Formaten und Wellenlängen (LTBP-Serie), Dornbeleuchtung (LTDM-Serie), Flachwinkel Ringleuchten (LTLA-Serie) und leistungsstarke LED Pattern Projektoren (LTPRUP-Serie).

Es ist bei der Verwendung von geblitzten LEDs in hochanspruchsvollen Anwendungen von höchster Bedeutung, dass die Beleuchtung mit der Kamera synchronisiert ist. Außerdem ist es wichtig, dass die Ansteuerung

# LED Beleuchtung für Machine Vision



ab 160€

## Ring Lichter SRL Serie

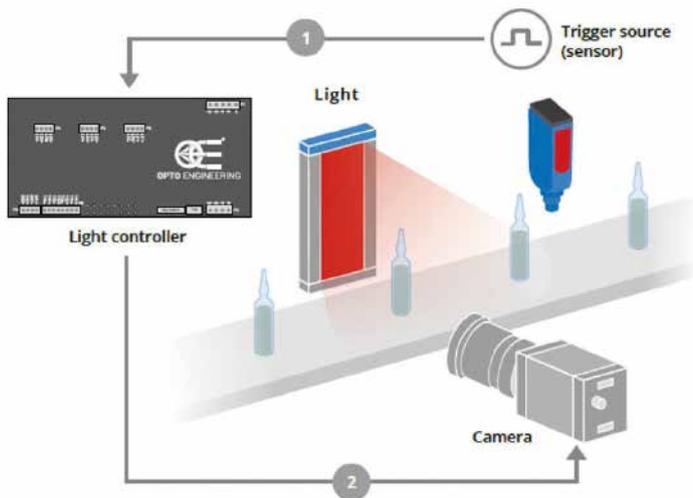
Als direktes Auflicht ist das Ringlicht ideal für die Beleuchtung von Objekten mit diffusen Oberflächen. Die verschiedenen Abstrahlwinkel, Durchmesser und LED-Farben ermöglichen eine sehr vielfältige Verwendungen. Auch kompakte Sensoreinheiten sind dank den zur Beleuchtung passenden MBJ Kamerahaltern schnell und einfach realisierbar.

## MBJ Beleuchtung

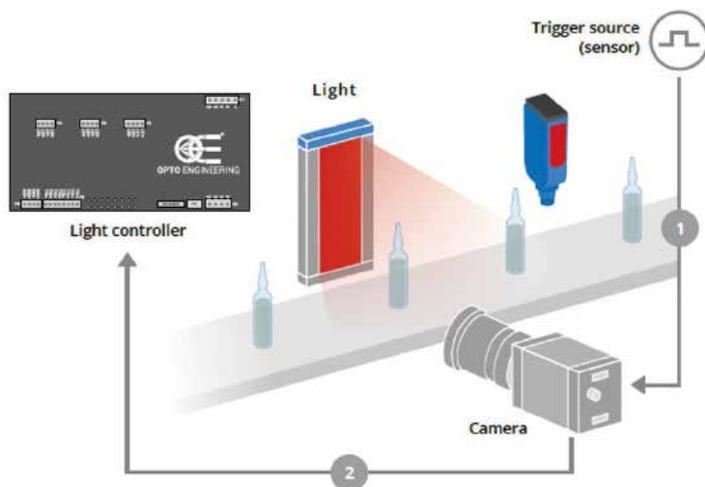
  
 Made in Germany



### A • Controller triggers camera



### B • Camera triggers controller



A) Eine Trigger Anordnung, bei welcher der Lichtcontroller von einer Trigger-Quelle (Sensor an der Produktionslinie) gesteuert wird. Anschließend steuert der Controller die Kamera.  
 B) Eine Anordnung, bei der jede Kamera von einem Sensor gesteuert wird und die Kameras anschließend den Lichtcontroller ansteuern und die Belichtungszeit beginnt.

hochgenau und wiederholbar ist. Hier sind die Pulsdauer, die Frequenz und die Stromstärke, welche an die LED angelegt wird, zu erwähnen. Aus diesen Gründen wird ein LED-Strobe-Controller benötigt, welcher es den Ingenieuren erlaubt, konstante Beleuchtungsniveaus zu erreichen. Ein gutes und wiederholbares Ergebnis ist die Folge.

#### Vielfältiges Angebot

Opto Engineering bietet LED-Controller mit bis zu acht Kanälen mit Ethernet und/oder RS485 Interface. Diese sind ausgelegt, um die Stromstärke, die Pulsbreite und den Delay der LED Beleuchtung (in 1- $\mu$ s-Schritten) hochgenau zu steuern. Die Kommunikation erfolgt über Modbus. In Verbindung mit ei-

ner Vielzahl von optoisolierten Synchronisationseingängen bietet das Unternehmen performante Controller mit verschiedenen Synchronisationsausgängen, welche es dem Controller erlauben, als Master der Kamera, oder als direkter Controller eines Aktuators in der Linie zu agieren. ■

#### AUTOR

Massimo Castelletti  
Product Manager

#### KONTAKT

Opto Engineering Europe Headquarters  
Mantova, Italien  
Tel.: +39 0376 699 111  
press@opto-e.com  
www.opto-e.com

# Hohe Auflösung trifft auf ultrahochauflösend

Inspektion von Flachbildschirmen mit einer Flächenkamera

**Die Auflösung von Displays steigt stetig an, was erhöhte Anforderungen an die Qualitätskontrolle mit sich bringt. Mithilfe einer ultrahochauflösenden Flächenkamera lässt sich diese Aufgabe jedoch elegant lösen, wie der nachfolgende Beitrag zeigt.**

Die Entwicklung der Display-Technologie ist in den vergangenen Jahren rasant verlaufen und beinhaltet inzwischen die unterschiedlichsten Ansätze wie CRT und LCD sowie etwas später OLED und die nun kommende flexible OLED-Technologie. Gleichzeitig steigen die Anforderungen der Kunden hinsichtlich Größe und Auflösung eines TV- oder Smartphone-Bildschirms kontinuierlich. Noch vor zehn Jahren erschien ein 2,8"-Handydisplay mit QVGA (240x320) Auflösung groß genug, während heutzutage schon eine Vielzahl von Smartphones mit 4k-Auflösung auf dem Markt erhältlich ist.

Mit der erstaunlichen Evolutionsgeschwindigkeit der Displaytechnologie gingen beständig steigende Anforderungen der Hersteller von Flachbildschirmen an die Qualitätskontrolle einher. Bildverarbeitung spielt bei der Inspektion von Flachbildschirmen seit jeher eine tragende Rolle. Die Konfiguration des geeigneten Bildverarbeitungssystems

bietet viele Optionen. Der Einsatz einer industriellen Kamera mit höherer Auflösung kann dabei dazu beitragen, die Komplexität des installierten Bildverarbeitungssystems zu reduzieren und die Dauer der Arbeitszyklen zu verringern, was Kosten senkt und die Pruffizienz steigert.

Als Reaktion auf die steigende Marktnachfrage gerade in der Produktion und Qualitätsprüfung von Flachbildschirmen hat Hikvision die ultrahochauflösende 151-MP-Flächenkamera MV-CH1510-10XM mit CoaXPress-Schnittstelle zur Übertragung von hohen Datenraten entwickelt. Herzstück der Kamera ist ein Sony IMX411 back-illuminated RS-CMOS-Sensor mit einer Pixelgröße von 3.76 µm, einer Auflösung von 14.192 x 10.640 und Square-Pixel-Array. Damit wird eine hervorragende Bildwiedergabe des geprüften Objekts gewährleistet. Darüber hinaus ermöglicht die integrierte SLVS-EC-Technologie in Verbindung mit der CXP-Datenschnittstelle eine Bildrate von bis zu 6,2 fps. Die Kombination von ultrahoher Auflösung bei gleichzeitig hoher Bildrate zeichnet die Kamera gerade bei Inspektions-Anwendungen in den Bereichen LCD/OLED-Displayinspektion und der PCB-AOI-Inspektion aus.

## Inspektion von 4K-Flachbildschirmen

Speziell bei der Qualitätsinspektion von TFT-LCD-4K-TV-Flachbildschirmen spielt die 151-MP-Kamera ihre Stärken aus. Die Bildverarbeitung des AOI-Systems lässt sich bei

dieser Anwendung in vier Schritte unterteilen:

### 1. Bildaufnahme

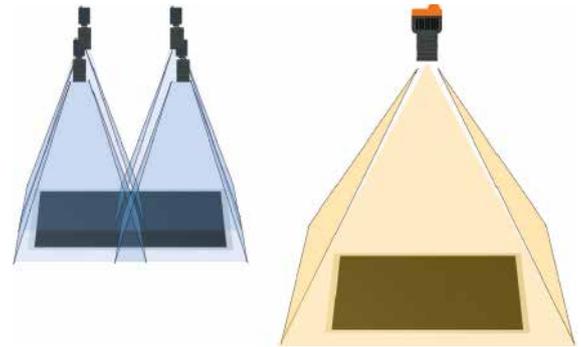
Voraussetzung für den optimalen Einsatz des Bildverarbeitungssystems zur automatisierten optischen Qualitätskontrolle ist, dass die Anforderungen der Fehlerprüfalgorithmen erfüllt werden. Das sind im Wesentlichen die Anforderungen an die Bildauflösung des geprüften Objekts. Genauer gesagt sollte jedes Pixel des TV-Bildschirms mindestens auf 9 Pixel im aufgenommenen Bild (MR=3) dargestellt werden, um die nachfolgenden Bildverarbeitungsalgorithmen zu erleichtern. Das bedeutet, dass etwa ein 55-Zoll-4K-Fernseher mit einer Auflösung von 3.840x2.160 ein Bild mit mindestens 11.520x6.480 (75MP) Auflösung benötigt. Für das Setup des Kamerasystems gibt es grundsätzlich mehrere Optionen. Es ist möglich, mehrere hochauflösende Kameras zu kombinieren, z. B. 4 x 29-MP-Kameras, um jeweils einen Teil des Bildes des Fernsehbildschirms aufzunehmen. Oder aber eine einzelne Kamera nimmt mehrere Bilder von jedem Teil des TV-Bildschirms auf und fügt sie dann zusammen, um das gesamte Bildschirmbild wiederzugeben. Dazu wäre jedoch ein zusätzlicher Schritt zum Spleißen der Bilder erforderlich. Daneben sind zusätzliche Operationen notwendig, um jedes aufgenommene Bild zu kalibrieren, Verzerrungen zu korrigieren und die Bildeigenschaften zu vereinheitlichen. Eine umfangreiche Mon-

© Hikvision



Die Kamera Hikvision 151MP MV-CH1510-10XM

© Hikvision



Größeres Sichtfeld durch 151-MP-Kamera

tageeinheit oder Motion-Control-Plattform wäre erforderlich. Die für diese Prozesse zusätzlich benötigte Zeit passt möglicherweise nicht zum Produktionsrhythmus. Daher kann der Einsatz eines Bildverarbeitungssystems, welches auf einer einzigen ultrahochauflösenden Kamera wie der 151MP MV-CH1510-10XM von Hikvision basiert, die Komplexität der Systemeinrichtung für die Display-Inspektion auf einem 4K-Fernseh Bildschirm weitgehend vereinfachen. So ist die 151-Megapixel-Kamera in der Lage, das Bild des gesamten Fernsehbildschirms in einer Aufnahme zu erfassen. Um jedes Pixel des Bildschirms zu inspizieren, besteht eine mögliche Lösung darin, dass das Fernsehdisplay nachfolgend in den vier reinen Farben rot, grün, blau und weiß aufleuchtet und hiervon Aufnahmen macht, indem der Trigger-Mode der Kamera mit dem automatischen Output-Signal der TV-Fernbedienung verbunden wird.

## 2. Bildbereich extrahieren

Es ist recht einfach, das Bild des gesamten TV-Bildschirms mit einer ultrahochauflösenden Kamera aufzunehmen. Allerdings kann beim Transport der Fernseher in die Inspektionsposition durch potenzielle mechanische Vibrationen eine gewisse Positionsabweichung auftreten. Ein statischer ROI eignet sich in der Regel nicht gut zur Extraktion des ganzen Bildschirms für die Inspektion. Hierfür ist die Global-Threshold-Segmentaio-Methode die bessere Lösung.

## 3. Beseitigung des Moiré-Effekts

Der Moiré-Effekt entsteht, wenn zwei Objekte mit ähnlicher räumlicher Frequenz miteinander verbunden werden. Er tritt häufig auf, wenn versucht wird, mit einer Digitalkamera eine Aufnahme von einem Bildschirm zu machen. Das Pixelarray auf dem Sensor der Kamera hat eine ähnliche räumliche Frequenz wie das Flüssigkristall-Array auf dem Bildschirm. Der Moiré-Effekt wirkt sich auf die Qualität der späteren Fehlererkennung

aus. Daher ist es unerlässlich, die Störung zu beheben. Es gibt mehrere Möglichkeiten, den Moiré-Effekt zu reduzieren. Eine effektive und effiziente Methode ist der Einsatz von Fouriertransformation, Tiefpassfiltern und inverser Fouriertransformation.

## 4. Bildoptimierung und Fehlererkennung

Die Bildoptimierung ist ein notwendiges Verfahren vor der Extraktion von Defekten. Dieser Schritt soll den Kontrast von Defekten vor dem übrigen Bildhintergrund erhöhen. Dazu kann beispielsweise der Bildverbesserungsalgorithmus basierend auf DOG (Difference of Gaussian) angewandt werden. Für den letzten Schritt, der Extraktion der Defekte, basieren die herkömmlichen Methoden in der Regel auf der Local-Threshold-Segmentation-Methode. Auf dieser Grundlage werden verschiedene Algorithmen, etwa die morphologische Bildverarbeitung, eingesetzt, um die Erkennungsrate weiter zu verbessern. Als noch relativ neue Methode wird derzeit immer häufiger Deep Learning zur Fehlererkennung eingesetzt. Im Vergleich zu den bereits etablierten Methoden ist Deep Learning deutlich leistungsfähiger, hat gleichzeitig aber auch höhere Anforderungen an die Leistung des verwendeten PCs.

## Besondere Eigenschaften der Flächenkamera

Neben dem Standardkameramodell steht ein Sondermodell mit TEC-Kühlsystem zur Verfügung. Dieses ist mit seiner thermo-

elektrischen Kühlung, einem isolierten Luftkanal und fortschrittlichem Lüftersystem in die Kamera integriert, um die Temperatur des Sensors bei einem bestimmten Wert zu stabilisieren. Testläufe ergaben, dass die Sensortemperatur im Betrieb ohne das Kühlsystem um bis zu 35°C über die Umgebungstemperatur steigen kann. Mithilfe des TEC-Kühlsystems zur Temperaturregelung reduziert sich das Bildrauschen um das bis zu 7,5-Fache und garantiert die Bildqualität insbesondere auch bei hohen Belastungszeiten der Kamera.

Leistungsstarke ISP-Funktionen: Die Hikvision MV-CH151010-10XM verwendet ISP-Algorithmen zur Verbesserung der Bildqualität. Sie unterstützt etwa Flat-Field-Korrekturen, einschließlich FPN-Korrektur und PRNU-Korrektur. Des Weiteren unterstützt die Kamera Defective Point Correction, Defective Line Correction und Lens Shading Correction (LSC). Diese Eigenschaften vermeiden Störeinflüsse durch die Kamera selbst während der Inspektion. ■

## AUTOR

**Kane Luo**

Area Sales Manager EU, Hikvision

## KONTAKT

Hangzhou Hikrobot Technology Co., Ltd.,  
Hangzhou, China  
[www.hikrobotics.com](http://www.hikrobotics.com)



# Großflächige Beleuchtungen

Homogene LED-Flächenbeleuchtungen für große Prüfteile

© Cretec

**Hohe Flexibilität und feinste Detektionsfähigkeit von Merkmalen in der industriellen Bildverarbeitung sind direkt verknüpft mit intelligent gesteuerter Beleuchtungsqualität. Modulare LED-Systeme individueller Formate optimieren wirtschaftlich und technologisch die präzise Bildverarbeitung.**



Das homogene Licht einer 1.500 x 1.500 mm großen LED-Beleuchtung ist der Garant für die präzise Kontrolle des Kleberauftrages einer Automobil-Hutablage mit einer sicheren Detektions-Auflösung von 0,3 mm.

© Cretec

Die flexible Automatisierung erfordert von größeren Prüfbjekten eine immer feinere Detektion vieler verschiedener Merkmale unter wechselnden Bedingungen. Die Optimierung der Beleuchtungsqualität durch intelligente LED-Hardware und -Steuerungssoftware ist deshalb unumgänglich.

## Großflächig beleuchten

Für große Prüfteile bietet die Firma Cretec ein breites Produktportfolio von intelligenten, großflächigen und modular aufgebauten LED-Beleuchtungssystemen. Diese Module – zusammenstellbar in variablen geometrischen Formaten von randloser Hintergrund- oder Auflicht-Beleuchtung – garantieren wirtschaftlich und technologisch effiziente Vision-Lösungen, auch für sehr komplexe Anforderungen. Dabei ist es unter anderem entscheidend, in welcher Weise das Licht von der Quelle zum Objekt gelangt und wie es von diesem reflektiert oder gestreut wird. Dies hat großen Einfluss, welche Informationen letztendlich über das Objektiv im Kamerasensor als Bild erfasst werden.

## Beliebige geometrische Formen

Die LED-Module sind für das raue industrielle Umfeld bis Schutzklasse IP67 ausgestattet. Für jede Anforderung gibt es das passende Licht. Die LED-Basismodule können zu beliebigen geometrischen Formaten angeordnet werden, beispielsweise Balkenbeleuchtung (Bandanwendungen) oder andere großflächige Anordnungen. Sie bieten Leuchtflächen von 50 x 50 mm bis zu 6.000 x 6.000 mm. Alle Lichtfarben in Dauerlicht oder Blitzlicht sind verfügbar. Die LED-Platinen sind eige-

ne Entwicklungen und mit LEDs der Farben Weiß, Rot, Grün, Blau, IR, UV, RGB oder RGBW bestückt. Beim Durchlicht-Beleuchtungsmodul ist der Abstand der dimmbaren LEDs untereinander und zur Abdeckung – einem speziellen Diffusor – so gewählt, dass ein optimiertes, randloses, homogenes Beleuchtungsfeld erzielt wird. In die Beleuchtungen können Aussparungen für Optiken eingearbeitet werden, sodass die Kamera hinter der Beleuchtung durchschauen kann. Die Leuchten sind ab Werk abgeglichen und benötigen bei einem Wechsel in der Anwendung keinen manuellen Abgleich mehr.

## Erkennungssicherheit von Strukturen steigern

Durch die intelligente Ansteuerung der einzelnen Farben des LED-Lichts (RGB/RGBW) – Bildaufbereitung mittels Tone Mapping – kann in vielen Fällen die Erkennungssicherheit von Strukturen erheblich gesteigert werden. Werden die LEDs im Blitzmodus betrieben und synchronisiert im  $\mu$ s-Bereich, so werden die Prüfbjekte gewissermaßen mit hoher Bildschärfe eingefroren. Die extrem kurze Blitzdauer ermöglicht problemlos den Betrieb mit 300 % höheren Nennstrom und damit enorme Steigerungen der zur Verfügung stehenden Beleuchtungsstärke. ■

## AUTOR

**Kamillo Weiß**  
Journalist, KW-PR

## KONTAKT

Cretec GmbH, Hammersbach  
Tel.: +49 6185 647 99 00  
mail@cretec.gmbh  
www.cretec.gmbh

# Produkte

## Hygienegehäuse in drei Längen

Die erste Auflage des Shark-Edelstahl-Gehäuses ist nun in drei Längen ab Lager erhältlich. Die Kamerabefestigung beruht auf dem Quicklock/Heatguide-Prinzip wie bei Orca-Gehäuse und ermöglicht so eine gute Wärmeabfuhr. Es können Kameras bis zu einem Querschnitt von 62 x 62 mm (abhängig vom Eckenradius) und Objektive bis 85 mm Durchmesser zum Einsatz kommen. Wie



© Autovimation

auch das Dolphin ist das Shark in Hygienedesign aufgebaut und erfüllt mit IP69K die im Lebensmittelbereich regelmäßig geforderte Schutzklasse. Die Dichtungen sind resistent gegen die meisten in diesen Branchen eingesetzten aggressiven Reiniger. Als Frontscheiben können neben Acryl auch andere Materialien zum Einsatz kommen.

[www.autovimation.com](http://www.autovimation.com)



© Xilinx

## FPGA mit 9 Millionen System-Logikzellen

Xilinx hat seine 16 nm Virtex-UltraScale+-Produktfamilie um den FPGA-Baustein Virtex UltraScale+ VU19P erweitert. Mit 35 Mrd. Transistoren bietet er die höchste Logikdichte und I/O-Zahl aller jemals gefertigten Einzelbausteine. Er ermöglicht die Emulation und das Prototyping von ASICs und SoCs sowie Test- und Messverfahren, Compute- und Netzwerklösungen. Er bietet bis zu 1,5 Terabit pro Sekunde an DDR4 Speicherbandbreite und bis 4,5 Terabit/s an Transceiver-Bandbreite, außerdem mehr als 2.000 User I/Os.

[www.xilinx.com](http://www.xilinx.com)

[www.inspect-online.com](http://www.inspect-online.com)

## Edmund Optics erweitert sein Portfolio

Edmund Optics hat Techspec Borofloat Borosilikatfenster und Techspec Ultra-entspiegelte  $\lambda/10$  Fenster vorgestellt. Erstere sind beständig gegenüber thermischem Schock und hohen Temperaturen. Sie verfügen über eine Oberflächenebenheit von etwa  $4^{-6}$   $\lambda$ /Inch. Darüber hinaus weist Borofloat einen Wärmeausdehnungskoeffizienten von  $3,25 \cdot 10^{-6}$   $^{\circ}\text{C}$  auf. Borofloat eignet sich für Anwendungen im sichtbaren bis nahen Infrarotbereich. Die Techspec Ultra-entspiegelten  $\lambda/10$  Fenster verfügen über eine Antireflexbeschichtung, die eine Reflexion von weniger als 0,1 % bei den angegebenen Nd:YAG- und Yb:YAG-Designwellenlängen ermöglicht. [www.edmundoptics.de](http://www.edmundoptics.de)



© Edmund Optics

Neue 3- & 4-CMOS Prisma-Zeilenkameras von JAI für industrielle Anwendungen

[JAI.COM](http://JAI.COM)

## Herausragende Farb-Zeilenkameras...

# (R+G+B+NIR)<sup>10</sup>

### ...Leistung hoch 10

Erstmals können Sie von der Farbgenauigkeit und räumliche Präzision der Prisma-Zeilenkameratechnologie der Sweep+-Reihe von JAI profitieren sowie die einfache Plug-and-Play-Anwendung und Netzwerkflexibilität von GigE Vision genießen. Die neue SW-4000T-10GE ist mit 10 GigE-Schnittstelle und 3-CMOS-RGB-Ausgabe mit 4000 Pixeln und bis zu 97 kHz ausgestattet, während die SW-4000Q-10GE über eine 4-CMOS RGB + NIR-Ausgabe mit bis zu 73 kHz verfügt.

Sind Sie noch nicht soweit, auf die 10 GigE-Architektur zu wechseln? Kein Problem. Diese neuen Kameras passen sich automatisch der Datenrate Ihres Hosts/Netzwerks an. Ganz gleich, ob es sich um ein NBASE-T bei 5 Gbit/s oder 2,5 GB/s oder sogar um ein 1000BASE-T bei 1 Gbit/s handelt – Sie haben die Wahl.

Die SW-4000 10GE-Kameras verfügen über einstellbare Pixelgrößen, V- & H-Binning, Drehgeberanschluss und vieles mehr – die perfekte Kombination aus Präzision, Leistung und Funktionalität für Ihr nächstes Farbzeilenkamerasystem.

Besuchen Sie uns unter [www.jai.com/power-of-10](http://www.jai.com/power-of-10), um Näheres zu erfahren oder ein Angebot anzufordern.

### Neue 10 GigE-Kameras

- ✓ Prisma-Zeilenkamera der Sweep+-Serie
- ✓ 4k (4096 pixels)
- ✓ 7.5 x 7.5/10.5  $\mu\text{m}$  pixels
- ✓ 10 GigE Ethernet-Schnittstelle  
(Abwärtskompatibel bis NBASE-T und 1000BASE-T)

**GigE™**  
VISION

GEN<i>CAM



SW-4000T-10GE

- ✓ 3-CMOS RGB
- ✓ Bis zu 97 kHz
- ✓ 8/10-bit



SW-4000Q-10GE

- ✓ 4-CMOS RGB + NIR
- ✓ Bis zu 73 kHz
- ✓ 8/10-bit

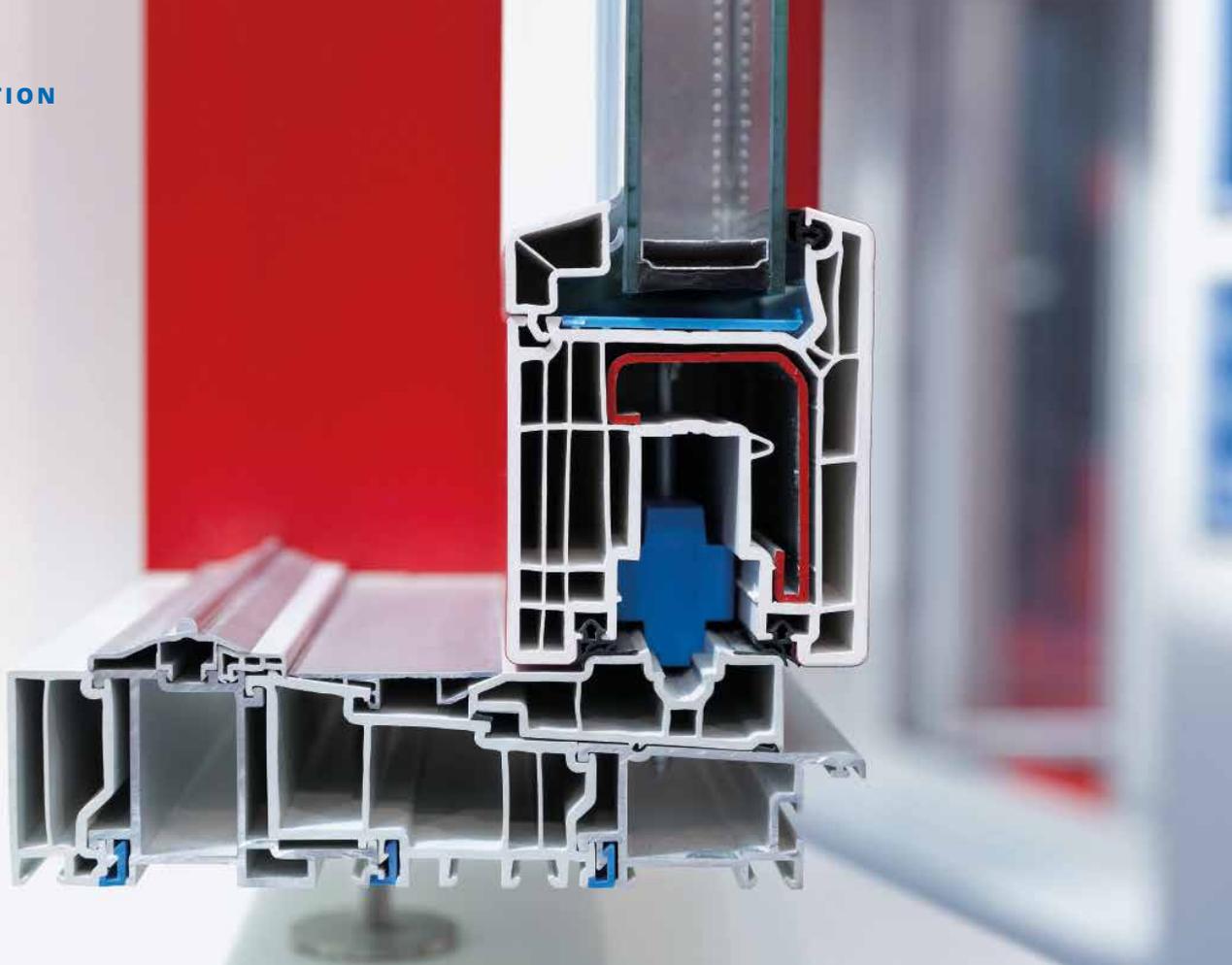


See the possibilities

• Europe, Middle East & Africa - JAI A/S  
• [camerasales.emea@jai.com](mailto:camerasales.emea@jai.com)  
• +49 (0) 6022 26 1500

• Asia Pacific - JAI Ltd.  
• [camerasales.apac@jai.com](mailto:camerasales.apac@jai.com)  
• +81 45-440-0154

• Americas - JAI Inc.  
• [camerasales.americas@jai.com](mailto:camerasales.americas@jai.com)  
• +1 408 383 0300



© Mihajlo Maricic

# Innengeometrie-Messung

Inline-Inspektionssystem misst Rezyklat-Anteile

Profilcontrol 7 ICSM von Pixargus hat bei der Co-Extrusion von geschnittenen Kunststoffprofilen den maximalen Rezyklat-Anteil fest im Blick. Das Inline-Inspektionssystem beleuchtet die komplette Innengeometrie und misst kontinuierlich Schichtdicken und Wandstärken. Das Einsatzpotenzial von Recycling-Kunststoffen im Profilkern lässt sich so ausschöpfen – die Produktion wird unterm Strich kosteneffizienter und nachhaltiger.

**H**ochwertige Rezyklate eignen sich heute auch für den Einsatz im Kern von Hightech-Profilen. Die Recycling-Kunststoffe sind ähnlich robust und langlebig wie neu produzierte Kunststoffe und können dabei mit einer besseren Kosten- und Ökobilanz punkten. Denn sie brauchen weniger Energie bei der Herstellung, reduzieren so den CO<sub>2</sub>-Fußabdruck – und sind vergleichsweise günstig zu haben. Mit Profilcontrol 7 ICSM (PC7 ICSM) lassen sich Rezyklat-Anteile im Extrusionsprozess erstmals genau messen und kontrollieren.

## Hochspezialisierte Vermessungs-Algorithmen

Für den Vorstoß ins Innenleben von Profilen hat Pixargus spezielle Vermessungsalgorithmen zu einem neuen Prüfkonzept verheiratet. Hochspezialisierte Algorithmen messen dabei nicht nur die Schicht- und Wanddicke des aufgetragenen Materials, sondern auch den Anteil von Rezyklaten.

„Sie können die Produktion jetzt bis an die Grenzen der maximalen Einsetzbarkeit von Rezyklaten fahren, weil hier kontinuierlich hinter der Schneideinheit kontrolliert wird“, erklärt Pixargus-Vertriebschef Michael Frohn. Das ICSM-System wird heute schon für die Prüfung von geschnittenen Fensterprofilen und Metallprofilen eingesetzt. Es ist ebenfalls bestens geeignet für extrudierte Schläuche und Rohre und kann hier herkömmliche Ultraschallmessungen ersetzen.

## Zu 100 % geprüft: Fehler in Echtzeit korrigieren

PC7 ICSM misst erstmals Innengeometrien, Klemmmaße, Innenstege, Schichtdicken und Materialstärken geschnittener Kunststoffprofile inline direkt hinter der Schneideinheit der Extrusionslinie. Produktionsfehler werden schneller erkannt und können in Echtzeit korrigiert werden – die Produktion von Ausschuss wird so erheblich reduziert. Ein weiterer Vorteil der innovativen

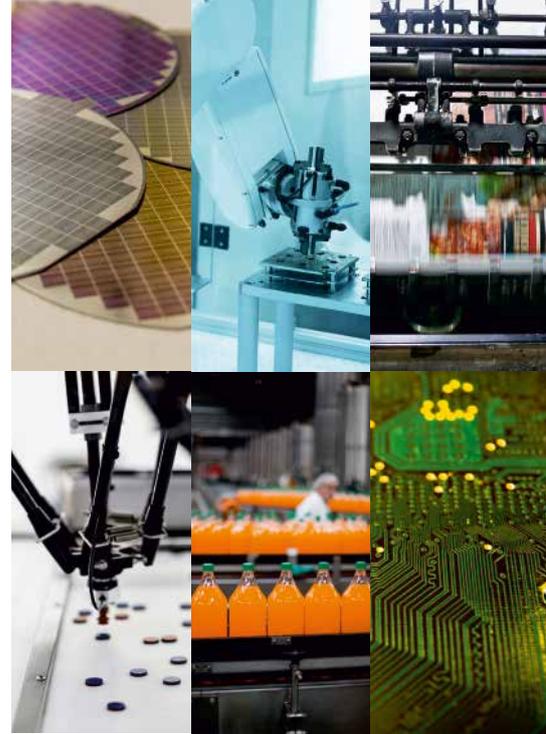
Prüftechnik: Statt einzelne Stichproben zu ziehen, prüft das System die Innenkontur aller Profile einer Charge. „Wir prüfen jedes einzelne Profil an jedem Schnitt zu 100 %“, so Frohn. Für jedes Profilstück wird dabei automatisch ein Prüfprotokoll erstellt. Geprüft



© Pixargus

Pixargus prüft die Innengeometrie und Klemmmaße geschnittener Kunststoff- und Metallprofile direkt hinter der Schneideinheit der Extrusionslinie und misst erstmals auch Rezyklat-Anteile.

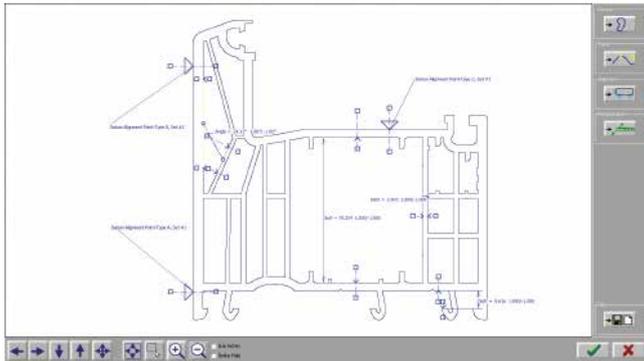
## AUTOMATION



Algorithmen messen nicht nur die Schicht- und Wanddicke des aufgetragenen Materials, sondern auch den Anteil von Rezyklaten.



© Pixargus



© Pixargus

Mit dem PC7-ICSM-Editor lassen sich zielgenaue Innen-Parameter für den Produktionsprozess definieren.

wird unmittelbar nach dem Sägen. Eventuelle Verunreinigungen des Prüflings durch Sägespäne oder Verformungen durch Heißschneideverfahren (Guillotinschnitt) werden in der Regel erkannt und ausgeblendet.

### Zwei Systeme kombinieren – drei Funktionen erhalten

PC7 ICSM lässt sich mit Profilcontrol 7 Dualvision (DV) kombinieren. PC7 DV bietet eine hohe Prüfperformance bei der Oberflächeninspektion und Vermessung der Außenkontur in einem Arbeitsgang. Die starke System-Kombination hat Profile von allen Seiten im Griff: Vor dem Schneideprozess kann das Dualvision-System Abweichungen und fehlerhafte Stellen in Echtzeit erkennen – der Produktionsprozess wird frühestmöglich optimiert und Ausschuss minimiert. Nach der Schneideinheit prüft das ICSM-System die Innengeometrie und sortiert die geschnittenen Profilstücke auf Wunsch nach „Gut“ und „Schlecht“ aus. So erhält man 100 % Qualität.

### Inline oder als separate Messstation

PC7 ICSM ist als Inline-System oder offline als separate Messstation erhältlich. Für die Offline-Prüfung bereits geschnittener Profile bietet Pixargus die automatisierte parallele Prüfung von Oberfläche, Außen- und Innenkontur in einem Gerät an.

### Bestens vernetzt

Das Inspektionssystem ist für den Einsatz in Industrie-4.0-Umgebungen ausgelegt, bietet alle gängigen Schnittstellen, wie OPC-UA, und ist für den Aufbau geschlossener Regelschleifen an der Extrusionslinie geeignet. ■

**AUTORIN**  
Heike Freimann  
Redaktion Aix

**KONTAKT**  
Pixargus GmbH, Würselen  
Tel.: +49 2405 479 08 0  
sales@pixargus.de  
www.pixargus.de

## VIEWWORKS NEW CAMERA

✓ 25 Megapixels

✓ 91.3 fps

- Latest CMOS global shutter image sensor (GMAX0505)
- Monochrome & Color models
- Compact size: 50 mm x 50 mm x 57 mm
- Cost-effective solution



VC-25M

**VIEWWORKS**



# Sommer, Sonne, Strand – und eine smarte Software ...

Laserbasierte digitale Schablone im Einsatz bei der Caravanfertigung

**Das Unternehmen LMC Caravan hat nach einer Lösung für die Visualisierung durch ein Lasersystem in der Fertigung im Zulieferbereich bei den Sandwich-Elementen gesucht. Das bisherige System war zu drift-abhängig, was zu sehr zeitaufwändigen Kalibriermaßnahmen geführt hat. Mit der neuen laserbasierten digitalen Schablone Werklicht 3D wurde eine passende Lösung gefunden, die zuverlässiger und effizienter ist.**

Wenn man durch den Produktionsbereich von LMC Caravan im nordrhein-westfälischen Sassenberg geht, denkt man an Sommer, Sonne, Strand und Meer. Warum? Weil LMC (Lord Münsterland Caravan) Wohnwagen und Wohnmobile herstellt, die unweigerlich Urlaubsgedanken wecken. Mit dem ersten Caravan „Knospe“ reicht die Firmenhistorie bis ins Jahr 1955 zurück. Als LMC firmiert das Unternehmen erst seit 1981, zehn Jahre später erfolgte die Übernahme durch Erwin Hymer. Innerhalb der Hymer-Group ist in Sassenberg heute das Caravan-Competence-Center beheimatet. Der Standort wurde in den letzten Jahren mit u.a. einer neuen Produktions- und Logistikhalle umfangreich erweitert. Die Wohnwagen verlassen die Fertigungsbander übrigens nicht nur mit dem LMC-Logo, denn in Sassenberg werden auch Caravans von Schwestermarken wie Eriba, Dethleffs oder Bürstner hergestellt.

## Zuverlässige QS-Lösung gesucht

Im Rahmen der Produktion der Wohnwagen haben Themen wie Effektivität und Qualität eine große Bedeutung. Das Ziel, Prozesse zu optimieren, wo es möglich ist, hat LMC 2017 in der Fertigung im Zulieferbereich bei den Sandwich-Elementen umgesetzt. Dort waren mit einem Beamer sowie einem Lasersystem zwei Systeme zur Visualisierung im Einsatz. Gerade bei heißen Temperaturen konnte sich jedoch die Stahlaufhängung mit den Beamern bewegen und das Beamer-Bild verschieben. Dann musste das Stellsystem unter dem Hallendach neu justiert werden, was wenigstens 20 Minuten dauerte. Ein weiterer Kritikpunkt betraf das systembedingte Flackern des Lasers, das den Mitarbeitern missfiel. Gefragt war daher eine neue und zuverlässigere QS-Lösung. Diese fand man schließlich bei Extend3D mit der Werklicht-3D-Software. „Die smarte Software stellt den Kern unseres Know-hows dar. Sie verbindet digitale

3D-Plandaten mit der Realität“, erläutert Dr. Peter Keitler, CEO von Extend3D. „Dafür werden zunächst existierende CAD-Daten bzw. Positionsinformationen aus allen üblichen Datenformaten eingelesen. Über die Geometrie des Bauteils bzw. der Vorrichtung stellt Werklicht den räumlichen Bezug her.“ Dabei können sowohl Werkstück wie auch Projektor variable Positionen einnehmen. Die markerbasierten bzw. markerlos-modellbasierten Verfahren zum dynamischen Referenzieren ermöglichen eine schnelle und unkomplizierte Anpassung an die Bewegung – wenn nötig in Echtzeit. Das Funktionsprinzip von Werklicht erlaubt per Laser- oder Videoprojektion Arbeitspunkte oder Bereiche exakt zu markieren sowie Hinweise zu Arbeitsschritten direkt auf dem Werkstück anzugeben. Trotz der Kombination komplexer Technik ermöglicht die intuitive Bedienoberfläche den Mitarbeitern die Nutzung schon nach kurzer Einarbeitungszeit.

## Anpassungsfähige Software

Bei der Entscheidung für Werklicht 3D spielte gerade das Referenzieren eine wesentliche Rolle: „Die Software zeigt über Fadenkreuze die Referenzpunkte am Tisch an, wodurch das Beamer-Bild zum unteren Tisch ausgerichtet werden kann. Diese Fadenkreuze werden immer projiziert, daher sehen die Werker temperaturbedingtes Driften der Darstellung und können das korrigieren“, unterstreicht Stefan Reinert, Projekttechniker in der Arbeitsvorbereitung bei LMC. „Die Fadenkreuze gewährleisten uns somit ein stets gleiches Qualitätslevel, weil die Mitarbeiter damit die Bauteile genau platzieren können. Auch deswegen ist Werklicht 3D für uns deutlich anwenderfreundlicher als die frühere Lösung.“ Überzeugen konnte Werklicht 3D während des Auswahlprozesses zudem durch ihre Flexibilität, weil die Software bei Bedarf immer wieder durch Extend3D angepasst werden kann. Außerdem können mehrere Dateiformate projiziert sowie die Software auf richtige 3D-Körper erweitert werden. Die Flexibilität war aber auch bei den Schichtdicken ein Thema, weil dort die Dreidimensionalität bereits enthalten ist, was mit dem alten System in Sassenberg nicht komplett abzudecken war.

Zum Einsatz kommt Werklicht 3D in der Produktion bei den Sandwich-Elementen – und zwar bei extern wie intern zu fertigenden Teilen auf allen drei Fertigungslinien: Auf dem Überziehtisch wird zunächst jeweils der Sandwich-Kern zusammengelegt, bestehend aus Leisten und Isoliermaterial. Hier wird das Innenleben des vorbereiteten Sandwichs projiziert. Anschließend folgt die Bearbeitung der unteren Schicht am Transportband-Leim. Nachdem der Klebeautomat drübergefahren ist, fährt der Überziehtisch nach und legt die Mittellage in das Klebett hinein. Dann wird wieder beleimt und die obere Schicht daraufgelegt. Sowohl auf den drei Überziehtischen wie auch den drei Beleimungstischen ist jeweils ein Werklicht-System mit eigener Steuerung und zwei

Projektoren installiert, die über eine Fertigungssteuerung miteinander vernetzt sind und zusammenarbeiten. Die Automatisierung hat Extend3D auf die Gegebenheiten bei LMC zugeschnitten.

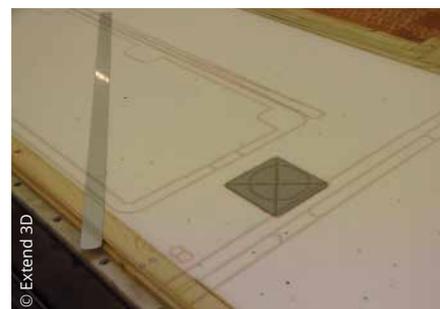
Ein Highlight im Zuge der Anwendung von Werklicht 3D stellt die Fotodokumentation dar: „In bestimmten Arbeitsschritten wird über ein Signal, das im Ablauf ausgewertet wird, ein Foto von Werklicht erzeugt, damit LMC die Qualitätssicherung dokumentieren kann. So können Fehlbeleimung, nicht richtig zusammengelegte Teile oder die Überprüfung der Konstruktion dokumentiert und ausgewertet werden“, berichtet Dr. Peter Keitler. „Die Ansteuerung erfolgt bei der Fotodokumentation automatisch. Es handelt sich dabei um ein lagerichtiges Bild, das den Tisch maßstabsgetreu abbildet.“ Man könnte in diesem Foto also auch messen. Wird ein Teil verschoben, ist es möglich, festzustellen, wie weit es weg war und ob es kritisch ist oder nicht. Darüber hinaus ermöglicht es Werklicht 3D auch, Teile zu spiegeln. Egal ob die linke oder rechte Seite – es ist die gleiche Zeichnung im CAD, die auf dem Tisch spiegelverkehrt projiziert wird. Dabei muss lediglich ein Parameter in der Steuerung verändert werden. Wo die Nulllage auf dem Tisch ist, lässt sich über die Software einstellen.

## Weitere Linie geplant

Werklicht 3D hat sich in den letzten beiden Jahren in Sassenberg absolut bewährt. Daher wird LMC bei der geplanten vierten Fertigungslinie wieder auf die Software und Extend3D setzen. Zumal die sich bietenden Vorteile auch quantifizierbar sind: So dauert heute das Ausrichten – wenn die Fadenkreuze verstellt sind – lediglich ein paar Minuten, während mit dem früheren System mindestens 20 Minuten zu kalkulieren waren. Ansonsten ist Werklicht 3D weitestgehend im Hintergrund aktiv. Gearbeitet wird im Takt von ca. 10 min pro Bauteil, über den Leit-



Sowohl auf den drei Überziehtischen wie auch den drei Beleimungstischen ist jeweils ein Werklichtsystem mit eigener Steuerung und zwei Projektoren installiert.



Die Fadenkreuze ermöglichen ein stabiles Qualitätslevel, weil die Mitarbeiter damit die Bauteile genau platzieren können.

rechner werden die Bauteile automatisch eingespielt, der Werker muss also nichts machen. „Mit dem Service von Extend3D sind wir ebenfalls sehr zufrieden, denn bei Fragen steht uns immer jemand kompetent zur Verfügung. Auch deswegen hat Werklicht 3D unsere Erwartungen voll und ganz erfüllt“, zieht Stefan Reinert ein positives Fazit. „Zu loben ist aber auch die gesamte Projektierung: Die Zusammenarbeit war sehr angenehm, Abstimmungen wurden seitens Extend3D kurzfristig umgesetzt und das gesamte Projekt zügig abgewickelt.“ ■

## AUTOR

Theo Drechsel  
4marcom + PR!

## Kontakt

Extend 3D GmbH, München  
Tel.: +49 89 215 501 60  
info@extend3d.de  
www.extend3d.de



Das Funktionsprinzip von Werklicht ermöglicht es, per Laser- oder Videoprojektion Arbeitspunkte oder Bereiche exakt zu markieren.

# Produkte



© EVT

## Schneller Code scannen mit neuen Sensoren

Mit dem EyeSens 5xxx und den Sensoren von EVT soll das Barcodelesen um ein Vielfaches schneller vonstattengehen. Gleichzeitig wurde durch die Sensoren die Lesequalität verbessert. Der BarcodeScanner lässt sich per Profinet oder anderer Protokolle in die SPS oder in die Scada Umgebung einbetten.

[www.evt-web.com](http://www.evt-web.com)

## Handschuh-Scanner für Logistik und Fertigung

Proglolve erweitert seine Produktfamilie Mark. Die Handschuhscanner Mark Basic und Mark Standard Range können die Effizienz steigern, indem sie Benutzer dabei unterstützen, bis zu vier Sekunden pro Scan einzusparen, und dabei gleichzeitig helfen, typische Kommissionierungsfehler um bis zu 33 Prozent zu reduzieren. Mark Basic ist für eine Scanreichweite von 150 cm ausgelegt. Damit eignet sich der BarcodeScanner für Kommissionierungsanwendungen in der Logistik. Das Gerät lässt sich via Bluetooth Low Energy (BLE) mit dem Unternehmensnetzwerk verbinden und beinhaltet die Worker Feedback Option. Damit kann man den Informationsfluss im Hinblick auf wichtige Zielsetzungen, wie Rückverfolgbarkeit, strukturieren. Durch die Kombination optischer, akustischer und haptischer Benachrichtigungen sind Arbeiter sofort im Bilde, ob sie den richtigen Artikel kommissioniert haben. Das sorgt für zuverlässige Prozesse. Mark Basic schafft bis zu 3.000 Scans pro Batterieladung, was in der Regel für eine Schicht ausreicht.

[www.proglolve.de](http://www.proglolve.de)

## Vollinspektion von Rundprodukten

Mit Allroundia DualVision bringt Pixargus eine Antwort für die 360° Vollinspektion von Rundprodukten auf den Markt: Das sehr kompakte Zwei-in-Eins-System vermisst und inspiert Schläuche, Rohre und Kabel und verspricht eine Fehlererkennung von 100 Prozent. Auch beim Preis kann der smarte Fehlerdetektor kräftig punkten. Der Messtechnikhersteller hat Hard- und Software der ProfilControl 7-Technologie verbessert und auf einfache, runde Geometrien angepasst. Herausgekommen ist das erste Small-Budget-System, das Oberflächen und Konturen von Schläuchen, Rohren und Kabeln lückenlos, kontinuierlich und rundum erfasst – und das in einem Sensorkopf.

Bei AllRoundia DV sorgt eine kamerabasierte Dimensionsvermessung mit Lasertriangulation für eine lückenlose 360°-Erfassung von Rund- oder Ovalkonturen. Im Unterschied zur herkömmlichen Achsenmessung, bei der sechs Einzelpunkte mittels Abschattungstechnologie vermessen werden, erfassen die optischen Sensoren da-



© Pixargus

bei 8 Millionen Bildpunkte. Das Messsystem hat neben der Sollkontur auch die Oberfläche lückenlos im Blick. Das System arbeitet dabei mit LED-Beleuchtung statt wie herkömmliche Systeme mit Laser als Lichtquelle. Ein spezielles Beleuchtungskonzept sorgt für ein homogenes Ausleuchtungs- und Messfeld, sodass auch schwer detektierbare Abweichungen und Materialfehler wie Risse, Einschlüsse, Farbflächen und kontrastreiche Fehler ab 0,1 mm Größe sicher erkannt werden.

[www.pixargus.de](http://www.pixargus.de)



© GOM

## Messergebnisse professionell auswerten

Essenziell für die Optimierung von Produktionsprozessen sind Messergebnisse, die aufbereitet und ausgewertet werden. Dabei helfen die Softwaresysteme von GOM. Die Software 2019 wird entlang der Kundenbedürfnisse entwickelt und umfasst in diesem Jahr eine ganze Reihe neuer Features, insbesondere für industriespezifische Anwendungen. Vor allem im virtuellen Messraum (VMR) unterstützt die neue Funktion „Smart Teach“ die Anwender beim automatisierten Messen. Bei Änderungen im CAD aktualisieren sich die Messpositionen beispielsweise im Selbstmanagement automatisch. Ein weiteres Highlight ist das sogenannte Virtual Clamping, das das Spannen von Bauteilen virtuell simuliert. Statt wie bisher die Komponenten in aufwendige Messvorrichtungen einzuspannen, ermöglicht das neue Modul der Software, mithilfe der Daten des realen Bauteils im ungespannten Zustand den gespannten Zustand zu errechnen. Die durch FEM-basierte Berechnungen erzielten Messdaten entsprechen exakt den Ergebnissen eines eingespannten Bauteils. Darüber hinaus wurde die Analyse von Oberflächendefekten in den Softwarepaketen ATOS Professional, GOM Inspect und GOM Inspect Professional verbessert. Bauteile aus Blech und Kunststoff können nun z. B. gegen ein Grenzmusterteil geprüft werden, um Mängel in der Oberfläche einfacher zu identifizieren.

[www.gom.com](http://www.gom.com)

LED-Beleuchtungen made in Germany  
 ● ○ IMAGING ● LIGHT ● TECHNOLOGY  
**BÜCHNER**  
[www.buechner-lichtsysteme.de/inspect](http://www.buechner-lichtsysteme.de/inspect)

30. Internationale Fachmesse  
der industriellen Automation

Nürnberg, 26. – 28.11.2019  
sps-messe.de



© Tofmotion

### 3D-Kamerasystem löst herkömmliche Sicherheitssensoren ab

Das österreichische Start-up Tofmotion hat eine neue Möglichkeit der sicheren Raumüberwachung im Industriefeld vorgestellt: Die Produktgruppe Tofguard ermöglicht es, das 3D-basierte Kameraverfahren Time of Flight (ToF) erstmals auch mit Safety-Zulassung für die Maschinenindustrie zu nutzen. Spotguard, das Produkt aus Hard- und Software, erkennt zuverlässig und in Echtzeit Objekte, die in Gefährdungs- bzw. Bewegungsräume eindringen. Die Kamera erfüllt vordefinierte Sicherheitsfunktionen, um identifizierte Gefährdungen zu verringern. Im Vergleich zu herkömmlichen Sicherheitssensoren profitieren Anwender nicht nur von dessen Funktionalität und Effizienz, sondern auch von deutlichen Kostensenkungen. Tofguard ist grundlegend als Safety-zertifizierte Kamera für Industrieanwendungen ohne spezifische Vorkonfiguration erhältlich. Darüber hinaus bietet der Hersteller die Kameras auch inklusive der passenden Software für unterschiedliche Einsatzbereiche an. Im ersten Schritt wird das Produkt Spotguard verfügbar sein: Hier überwacht die Kamera mithilfe einer Software einen individuell definierbaren Raum. Das kann zum Beispiel ein Schutzbereich rund um einen Roboter sein. Nähert sich ein Mensch oder ein Objekt diesem Bereich an oder verletzt den vordefinierten Gefährdungs- bzw. Bewegungsraum, wird automatisch ein Signal an den Maschinencontroller gesendet und eine entsprechende Reaktion eingeleitet.

[www.tofmotion.com](http://www.tofmotion.com)

[www.inspect-online.com](http://www.inspect-online.com)



## Bringing Automation to Life



### Praxisnah. Zukunftsweisend. Persönlich.

Finden Sie praxisnahe Lösungen für Ihren spezifischen Arbeitsbereich sowie Lösungsansätze für die Herausforderungen von morgen.

**Registrieren Sie sich jetzt!**

**Ihr 30 % Rabattcode: SPS19BESV11**

[sps-messe.de/eintrittskarten](http://sps-messe.de/eintrittskarten)

# Nasen-Check

Qualitätskontrolle von Verbundstoffen in der Luft- und Raumfahrt

**Der Bereich ARC – Airframe Related Components – von Lufthansa Technik überholt und repariert Flugzeugbauteile aus Verbundwerkstoffen, unter anderem Flugzeugnasen. 3D-Scanner und ein Fotogrammetrie-System kontrollieren dabei die Materialausdehnungen.**

Lufthansa Technik (kurz LHT) ist ein Anbieter für MRO-Dienstleistungen (Maintenance, Repair and Overhaul – Wartung, Reparatur und Überholung) von Flugzeugen mit 50 Standorten weltweit. Die Lufthansa Technik Group gehört zu 100 Prozent zum Mutterkonzern Deutsche Lufthansa und umfasst 32 technische Instandhaltungsbetriebe und Beteiligungen in Europa, Asien und Amerika mit mehr als 26.000 Mitarbeitern (Stand 2019).

Der Bereich ARC – Airframe Related Components überholt und repariert Schubkehrer (Fan Reverser), Triebwerksverkleidungen (Engine Cowlings), Tragflächensteuerteile (Flight Controls), Flugzeugnasen (Radome) und andere Bauteile der Sekundärstruktur aus Verbundwerkstoffen. Über die Instandhaltungsarbeiten hinaus werden Reparaturentwicklungen, alle Arten von Material-Support sowie Logistik-Lösungen erbracht. Diese Dienstleistungen werden für sämtliche, in der zivilen Luftfahrt betriebene

Triebwerkstypen und nahezu alle gängigen Flugzeugmuster angeboten.

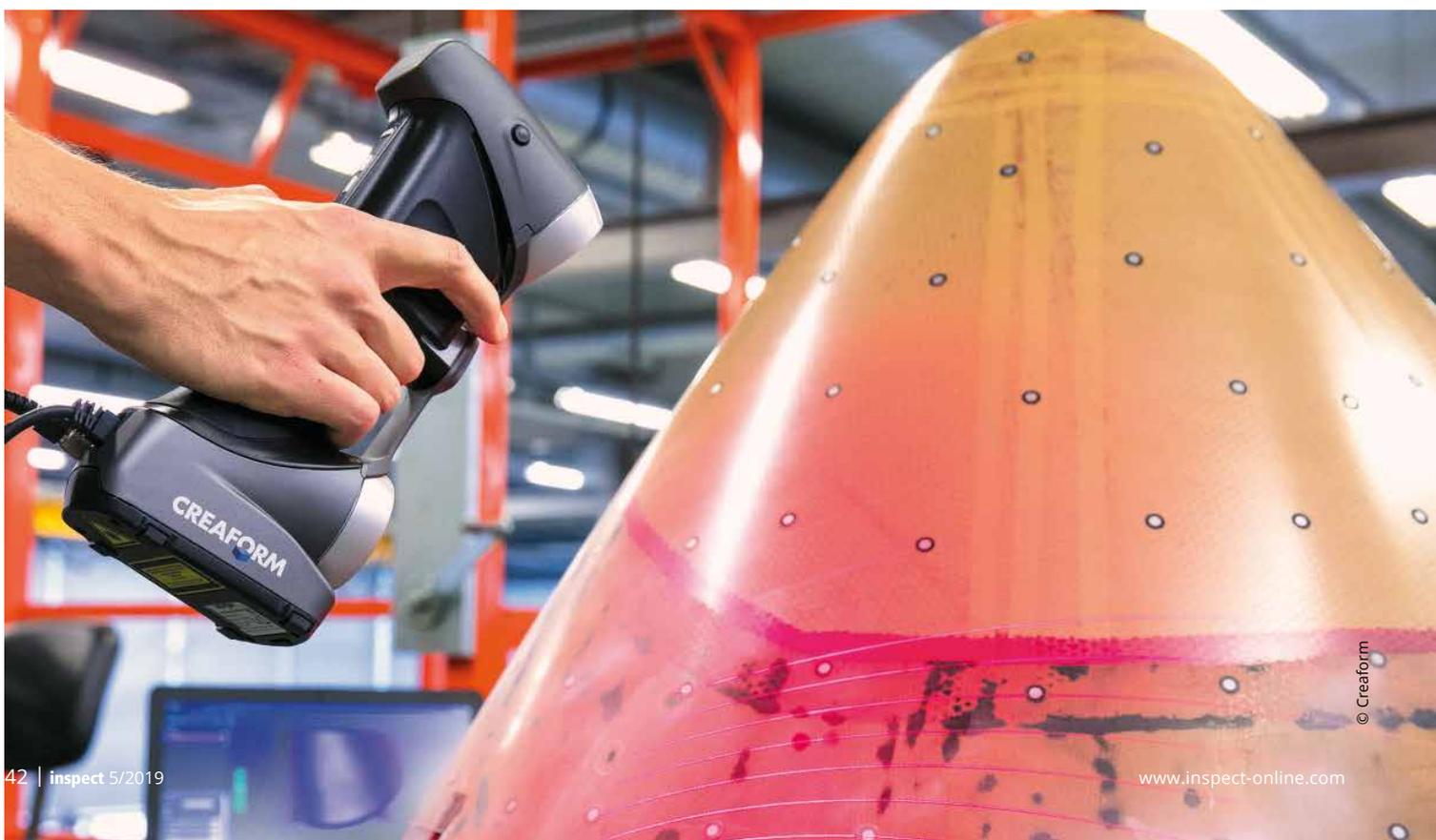
Zur Reparatur oben genannter Bauteile werden Klebeschalen aus Kohle- oder Glasfaser genutzt, bei denen Form und Kontur regelmäßig überprüft werden müssen. Der Fertigungsprozess findet unter Einfluss von Druck und Temperatur in einem Autoklav statt, sodass eine Ausdehnung des Materials die Folge sein kann. Diese Ausdehnung wird mithilfe von regelmäßig wiederkehrenden Scans ermittelt. Es handelt sich hierbei also nicht um ein einmaliges Projekt, sondern um eine regelmäßige Maßnahme zur Sicherstellung von Qualitätsstandards.

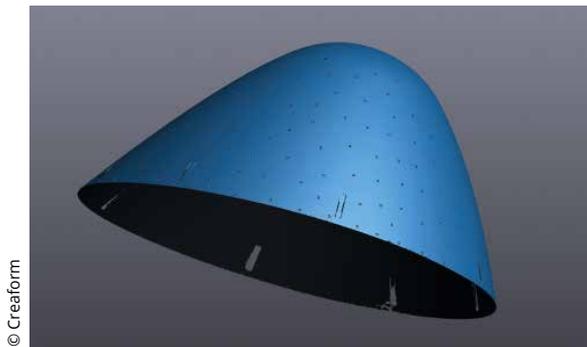
Dabei wird der Ist-Zustand mithilfe des Creaform HandyScan-3D-Scanners bzw. bei großen Objekten mit der Fotogrammetrie-Kamera MaxShot 3D ermittelt und mit einem CAD-Modell (Soll-Zustand) verglichen. Zur Datenaufnahme wird hierfür die Datenerfassungssoftware VXelements eingesetzt.

## Entscheidungskriterien und ROI

Bevor die LHT die Creaform-Systeme einsetzte, wurden Messungen, Datenaufbereitung und Flächenrückführungen durch eine Fremdfirma erbracht. Die Datenqualität sowie die Umsetzungsdauer bzw. Flexibilität bei sich ändernden Rahmenbedingungen haben dazu geführt, dass man sich dazu entschlossen hat, sowohl Hardware als auch Software und Know-how eigenständig einzukaufen.

Ausschlaggebend für die Wahl der Messsysteme waren die Kompaktheit der Geräte sowie die einfache Datenerfassung mit dem HandyScan-3D-Scanner von Creaform. Mit ihnen ist es möglich, mit vergleichsweise wenig Aufwand komplexe Geometrien zu erfassen. Zudem ist die Genauigkeit für die Anwendungen ausreichend hoch. Der MaxShot 3D hilft, diese auch bei größeren Objekten zu gewährleisten. Aktuell werden die Messsysteme ausschließlich in einer Werkstattumgebung unter (weitestgehend) kontrollierten, klimatischen Bedingungen eingesetzt.





Screenshot einer gescannten Flugzeugnase

© Creaf orm



Fotogrammetriekamera MaxShot 3D zum Messen großer Objekte mit hoher Genauigkeit

© Creaf orm

„Die Kontrolle der Materialausdehnungen hätten auch mit anderen gängigen Messsystemen regelmäßig vermessen werden können, jedoch haben das Preis-Leistungsverhältnis sowie die Kompaktheit für die Messsysteme von Creaf orm gesprochen. Zudem ist der Kundenservice einwandfrei“, erklärt Gunnar Hinrichs, Abteilung Airframe Related Components bei Lufthansa Technik. „In Bezug auf den ROI hat sich die Anschaffung ebenfalls rentiert, auch wenn uns hierzu bis jetzt noch keine aussagekräftigen Daten vorliegen. Aber es dürfte sich nach eigener Schätzung um einen fünfstelligen Betrag im unteren Segment handeln, den wir gegenüber der Fremdvergabe

einsparen. Wenn wir durch den Einsatz der Creaf orm-Technologie Qualitätsabweichungen frühzeitig erkennen, können so aufwändige und damit für uns teure Nachbearbeitungen beim Kunden verhindert werden.“

#### „Wesentlich schneller und flexibler“

Die Erfahrungen mit den Creaf orm-Systemen sind positiv. „Wir können wesentlich schneller und flexibler auf Messaufgaben eingehen, die Messergebnisse sogar direkt am Bauteil besprechen und mit anderen Interessengruppen teilen. Das System überzeugt uns immer wieder durch seine Kompaktheit und Einfachheit in der Nutzung. Ein Messvorgang

wird inklusive Vor- und Nachbereitung (Aufbau, Anbringung der Targets etc.) innerhalb von zwei bis drei Stunden erledigt. Die Daten stehen uns direkt zur Verfügung. Die Software-Oberfläche ist gut realisiert, verständlich und übersichtlich. Die Einweisung durch Creaf orm ist hervorragend und auch sonst stehen uns die Mitarbeiter dort immer mit Rat und Tat zur Seite. So wünscht man es sich.“, kommentiert Gunnar Hinrichs. ■

#### KONTAKT

**Ametek GmbH – Creaf orm Deutschland**  
Leinfelden-Echterdingen  
Tel.: +49 711 1856 80 30  
[www.creaform3d.com](http://www.creaform3d.com)



## Mitutoyo

[www.mitutoyo.de](http://www.mitutoyo.de)

### MITUTOYO TAGLENS

Licht mit Schall steuern: Die ultra-schnelle Mitutoyo Tunable Acoustic Index Gradient (TAG) Lens mit Piezo-Technik zählt zu den innovativsten optischen Komponenten weltweit. Sie brilliert mit einer schier unglaublichen Fokussier-Frequenz von 70 kHz und wird alle Branchen revolutionieren, die schnell fokussierende Objektive verwenden.





BESUCHEN SIE UNS!  
**PRODUCTRONICA**, 12. – 15. NOVEMBER 2019  
MÜNCHEN, HALLE A2, STAND 216



WEITERE  
INFOS ZUM  
PRODUKT!

# Schnell und präzise

Zeilenbasiertes Stereo Visionsystem prüft Kugel- und Rollenlager zuverlässig mit hoher Geschwindigkeit



© Chromasens

Für die Langlebigkeit und den sicheren Lauf von Kugel- und Rollenlagern ist es wichtig, dass diese komplett montiert und vollständig fehlerfrei sind. Um Produktionsfehler sicher und zuverlässig zu erkennen, ist eine 100 %-Prüfung direkt nach der Produktion die „State of the Art“ Lösung. Die Prüfung erfolgt dabei ohne manuelle Eingriffe und berührungslos um jegliche Beschädigung auszuschließen.

**A**ctive Inspection – ein führender US-Systemintegrator für Bildverarbeitungssysteme – hat auf Basis der 3D-Stereozeilenkamera 3DPiXa von Chromasens ein Inspektionssystem für diese Lager entwickelt, das sich durch hohe Flexibilität und hohe Geschwindigkeit auszeichnet. Das System kann durch einfaches Einlernen für nahezu allen Typen von Kugel- und Rollenlager eingesetzt werden und erkennt auch sehr kleine Defekte mit einer Größe von 50 µm.

„Bei der Analyse des Fehlerkatalogs und bei der großen Typenvielfalt der zu prüfenden Rollen-, Kugel- und Nadellager zeigte sich sehr bald, dass hier nur ein maßgeschneidertes Prüfsystem alle Anforderungen erfüllen kann“, sagt Arun Dalmia, Geschäftsführer von Active Inspection. Für das Systemkonzept war es notwendig die hohe Geschwindigkeit der Teile als auch die Erkennung der sehr kleinen Defekte zu vereinen. „Und um Dellen und Ebenheitskontrollen durchzuführen, ist ein zuverlässiges und präzises 3D-System gefordert“, führt Arun Dalmia weiter aus.

## Anforderungen

Das Inspektionssystem ist für die Prüfung der Lager direkt in der Produktionslinie ausgelegt, wobei jedes Teil von beiden Seiten geprüft wird. Es werden bis zu 80 Teile pro Minute produziert, die in der gleichen Geschwindigkeit direkt überprüft werden. Die zu erkennenden Defekte beinhalten fehlende Kugeln, Rollen und Nadeln, fehlende Bolzen, unvollständige Aufdrucke (Tinte) und verschiedene Typen von Kratzern, sowie Dellen, Pressfehler und die Kontrolle der Ebenheit.

## Systemkonzept

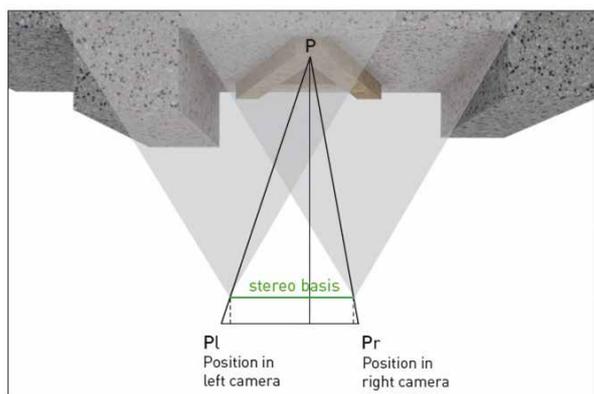
Wichtige Kriterien für das Systemkonzept waren die Prüfung der Lager auf beiden Seiten, die hohe Geschwindigkeit und die geforderte Genauigkeit. Eine besondere Herausforderung war die sichere Erkennung von Pressfehlern. „Diese können beim Zusammenpressen der einzelnen Lagerkomponenten auftreten“, führt Arun Dalmia aus. „Da diese Fehler eine sehr kleine Ausdehnung in Breite und Höhe haben und auch sehr flach

mit einer geringen Tiefe von nur 100 µm sind, erfordert die Erkennung präzise 3D-Daten. Die metallischen und auch teilweise polierten Oberflächen der Lager sind genauso auf Fehler zu prüfen wie die eher matten Teile der Lager.“

Nach umfangreichen Voruntersuchungen wurde das 3D-Kamerasystem 3DPiXa von Chromasens ausgewählt, da dieses alle geforderten Kriterien für diese Inspektionsaufgabe erfüllt:

- eine Geschwindigkeit von bis zu 29 kHz Zeilenfrequenz, um bis zu 80 Teile/Minute zu erfassen;
- eine Auflösung von 15 µm (lateral) und 5 µm in der Höhe;
- gleichzeitige Erfassung von Farbbildern und 3D-Daten

Die 3DPiXa bietet aber noch einen weiteren wichtigen Vorteil: Nur durch den Einsatz einer diffusen Beleuchtung ist die 3D-Erfassung der polierten Oberflächen möglich, führt Arun Dalmia aus. Die hohe laterale Auflösung von 15 µm ist für die Erkennung der kleinen



Eine besondere Herausforderung war die sichere Erkennung von Pressfehlern.«

Die aus den Stereobildern berechneten 3D-Daten liefern die Koordinaten für alle Objektpunkte in drei Dimensionen.

Defekte erforderlich. Für die sichere Kontrolle der Ebenheit ist die hohe Höhenauflösung von 10 µm notwendig.

#### Stereozeilenkamera

Eingesetzt wird hier die 3DPixa-Dual-15µm mit 15 µm lateraler Auflösung und einen Erfassungsbereich von 105 mm. Im Vergleich zu einem typischen Stereo-Vision-System, bei dem zwei horizontal gegeneinander versetzte Flächenkameras verwendet werden, nutzt die 3DPixa eine Methode zur Abbildung von 3D-Oberflächen mit zwei 7.300 x 3 (RGB)-Linien-scannern, die Stereo- und Zeilenkamertechnologie kombiniert sowie 2D-Farb- und 3D-Messungen ermöglicht. Für die Aufnahme von 3D-Daten verwendet das Stereosystem zwei Zeilenkameras, die in einem Gehäuse fest verbunden sind. Licht vom gleichen Objektpunkt wird gleichzeitig sowohl mit der rechten als auch mit der linken Kamera der Zeilenscanner aufgenommen. Mit der Bewegung des Objekts entstehen daraus Stereobilder, aus denen die 3D-Informationen berechnet werden, indem ein Satz von Punkten in einem Bild mit demselben Satz von Punkten im zweiten Bild verglichen wird. Dadurch lässt sich die relative Tiefeninformation berechnen und als sogenannte Disparitätskarte dargestellt werden, in der Objekte, die näher am Stereokamerasystem liegen, eine größere Disparität haben als weiter entfernte. Es werden High-end-Grafikkarten eingesetzt, um die 3D-Daten aus den Stereobildern in hoher Geschwindigkeit zu berechnen.

#### Systemaufbau

Das Inspektionssystem besteht aus einem speziellen Transportband, das die Bildaufnahme des Kugellagers von beiden Seiten ermöglicht. Nach der Bildaufnahme der Oberseite des Lagers mit der ersten Kamerastation wird das Lager mit einem speziellen Mechanismus gedreht und kommt um 180° gedreht auf ein parallel verlaufendes niedrigeres Band zu liegen. Mit diesem zweiten Band wird das

Lager zur zweiten Kamerastation weitertransportiert und die Unterseite des Lagers wird aufgenommen und geprüft.

#### Schnelles Einlernen von neuen Teilen mit dem interaktiven Rezepteditor

Für jeden Typ von Kugellager wird ein Prüferezept hinterlegt. Es werden mehr als 100 Typen von Lagern geprüft und der Katalog der Teile wächst beständig. Eine Erstellung des Rezepts mit den bisher vorhandenen Methoden hätte für die Bediener der Anlage einen zu großen Zeitaufwand bedeutet. Insbesondere die Optimierung der Parameter für die Fehlererkennung hätte das mehrmalige Durchlaufen des gleichen Teils erfordert, wobei jeweils die Parameter angepasst werden, bis die Fehler auf dem Teil zuverlässig erkannt werden. Das ist bei einem In-line-Prüfsystem mit einem großen Aufwand verbunden und würde auch Stillstandszeiten der Anlage bedeuten. Daher hat Active Inspection einen interaktiven Rezepteditor entwickelt, der das Erstellen der Rezepte für den Kunden deutlich vereinfacht. Mit diesem ist es möglich, auf Basis von nur wenigen guten und schlechten Teilen das Rezept zu erstellen und zu optimieren. Dabei gibt der Kunde die Parameter des neuen Rezepts auf Basis der gespeicherten Bilder dieser Musterteile ein. Der Rezepteditor berechnet die Ergebnisse auf Basis der gespeicherten Bilder sofort und zeigt diese auch dynamisch an. Damit kann der Bediener die Parameter für ein neues Teil sehr schnell auf den optimalen Wert einstellen, ohne es erneut durch die Anlage zu transportieren.

#### Kommunikation mit der SPS der Produktionsanlage

Das Inspektionssystem tauscht mit der kundenseitigen Steuerung der Produktionsanlage (SPS) von Siemens Daten und Informationen aus. Die SPS teilt dem Inspektionssystem mit, welches Teil als nächstes im Inspektionssystem geprüft werden soll. Daraufhin wird das

entsprechende Rezept für dieses geladen und aktiviert. Die Produktion erfolgt dabei typischerweise in Losen des gleichen Typs, d.h. es werden Lager vom gleichen Typ in einem Los produziert. Die SPS teilt dem Inspektionssystem auch mit, wenn ein Teil unter der Kamera einfährt und die Bildaufnahme gestartet werden muss. Wenn die Prüfung für ein Teil gestartet ist, sendet das Inspektionssystem das Resultat (Gut oder Schlecht) an die SPS und diese veranlasst dann das entsprechende Vorgehen, entweder Auswerfen oder – im Gutfall – die Weitergabe an den nächsten Verarbeitungsschritt.

#### Zusammenfassung

Die 3D-Lagerinspektion ist ausgelegt, um Hunderte von verschiedenen Typen von Kugel- und Rollenlagern automatisch zu prüfen und auch Defekte mit einer Größe von 50 µm zu detektieren. Das System prüft bis zu 80 Teile pro Minute. Dafür werden High-end-Grafikkarten eingesetzt, um die 3D-Daten aus den Stereobildern in hoher Geschwindigkeit zu berechnen. Das Inspektionssystem verfügt über eine Bild- und Ergebnisdatenbank, um alle Ergebnisse zu speichern, wieder anzuzeigen und kommuniziert mit der SPS, um Ergebnisse der Prüfung an die Steuerung weiterzugeben. ■

#### AUTOREN

**Arun Dalmia**

Manging Director, Active Inspection

**Dr. Klaus Riemer**

Produktmanager, Chromasens

#### KONTAKT

Chromasens GmbH, Konstanz

Tel.: +49 7531 876 0

info@chromasens.de

www.chromasens.de

# Höhere Qualität bei höherer Leistung

Automatisierte Messlösung reduziert Stillstandzeiten um bis zu 80 Prozent

**Scheuermann + Heilig, ein Hersteller von Stanz- sowie Stanz-Biegeteilen und Baugruppen aus Metall und Kunststoff, hat mit einer durchdachten Automationslösung und entsprechender Messtechnik seinen Messdurchsatz sowie die Qualität deutlich erhöht.**

Das Familienunternehmen Scheuermann + Heilig hat sich auf die Entwicklung und Serienfertigung von Stanz- und Stanz-Biegeteilen, technischen Federn sowie kompletten Hybrid-Baugruppen spezialisiert. Mit seinen Produkten versorgt das Unternehmen große Kunden aus den Bereichen Medizintechnik, Automotive, Elektrotechnik, Smart Solutions sowie Umwelt- und Gebäudetechnik.

Um mit den wachsenden Ansprüchen an eigene Produkte sowie den steigenden Anforderungen der Kunden Schritt zu hal-

ten, entschied sich der Hersteller in seine Messtechnik zu investieren und damit seine Qualitätsprüfung auf ein höheres Niveau zu heben. Obendrein war es das Ziel der Geschäftsführung, den Messdurchsatz ohne zusätzlichen Personalaufwand zu steigern.

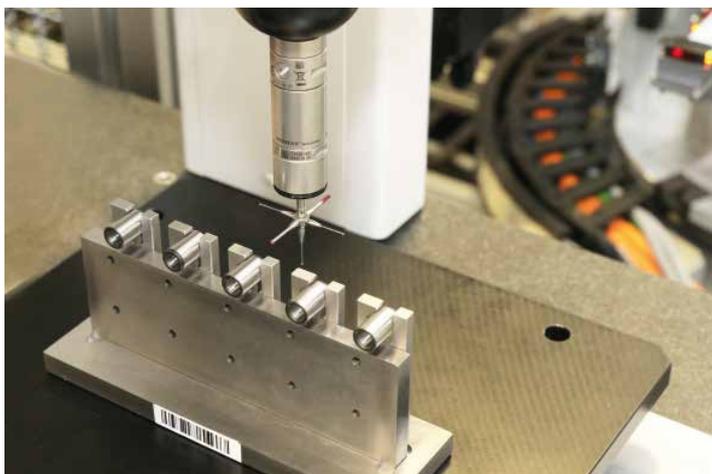
Bereits seit Jahrzehnten vertrauen die Metall- und Kunststoffexperten aufgrund ihrer Qualität, Präzision und Langlebigkeit auf die Messgeräte des japanischen Längenmesstechnikherstellers Mitutoyo. Neben unzähligen Handmessmitteln, wie Messschiebern, Bügelmessschrauben, Messuhren und

Innenmessgeräten, kommen bei Scheuermann + Heilig auch große Messgeräte des japanischen Herstellers zum Einsatz. Darunter beispielsweise eine Reihe von Profilprojektoren sowie zwei Koordinatenmessgeräte vom Typ Crysta-Apex S 574 und 776.

## CNC-Koordinatenmessgerät als Custom-Lösung

Aufgrund der guten Erfahrungen war die Entscheidung für eine Messlösung von Mitutoyo klar. Der Auftrag ging damit an die Mitutoyo-Tochterfirma Komeg aus Völklingen





© Mitutoyo

Jede Messung erfolgt mithilfe einer individuell für jedes Werkstück angefertigten Spannvorrichtung.

im Saarland, die sich unter anderem auf das Ausarbeiten, Planen und Installieren kundenspezifischer Messlösungen spezialisiert hat. Das Mitutoyo-CNC-Koordinatenmessgerät vom Modell Crysta-Apex S 574 mit einem Messbereich von (X x Y x Z) 500 x 700 x 400 mm und schaltendem Messkopf hatte sich für die zu prüfenden Bauteile bereits als ideal erwiesen. Durch die integrierte thermische Fehlerkompensation von 16 bis 26 °, die Vibrationsdämpfung und die hohe Verfahrensgeschwindigkeit eignet sich das Messgerät Crysta-Apex S für den Einsatz in Produktionsumgebungen. Die Messunsicherheit von  $1,7+3L/1.000 \mu\text{m}$  (18-22 Grad) ermöglicht dabei präzise Ergebnisse.

Konsequenterweise sah das Konzept von Komeg auch zwei „574“ mit jeweils zwei Taster-Wechselracks als Herzstück vor. Die beiden Crysta werden wechselweise von einem Roboter beladen. Zudem umfasst die Custom-Lösung ein Regalsystem, in dem bis zu 50 Paletten mit Spannvorrichtungen samt Werkstück bis zu ihrer Überprüfung Platz finden. Dabei werden Werkstücke unterschiedlicher Art und Abmaße in der Messzelle geprüft. „Die Größe reicht von circa 5 mm bis hin zur Größe einer Getränkedose“, erklärt Patrick-Peter Gauer, Projektleiter von Komeg. „Gegenüber der manuellen Beladung der Koordinatenmessgeräte spart die Automationslösung viel Zeit und Mühe. Allein die Stillstandzeiten der KMG haben sich um bis zu 80 Prozent reduziert“, erläutert Gauer.

#### Vermessung von Stichproben

Von jeder Produktionsmaschine im Betrieb werden in produktspezifisch definierten Intervallen Stichproben gezogen und zum Vermessen gebracht. Der Werker positioniert das Probeexemplar mit einer eigens für das jeweilige Werkstück angefertigten Spannvorrichtung auf einer Palette. Sowohl Spannvorrichtung als auch Palette sind mit einem Barcode versehen. Durch Scannen der Barcodes lassen sich Palette und Spannvorrichtung miteinander „verheiraten“ und nötigenfalls nach dem Messvorgang auch

wieder trennen. Nach Anmeldung im Zentralrechner des Systems per personalisiertem Datenchip oder Passwort scannt der Werker den auf der Auftragskarte aufgedruckten Barcode, setzt die Palette in die E/A-Station der Zelle und meldet den Auftrag durch Scannen des Paletten-Barcodes am System an. Der Roboter transportiert die Palette auf einem der 50 Regalplätze in der Zelle und beschickt die beiden Koordinatenmessgeräte



### Die Messunsicherheit von $1,7+3L/1.000 \mu\text{m}$ (18-22 Grad) steht für präzise Ergebnisse.«

wechselweise mit den Aufträgen, die in der Abfolge noch weiter oben stehen. Eine für Komeg eigens auf diese Messlösung angepasste Software eines Drittanbieters steuert sämtliche Messvorgänge. Neue Aufträge reißt das Programm am Ende der Schleife ein. Auf einem großen, weithin sichtbaren Bildschirm lässt sich die Messreihenfolge anhand des Namens des Werkers sowie der Chargen- und Teilenummer ablesen. Die Darstellungsfarbe auf dem Bildschirm zeigt an, welcher Auftrag fertig bearbeitet ist (grün), welcher sich in Arbeit (gelb) befindet und welche Aufträge noch in der Warteschleife stehen (weiß).

#### Die Nacht zum Tag gemacht

Die Software ermöglicht zudem das Festlegen von Regeln. So können beispielsweise bestimmte Werkstücke generell bevorzugt bearbeitet oder Aufträge von bestimmten Maschinen beziehungsweise Mitarbeitern in der Schleife standardmäßig nach oben geschoben werden. Außerdem kann der

Werker – je nach Berechtigung – einen neu eingegebenen Auftrag in der Warteschleife auch manuell nach oben schieben, falls eine rasche Messung nötig ist.

Das Einlesen des Barcodes auf der Spannvorrichtung weist dem Auftrag das zugehörige Teileprogramm für das Koordinatenmessgerät zu. Es wird automatisch ausgeführt, nachdem der Roboter die Palette auf die an der Granitplatte des KMG montierte Palettenaufnahme geladen hat. Nach absolvierter Messung hat der Werker die Wahl, sich das Werkstück an der E/A-Station ausgeben zu lassen oder die Messung zu wiederholen. Zudem besteht die Möglichkeit, ein Messprotokoll zu drucken sowie die Daten im CAQ-System zu speichern und auszuwerten.

Doch die Custom-Lösung von Komeg beschleunigt und vereinfacht die Qualitätsprüfung von Scheuermann + Heilig nicht nur drastisch, sie bietet noch weitere Vorteile. Die Messanlage kann auch über Nacht laufen und damit über den Tag aufgelaufene Messaufträge abarbeiten. Die beiden Crysta-Apex S absolvieren ihre geplanten Einmesszyklen ohne weiteres Zutun eines Werkers. ■

**AUTOR**  
Thomas Mendle  
Pressesprecher

**KONTAKT**  
Mitutoyo Deutschland GmbH,  
Neuss  
Tel.: +49 2137 102 0  
www.mitutoyo.de

# Mit Laserlicht gegen Straßenlärm

Reifenakustik auf dem Prüfstand

Reifen sind das Bindeglied zwischen Fahrzeug und Straße. Für optimale Sicherheit und Komfort ist es wichtig, ihr Schwingungsverhalten zu kennen und zu optimieren. Zunehmend an Bedeutung gewinnt heute in diesem Zusammenhang die Optimierung der Reifenakustik. Das Reifen-Fahrbahn-Geräusch ist im niedrigen Geschwindigkeitsbereich mittlerweile eine der Hauptkomponenten des Außengeräusches von Kraftfahrzeugen, da nicht nur die Antriebe von Elektrofahrzeugen, sondern auch moderne Verbrennungsmotoren immer leiser arbeiten. Eine EU-Verordnung regelt deshalb den maximalen Geräuschpegel für Reifen: Der tatsächliche Wert wird ebenso wie die Effizienzklasse auf dem Reifenlabel angegeben. Da sich die dynamischen Eigenschaften eines rotierenden Reifens nur mit einer optischen Schwingungsanalyse zuverlässig ermitteln lassen, sind 3D-Scanning-Vibrometer bei der Entwicklung akustisch optimierter Reifenmodelle ein unverzichtbares Testinstrument.

**H**ohe Effizienz und möglichst leiser Lauf sind bei Reifen zunächst einmal widersprüchliche Optimierungsparameter: Ein weicher Reifen ist leise, hat aber einen hohen Rollwiderstand und ist damit nicht effizient. Ein harter Reifen bietet gute Leichtlaufeigenschaften, ist aber auch deutlich lauter. Um Energie zu sparen, sind z. B. Elektroautos daher heute eher mit härteren Reifen unterwegs. Den Reifenherstellern und den OEMs macht die prinzipielle Widersprüchlichkeit der Parameter die Entwicklung neuer Reifenmodelle nicht einfach. Es ist keineswegs trivial, leise und gleichzeitig effiziente Reifen zu entwickeln.





©Polytec

Da das Scanning-Vibrometer Schwinggeschwindigkeiten von 30 m/s verarbeitet, kann erstmals das Schwingverhalten der gesamten Reifenlauffläche bei Geschwindigkeiten bis 120 km gemessen werden.



©Continental

Der Reifen muss unter Betriebsbedingungen auf dem Rollenprüfstand getestet werden.

### Erfassen dreidimensionaler Schwingungen

Bei der Optimierung der Reifenakustik unterstützen Simulationen die Entwickler: Sie ermöglichen es, wichtige Produkteigenschaften präzise zu gestalten und vorherzusagen. Sie können allerdings nicht alle Parameter gleichzeitig berücksichtigen und sind sehr komplex, weil Reifen aus einer Vielzahl unterschiedlicher Materialien bestehen und ihr Schwingverhalten frequenzabhängig und nichtlinear ist. Die Simulationsmodelle müssen deshalb anhand gemessener Werte überprüft werden, um sie zu verifizieren und weiter zu verbessern. Die Analyse eines Prototyps ist also unverzichtbar und der Prüfstein in der Entwicklung jedes neuen Reifenmodells. Der Reifen muss unter Betriebsbedingungen auf dem Rollenprüfstand getestet werden.

Dazu ist ein System erforderlich, das dreidimensionale Schwingungen erfassen kann, denn beim Abrollen des Reifens auf der Fahrbahn wird der Reifen durch die Rauigkeit seines Laufflächenprofils zu radialen und tangentialen Schwingungen angeregt. Dabei wird der Schall vorwiegend auf der Lauffläche in unmittelbarer Nähe der Auflagefläche abgestrahlt. Zwischen Reifen und Straßenober-

fläche entsteht ein Schalltrichter (Horneffekt). Hier liegt die hauptsächliche Geräuschquelle. Für Messungen in diesem Bereich des drehenden Reifens ist jedoch die klassische Modalanalyse mit geklebten Sensoren nicht praktikabel. Entsprechende Schwingungsaufnehmer lassen sich nur an der Seitenwand des Reifens oder in seinem Inneren befestigen, nicht aber an der Lauffläche. Auch akustische Messungen mit Mikrofonen liefern nur Ergebnisse über die Abstrahlung, aber sie lassen keine Rückschlüsse darauf zu, wo und durch welche dynamischen Vorgänge der Schall entsteht.

### Die 3D-Laser-Doppler-Vibrometer

Für den Reifenprüfstand gibt es daher keine ernst zu nehmende Alternative zu 3D-Laserservibrometern. Sie arbeiten berührungslos und mithilfe der Lasermesstechnik können sie die Schwingungen bei unterschiedlichen Geschwindigkeiten des Reifens mit hoher Auflösung an vielen Messpunkten präzise erfassen. Die gewonnenen Daten werden dann mit der Simulation verglichen und das Modell kann entsprechend angepasst werden. Ohne die Messungen würde die Entwicklung zum Trial-and-Error-Verfahren. Da der Bau jedes Prototyps eine neue Werkzeugform erfordert, sind eingesparte Entwicklungsschritte wirtschaftlich sehr wichtig.

Das optische Messverfahren, das die Analyse der Reifenschwingen ermöglicht, basiert auf der Laser-Doppler-Vibrometrie. Bei dieser werden aus dem von einer schwingenden Struktur zurückgestreuten Laserlicht die Schwingfrequenz und die -amplitude bestimmt. Bei einem Scanning-Vibrometer ist das Laser-Doppler-Vibrometer nun mit einer Scanner-Spiegel-Einheit und einer Videokamera in einem Messkopf integriert. Während der Messung scannt der Laserstrahl die Lauffläche des Reifens und liefert so eine räumlich hoch aufgelöste Reihe von Einzelpunktmessungen. Diese sequenziell gemessenen Schwingungsdaten werden zu

einem gemeinsamen flächenhaften Datenmodell zusammengesetzt und lassen sich dann entsprechend auswerten.

Dabei definiert die optische Empfindlichkeit die Leistungsfähigkeit eines Scanning-Vibrometers. Sie bestimmt, auf welchen Oberflächen gemessen werden kann, und ist verantwortlich für den Signal-Rauschpegel, den Messabstand und damit auch für die Größe der scanbaren Fläche. Das beim Reifenprüfstand eingesetzte 3D-Scanning-vibrometer PSV-500-3D Xtra kann hier in besonderer Weise punkten: Die Grundlage für seine hohe optische Empfindlichkeit liefert ein leistungsstarker, dabei aber nach wie vor augensicherer Infrarotlaser (Lasersicherheit Klasse 2). Durch seinen Einsatz erhöht sich die Menge des von der Oberfläche reflektierten Lichts, das dadurch sehr störsicher gegen Signalrauschen ist. Das Signal-Rausch-Verhältnis verbessert sich im Vergleich zu anderen Scanning-Vibrometern um das Achtfache. Resonanzfrequenzen werden im Spektrum sehr deutlich sichtbar und modale Parameter sicher bestimmbar.

Das Resultat ist eine präzise Datenanalyse und FE-Modellvalidierung der Reifen. Hinzu kommt, dass durch das bessere Signal-Rauschverhältnis die Anzahl der notwendigen Mittelungen deutlich sinkt. Da das Scanning-Vibrometer Schwinggeschwindigkeiten von 30 m/s verarbeitet, kann erstmals das Schwingverhalten der gesamten Reifenlauffläche bei Geschwindigkeiten bis 120 km/h gemessen werden. ■

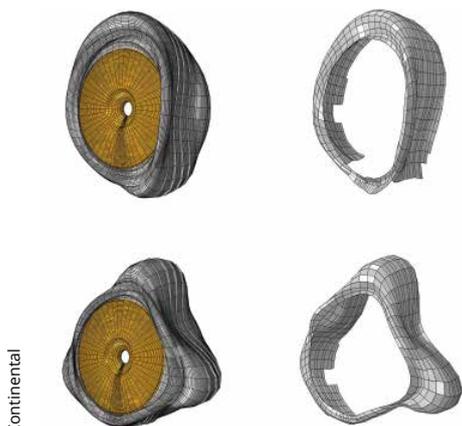
### AUTOREN

Dipl.-Ing. Jörg Sauer  
Strategisches Produktmarketing Polytec

Ellen-Christine Reiff  
Redaktionsbüro Stutensee

### KONTAKT

Polytec GmbH, Waldbronn  
Tel.: +49 7243 60 40  
info@polytec.de  
www.polytec.com

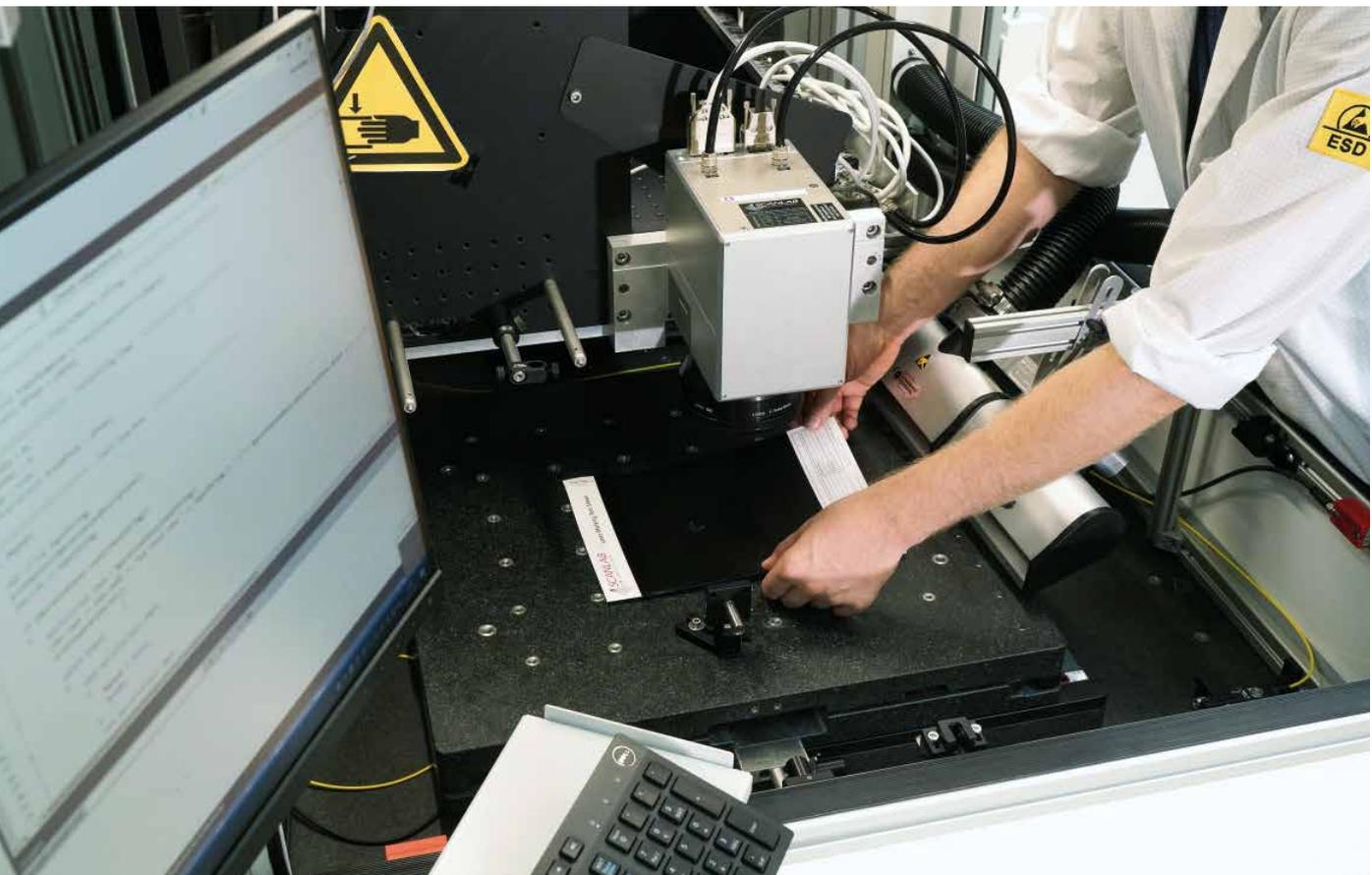


©Continental

Simulation und Messergebnisse eines Reifens

# Intelligente Lasersteuerung in der Mikrobearbeitung

Mehr Präzision bei nahezu unbegrenzter Bearbeitungsfläche



© Scanlab

**Der Beitrag beschreibt eine flexible Lösung zur Steigerung des Durchsatzes für die Bearbeitung großer Werkstücke dank intelligenter Lasersteuerung. Viele Anwendungen im Bereich der Mikrobearbeitung benötigen eine hohe Präzision bei gleichzeitig großer Bearbeitungsfläche. Ein Scan-System mit hoher Genauigkeit erfordert klassischerweise den Einsatz kurzer Brennweiten, die wiederum zu einem kleinen Bildfeld führen.**

Um diesen kontroversen Anforderungen entgegenzuwirken, hat Scanlab gemeinsam mit ACS Motion Control das Scan-Konzept XL Scan zur synchronen Steuerung von Scan-Köpfen und XY-Tischen für schnelle und hochpräzise Bewegungen entwickelt. Die Bearbeitungsfläche wird dabei allein von dem Verfahrensweg der mechanischen Achsen begrenzt und kann somit nahezu beliebig erweitert werden. Die Bearbeitung durch synchrone Bewegung von Scan-Kopf und XY-Tisch steigert nachweislich der Durchsatz.

## Neuartige Regelung ermöglicht höhere Präzision

Bei konventionellen Systemen mit simultaner Steuerung von Scankopf und XY-Tisch

werden die Positionsabweichungen des Tisches durch den im Vergleich dynamischeren Scan-Kopf in Echtzeit ausgeglichen. Durch die Massenträgheit und den Aufbau der Regelkreise in den jeweiligen Systemen kommt es allerdings zu einem sogenannten Schleppverzug. Das bedeutet, dass die Ist-Position zur Soll-Position zeitlich verschoben ist. Die gewünschte Position wird also erst nach einer gewissen Zeit erreicht und das System muss sich zunächst einschwingen. Dadurch ergibt sich, physikalisch bedingt, eine geringere Präzision, da auf Abweichungen nur verzögert reagiert werden kann. In der Praxis wird versucht, das Verhalten des trägeren XY-Tisches durch Schätzwerte zeitlich zu extrapolieren. Dieses Verfahren funktioniert allerdings nur bei geringen Ge-

## Mithilfe der Spot Distance Control (SDC) erhält der Anwender einen konstanten und steuerbaren Laserpulsabstand auf dem Werkstück.«



Abb. 1: Bearbeitungsverlauf ohne Trajektorienplanung



Abb. 2: Konstanter Laserpulsabstand dank SDC (Scan Distance Control) und Trajektorienplanung

schwindigkeiten und nicht-ruckartigen Bewegungen zuverlässig. Insbesondere bei Ecken kann es bei dieser Herangehensweise zu erheblichen Positionsabweichungen kommen.

Beim XL Scan kommt ein Steuerungskonzept zum Einsatz, das gemeinsam von Scanlab und ACS Motion entwickelt wurde. Scanlab und ACS Motion werden durch intelligente Filter über die Syncaxis-Control-Software so gesteuert, dass die physikalischen Grenzen der jeweiligen Systeme von Anfang an in der integrierten Trajektorienplanung berücksichtigt werden. Dank dieser kann die Position beider Systeme mikrometeregenau und schnell ( $10 \mu\text{s}$ ) aufeinander abgestimmt werden. Dadurch ist der XL Scan, auch bei hohen Geschwindigkeiten, sehr präzise. Vibrationen des Gesamtsystems werden unterdrückt, somit ist die Genauigkeit des XL Scan nur durch die Präzision der Einzelsysteme begrenzt.

### Erweiterte Laser-Steuerung

Zusätzlich zur erhöhten Genauigkeit der synchronen Steuerung ermöglicht die Trajektorienplanung der Software eine genauere Kontrolle und Justierung moderner Ultrakurz-

puls-Laser (UKP). Die genaue Ausführung von Bearbeitungsmustern ist in hohem Maß vom Anwender konfigurierbar. Der Bediener kann zum Beispiel über Trajektorien-Parameter den Pulsabstand, die Fluenz des einzelnen Laserspots und die tolerierbare Abrundung von Ecken im Bearbeitungsbild bestimmen. Mithilfe der Spot Distance Control (SDC) erhält der Anwender einen konstanten und steuerbaren Laserpulsabstand auf dem Werkstück. Bei herkömmlichen Systemen zur Pulssteuerung wird die Position durch Schätzungen extrapoliert, eine physikalisch begrenzte Auflösung ist die Folge. Die Trajektorienplanung hingegen bietet hier Vorteile: Durch den entfallenden Schleppverzögerung können Laserpulse präzise entlang des Scan-Pfades platziert werden, um den gewünschten Pulsabstand einzuhalten. Die Genauigkeit liegt bei einer Auflösung von 64 MHz. Das bedeutet für Laser mit einer Frequenz zwischen 200 und 800 kHz eine maximale Abweichung des Pulsabstandes von 2,5 % bei optimalen Systembedingungen. In Abbildung 1 erkennen Sie den Bearbeitungsverlauf mit einem konventionellen System, in Abbildung 2 sehen Sie im Unterschied dazu eine Bearbeitung mit SDC unterstützt von der Trajektorienplanung.

### Exakte Kanten und gleichmäßige Bearbeitung

Gerade bei Schneidanwendungen ist ein konstanter Pulsabstand essenziell für das Bearbeitungsergebnis und die Schnittkante. Bei vielen Laser-Systemen mit Pulssteuerung kann nur der Abstand zwischen zwei Pulsen, bezogen auf deren Mittelpunkt, definiert und gesteuert werden. Für den XL Scan wurde eine speziell auf Präzision ausgelegte Pulssteuerung entwickelt. Dabei kann nicht nur der Pulsabstand auf die Mittellinie der Laserspur ausgerichtet werden, sondern auch auf die Innen- oder Außenkontur bezogen. So können werkstückseitig ein gleichmäßiger Energieeintrag gewährleistet und die Werkstückkante präzise bearbeitet werden. In Abbildung 3 wird diese Funktion veranschaulicht und der konstante Pulsabstand entlang der Werkstückkante (blaue Linie) dargestellt. Bei empfindlichen Werkstoffen, wie Folien,

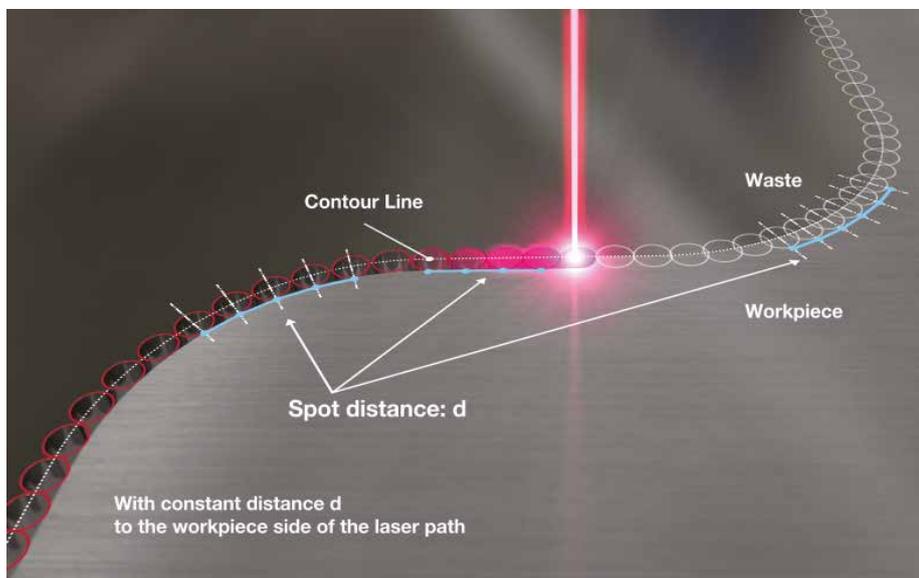


Abb. 3: Die SDC führt zu äquidistanten Laserpulsen entlang der Werkstückkante.

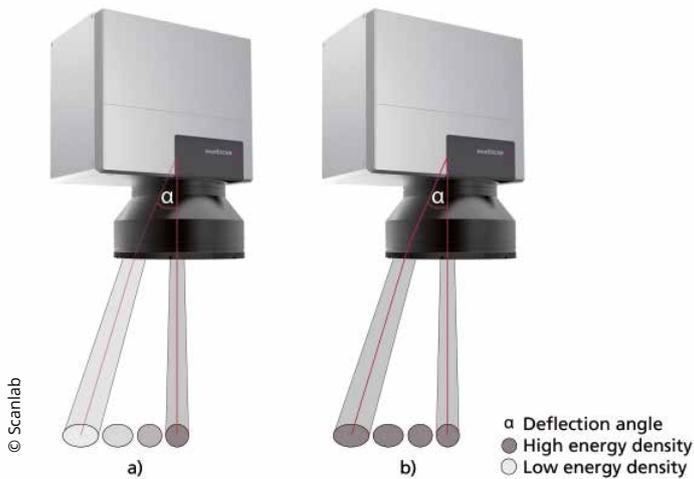


Abb. 4: Zusammenhang zwischen Ablenkwinkel und Spotgröße

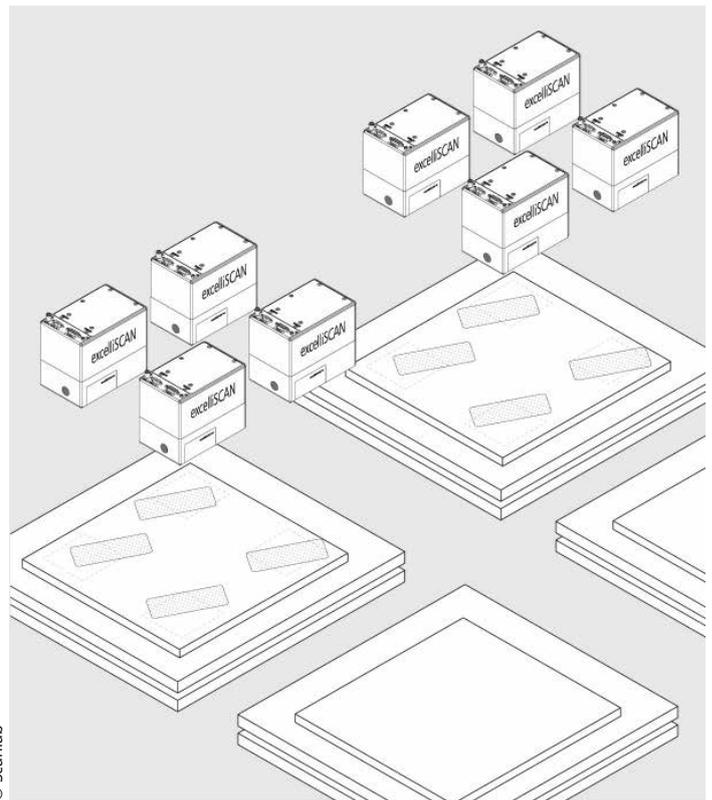


Abb. 5: Frei konfigurierbare XL Scan Mehrkopfanlage

können auf diese Weise Einbrände und Inhomogenitäten vermieden werden.

Die Spotgröße des Lasers auf dem Werkstück hängt vom Ablenkwinkel des Laserstrahls durch den Scan-Kopf ab, wenngleich telezentrische Objektive diesen Effekt verringern. Über die Trajektorienplanung können nun Laserparameter abhängig vom Ablenkwinkel gesteuert werden. Damit kann zum Beispiel die Energiedichte des Spots konstant gehalten werden, obwohl die Spotgröße auf dem Laserpfad variiert (vgl. Abb. 4). Diese Funktion ist beispielsweise bei der gleichmäßigen Bearbeitung von dünnen Schichten und Materialien hilfreich.

### Durchsatzoptimierung und Parallelisierung

Die vorausschauende Trajektorienplanung sorgt nicht nur für eine präzise und schleppverzugsfreie Bearbeitung, sondern nutzt die maximale Dynamik des Systems – kombiniert mit den vom Nutzer spezifizierten Toleranzgrenzen. Auch Nebenzeiten werden hierbei minimiert. Konventionelle Systeme sehen beim Skywriting Beschleunigungsstrecken bei ausgeschaltetem Laser vor, um eine konstante Geschwindigkeit während der Bearbeitung zu gewährleisten. Beim XL Scan hingegen wird die Nutzung von Skywriting, unter Berücksichtigung der Systemgrenzen und der eingestellten Toleranzen, reduziert. So kann bei komplexen Laserpfaden der ef-

fektive Durchsatz gesteigert werden, indem unnötige Beschleunigungszeiten vermieden werden. Die Parallelisierung von Bearbeitungsschritten steigert den effektiven Durchsatz und spart Kosten. Mit einer einzigen XL-Scan-Steuerung können derzeit bis zu vier Scan-Köpfe gleichzeitig verwendet werden. Eine Erweiterung um zusätzliche Scan-Köpfe ist geplant.

Die Anordnung der Scanner lässt sich dabei konfigurieren. Neben der Positionierung, wie in Abbildung 5 gezeigt, ist auch eine Montage von vier Scanköpfen nebeneinander an einer Brücke denkbar. Die Scanköpfe werden dabei exakt miteinander synchronisiert und die Präzision des Gesamtsystems bleibt unberührt. Mit einem solchen Aufbau können mehrere Werkstücke parallel bearbeitet werden. Dabei bietet das Scansystem dem Nutzer die Freiheit, die Lage der Werkstücke für jeden Scankopf individuell einzustellen. So ist es beispielsweise auch möglich, die Lage der Werkstücke automatisiert (etwa über Bilderkennung) zu erfassen und zu hinterlegen. Mit weiteren mechanischen Achsen kann auch der Abstand zwischen den Scanköpfen variiert werden.

Systemkonfigurationen mit mehreren Scanköpfen sind interessant für die Bearbeitung von großformatigen Materialien, wie beispielsweise bei der Fertigung von Touchdisplays. Hier vollzieht sich gerade ein Technologiewandel von Flüssigkeitskris-

tallanzeigen (LCD) auf organische Leuchtdioden (OLED), der neue Anforderungen für Fertigungsverfahren mit sich zieht. Das Laserschneiden bringt hier diverse Vorteile. Einerseits können Schneidekanten mit hoher Genauigkeit erstellt werden, andererseits stellt der XL Scan eine Lösung für die Bearbeitung mit hohem Durchsatz bei gleichzeitig flexibler Produktgröße dar. ■

**AUTOREN**  
Susanne Abl,  
Projektleitung

**Dr. John Flemmer,**  
Entwicklung Regelungstechnik

**KONTAKT**  
Scanlab GmbH, Puchheim  
Tel.: +49 89 800 74 60  
info@scanlab.de  
www.scanlab.de

# Produkte

© Micro-Epsilon



## Hochauflösender Laser-Profil-Scanner

Micro-Epsilon hat die Laser-Profil-Scanner der Reihe Scancontrol 3060-25/BL vorgestellt. Mit der Blue-Laser-Technologie erreichen die Sensoren eine hohe Genauigkeit.

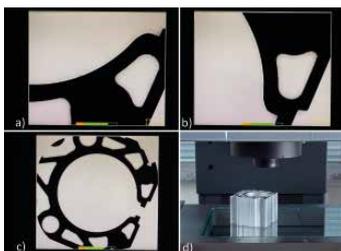
Zudem liefern sie über den High-Dynamic-Range-Modus auch auf anspruchsvollen Oberflächen exakte Ergebnisse. Die Laser-Scanner der Reihe sind für dynamische Messaufgaben konzipiert, die hohe Anforderungen an Auflösung und Genauigkeit stellen. Daher werden sie vorwiegend in der Automatisierung, der Fertigungs- und Prozessüberwachung und der Qualitätskontrolle eingesetzt. Sie generieren 2.048 Messpunkte pro Profil, was einer X-Auflösung von rund 12 µm entspricht. Die Laserscanner sind zudem mit einer Profillfrequenz von bis 10 kHz auf schnelle Prozesse ausgelegt. Der wählbare High-Dynamic-Range-Modus, kurz HDR-Modus, bietet eine Belichtungsregelung. Die Zeilen der Sensormatrix werden in diesem Modus zeitgleich unterschiedlich belichtet. Die Intensitätsverläufe sind somit pro Matrixzeile verschieden. Der Sensor wählt schließlich den optimaleren Verlauf und generiert dadurch auch auf dunklen bzw. inhomogenen Oberflächen exakte Messergebnisse. Die Ausgabe der ermittelten Werte erfolgt über Ethernet- oder RS422-Schnittstelle. Über das optionale Gateway können die Messwerte in Profinet, Ethercat oder Ethernet/IP ausgegeben werden.

[www.micro-epsilon.de](http://www.micro-epsilon.de)

## Hohe Genauigkeit für schnelles Messen während der Bewegung

Das für Werth Messtechnik patentierte Rasterscanning HD ermöglicht die schnelle Erfassung eines großflächigen Gesamtbildes bei gleichzeitig hoher Genauigkeit.

© Werth



Der Bildverarbeitungssensor nimmt ohne Genauigkeitsverlust während der Bewegung mit hoher Frequenz Bilder des Werkstücks auf. Alle während der Messung aufgenommenen Einzelbilder der Kamera werden durch Resampling zu einem Gesamtbild überlagert. Hierbei erstellt die Messsoftware WinWerth zunächst ein Pixelraster in der Größe des späteren Gesamtbildes. Die Grauwerte für die Einzelpixel werden aus den benachbarten Pixelamplituden aller überlappenden Bilder berechnet. Es entsteht ein hoch aufgelöstes Gesamtbild in der Größe des gewählten Messbereichs mit bis zu 4.000 Megapixeln (4 Gigapixeln). Zusätzlich zu Software-Korrekturen der Gerätegeometrie und der Optik werden Positionierungsunsicherheiten durch die Überlagerung der an unterschiedlichen Positionen erfassten Bilder verringert.

Einerseits erreicht Rasterscanning HD eine hohe Genauigkeit durch die Messung mit hoher Vergrößerung und die Mittelung über mehrere Bilder, die das Signal-Rausch-Verhältnis verbessert. Andererseits ermöglicht die kontinuierliche Bewegung des Sensors eine hohe Messgeschwindigkeit.

[www.werth.de](http://www.werth.de)

[www.inspect-online.com](http://www.inspect-online.com)

© Physik Instrumente



## Photonische Bauelemente an Faserarrays ankoppeln

Zum präzisen Ausrichten von Faser-Arrays und Bauelementen sowohl in der Siliziumphotonik als auch für photonisch integrierte Schaltungen (PIC) stellt Physik Instrumente (PI) das Ausrichtsystem F-712.HU1 vor. Das System kombiniert den H-811-Hexapoden für große Stellwege mit dem schnell agierenden P-616-Nanocube-Nanopositionierer für Genauigkeiten im einstelligen Nanometerbereich. Gemeinsam bieten die beiden Subsysteme neun Freiheitsgrade in der Bewegung und ermöglichen die Ankopplung von Fasern und Faser-Arrays an PICs und Siliziumphotonik-Bauelemente. Die hohe Dynamik und verschleißfreie Arbeitsweise des Nanocubes erlaubt zudem kontinuierliches Tracking zum dynamischen Ausgleich von Drifteffekten während der Ankopplung oder während der Aushärtung des Klebers. Das inhärente parallelkinematische Design des Hexapoden sorgt für eine hohe Systemsteifigkeit bei Bewegungen in allen sechs Freiheitsgraden. Die bürstenlosen Gleichstrommotoren in den Beinen des Hexapoden ermöglichen Stellwege von ± 17 mm beziehungsweise Verkippungen um ± 21 °. Der Pivotpunkt ist softwaregesteuert frei im Raum wählbar, sodass Rotationen um eine optische Achse, einen Fokuspunkt, eine Strahltaile oder eine andere gewünschte Position möglich sind.

Der ebenfalls parallelkinematisch aufgebaute P-616-Nanocube bietet Stellwege von 100 µm in X-, Y- und Z-Richtung mit einer bidirektionalen Wiederholgenauigkeit von unter 15 nm. Festkörperführungen und vollkeramisch isolierte PICMA-Aktoren stehen für eine lange Lebensdauer.

[www.pi.de](http://www.pi.de)

## Wärmebildkamera für den mittleren Infrarotbereich

Mit der ImageIR 9500 präsentiert Infratec eine High-End-Wärmebildkamera für den mittelwelligen Infrarotbereich. Das besondere Merkmal des Geräts ist ihr gekühlter FPA-Photonendetektor. Dieser basiert auf Quecksilber-Cadmium-Tellurid (MCT) und verfügt mit 1.280 × 720-IR-Pixeln über ein 16:9 HD-Format. Aufgrund des hohen nativen geometrischen Auflösungsvermögens lassen sich kleine Strukturen auf großflächigen Objekten detailliert erkennen. Die Kombination mit einem Mikroskopobjektiv ermöglicht das Abbilden von Strukturen mit einer Größe von 1,5 µm.

© Infratec



Anwender sparen so Zeit, weil sie die Anzahl von Einzelaufnahmen senken und gleichzeitig geometrisch bedingte Messfehler vermeiden. Mit der Micro-Scan-Funktion lässt sich die geometrische Auflösung zusätzlich auf 3,7 Megapixel im Vollbild erhöhen.

[www.InfraTec.de](http://www.InfraTec.de)

## Thermografische Qualitätsprüfung von Spritzgussteilen

Vision & Control hat ein thermografisches Prüfsystem für große Kunststoffteile aus der Spritzgussfertigung entwickelt. Als Wärmebildkamera kommt im ThermoInspection genannten System entweder die FLIR A35 (IR-Auflösung 320 × 256 Pixel) oder die FLIR A65 (IR-Auflösung 640 × 512 Pixel) zum Einsatz. Die Bildverarbeitung übernimmt das Mehrkamerasytem vicosys 5400. Neben 16 Kameraeingängen bietet es vier Power-over-Ethernet-Schnittstellen.

[www.vision-control.com](http://www.vision-control.com)



© Vision &amp; Control



## WORLD OF VISION – STARTUPS

Auf einen Blick:

### Workaround GmbH (ProGlove)

**1** Start-up bringt smarten IIoT-Handschuh auf den Markt: schnelleres, ergonomischeres und qualitativ besseres Arbeiten in Produktion, Logistik und Handel.

**2** Der Faktor Mensch ist ein zwingender, nicht verhandelbarer Bestandteil der Digitalisierung.

**3** Deutsche Ingenieurskunst trifft auf menschenzentriertes Design.

# Digitale Kleidung

Der menschliche Faktor bei der Digitalisierung ist ein Muss, kein Vielleicht

Bei dezentralen Ansätzen werden Daten an den Benutzer weitergegeben und stationäre Schnittstellen ersetzt. Dementsprechend wird es eine Zunahme von intelligenten Wearables geben, darunter intelligente Handschuhe, Arm-Displays, Kopfdisplays und andere noch nicht entwickelte Geräte. Ein noch junges Unternehmen stellt sich dieser Herausforderung und bietet Lösungen.

Das Unternehmen Proglove entwickelt Industrie-Wearables. Die smarten Lösungen des Münchner Unternehmens kommen bei namhaften Kunden in der Fertigung, Produktion aber auch in der Logistik und im Handel zum Einsatz. Proglove wurde im Dezember 2014 gegründet, nachdem man die Intel-Challenge „Make it Wearable“ im Silicon Valley gewonnen hatte. Ein Produktbeispiel sind tragbare Barcode-Scanning-Lösungen. Damit kann sich der Nutzer vom „Handheld“ zum intelligenten, tragbaren Barcodescan-

ner verwandeln. Die Lösungen verbinden den Industriearbeiter mit dem IIoT und bieten Management-Tools, um die benötigten Daten dort bereitzustellen, wo sie vor Ort benötigt werden. Dies ermöglicht mehr Effizienz, Flexibilität und Qualität. Nach rasantem Wachstum hat Proglove 2018 mit den Investoren DIVC, Intel Capital, Bayern Kapital und Gettylab seine zweite Finanzierungsrunde erfolgreich abgeschlossen. Das Unternehmen beschäftigt an seinen beiden Standorten München und Chicago 160 Mitarbeiter aus über 40 Ländern.





© Workaround

## Interview mit Thomas Kirchner, Gründer und Vice President Product von Workaround

**inspect:** Was hat Sie dazu bewogen ein Start-up zu gründen?

**T. Kirchner:** Wir haben bei BMW gesehen, dass nahezu alle Arbeiter am Band Handschuhe tragen und sehr viel scannen müssen. Das brachte uns auf die Idee, beides zu verbinden. Wir waren überzeugt, dass wir damit eine Riesensache haben würden, wenn es uns gelingen würde, nur eine Sekunde pro Scan einzusparen zu können. Durch unsere Technologie erreicht BMW heute jedoch eine Zeitersparnis von bis zu vier Sekunden pro Scan. Die Dimension wird deutlich, wenn man weiß, dass bei BMW in einem Werk etwa 1.000 Autos pro Tag gebaut werden und pro Auto 1.000 Mal gescannt wird.

**inspect:** Wann wurde das Unternehmen gegründet und wie setzte sich das Gründungsteam zusammen?

**T. Kirchner:** Die Firma haben wir im Dezember 2014 im Anschluss an die Intel „Make it Wearable Challenge“ gegründet. Das gewonnene Preisgeld war dabei unser Startkapital. Zum Gründerteam gehörten Paul Günther, Jonas Girardet, Alexander Grots und ich. Bis heute zeichnen uns als Unternehmen Rapid Prototyping und ein Design-Thinking-Ansatz aus.

**inspect:** Wie schwierig war es, ein Unternehmen in einem solch speziellen Technologiebereich zu gründen – nicht nur, aber auch, was die Finanzierung angeht?

**T. Kirchner:** Wir haben von Anfang an ein Produkt gehabt, das ein bestehendes Problem überzeugend löst. Dadurch hatten wir unmittelbar eine sehr hohe Nachfrage. Eben das hat auch die initiale Finanzierung und die Gespräche mit den Investoren maßgeblich erleichtert.

**inspect:** Welche Rolle messen Sie der Künstlichen Intelligenz in dem technologischen Umfeld in dem Sie sich bewegen zu?

**T. Kirchner:** Beim Thema Künstliche Intelligenz brauchen wir mehr Sachlichkeit. Ein Zustand der Vollautomatisierung ist auf absehbare Zeit nicht realistisch. Das hat zum Beispiel mit vielschichtigen Prozessen oder kurzen Produktlebenszyklen zu tun. Wir glauben an die Rolle des Menschen. Letztlich sehen wir KI deshalb eher als Chance denn als Risiko.

**inspect:** Wo sehen Sie das Unternehmen in fünf Jahren?

**T. Kirchner:** Wir werden unser Produktportfolio ausbauen und dabei eine führende Rolle in Sachen Wearables und Software einnehmen, die zu smarteren Abläufen führt. (mbu) ■

**KONTAKT**

Workaround GmbH (ProGlove)  
Tel.: +49 89 262 035 00  
sales@proglove.com  
www.proglove.com

### 3-D SCAN-SPRAY

### Perfekte Entspiegelung - Präzise Messergebnisse



Prüfmittel und Prüfanlagen

[www.helling.de](http://www.helling.de)



#### ENTSPIEGELUNGSSPRAY

- Feinkörnig
- Durchschnittliche Korngröße 2,8 µm
- Geringe Schichtdicke
- Schnell trocknend
- Glatte Mattierung
- Leicht zu entfernen



#### CLEANER

- Optimale Vorbereitung der Oberfläche
- Gründliche Reinigung nach dem Scanvorgang

# Schnell. Intuitiv. Präzise.

## Die neue Art der Fehlerdokumentation

Im Rahmen der Qualitätssicherung steht bei der Erkennung und Dokumentation von Fehlern sehr oft noch der Mensch im Mittelpunkt. Vor allem bei der Dokumentation wird dadurch ineffizient gearbeitet. Ein neues System auf Basis eines Kamerasystems und eines Laserpointers der Klasse 1 ermöglicht eine intuitive und präzise Fehlerdokumentation.

In der Qualitätssicherung ist der Mensch Kompetenzträger. In kurzer Zeit ist er in der Lage, Fehler zu erkennen und deren Schwere einzuschätzen. Bei lackierten Bauteilen, Stoßfängern beispielsweise, bewegt er das Bauteil unter Streifenlicht und beobachtet dessen Reflexionen in der Oberfläche. Sogar kleinste Schäden springen durch Verzerrungen in der Spiegelung ins Auge und geben Hinweise auf fehlerhafte Lackierprozesse. Innerhalb kurzer Zeit erkennt der Prüfer Fehlerort, Fehlerart und Fehlerschwere. Im Idealfall dokumentiert er

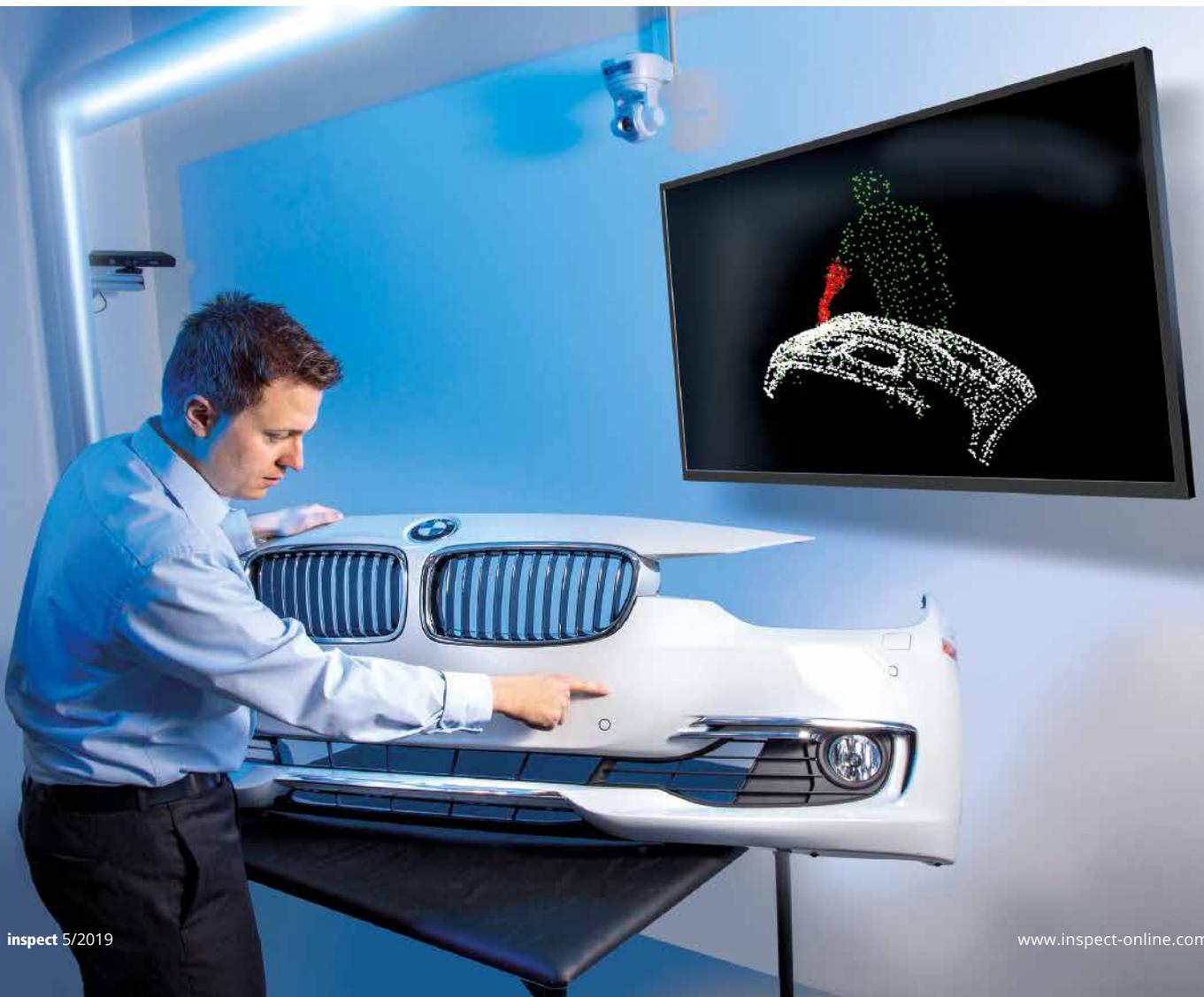
dies alles – sowohl, um den Fehlerort präzise anzugeben und Nachbesserungsarbeiten damit zu beschleunigen, als auch, um den Produktionsbetrieb zu überwachen und Fehlerhäufungen rechtzeitig entgegenwirken zu können. Allerdings läuft die Dokumentation der Fehler oft sehr viel weniger effizient und effektiv ab als ihre Erkennung.

### Die Ausgangssituation: Fehlerdokumentation ist zeitaufwendig

In vielen Betrieben, insbesondere in kleineren, erfolgt die Fehlerdokumentation noch

nicht digital. Nicht selten wird das Bauteil nur mit einem Aufkleber markiert, der es als „n. i. O.“ – „nicht in Ordnung“ kennzeichnet. Die Folge sind Fehlerschlupf, unzureichende Kenntnisse über den eigenen Produktionsprozess sowie zeitintensive Nachbesserungsarbeiten, bei denen die für die Fehlerbehebung erforderlichen Fehlerdetails in einem zweiten Prüfvorgang zunächst gefunden und dokumentiert werden müssen.

Es ist also sinnvoll, Fehler gleich bei der ersten Prüfung umfassend zu dokumentieren. Dies stellt bei kurzen Taktzyklen aber





## Es ist sinnvoll, Fehler gleich bei der ersten Prüfung umfassend zu dokumentieren.«

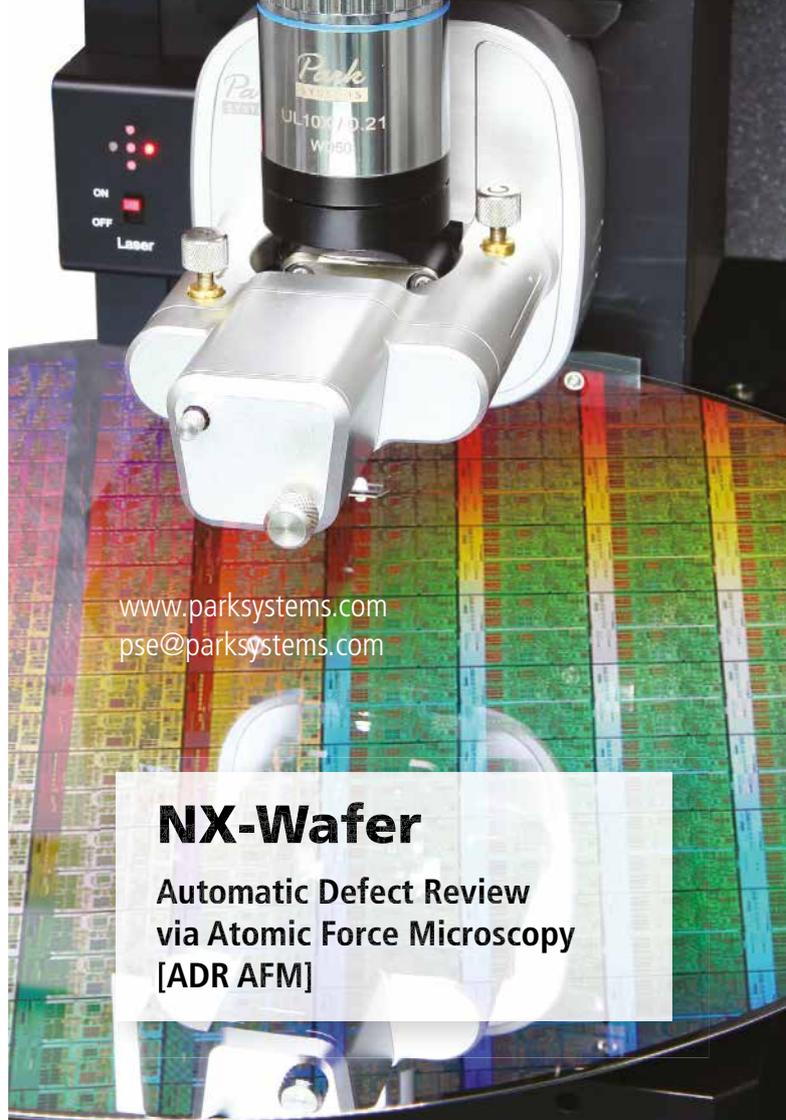
eine enorme Herausforderung dar: Fehler in wenigen Sekunden entdecken, bewerten und vollständig dokumentieren zu müssen, bedeutet Leistungsdruck für den Prüfer und hohe Anforderungen an die Werkzeuge, die ihm zur Erfüllung dieser Aufgabe zur Verfügung stehen. Stand der Technik sind softwarebasierte Dokumentationssysteme, in denen der Prüfer Fehlerorte manuell einträgt und ergänzende Informationen wie Fehlerart und -schwere aus Vorgabelisten auswählt. Dazu nutzt er entweder einen nahe gelegenen PC oder ein Handheld-Gerät, beispielsweise ein Smartphone oder Tablet. In beiden Fällen ergibt sich für den Prüfer zusätzlicher Aufwand nach der eigentlichen Prüfung. Auf dem Weg zum PC-Arbeitsplatz vergisst er womöglich Fehler, gerade wenn es mehrere an einem Bauteil gibt. Dokumentiert er per Handheld-Gerät, ist die Anzeigefläche in der Regel klein und infolgedessen die Fehlerorteingabe unpräzise. Zudem ist die Bedienoberfläche nicht selten umständlich zu handhaben.

### Die Lösung: Fehlerdokumentation direkt auf dem Bauteil

Abhilfe können Methoden schaffen, die die Dokumentation nicht auf konventionellen Geräten wie PCs oder Tablets abbilden, sondern auf den Prüfprozess zugeschnitten konzipiert und realisiert werden. Als erste Option bieten sich Zeigegesten an, mit denen ein Prüfer Fehlerstellen einfach per Fingerzeig markiert. Zeigegesten sind intuitiv, das heißt, die Prüfer müssen praktisch nicht geschult werden, um sie korrekt

einzusetzen, und die Dokumentation kann ohne nennenswerte Belastung direkt während des Prüfungsvorgangs erfolgen. Am Fraunhofer IOSB wurde ein solches System prototypisch entwickelt und in verschiedenen Anwendungsfällen zur Fehlerdokumentation einzelner Bauteile, aber auch ganzer Karossen getestet. Die Funktionsweise ist nachvollziehbar einfach: Über dem Bauteil wird ein Kamerasystem installiert, das in der Lage ist, anhand des CAD-Modells das Bauteil und dessen Lage relativ zum Prüfer in Echtzeit zu erfassen. Gleichzeitig beobachtet es den Prüfer und erkennt, wenn er eine Zeigegeste durchführt. Die von ihm angegedeutete Fehlerposition auf dem Bauteil wird sofort digital in der Dokumentationssoftware gespeichert. Sofern Schnittstellen zur Verfügung stehen, kann hierzu die bisher verwendete Dokumentationssoftware weiter genutzt werden.

So intuitiv die Fehlereingabe durch Zeigegesten ist, hat sie Nachteile, vor allem die fehlende Möglichkeit, Zusatzinformationen wie Art und Schwere des Fehlers zu dokumentieren. Denn die Geste gibt lediglich einen Hinweis auf den Fehlerort. Deshalb bietet es sich an, ergänzende Eingabemodalitäten zu nutzen, beispielsweise Spracherkennung. Der dafür erforderliche Einsatz von Mikrofonen ist im Produktionsbetrieb jedoch eine Herausforderung aufgrund akustischer Störungen durch laute Umgebungsgeräusche. Nahsprechermikrofone direkt vor dem Mund können hier abhelfen, stoßen bei den Prüfern aber möglicherweise auf mangelnde Akzeptanz.



[www.parksystems.com](http://www.parksystems.com)  
[pse@parksystems.com](mailto:pse@parksystems.com)

## NX-Wafer

Automatic Defect Review  
via Atomic Force Microscopy  
[ADR AFM]

### Detecting and Classifying Defects via Atomic Force Microscopy easier than ever!

ADR AFM visualizes defects in three dimensions with nanometer-resolution and therefore qualifies as ideal technique for the semiconductor industry.

[www.parksystems.com/ADR\\_AFM](http://www.parksystems.com/ADR_AFM)

Join us at **SEMICON EUROPA 2019** and learn more!

# SEMICON EUROPA

November 12 - 15, 2019  
Munich / Germany

**Park**  
SYSTEMS

Booth B1-666



Bei QSelect kommt statt der Finger-Zeigegeste ein augensicherer Laserpointer (Klasse 1) zum Einsatz.

© Fraunhofer-Institut für Optronik, Systemtechnik und Bildauswertung IOSB



Vorteile von QSelect gegenüber der Finger-Zeigegeste: Die integrierten Tasten bieten zusätzliche Eingabemöglichkeiten. Ein Thumbstick erlaubt die Navigation durch projizierte Bedienoberflächen auf dem Bauteil.



Projektion der Fehler auf dem Bauteil. Die gespeicherten Fehler können zusätzlich auf einem Tablet visualisiert werden, sodass eine Teambesprechung auch an einem anderen Ort stattfinden kann.



**Das Fraunhofer IOSB hat eine Alternative zur zeigegestenbasierten Fehlerangabe entwickelt, die ähnlich intuitiv funktioniert, aber die Eingabe zusätzlicher Informationen erlaubt.«**

**Fehlerdokumentation mit einem Laserpointer**

Das Fraunhofer IOSB hat mit QSelect eine Alternative zur zeigegestenbasierten Fehlerangabe entwickelt, die ähnlich intuitiv funktioniert, aber die Eingabe zusätzlicher Informationen erlaubt: Der Prüfer leuchtet die erkannten Fehlerstellen einfach mit einem augensicheren Laserpointer (Klasse 1) an. Mit dem numerischen Tastenfeld, das zusammen mit dem Laserpointer in einem kleinen und leichten Handgerät integriert wurde, kann der Fehlertyp unmittelbar beim Anleuchten ausgewählt werden. Die Tastenbelegung ist dabei frei konfigurierbar. Im Hintergrund erkennt das oben beschrie-

bene Kamerasystem Position und Lage des Bauteils und zusätzlich den Laserpunkt auf der Bauteiloberfläche. Erfolgt eine Fehlerangabe, wird die Position des Laserpunkts als Fehlerort digital gespeichert. Ein Projektor, der parallel zum Kamerasystem angebracht ist, gibt dem Prüfer durch ein einfaches User-Interface direkt auf dem Bauteil visuelles Feedback und bestätigt die Speicherung des Fehlers, indem dieser an der verankerten Stelle dauerhaft angezeigt wird. Alternativ zum Tastenfeld kann die Fehlertypauswahl über einen integrierten Thumbstick bzw. Joystick erfolgen. Dieser ermöglicht, mithilfe eines projizierten Menüs durch die Auswahl der Fehlertypen zu navigieren und entsprechend auszuwählen.

**Vorteile einer digitalen Fehlerdokumentation**

Werden Fehlerstellen präzise dokumentiert, kann schnell und effizient nachgebessert werden. Auch kann die Nachbesserung darauf überprüft werden, ob alle Fehlerstellen vollständig ausgebessert wurden. Zudem können Fehleranhäufungen, die auf Defekte in der Fertigungslinie hindeuten, durch Algorithmen erkannt und das zuständige Personal automatisch benachrichtigt werden. Schließlich bietet QSelect die Möglichkeit, alle dokumentierten Fehler gleichzeitig auf

das Bauteil zu projizieren. So bekommen alle umstehenden Personen einen schnellen Überblick über alle Fehlerstellen. Teambesprechungen einzelner Bauteilstichproben können so effizient am Bauteil selbst erfolgen, ohne dass ergänzende Ausdrucke, Peripheriegeräte oder AR-Brillen verteilt und getragen werden müssen. Und alle Kollegen können mit dem handlichen Laserpointer Eingaben und Änderungen vornehmen. Zielgenau, effizient und intuitiv! ■

Das Fraunhofer IOSB ist Mitglied in der Fraunhofer-Allianz Vision, einem Zusammenschluss von Fraunhofer-Instituten im Bereich der Bildverarbeitung und der optischen Mess- und Prüftechnik.

**AUTOR**

**Dr.-Ing. Michael Voit**  
Leiter der Forschungsgruppe  
Perceptual User Interfaces

**KONTAKT**

Fraunhofer-Institut für Optronik,  
Systemtechnik und Bildauswertung IOSB,  
Karlsruhe  
Tel.: +49 721 609 14 49  
michael.voit@iosb.fraunhofer.de  
www.iosb.fraunhofer.de/IAD

# Index

FIRMA	SEITE	FIRMA	SEITE	FIRMA	SEITE
AHF Analysetechnik	15	Hikvision	32	Photoneo	20
AIT Göhner	7	IDS Imaging Development Systems	22	Physik-Instrumente (PI)	53
Allied Vision Technologies	16	IFR International Federation of Robotics	7	Pixargus	36, 40
Ametek	42	IIM	27, 28	Polytec	19, 48
AutoVimation	33	Imago Technologies	8, Titelseite	Rauscher	5
Baumer	11	InfraTec	53	Scanlab	50
Büchner Lichtsysteme	40	JAI	35	Spectaris	6
CapSen Robotics	25	Lakesight Technologies	10	Teledyne Dalsa	53
Carl Zeiss	7	Laser 2000	12	Third Dimension	7
Chromasens	44	Matrix Vision	13	TKH Group	6
Cretec	34	Matrox	6	Tofmotion	41
Edmund Optics	5	MBJ Imaging	31	Vieworks	37
EVT	40	Mesago Messe Frankfurt	6, 41	Vision & Control	53
Extend3D	38	Micro-Epsilon	7	Vision Markets	15
Falcon Illumination	6	Mitutoyo	43, 46	Werth	53
Fraunhofer IOSB	56	ON Semiconductor	6	Workaround (ProGlove)	40, 54
Fraunhofer IPA	18	Opto Engineering	30	Xylon	2, US
GOM	40	Optometron	29		
Helling	55	Park Systems	57		

## Impressum

### Herausgeber

Wiley-VCH Verlag GmbH  
& Co. KGaA  
Boschstraße 12  
69469 Weinheim, Germany  
Tel.: +49/6201/606-0

### Geschäftsführer

Dr. Guido F. Herrmann  
Sabine Steinbach

### Publishing Director

Steffen Ebert

### Product Management/ Chefredaktion

Anke Grytzka-Weinhold  
Tel.: +49/6201/606-456  
agrytzka@wiley.com

### Stellvertretender Chefredakteur

David Löh  
Tel.: +49/6201/606-771  
david.loeh@wiley.com

### Redaktion

Andreas Grösslein  
Tel.: +49/6201/606-718  
andreas.groesslein@wiley.com

### Redaktionsbüro Frankfurt

Sonja Schleif  
Tel.: +49/69/40951741  
Sonja.Schleif@2beecomm.de

### Redaktionsassistent

Bettina Schmidt  
Tel.: +49/6201/606-750  
bettina.schmidt@wiley.com

### Beirat

Roland Beyer, Daimler AG  
Prof. Dr. Christoph Heckenkamp,  
Hochschule Darmstadt

Dipl.-Ing. Gerhard Kleinpeter,  
BMW Group

Dr. rer. nat. Abdelmalek Nasraoui,  
Gerhard Schubert GmbH

Dr. Dipl.-Ing. phys. Ralph Neubecker,  
Hochschule Darmstadt

### Anzeigenleitung

Jörg Wüllner  
Tel.: 06201/606-748  
jwuellner@wiley.com

### Anzeigenvertretungen

Martin Fettig  
Tel.: +49/721/14508044  
m.fettig@das-medienquartier.de

Dr. Michael Leising  
Tel.: +49/3603/893112  
leising@leising-marketing.de

Claudia Müssigbrodt  
Tel.: +49/89/43749678  
claudia.muessigbrodt@t-online.de

### Herstellung

Jörg Stenger  
Claudia Vogel (Sales Administrator)  
Maria Ender (Layout)  
Ramona Scheirich (Litho)

### Wiley GIT Leserservice

65341 Eltville  
Tel.: +49/6123/9238-246  
Fax: +49/6123/9238-244  
WileyGIT@vuser.com  
Unser Service ist für Sie da von Montag  
bis Freitag zwischen 8:00 und 17:00 Uhr.

### Sonderdrucke

Jörg Wüllner  
Tel.: 06201/606-748  
jwuellner@wiley.com

### Bankkonto

J.P. Morgan AG Frankfurt  
IBAN: DE55501108006161517443  
BIC: CHAS DE FX

Zurzeit gilt die Anzeigenpreisliste  
vom 1. Oktober 2019

2019 erscheinen 9 Ausgaben  
„inspect“  
Druckauflage: 20.000 (1. Quartal 2019)

### Abonnement 2019

9 Ausgaben EUR 51,00 zzgl. 7 % MWSt  
Einzelheft EUR 16,30 zzgl. MWSt+Porto

Schüler und Studenten erhalten unter Vorlage  
einer gültigen Bescheinigung 50 % Rabatt.

Abonnement-Bestellungen gelten bis  
auf Widerruf, Kündigungen 6 Wochen vor  
Jahresende. Abonnement-Bestellungen  
können innerhalb einer Woche schriftlich wider-  
rufen werden, Versandreklamationen sind  
nur innerhalb von 4 Wochen nach Erscheinen  
möglich.

### Originalarbeiten

Die namentlich gekennzeichneten Beiträge  
stehen in der Verantwortung des Autors.  
Nachdruck, auch auszugsweise, nur mit  
Genehmigung der Redaktion und mit  
Quellenangabe gestattet. Für unaufgefordert  
eingesandte Manuskripte und Abbildungen  
übernimmt der Verlag keine Haftung.

Dem Verlag ist das ausschließliche, räumlich,  
zeitlich und inhaltlich eingeschränkte  
Recht eingeräumt, das Werk/den redaktion-  
ellen Beitrag in unveränderter Form oder  
bearbeiteter Form für alle Zwecke beliebig  
oft selbst zu nutzen oder Unternehmen, zu  
denen gesellschaftsrechtliche Beteiligungen  
bestehen, so wie Dritten zur Nutzung zu  
übertragen. Dieses Nutzungsrecht bezieht sich  
sowohl auf Print- wie elektronische Medien  
unter Einschluss des Internets wie auch auf  
Datenbanken/Datenträgern aller Art.

Alle etwaig in dieser Ausgabe genannten und/  
oder gezeigten Namen, Bezeichnungen oder  
Zeichen können Marken oder eingetragene  
Marken ihrer jeweiligen Eigentümer sein.

### Druck

Pva, Druck und Medien, Landau

Printed in Germany  
ISSN 1616-5284



WILEY

**sps**

smart production solutions

30. Internationale Fachmesse  
der industriellen Automation

Nürnberg, 26. – 28.11.2019  
sps-messe.de

Wir sind da.  
**Und Sie?**

Standnummer: 4A-112

**GIT  
SICHERHEIT  
AWARD  
2020  
WINNER**



Am ersten Messe-Abend  
verleihen wir um 17:30 Uhr  
unseren GIT SICHERHEIT-  
Award. Wir laden Sie herz-  
lich dazu ein, mit den  
Gewinnern anzustoßen.

**GIT SICHERHEIT**  
MAGAZIN FÜR SAFETY UND SECURITY  
+ MANAGEMENT

[www.GIT-SICHERHEIT.de](http://www.GIT-SICHERHEIT.de)

**messtec drives  
Automation**

[www.md-Automation.de](http://www.md-Automation.de)